

Numer poświęcony zagadnieniom granulowanego żużla wielkopieczowego

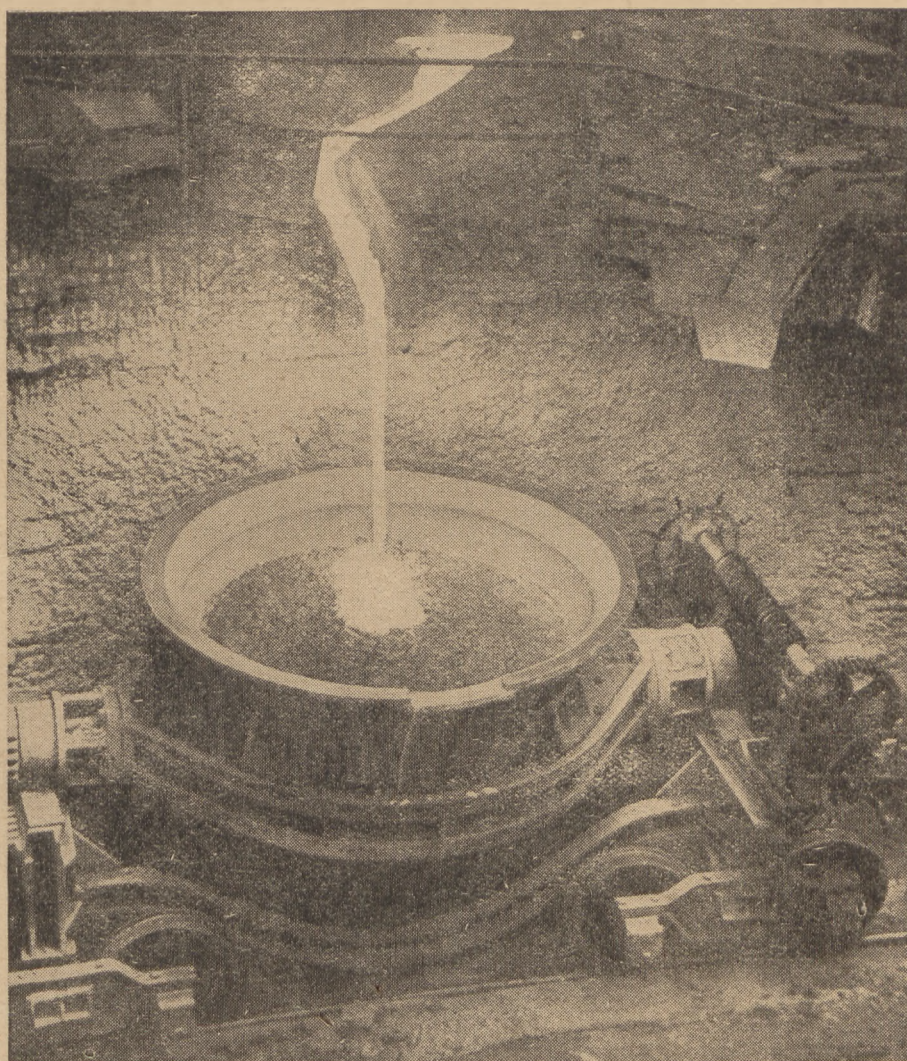
CEMENT WAPNO GIPS

MIESIĘCZNIK POŚWIĘCONY ZAGADNIENIOM PRZEMYSŁU MATERIAŁÓW WIĄZĄCYCH

Rok VII/XVI

KWIECIEŃ 1951 R.

Nr 4



WYDAWCA: PAŃSTWOWE WYDAWNICTWA TECHNICZNE

01055
X
Instytut Wzrostu Szorstki Szorstki
SOPOT
C11

T R E Ś Ć

Znaczenie żużła wielkopieczowego dla przemysłu materiałów wiążących	str. 73
Wezwanie do międzyzakładowego współzawodnictwa	„ 74
Problem masowego spożytkowania żużli wielkopieczowych w technice budowlanej — inż. H. Riess	„ 75
Żużel wielkopieczowy surowcem do produkcji cementu — inż. E. Mazanek	„ 79
O możliwościach regeneracji ciepła w suszarkach żużła — A. Szygocki	„ 83
Bilans cieplny suszarki bębnowej — mgr S. Pieczara	„ 87
W jakim stosunku dozować żużel wielkopieczowy przy produkcji cementu — mgr K. Cichoń	„ 89
Chemiczny i mineralogiczny skład żużła wielkopieczowego — inż. J. Szafnicki	„ 91
Nowa metoda suszenia żużła — S. P.	„ 95
Ulepszenie spadów pieców obrotowych — Fr. Wilt.	„ 96
Utworzenie Zakładu Poszukiwawczo-Wiertniczego — R. G.	„ 96
Przegląd Bibliograficzny	
Inżynierowie i technicy mobilizują się do realizacji wytycznych VI Plenum KC PZPR	
Konkurs na popularną broszurę techniczną	

Fotografia na okładce przedstawia spust żużła z wielkiego pieca

Cena numeru pojedynczego zł. 6[—] ulgowego zł. 3[—]
Prenumerata roczna zł. 72[—] „ zł. 36[—]
Adres administracji: Katowice ul. Stawowa 19
Adres redakcji: Sosnowiec, ul. 3-go Maja 28, tel. 6-29-44

KOMITET REDAKCYJNY:

Red. naczelny: mgr Lucjan Mazurkiewicz — Redaktorzy działowi: mgr inż. Roman Andrzejewski, mgr inż. Walery Ciesliński, mgr inż. Jerzy Sulikowski, mgr inż. Włodzimierz Zieliński — Redaktor techniczny: Jan Chodorowicz
Sekretarz redakcji: Irena Socjuszowa.

Krak. Zakłady Graf. Nr 4 — Kraków, J. Sarego 7 — Zam. 197 25 4 51 — M-2-10193
Nakład 1300 egz. + 300 Bibliografia — Format A4 — 4 ark. — Papier druk. sat. 61×86, 60 gr.

CEMENT WAPNO GIPS

MIESIĘCZNIK POŚWIĘCONY ZAGADNIENIOM PRZEMYSŁU MATERIAŁÓW WIĄZĄCYCH

Rok VII/XVI

KWIECIEŃ 1951 R.

Nr 4

Znaczenie żuźla wielkopieczowego dla przemysłu materiałów wiążących

U progu drugiego roku wytężonej walki o przedterminową realizację zadań, zakreszonych w Sześcioletnim Planie rozwoju gospodarczego i budowy podstaw socjalizmu w Polsce, przemysł materiałów wiążących stoi wobec niezmiernie ważnego problemu pokrycia ogromnego zapotrzebowania na spoiwa hydrauliczne dla celów budownictwa przemysłowego, do budowy miast, osiedli robotniczych i wsi.

Na równi z problemem pokrycia potrzeb budownictwa pod względem ilościowym, w sposób coraz bardziej zdecydowany wyłania się kwestia rozszerzenia wachlarza gatunków spoiw hydraulicznych.

Szybki rozwój techniki budowlanej, wprowadzanie na coraz szerszą skalę nowych metod pracy i dążenie do jak najbardziej racjonalnego i ekonomicznego gospodarowania tworzywami, doprowadziło do radykalnego zerwania z zakorzenioną do niedawna jeszcze tradycją stosowania do wszelkich robót budowlanych jednego rodzaju cementu.

W poszukiwaniu dróg prowadzących do rozwiązania zagadnienia jakości i zwiększenia ilości spoiw hydraulicznych, zwrócono, już w pierwszych latach po odzyskaniu niepodległości, szczególną uwagę na możliwość wykorzystania granulowanych żużli wielkopieczowych do produkcji cementów.

W oparciu o bogate doświadczenie przodującej techniki radzieckiej przeprowadzono badania laboratoryjne, które potwierdziły w zupełności pogląd, że produkowane w Polsce żuźle wielkopieczowe posiadają własności hydrauliczne w stopniu kwalifikującym je jako materiał odpowiedni do produkcji tworzyw hydraulicznych.

Już w roku 1947 rozpoczyna się w Polsce produkcja cementu hutniczego na skalę fabryczną,

polegająca na równoczesnym zmieleniu klinkru cementu portlandzkiego z dodatkiem około 50% granulowanego żuźla wielkopieczowego.

W ten sposób żużel wielkopieczowy, stanowiący dotychczas produkt odpadkowy, hut usuwany na zwały, znajduje zastosowanie jako pełnowartościowy składnik cementu hutniczego. Nie wahamy się nazwać go pełnowartościowym składnikiem; jego własności hydrauliczne są wprawdzie słabsze, potrzeba dla ujawnienia ich „wywoływacza“ w postaci klinkru, wapna lub gipsu, ale dodatek żuźla do cementu zmienia jego własności, nadając mu cechy, jakich cement portlandzki nie posiada. Przede wszystkim zwiększa jego odporność na czynniki chemiczne w porównaniu z cementem portlandzkim. Wskutek tego stwierdza się szeroki zakres stosowania tego cementu w robotach morskich, w budowach na glebach podmokłych, w budownictwie gospodarki wiejskiej (silosy na kiszonkę) itd.

Cement hutniczy znajduje również zastosowanie przy budowie fundamentów i dużych masywów betonowych ze względu na to, że należy do typu tak zwanych „cementów zimnych“ (zapewnia mały skurcz betonom z niego wyprodukowanym).

Cement hutniczy został znormalizowany i znajduje się na rynku jako cement hutniczy „250“. Potwierdził on przypuszczenia co do swych zalet i stanowi obecnie co do jakości równoważny produkt z cementem portlandzkim, o większych nawet możliwościach zastosowania.

Ostatnio rozpoczyna się badania nad produkcją cementu hutniczego „na mokro“ — sposób ten polega na mieleniu żuźla wprost na miejscu zużycia, na budowie, w młynach, z dodatkiem wody. Zmielony w ten sposób żużel, po

dotaniu cementu, piasku i żwiru, tworzy gotowy beton.

W miarę jak rozwijała się nauka budownictwa, w technologii betonu zaczęły różnicować się wymagania co do gatunków cementu. Okazało się, że prócz cementów o wysokich wytrzymałościach, których wymagają przede wszystkim prefabrykacja i budownictwo wielkich obiektów — duże zastosowanie w budownictwie znaleźć może cement o niższych wytrzymałościach.

I znów sięgnięto do bogatego doświadczenia przemysłu cementowego radzieckiego. Po próbach, zaczęto w 1950 r. produkować cement portlandzki z dodatkiem do 15% granulowanego żużla wielkopiecowego. Cement ten nazwany cementem portlandzkim „250“ znalazł zastosowanie, jako najpopularniejsze tworzywo hydrauliczne z klasy cementów portlandzkich.

Dodatek żużla do cementu zwiększył możliwości produkcyjne fabryk cementu, pozwolił na wykorzystanie rezerw w oddziałach młynów cementowych, bez konieczności inwestowania kosztownych urządzeń.

Jednak przy stosowaniu żużla natrafiono na szereg trudności ruchowych, które do tej pory nie zostały jeszcze całkowicie przezwyciężone. Największe trudności następcza suszenie wilgotnego żużla otrzymywanego z hut, ponieważ cementownie nie posiadają do tego celu specjalnych suszarek bębnowych.

Problem ten rozwiązują cementownie, w zależności od warunków lokalnych, bądź to na drodze wykorzystania ciepła zawartego w klinkrze wychodzącym z pieców obrotowych, przez dozowanie żużla na urządzenia transportujące gorący klinkier, bądź przez podawanie żużla do chłodników pieców obrotowych.

Poza tym nie rozwiązano jeszcze całkowicie zagadnienia mechanizacji rozładunku i transportu żużla na terenie zakładów.

Ostateczne rozwiązanie problemu suszenia i transportu żużla przy produkcji cementu portlandzkiego „250“ powinno być przedmiotem specjalnego zainteresowania dla fabrycznych klubów racjonalizacji.

Należy podkreślić, że przemysł cementowy postawił przed sobą na rok 1951 jako główne, bojowe zadanie zwiększenie produkcji cementu z dodatkiem żużla granulowanego.

Wykorzystanie własności hydraulicznych żużla granulowanego do produkcji tworzyw

wiązujących nie ogranicza się do stosowania go jako dodatku do cementu hutniczego i portlandzkiego „250“.

Już w roku ubiegłym, wzorując się na danych z praktyki przemysłu ZSRR, przeprowadzono na skalę laboratoryjną badania nad produkcją tzw. cementów bezklinkrowych, których podstawowym surowcem jest granulowany żużel wielkopiecowy. W badaniach tych jako wywoławcz własności hydraulicznych żużla użyty był gips i wapno hydratyzowane.

W roku bieżącym, w oparciu o wyniki badań laboratoryjnych, przeprowadzone będą próby produkcji wyżej wzmiankowanych cementów na skalę fabryczną. Uruchomienie produkcji tego typu cementów pozwoli na dalsze wykorzystanie posiadanych jeszcze rezerw mocy młynów cementu i dostarczenie dla potrzeb budownictwa wielu tysięcy ton dobrego spoiwa hydraulicznego.

Zapoczątkowana przez przemysł cementowy akcja zmierzająca do jak najszerszego wykorzystania żużla granulowanego do produkcji cennych spoiw hydraulicznych, które rozszerzają wachlarz dotychczas wytwarzanych gatunków cementów i zwiększają potencjał wytwórczy przemysłu materiałów wiążących, winna znaleźć pełne zrozumienie i jak najdalej idące poparcie ze strony przemysłu hutniczego.

Niniejszy numer naszego czasopisma, poświęcony w całości zagadnieniom żużla wielkopiecowego z punktu widzenia możliwości wykorzystania tego materiału do produkcji spoiw hydraulicznych, ma za zadanie:

1. Spopularyzowanie tego problemu wśród najszerszych rzesz pracowników przemysłu hutniczego i cementowego.
2. Zmobilizowanie całego aktywu robotniczego i inżyniersko-technicznego do walki z pokutującym jeszcze niedocenianiem cennych właściwości żużla i traktowaniem go jako bezużyteczny odpad.

Wierzmy, że kolektywny wysiłek robotnika, technika i inżyniera doprowadzi do najkorzystniejszego rozwiązania zagadnienia racjonalnego spożytkowania żużla wielkopiecowego do produkcji materiałów budowlanych. Będzie to stanowiło poważny wkład w dzieło podniesienia potęgi gospodarczej Polski Ludowej, przez co niewątpliwie przyczyni się do wzmocnienia narodowego frontu pokoju.

Wezwanie do międzyzakładowego współzawodnictwa

Załoga Zakładów Wapienniczych i Kamieniołomów w Otmęcie, uchwaliła na walnym zebraniu następującej treści apel:

„My, pracownicy Zakładów Wapienniczych w Otmęcie, świadomi zadań, które wykonać ma przemysł wapienniczy w ramach Planu Sześcioletniego, wzywamy załogi wszystkich zakładów wapienniczych w Polsce do współzawodnictwa międzyzakładowego.

Proponujemy, by współzawodnictwem objęte były: ilość produkcji i jej jakość.

Zwracając się z naszym wezwaniem, wierzymy iż jego realizacja przyczyni się do przedterminowego wykonania Planu Sześcioletniego“.

Jak się dowiadujemy wezwanie załogi wapienników w Otmęcie znalazło oddźwięk w działkach zakładów wapienniczych, rozmieszczonych w różnych okolicach naszego Państwa.

Problem masowego spożytkowania żuźli wielkopieczowych w technice budowlanej

Chcąc sprostać gigantycznemu zadaniu, zakreślonemu naszym Planem Sześcioletnim, zmuszeni jesteśmy do wprowadzenia oszczędności na każdym polu i na każdym kroku. Specjalnie ważną jest oszczędność w konsumpcji materiałów eksportowych takich jak węgiel, żelazo i cement, stanowiących silną podwalinę pod rozwój gospodarczy kraju.

Charakterystyczną cechą doby obecnej jest zawrotny postęp w naszych poczynaniach budowlanych i stałe podciąganie wzwyż naszego poziomu techniki budowlanej.

Na oczach naszych powstają coraz to śmielsze konstrukcje i zdrowe koncepcje w kierunku produkowania nowych spoiw hydraulicznych i materiałów budowlanych, opartych na wykorzystaniu tanich materiałów ubocznych, będących pozostałością z produkcji innych gałęzi przemysłu.

Dotychczas opierała się produkcja materiałów budowlanych przeważnie na bezkrytycznym schemacie lat ubiegłych, bez analizowania czynników kalkulacyjnych i aktualnych problemów gospodarczych. Obecne metody operują się raczej na dążności do oszczędzania pracy ręcznej i umniejszeniu kosztów budowy przez zastosowanie mechanizacji i prefabrykacji budowlanej.

Takie podejście do zagadnienia pobudza pomysłowość racjonalizatorską w stosowaniu coraz to nowych, ulepszonych i ekonomiczniejszych typów spoiw hydraulicznych, zapraw murarskich oraz elementów budowlanych. Nie do pomysłowania jest przy tym mechanizacja i prefabrykacja, o ile miałyby być w obecnym budownictwie zastosowane jedynie i wyłącznie materiały archaiczne jak cegła i drzewo.

Wobec tempa w jakim żyjemy i pracujemy, schodzą, z natury rzeczy, dawne uświęcone metody budowania na plan drugi, powstają zupełnie nowe tezy, oparte o zmienione możliwości surowcowe, dostosowane do nich metody produkcyjne i nowe sposoby budowania.

Z zagadnieniem nowych surowców budowlanych łączy się nierozdzielnie problem wykorzystania żuźli wielkopieczowych, paleniskowych jak również szeregu odpadków pochodzenia organicznego. Wykorzystując tego typu materiały odpadkowe, zaoszczędza się przede wszystkim na innych wartościowych surowcach o znaczeniu eksportowym, a przez przeróbkę odpadków leżących dotychczas bezużytecznie na zwalach, zwiększa się majątek narodowy, stwarzając nowe realne wartości.

Zagadnienie polegające na masowym i celowym wykorzystaniu żuźli wielkopieczowych do produkcji spoiw hydraulicznych i w budownic-

twie, zastaje nas jednak nie dość przygotowanych do natychmiastowej realizacji takiego przedsięwzięcia w tej mierze w jakiej tego wymaga ogrom zaplanowanej pracy.

Problem żuźlowy w Polsce zbliżył się wprawdzie o krok do realizacji przez powołanie do pracy „Przedsiębiorstwa Eksploatacji Żuźla Wielkopieczowego i Kotłowego“, jako placówki mającej zaopatrywać fabryki cementu, zakłady prefabrykacji i inne ośrodki produkcyjne w żuźel granulowany i w lekkie kruszywa żuźlowe. Praca Przedsiębiorstwa Eksploatacji nie daje jednak w chwili obecnej dostatecznie pozytywnych rezultatów, w skali dyktowanej ogromem pracy, gdyż nie zajął się ściśle i harmonijnie o pracę producenta żuźli wielkopieczowych, którym jest hutnictwo.

Niestety praca hutnictwa, jako producenta żuźla, nie jest do tej pory skoordynowana ani z działalnością Przedsiębiorstwa Eksploatacji, ani też z wymaganiami wysuwanymi przez cementownictwo i rynek materiałów budowlanych, a dotyczącymi jakości technicznej żuźla.

Zaznaczyć przy tym należy, że skoordynowanie tych wymagań z przeróbką żuźla w hutach, nie tyle jest związane ze składem chemicznym samego żuźla, ile raczej z metodami studzenia i szybkością chłodzenia oraz krzepnięcia płynnego żuźla.

Chcąc usunąć panujące w tym kierunku niedociągnięcia i racjonalnie podejść do organizowania całokształtu zagadnienia przeróbki i spożytkowania naszych żuźli wielkopieczowych do produkcji cementu i do celów budowlanych, należy sobie wprawdzie jasno zdać sprawę ze stanu faktycznego, w jakim się obecnie problem żuźla znajduje, jak również i z tego, jakie prace organizacyjne należy przedsięwziąć, aby w najkrótszym czasie nastąpiło harmonijne skoordynowanie poczynić.

ZAŁOŻENIA PODSTAWOWE.

Żuźel w dobie obecnej przestał być materiałem odpadkowym a stał się produktem ubocznym, przedstawiającym bardzo poważną wartość gospodarczą dla kraju, z uwagi na wszechstronne możliwości spożytkowania go do celów technicznych. Z tego też względu powinien być żuźel przy planowaniu przetwórczym i przeróbczym odpowiednio potraktowany, pod kątem całkowitego wykorzystania go do produkcji spoiw hydraulicznych, celów budowlanych i do innych celów technicznych.

Płynny żuźel wielkopieczowy, nie przerobiony na granulaty i pumeks, jest oczywiście materiałem odpadkowym, technicznie bezużytecznym, powiększającym tylko pojemność narastają-

cych z roku na rok zwałów. Jedynie wskutek przetworzenia płynnego żużla wielkopieczowego na jeden z trzech sortymentów tj. na granulaty, pumeks lub żużel kawałkowy, w zależności od składu chemicznego i metody studzenia, uzyskuje się wysokowartościowy materiał uboczny, który powinien być oddzielnie składany i chroniony przed zanieczyszczeniem bezwartościowymi odpadkami.

OBCENY STAN FAKTYCZNY PROBLEMU ŻUŻLOWEGO.

W chwili obecnej hutnictwo nie przywiązuje wcale wagi do procesu przetwarzania płynnego żużla wielkopieczowego na odpowiedni sortyment drogą celowego studzenia, w zależności od jego składu chemicznego. Do małych wyjątków należą huty, które są nastawione na jeden sortyment np. huta „Katarzyna“ — na granulaty, a huta „Florian“ — na żużle kawałkowe.

Na ogół istnieje stan wprost beznadziejny, spowodowany tym, że żużle o wysokiej zasadowości, przedstawiające materiał technicznie wysokowartościowy, wylewa się w stanie płynnym na zwały, gdzie stygnąc ulegają rozpadowi wapniowemu. Wskutek tego powstaje materiał prawie całkowicie bezwartościowy, nie przydatny nawet, ze względu na swoją pylastość, na podsadzki wyrobisk górniczych. Setki tysięcy ton takiego wysokowartościowego żużla, zamiast poddawać granulacji i spienianiu, niszczy się rok rocznie z poważnym uszczerbkiem dla gospodarki krajowej.

Na taki stan składa się oczywiście wiele przyczyn, jak ciasnota miejsca w hutach, brak dostatecznej ilości wody, brak stosownych urządzeń mechanicznych, obecne tempo w produkcji surówki opartej na zmiennym składzie rudy, brak dostatecznej ilości sił roboczych i inne przyczyny.

Nie znaczy to jednak, aby stan obecny miał trwać nadal i aby nie można było znaleźć odpowiedniego rozwiązania dla każdej huty indywidualnie, jeżeli nie w obrębie huty, to poza jej terenem.

Zagadnienia te są wprawdzie rozważane przez hutnictwo i opracowane przez Biuro Projektów Urzędów Przemysłu Hutniczego — „Biprohut“ — w Gliwicach, jednakże praktyczna realizacja i wprowadzenie zamierzeń w życie ulega zwłoce. Jednym z powodów zwłoki jest nieskoordynowanie wymagań odbiorców żużla z Biurem Projektów, co odbija się bardzo niekorzystnie na podjęciu masowej przeróbki i eksploatacji żużli dla zaspokojenia rynku materiałowego.

CEL WYTICZNYCH ZE STANOWISKA PRZEMYSŁU MATERIAŁÓW BUDOWLANYCH I TECHNIKI BUDOWLANEJ.

Przedmiotem wytycznych do planowego podjęcia przy rozwiązywaniu całokształtu zagadnienia przeróbki i spożytkowania żużli wielkopieczowych, powinno być takie sprecyzowanie warunków technicznych stawianych wielkopie-

cowym żużlom granulowanym, pumeksowym i kawałkowym przez przemysł materiałów budowlanych — aby na ich podstawie fachowy konstruktor-hutnik mógł zaplanować najwłaściwsze urządzenia mechaniczne do przetwarzania płynnego żużla wielkopieczowego na jeden z powyższych trzech sortymentów. Następnie, aby konstruktor-mechanik mógł zaplanować najstosowniejsze mechaniczne urządzenia do przekruszania, przesiewania, suszenia i przemiatu ostudzonego żużla, zależnie od jego technicznego przeznaczenia.

Rozwiązanie całokształtu problemu żużlowego w Polsce oprócz się powinno na realizacji następujących czterech podstawowych zagadnień:

1. Masowe i celowe wykorzystanie żużli wielkopieczowych w przemyśle materiałów budowlanych i w technice budowlanej, bez stwarzania trudności odbijających się ujemnie na racjonalnej produkcji surówki. (Zagadnienie to rozwiązuje Instytut Techniki Budowlanej — Zakład Technologii Żużla w Katowicach).
2. Zaplanowanie najekonomiczniejszych urządzeń mechanicznych, wymagających najmniejszych wkładów inwestycyjnych, do przetwarzania całej bieżącej produkcji (z potrąceniem 10% odpadu) na granulaty, pumeks i żużel kawałkowy. (Zagadnienie opracowuje Biuro Projektów Urzędów Przemysłu Hutniczego w Gliwicach).
3. Zaplanowanie urządzeń mechanicznych, wymagających najmniejszych wkładów inwestycyjnych, do przeróbki zastygłych żużli na stosowne kruszywa, wymagane przez rynek materiałów budowlanych. (Zagadnienie opracowuje „Biprohut“ w Gliwicach na zlecenie Przedsiębiorstwa Eksploatacji Żużli Wielkopieczowych w Katowicach).
4. Zaplanowanie rozładowania wieloletnich zwałów żużlowych na podsadzki wyrobisk górniczych, z uwzględnieniem wykorzystania żużla kawałkowego zawartego w zwałach do przełamania na kruszywa drogowe. (Zagadnienie powyższe powinno być co rychlej przebadane laboratoryjnie oraz określone na podstawie wyników badań warunki przydatności poszczególnych zwałów żużlowych na cele podsadzki, a następnie uzgodnione między Górnictwem, Przedsiębiorstwem Robót Podsadzkowych, a Przedsiębiorstwem Eksploatacji Żużli Wielkopieczowych).

ZASIĘG MOŻLIWOŚCI SPOŻYTKOWANIA ŻUŻLI WIELKOPIECOWYCH W PRZEMYSŁE MATERIAŁÓW BUDOWLANYCH I W BUDOWNICTWIE.

Przydatność żużli wielkopieczowych do określonych celów technicznych zależy od:

- a) składu chemicznego,
- b) metody studzenia płynnego żużla,
- c) szybkości studzenia i krzepnięcia.

Najistotniejszym wskaźnikiem wynikającym ze składu chemicznego jest współczynnik zasadowości żuźla, wyrażany stosunkiem ciężarowym sumy tlenku wapnia (CaO) i tlenku magnezu (MgO), do sumy tlenku krzemu (SiO₂) i tlenku glinu (Al₂O₃).

Pod względem chemicznym, dzielimy żuźle wielkopieczowe na kwaśne i zasadowe.

Do żuźli kwaśnych zalicza się wszystkie żuźle, w których współczynnik zasadowości jest mniejszy lub równy 0,95.

$$\frac{\text{CaO} + \text{MgO}}{\text{SiO}_2 + \text{Al}_2\text{O}_3} \leq 0,95$$

Do żuźli zasadowych zalicza się wszystkie żuźle, w których współczynnik zasadowości jest większy od 0,95.

Na przydatność żuźli wielkopieczowych do produkcji cementu i do celów budowlanych wywiera zasadniczy, prawie decydujący wpływ, prócz składu chemicznego, jego struktura, zależna od metody i szybkości studzenia płynnego żuźla.

Powolne studzenie na powietrzu może być stosowane jedynie do kwaśnych żuźli, celem uzyskania żuźla tzw. kawałkowego. Przy powolnym ostygnięciu żuźla w dużych blokach, powstaje głównie materiał jednorodny, zbity, o strukturze krystalicznej, a w małej tylko części materiał o strukturze gąbczastej, wywołanej gazami i parowaniem stygnącego żuźla. Powstające przy powolnym studzeniu kryształki uzależnione są nie tyle od składu chemicznego żuźla, ile raczej od prędkości stygnięcia.

Im okres chłodzenia jest dłuższy, tym kryształki są większe i lepiej ukształtowane; przy krótkim okresie studzenia, powstaje struktura drobno-krystaliczna.

Raptowne studzenie płynnego żuźla uniemożliwia krystalizację, a powoduje powstawanie materiału o strukturze bezpostaciowej, szklistej, o zupełnie nowych właściwościach technicznych.

Środkami do przeprowadzenia raptownego ostudzenia płynnego żuźla są:

- a) woda,
- b) para wodna i sprężone powietrze,
- c) sprężone powietrze.

Zależnie od ilości i rodzaju zastosowanego środka studzącego, od typu urządzenia i sposobu przeprowadzania studzenia, otrzymuje się:

1. Żuźel granulowany — materiał przeobrażony w postać ziarnistą, drogą raptownego ostudzenia strumieniem wody, pary wodnej lub sprężonego powietrza.
2. Żuźel pumeksowy — materiał przeobrażony w postać grubszych ziaren lub brył, o strukturze porowatej, uzyskiwanej drogą raptownego ostudzenia płynnego żuźla przy użyciu małej ilości wody.
3. Watę żuźlową w postaci cienkich nitczek powstających pod działaniem strumienia sprężonego powietrza lub pary wodnej na strumień płynnego żuźla.

Żuźle wielkopieczowe zasadowe, raptownie studzone, znajdują zastosowanie do następujących celów technicznych:

	Zakres zastosowania
Spoiva hydrauliczne	Granulowane do produkcji cementu hutniczego, spoiw hydraulicznych i zapraw murarskich.
Budownictwo	a) Pumeks hutniczy, jako kruszywo do produkcji elementów ściennych, konstrukcyjnych zbrojonych oraz jako izolacje termiczne. b) Granulowane, jako kruszywo które w połączeniu z innymi kruszywami organicznymi lub mineralnymi, służy do produkcji lekkich betonów.
Rolnictwo	Sztuczne nawozy do gleb kwaśnych.
Górnictwo	Materiał podsadzkowy dla wyrobisk górniczych oraz powierzchniowych.

Żuźle wielkopieczowe kwaśne, wolno studzone na powietrzu znajdują zastosowanie do następujących celów technicznych:

	Zakres zastosowania
Drogownictwo	Kamień podkładowy, tłuczeń kliniec, piasek oraz grys i grysik szlachetny, podwójnie kruszony i odsiewany.
Kolejnictwo	Tłuczeń jako balast pod tory kolejowe.
Budownictwo	a) Grube oraz drobne kruszywa i piasek żuźlowy do betonów ciężkich oraz konstrukcyjnych. b) Pieniste żuźle jako kruszywa pumeksowe do produkcji żuźlo-betonów ściennych oraz konstrukcyjnych, zbrojonych.
Materiały izolacyjne	Wata żuźlowa.
Górnictwo	Materiał podsadzkowy dla wyrobisk górniczych oraz powierzchniowych.

Mając na uwadze masowe i celowe wykorzystanie żuźli wielkopieczowych w przemyśle materiałów wiążących i w technice budowlanej w takim składzie chemicznym w jakim je dostarcza hutnictwo (jako produkt uboczny przy wytapianiu surówki), opracowuje Komisja Żuźlowa P. K. N. normalizację zasadniczych sortymentów pod kątem najszerszego dostosowania się w budownictwie do warunków chemicznych jakie wykazują.

W opracowaniu znajdują się następujące projekty norm, które w najbliższym czasie pojawiają się w druku:

Projekt — PN/B — 23001 — Zakres przydatności żuźli wielkopieczowych do celów budownictwa.

Projekt — PN/B — 23002 — Żuźel wielkopieczowy granulowany do produkcji spoiw hydraulicznych.

Projekt — PN/B — 23003 — Żużel wielkopiecowy pumeksowy do lekkich betonów.

Projekt — PN/B — 23004 — Żużel wielkopiecowy kawałkowy do celów drogowych.

Projekt — PN/H — 04170 — Analiza chemiczna żużli — żużel wielkopiecowy.

Celem zapoznania Czytelników z zasadami technologicznego procesu przeróbki płynnego żużla wielkopiecowego, związanej z wymaganiami produkcji spoiw hydraulicznych i budownictwa, przedstawię w ogólnych zarysach charakterystyczne cechy związane z uzyskiwaniem żużli granulowanych, pumeksowych i kawałkowych.

ŻUŻEL WIELKOPIECOWY GRANULOWANY DO PRODUKCJI SPOIW HYDRAULICZNYCH.

Żużel wielkopiecowy granulowany jest to produkt uboczny, powstający przy wytapianiu surówki w wielkich piecach, przeobrażony w postać ziarnistą drogą raptownego ostudzenia. Ze względu na wymaganą aktywność granulatu, poddaje się procesowi granulacji jedynie takie zasadowe żużle wielkopiecowe, które odpowiadają wymaganiom technicznym Normy określonej projektem PN/B-23002.

Zasada procesu granulacji polega na uzyskaniu materiału drobnodziarnistego, o strukturze bezpostaciowej, wybitnie szklistej, o małej zawartości ziaren skryształizowanych, powstającego przez raptowne ostudzenie płynnego żużla zasadowego.

Celem granulacji jest uzyskanie, wskutek raptownego przestudzenia płynnego żużla zasadowego, zupełnie nowego materiału o cennych właściwościach hydraulicznych, objawiających się — po wysuszeniu, zmieleniu, dodaniu aktywatorów i zarobieniu wodą — zdolnością wiązania i twardnienia.

Granulat żużla zasadowego przedstawia nowy materiał o odmiennych właściwościach niż te, które pierwotnie posiadał żużel przed zgranulowaniem. Aktywność takiego granulatu wzrasta przy stosownym składzie chemicznym żużla, celowym przebiegu granulacji i należytym zeszkliwieniu ziaren.

Istnieją trzy zasadnicze sposoby granulowania płynnego żużla zasadowego:

1. wodą — granulacja mokra,
2. parą wodną — granulacja półsucha,
3. powietrzem — granulacja sucha.

Granulacja mokra polega na zetknięciu strugi płynnego żużla z większą ilością wody.

Dodatnią stroną tej metody granulacji jest: jej prostota, pewność, szybkość procesu granulacji, możliwość wyługowania strumieniem wody części siarki zawartej w żużlu, uzyskanie uziarnienia o strukturze wybitnie szklistej.

Do ujemnych stron należy: poważne zaawilgocenie ziaren, dochodzące niekiedy do 40% części ciężarowych, konieczność zużycia znacznej ilości wody, kosztowne i kłopotliwe suszenie granulatu przed przemiałem, oraz utrudnione rozładowywanie wagonów w okresie mrozów:

Ujemne strony granulacji mokrej starano się usunąć, zastępując strumień wody sprężonym powietrzem lub połączeniem go z rozpylaniem wody, bądź też innymi urządzeniami ograniczającymi stopień zużycia wody.

Granulacja sucha daje — jak wynika z doświadczeń zagranicy — przy tym samym składzie chemicznym żużla, również zadowalniający granulat pod względem jego aktywności.

Dodatnią stroną suchej granulacji jest usunięcie trudności powstających w czasie zimowej produkcji i przewozu, oraz zredukowanie do możliwego minimum kosztów suszenia granulatu przed przemiałem.

Ujemną stroną natomiast jest ograniczona wydajność produkcji i stosunkowo szybkie zużywanie się metalowych dysz, wskutek oddziaływania na nie wysokiej temperatury płynnego żużla.

Granulacja półsucha stanowi metodę pośrednią między mokrą a suchą granulacją, dając również zadowalniające wyniki.

Wpływ nieodpowiedniego procesu granulacji na właściwości hydrauliczne granulatu, odbija się poważnie na jego aktywności. Żużle o wysokiej zasadowości, niezbyt raptownie ostudzone, ulegają łatwo krystalizacji, w następstwie czego stają się nieprzydatne do produkcji spoiw hydraulicznych, podlegając samoczynnemu rozpadowi wapniowemu.

Zależnie od przebiegu granulacji, otrzymuje się uziarnienia o różnej budowie, z których jedne są spoiste, zbite, podobne do ziaren piasku, inne wykazują budowę pienistą o strukturze gąbczastej. Zależnie od budowy ziarna, wykazują żużle granulowane znaczne różnice ciężaru objętościowego w stanie wysuszonym, wahające się średnio w granicach 480—1200 kg/m³. Niski ciężar objętościowy spowodowany gąbczastością ziarna, jest niekorzystny dla produkcji spoiw hydraulicznych tak z uwagi na przeróbkę mechaniczną, jak również i ze względów transportowych.

Gąbczasta struktura zwiększa zdolność zawilgocenia, utrudnia odparowanie wody przed przemiałem w młynach kulowych. Odparowywanie wymaga długotrwałego, intensywnego podgrzewania granulatu do temperatury nieprzekraczającej jednak 400° C, co graniczy z niebezpieczeństwem odszkliwienia ziaren tj. przesunięcia ich w stan mniej lub więcej krystaliczny, przy równoczesnym utraceniu właściwości hydraulicznych.

Powstawania ziaren gąbczastych można uniknąć jedynie przez raptowne ostudzenie płynnego żużla, który nagle krzepnąc nie ma czasu na utworzenie gąbczastej struktury, lecz rozpada się na drobny, spoisty piasek.

Łączność między zeszkliwieniem ziaren a aktywnością zmielonego granulatu polega na następujących założeniach: żużel granulowany należący do grupy szkliw, tj. cieczy przechłodzonych, nagromadza w sobie znaczny zapas energii dzięki wytworzonej strukturze szklistej. Energia ta przejawia się aktywnością dopiero wówczas gdy zaistnieją ku temu odpowiednie

warunki. Wynika z tego, że zasadowy żużel granulowany o silnym zeszkliwieniu ziaren, posiada w sobie „utajone“ właściwości hydrauliczne, nabywane dopiero w trakcie granulowania i manifestujące się na zewnątrz pod wpływem bodźca, jakim jest dodatek cementu, wapna lub gipsu.

Świeży granulak całkowicie zeszkliwiony, usypany na zwały, zatracą z czasem swą strukturę szklaną pod działaniem wpływów atmosferycznych i dwutlenku węgla (CO_2), pobieranego z powietrza. Następuje rozkład szkliwa na powierzchni ziaren, przy równoczesnym wydzielaniu kwasu krzemowego. Wapno przechodzi wówczas, pod wpływem dwutlenku węgla, w węglan wapniowy (CaCO_3) albo do roztworu, w którym kwas krzemowy zawierający wodę zlepia poszczególne ziarna granulatu, tworząc silną, zbitą skamienielinę.

Pierwotna aktywność świeżo wyprodukowanego granulatu zanika z biegiem lat, spadając w przybliżeniu w okresie 30-tu lat do 60% aktywności początkowej.

Skład chemiczny wielkopieczowego żużla granulowanego powinien odpowiadać następującym wymaganiom:

- a) zawartość tlenku wapnia (CaO) powyżej 38%,
- b) zawartość tlenku magnezu (MgO) poniżej 8%,
- c) zawartość tlenku żelaza (FeO) poniżej 1,5%,

Mgr inż. Eugeniusz Mazanek
Kraków

Żużel wielkopieczowy surowcem do produkcji cementu

Żużel wielkopieczowy powstaje w wielkim piecu przez stopienie skały płonej rudy, popiołu koksu oraz topnika. Pełne oddzielenie niemetalicznych domieszek, występujących w tworzywach wielkopieczowych, od wytapianego surowca możliwe jest jedynie w stanie roztopionym.

Roztopienie skały płonej winno nastąpić po redukcji żelaza. Jeżeli ruda jest trudnoredukcyjna ale łatwotopliwa, stopienie skały płonej nastąpi wcześniej niż zacznie się redukcja tlenków żelaza. W rezultacie następuje stopienie się tlenków żelaza ze skałą płoną w postaci łatwotopliwych żelazistych żużli. W drugim skrajnym wypadku, najkorzystniejszym dla procesu wielkopieczowego, przy rudzie łatworedukcyjnej ale trudnotopliwej — redukcja rudy odbywa się w zakresie temperatur 1000—1200°, czyli wcześniej niż rozpoczyna się topienie skały płonej rudy, której początek topienia i tworzenia się żużla przypadnie mniej więcej na 1200°C.

W obu tych wypadkach skład otrzymanej surówki będzie różny. Jeżeli obliczyć naboje dla dwu pieców, przy założeniu różnych rud (tak co do redukcyjności jak i topliwości) ale jednakowego żużla, przy jednakowej tempera-

d) zawartość tlenku manganu (MnO) poniżej 4%,

e) zawartość siarki w postaci siarczków (S) poniżej 3%.

Wskaźnikiem aktywności wielkopieczowego żużla granulowanego nazwano stosunek ciężarowy tlenku krzemu (SiO_2) do tlenku glinu (Al_2O_3). Wskaźnik aktywności powinien się mieścić w granicach 2—5.

Współczynnik zasadowości tj. stosunek ciężarowy sumy tlenku wapnia (CaO) i tlenku magnezu (MgO) do sumy tlenku krzemu (SiO_2) i tlenku glinu (Al_2O_3) nie może być niższy od 0,95.

Struktura żużla granulowanego winna być bezpostaciowa, nie gąbczasta, przeważnie szklista.

Zabarwienie wielkopieczowego żużla granulowanego w stanie suchym, powinno posiadać kolor żółtawy. Zanieczyszczenia ziarnami niezgranulowanymi, zbitymi oraz obcymi domieszkami są niedopuszczalne.

Zawartość wilgoci w granulowanych żużlach wielkopieczowych nie powinna przekraczać 25% ciężaru.

Ze stanowiska produkcji spoiw hydraulicznych oraz z uwagi na ekonomię suszenia i przemiału, dążyć należy do obniżenia normowego zawilgocenia do granic 5—10% przez zastosowanie odpowiedniej metody oraz urządzeń granulacyjnych.

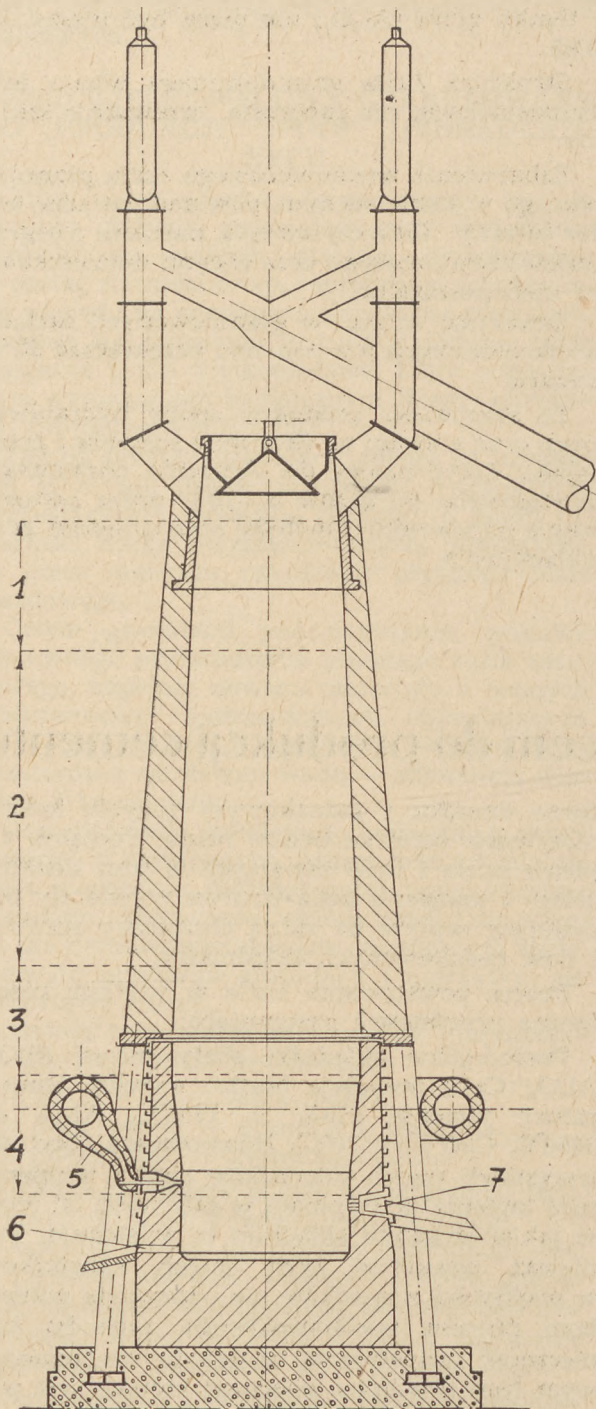
turze dmuchu i jednakowym zużyciu koksu, otrzymana surówka będzie różna. Początek topienia żużla i ilość zawartych w nim tlenków żelaza i manganu będą bowiem wywierały decydujący wpływ na skład chemiczny surówki i ilość zredukowanych składników.

Proces powstawania żużla w wielkim piecu można przedstawić następująco:

Poszczególne składniki skały płonej (SiO_2 , Al_2O_3 , CaO) posiadają bardzo wysokie temperatury topienia (SiO_2 — 1685°C, Al_2O_3 — 2050°C, CaO — 2530°C). Równoczesna obecność wszystkich trzech składników obniża temperaturę topienia skały płonej w zależności od tego, w jakim stosunku składniki te występują. Ponieważ zawartość tych trzech składników w większości wypadków nie odpowiada potrzebom procesu wielkopieczowego, zachodzi konieczność uzupełnienia w naboju wielkopieczowym tego składnika, obecność którego jest potrzebna dla uzyskania właściwej temperatury topienia skały płonej.

Tworzywa wielkopieczowe schodzą wewnątrz wielkiego pieca w dół, nagrzewane stopniowo strumieniem gorących gazów.

Pierwszym etapem żuźlowania jest proces spiekania kawałków rudy; w miarę opuszczania się tworzyw w strefy wyższych temperatur, proces ten przebiega coraz to intensywniej i w końcu rozpoczyna się obtopianie na granicach styku kawałków rudy i topnika, a jeżeli ruda jest samotopliwa — również i wewnątrz kawałków rudy. W strefach bardzo wysokich temperatur roztopiona masa staje się coraz bardziej płynna i rozpoczyna ściekać w postaci kropeł do garu pieca.



Schemat wielkiego pieca.

1. Strefa podgrzewania — 400°C; 2. Strefa redukcji — 600—700°C; 3. Strefa nawęglania — 1000—1200°C; 4. Strefa topienia — 1700—1800°C; 5. Dysze; 6. Otwór spustowy surówki; 7. Otwór spustowy żużla.

Roztopiona masa ściekająca w dół, omywając w dolnych strefach pieca kawałki rudy i topnika, wzbogaca się ich składnikami, przy czym jako ostatni do żużla dołącza się popiół koksu spalonego dopiero pod dyszami w garze wielkiego pieca. Obok żużla, na pewnym poziomie zaczynają ściekać krople zredukowanego metalu, który na skutek wysokiego ciężaru gatunkowego przecieka przez warstwę roztopionego żużla — reagując z nim.

Powstający pierwotny żużel winien być możliwie łatwotopliwy tj. przedstawiać eutektykę głównych składników. Taka eutektyka powstaje przy temperaturach bliskich 1200°C, jeżeli w skale płonej rudy znajdują się wszystkie jej składowe części w odpowiednim stosunku, tj. jeżeli ruda jest „samotopliwa“; w przeciwnym razie tworzenie się żużla zaczyna się dopiero przy wyższych temperaturach, gdy pewna ilość zasad topnika stopi się razem z częścią skały płonej rudy, która zwykle zawiera krzemiany glinu ($\text{Al}_2\text{O}_3 \cdot 2\text{SiO}_2$) z mniejszą lub większą ilością mechanicznej domieszki krzemionki.

Wykres Rankina przedstawiający temperatury topienia układu $\text{SiO}_2 - \text{Al}_2\text{O}_3 - \text{CaO}$ — a więc i żużli wielkopieczowych podaje, że najniższe topniwa jest eutektyka o zawartości $\text{SiO}_2 = 62\% + \text{Al}_2\text{O}_3 = 14,75\% + \text{CaO} = 23,25\%$, która topi się przy temperaturze 1165°C. W eutektyce tej stosunek $\text{SiO}_2 : \text{Al}_2\text{O}_3$ równa się 4,2.

Inna eutektyka, o wyższej zawartości tlenku glinu (o stosunku $\text{SiO}_2 : \text{Al}_2\text{O}_3$ około 2) topi się przy temperaturze 1265°C. Jej skład: $\text{SiO}_2 = 42\% + \text{Al}_2\text{O}_3 = 20\% + \text{CaO} = 38\%$.

Pośredni stop zawierający $\text{SiO}_2 = 47,3\% + \text{Al}_2\text{O}_3 = 18,6\% + \text{CaO} = 34,1\%$ topi się przy nieco wyższej temperaturze 1299°C. Stop ten przegrzany o 100° jest już bardzo rzadkoplłynny, podczas gdy najbardziej łatwotopliwy stop (podany pierwszy) odznacza się dużą gęstością i dopiero dalsze rozpuszczanie się w nim pewnych ilości wapna powoduje jego znaczne rozrzedzenie.

Drugi stop również jest gęstoplłynny, ale zostaje rozrzedzony zarówno po rozpuszczeniu w nim wapna jak i krzemionki.

Stopy odznaczające się niskim stosunkiem krzemionki do tlenku glinu (1—1,25) wykazują wysoką temperaturę topienia, co wyklucza możliwość uzyskania ich na początku żuźlowania. Żużle tego typu uzyskuje się dopiero po rozтворzeniu skały płonej o wysokiej zawartości tlenku glinu w żużlu pierwotnym, łatwiej topliwym, po opuszczeniu się naboju w strefy wyższych temperatur.

Jednakże przy pracy na żelazistych boksytach, możliwe jest powstanie od samego początku żużli zawierających $\text{SiO}_2 = 6,8\% + \text{Al}_2\text{O}_3 = 43,7\% + \text{CaO} = 49,5\%$, topiących się przy 1335°C. Żużel ten staje się trudniej topliwym po rozpuszczeniu w sobie nadmiaru krzemionki skały płonej rudy lub wapna z topnika.

Jak wynika z powyższego — dla powstania łatwotopliwych żużli potrzebna jest pewna

ilość tlenku glinu w skale płonej rudy; przy jego braku — jeżeli tlenek glinu znajduje się jedynie w popiele koksu — tworzenie się żuźła może być bardzo opóźnione.

Zuźle są w wielkim piecu regulatorem temperatury pieca; przez zmianę składu żuźła, temperatura garu wielkiego pieca ulega zmianie. Przy pracy na żuźlach łatwotopliwych, temperatura w garze będzie niższa, niż przy żuźlach trudnotopliwych i na odwrót.

Wyjaśnić to można w ten sposób, że w miejscu topienia żuźli temperatura otoczenia nie może podnieść się dowolnie wysoko ponad temperaturę topliwości żuźła, gdyż całe wolne ciepło zużywa się na pokrycie ciepła jego topienia.

Zuźel stopiony szybko ścieka do garu i tutaj jego temperatura reguluje temperaturę otoczenia. Pomiary wykazują, że przy wytopie surowek wysokomanganowych, gdy żuźel na skutek dużej zawartości manganu jest łatwotopliwy, temperatura w garze, mimo wysokiego zużycia koksu, jest niższa niż przy zwykłej surowce martenowskiej z niską zawartością manganu.

Do wytopu surowki odlewniczej o wysokiej zawartości krzemu, do redukcji którego potrzebna jest wysoka temperatura, należy stosować żuźle trudnotopliwe — przy podwyższonym zużyciu koksu i podwyższonej temperaturze dmuchu.

Drugim zadaniem żuźła w wielkim piecu jest rozpuszczanie siarczku wapnia, tj. związku, który wiąże i usuwa siarkę z surowki w strefie topienia. Zasadniczym warunkiem dobrego odsiarczania jest skład żuźła, jego rzadkopłynność i temperatura w garze wielkiego pieca. Wyższa zawartość w żuźlu CaO, i w pewnej mierze MgO, zwiększa zdolność wiązania w żuźlu siarki; tlenek glinu zwiększa zdolność rozpuszczania w żuźlu CaS; temperatura wpływa korzystnie zarówno na pierwsze jak i drugie. Dla odpowiedniego odsiarczania konieczne jest, aby żuźel posiadał pewną przewagę składników zasadowych (CaO i MgO) nad składnikami kwaśnymi (SiO₂), czyli aby jego tzw. zasadowość wyrażająca się stosunkiem — (CaO + MgO): SiO₂ — wynosiła około 1,25 do 1,30.

Ważną cechą żuźli wielkopiecowych jest ich płynność. Żuźel gęsty, ciągliwy, utrudnia normalny bieg pieca, narasta na ścianach obmurza, tworzy narosty, zakleja przeloty pomiędzy kawałkami koksu w dolnych strefach pieca, utrudniając prawidłowy rozdział gazów. Wysoka ciągliwość żuźła utrudnia przebieg reakcji pomiędzy żuźlem i surowką, a więc wpływa również ujemnie na odsiarczanie. Zbyt rzadkopłynne żuźle na odwrót — rozjadają szybko nie tylko narosty ale i obmurze ścian garu i spadków wielkiego pieca.

Ciągliwość żuźli zależy od ich składu chemicznego oraz od temperatury.

Żuźle kwaśne są gęstopłynne i przechodzą przy zastyganiu przez szeroki zakres ciastowatości.

Żuźle o średniej zasadowości (1,25—1,35) są rzadkopłynne, twardną szybko bez przechodze-

nia przez stan ciastowatości; żuźle wysokozasadowe są znowu ciągliwe, gęste.

Zamiana części tlenku wapna przez tlenek magnezu zwiększa rzadkopłynność żuźła. Tlenki MnO i FeO jeszcze bardziej przyczyniają się do rzadkopłynności żuźła. Tlenek glinu przy zwiększonej zawartości (powyżej normalnej 13—15%) wpływa ujemnie na rzadkopłynność żuźła, podwyższając jego ciągliwość.

Produkcja cementu z żuźła wielkopiecowego jest logiczną koniecznością pożytecznego użytkowania odpadkowego produktu wielkopiecowego do celów gospodarczych.

Produkcja ta jest również uzasadniona oszczędnością paliwa i energii elektrycznej, uzyskiwaną przy produkcji cementu z żuźła, w porównaniu do produkcji normalnego cementu portlandzkiego.

Według danych G. Ł. Łagunowa („Swojstwa i technologia szlakowych stroitielnych materialow“ str. 112) oszczędność ta wynosi:

	% dodatku żuźła	Oszczędność paliwa kg/t cementu	Oszczędność energii el. kWh/t cementu
1	75	137	60,7
2	40	98	28,0
3	8	19	5,1

„Zement“ (1942 r., str. 205/7) podaje, że przy wyrobie cementu żuźłowego zużycie węgla jest niższe o około 190 kg/t cementu, niż przy wyrobie normalnego cementu portlandzkiego.

Wynika z powyższego, że w każdej tonie żuźła wielkopiecowego nadającego się do przerobu na cement tkwi pewna ilość energii, która, w razie niewykorzystania żuźła, wędruje na zwał.

Jak wiadomo, cement żuźłowy powstaje przez zmieszanie zwyczajnego cementu portlandzkiego z żuźlem wielkopiecowym. Skład żuźła wielkopiecowego powinien odpowiadać następującemu warunkowi:

$$\frac{\text{CaO} + \text{MgO} + \frac{1}{3}\text{Al}_2\text{O}_3}{\text{SiO}_2 + \frac{2}{3}\text{Al}_2\text{O}_3} \geq 1$$

Cement portlandzki powinien być jak najdokładniej wymieszany z bardzo drobno zmielonym żuźlem w ilości nie większej niż 85%.

Do produkcji cementu stosuje się żuźle granulowane, powstające przy nagłym ostudzeniu płynnego żuźła wodą lub powietrzem.

Granulacja żuźła, tj. przetworzenie go w stan drobnoziarnisty, ma na celu nie tylko nadanie mu postaci dogodnej do dalszej przeróbki, ale również uzyskanie nowych własności. Szybkie ostudzenie wpływa na wewnętrzną strukturę żuźła granulowanego. Struktura ta zależy od:

- 1) temperatury, przy której rozpoczęło się ochładzanie żuźła,
- 2) intensywności tego ochładzania, tj. od długości okresu, w ciągu którego płynny żuźel uzyskał temperaturę krzepnięcia,
- 3) chemicznego składu żuźła.

W przeciwieństwie do metali, układy krzemianowe, do których należą również żużle, mogą zarówno posiadać budowę szklistą, bezpostaciową, jak i krystaliczną, przy czym wszystkie krzemiany, a więc i żużle, można podzielić na dwie grupy: na intensywnie krystalizujące i na słabo krystalizujące, których struktura będzie częściowo krystaliczna i częściowo bezpostaciowa. Do tych ostatnich należą przede wszystkim żużle kwaśne.

Granulacja żużli kwaśnych nie wykazuje wpływu na ich strukturę wewnętrzną, tak, że po granulacji pozostaje ona bezpostaciowa.

Żużle zasadowe przy wolnym studzeniu uzyskują strukturę krystaliczną a przy studzeniu szybkim — mieszaną. Jedynie przy momentalnym zastudzeniu udaje się uzyskać strukturę całkowicie bezpostaciową. Im zasadowość żużla jest wyższa, tym trudniej jest uzyskać strukturę bezpostaciową szybkim chłodzeniem.

Wiążące własności żużli granulowanych zależą od ich struktury mineralogicznej. Żużle o strukturze szklistej okazują się bardziej hydraulicznie aktywnymi, niż żużle wolno studzone a więc o strukturze krystalicznej.

Uważa się, że struktura krystaliczna znamionuje najniższy stopień energetyczny, posiadający najniższy potencjał, natomiast to samo ciało posiadające strukturę szklistą stoi wyżej i może przy przejściu w stan krystaliczny wydzielić pewną ilość ciepła lub innego rodzaju energii. Ciało zaś posiadające wyższy stan energetyczny posiada również wyższą zdolność reagowania i przetwarzania się. Powyższa teza potwierdzona jest właściwościami aktywności żużli kwaśnych.

Rozbiór petrograficzny struktury żużli wielkopiecowych wskazuje, że w tych żużlach, w których przy oziębieniu powstają kryształy, nierzadko spotyka się twory krystaliczne odpowiadające cementowi portlandzkiemu.

Jeżeli w procesie stygnięcia żużli nastąpi w pewnym zakresie krystalizacja, to zwykle spotyka się 2 CaO. SiO₂; natomiast 3 CaO. SiO₂ — najbardziej aktywny w klinkrze — spotyka się jedynie w żużlach wielkopiecowych wytopionych na dmuchu wzbogaconym w tlen (przy bardzo wysokich temperaturach).

Związki wapnia i glinu spotyka się w żużlach wielkopiecowych bogatych w tlenek glinu. Badania wykazują, że najbardziej aktywnym jest CaO. Al₂O₃ i 5 CaO. 3 Al₂O₃; pierwszy jest głównym składnikiem cementów glinowych.

Przeciętny skład żużli wielkopiecowych produkowanych w Polsce przedstawia się następująco:

tlenek wapnia CaO	34 — 44	%
tlenek magnezu MgO	4 — 16	%
tlenek krzemu SiO ₂	32 — 37	%
tlenek glinu Al ₂ O ₃	8 — 13	%
tlenek żelaza FeO	0,8 — 2	%
tlenek manganu MnO	0,6 — 1,7	%
Siarka S	1 — 2,5	%

Żużle granulowane o powyższym składzie chemicznym w zupełności nadają się do pro-

dukcji cementu. Oczywiście rozrzut zawartości poszczególnych składników w tym zestawieniu jest dość znaczny; rozrzut ten w różnych hutach i okresach jest jednak o wiele mniejszy. Obecność wymienionych składników, z wyjątkiem MnO, nie powinna wzbudzać zastrzeżeń.

Należy podkreślić, że żużle powstające przy wytopie surówek odlewniczych odznaczają się wyższą zawartością CaO i niską zawartością MnO. Takie żużle w większości wypadków zapewniają produkcję wysokogatunkowych cementów.

Żużle surówek martenowskich są kwaśniej-
sze i z reguły zawierają więcej MnO.

Szczególną cechą żużli wielkopiecowych granulowanych jest zahamowanie ich aktywności, dla wyzwolenia której konieczny jest dodatek wzbudziela. Dokładnie zmielone żużle granulowane zostają energicznie pobudzone przez dodatek niedużych nawet ilości wapna, portlandcementu, gipsu itp. Własności wiążące żużli po wprowadzeniu wzbudzieli okazują się niewspółmiernie wyższe niż żużli niewzbudzonych.

Jak w cemencie portlandzkim, tak i w żużlu wielkopiecowym, składnikami określającymi aktywność hydrauliczną są CaO, SiO₂ i Al₂O₃; Fe₂O₃ — w żużlu wielkopiecowym nie jest składnikiem aktywnym, gdyż żelazo wchodzi w skład żużli w postaci tlenku, który w tych ilościach, w jakich występuje w normalnych żużlach nie wpływa na własności wiążące.

Rola MgO w żużlu jest całkowicie różna niż w klinkrze cementu portlandzkiego.

W klinkrze, przy małych ilościach, MgO jest wiązany w związku 4 CaO. 2 MgO. Al₂O₃. Fe₂O₃ i wtedy nie wykazuje ujemnego wpływu; natomiast przy podwyższonej zawartości MgO — jeżeli pozostaje on niezwiązany — wywiera ujemne działanie, powodujące nierównomierne zmiany objętości.

W żużlu wielkopiecowym szybko studzonym (granulowanym) MgO jest równomiernie rozłożone i według badań wykazuje dodatni wpływ na własności wiążące, co pozwala przy ocenie aktywności żużli sumować tlenek wapnia z tlenkiem magnezu.

Rola MnO jest ujemna. Każda ilość MnO w żużlu obniża wartość cementu wyprodukowanego z tego żużla. Szczególnie ujemną rolę odgrywają zawartości MnO powyżej 2,5%. Jak jednak wykazuje zestawienie składników żużli wielkopiecowych — zawartość w nich MnO nie dochodzi nawet do tej liczby — chyba wyjątkowo przy produkcji surówek specjalnych.

Siarka występuje w żużlu w postaci CaS. Przy granulacji część siarczku wapnia reaguje z wodą — w rezultacie czego powstaje H₂S a część CaS przechodzi w CaSO₄.

Badania przeprowadzone nad wpływem siarki żużla na przebieg twardnienia cementów oraz na konstrukcje stalowe wykazują, że siarka ma znaczenie ograniczone.

Należy dodać, że prowadzone były próby uzyskania drogą wytopu z wielkiego pieca

żuźła o wysokiej zawartości tlenku glinu; w jednej z hut uralskich wytapia się żużel o następującym składzie:

SiO ₂	8,6%
CaO	32,3%
Al ₂ O ₃	54,3%
FeO	0,6%
TiO ₂	3,7%
MnO	0,3%

Wsad tego pieca składa się z:

	SiO ₂	Al ₂ O ₃	Fe ₂ O ₃	TiO ₂	CaO	MgO
1. Boksytu I	4,0	52,0	29,0	1,5	1,2	0,9
2. Boksytu II	5,5	36,4	38,0	3,5	0,2	0,1

Anatol Szygocki
Cementownia „Wysoka“

O możliwościach regeneracji ciepła w suszarkach żuźła

Konieczność sprostania zadaniom, stawianym przemysłowi cementowemu przez Plan Sześciolletni, zwraca naszą uwagę przede wszystkim na problemy, związane z dodawaniem żuźła wielkopieczowego do cementu hutniczego i portlandzkiego „250“. Gospodarcza celowość dodawania żuźła, celem zwiększenia produkcji cementu, opiera się nie tylko na korzystnym zużycowaniu taniego, odpadkowego produktu, jakim jest żużel wielkopieczowy, ale także na stosunkowo niskich nakładach inwestycyjnych, związanych z dodawaniem żuźła, w porównaniu z kosztami budowy nowych zakładów lub instalowaniem nowych pieców w zakładach istniejących.

Zwiększenie zawartości żuźła w cemencie sprowadza się głównie do problemu jego suszenia. Poszukując nowych, coraz lepszych i wydajniejszych sposobów suszenia nie należy jednak zapominać o możliwościach zwiększenia sprawności już istniejących urządzeń, przede wszystkim — suszarek żuźła.

Suszarki bębnowe, stosowane w cementownictwie, mogą pracować na zasadzie współprądu, przeciwprądu lub jako dwukierunkowe.

Przy stosowaniu współprądu (rys. 1) wilgotne gazy wylotowe są w styczności z już wysuszonym, wychodzącym z suszarek żuźłem, który absorbuje część wody z powrotem. Aby utrzymać żużel w stanie suchym, gazy wylotowe powinny posiadać dosyć wysoką temperaturę, co z kolei powoduje duże straty kominowe. Zaletą współprądu jest więc niska temperatura żuźła, wadą natomiast — niecałkowite wysuszenie, bądź też wysokie straty ciepła w gazach.

Przy przeciwprądzie (rys. 2) gazy wylotowe są w styczności z wychodzącym żuźłem, który w ten sposób zostaje pozabawiony resztek wilgoci. Wilgotne wylotowe gazy z niską temperaturą, spotykając zimny wchodzący żużel, oziębiają się jeszcze bardziej, co może nawet spowodować skraplanie się pary jeszcze w suszarce.

	SiO ₂	Al ₂ O ₃	Fe ₂ O ₃	TiO ₂	CaO	MgO
3. Boksytu III	7,5	25,0	53,0	1,4	0,8	0,3
4. Rudy	4,1	—	83,2	4,2	—	—
5. Kamienia wap.	0,5	—	—	—	54,4	—

Wytrzymałość wytopionego żuźła:

na rozerwanie	po 24 godz.	15 kg/cm ²
na rozerwanie	po 72 godz.	25 kg/cm ²
na ściskanie	po 24 godz.	250 kg/cm ²
na ściskanie	po 72 godz.	600 kg/cm ²

Podobny żużel produkowała do 1944 r. huta Szczecin; również jeden z wielkich pieców węgierskich pracuje w podobnych warunkach.

Wadą przeciwprądu jest nadmierne ogrzanie żuźła, zaletą — małe straty kominowe.

Korzystne zestawienia zalet obydwu sposobów pracy otrzymuje się w suszarkach dwukierunkowych (rys. 3), posiadających obmurze. Gazy wlotowe omywają suszarkę zewnątrz we współprądzie i częściowo oziębione, ale suche, wchodzą do suszarki w kierunku przeciwnym. Jednak i w tym wypadku żużel nagrzewa się nadmiernie.

Wydaje się celową współśrodkowa z suszarką konstrukcja obmurza. Odległość między obmurzem a płaszczem suszarki nie powinna być zbyt duża, aby zapewnić wysoką szybkość gazów, co zwiększa współczynnik przenoszenia ciepła. Szybkość gazów jednak jest ograniczona wielkością, przy której zaczyna się porywanie i unoszenie cząstek żuźła w suszarni. Współśrodkowa konstrukcja poza tym zmniejsza powierzchnię wewnętrzną obmurza, a więc — i straty promieniowania.

Niezwykle cenne uwagi w wykryciu źródeł większych strat ciepłych i w próbach podniesienia sprawności suszarki może oddać bilans cieplny. Przykładem może służyć niżej podany bilans cieplny dwukierunkowej suszarki o wydajności około 35 ton/24 godz., sporządzony w ustabilizowanych warunkach ruchowych. Ilości ciepła są odniesione do 1 tony gotowego produktu.

Przychód:

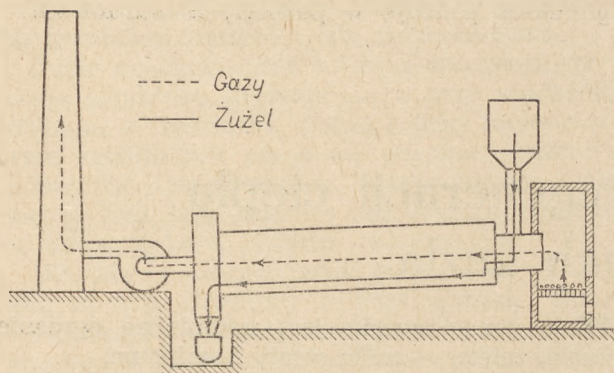
ciepło spalania węgla	Kal.	%
	819624	100

Rozchód:

ciepło odparowania użyteczne	266112	32,5
straty: w gazach odlotowych	439681	53,7
w żuźlu suchym	69660	8,5
w przesypie węgla	14429	1,7
w żuźlu z rusztów	2575	0,3
promieniowanie i inne	27167	3,3
Razem:	819624	100,0

Przytoczony bilans cieplny jest wybitnie niekorzystny ze względu na małą sprawność cieplną (0,325). Największą pozycją strat ciepła są straty kominowe.

Zmiany konstrukcyjne, poczynione w omawianej suszarce, a mające na celu zwiększenie powierzchni styczności gazów z żużlem wraz z odpowiednią regulacją ilości gazów, dały w efekcie znaczne zmniejszenie strat kominowych oraz zwiększenie sprawności do 0,481. Straty kominowe pozostają jednak nadal poważną pozycją w bilansie cieplnym.



Rys. 1

Dalsze wykorzystanie ciepła gazów wylotowych teoretycznie jest możliwe w wymiennikach ciepła przez ogrzewanie doprowadzonego pod ruszt powietrza. Natomiast praktyczne zastosowanie takich wymienników byłoby uciążliwe wobec małych współczynników przenoszenia ciepła w układzie gaz-ścianka metalowa-gaz, co pociąga za sobą konieczność stosowania dużych powierzchni wymiennika.

Następną pozycją strat cieplnych są straty w ogrzanych żużlu wynoszące 8—10% a w suszarkach bez obmurza (przeciwprąd) — znacznie większe. Temperatura żużła wychodzącego z suszarki przy dwukierunkowym biegu gazów wynosi 250—300°C.

Ciepło ogrzania żużła można wykorzystać do podgrzania powietrza w wymienniku o konstrukcji podobnej do suszarki.

Celem dalszych rozważań i obliczeń jest wykazanie opłacalności takiego wymiennika przez porównanie jego wymiarów z wymiarami suszarki *).

Rozpatrzmy następujący przykład: suszarka suszy 3 tony wilgotnego żużla na godzinę. Zawartość wilgoci wynosi 30%. Ciepło właściwe suchego żużła — 0,26 Kal/kg/°C. Gazy spalinowe przepływają w przeciwprądzie z temperaturą wlotową 700°C i wylotową 800°C.

Analiza gazów wylotowych wykazuje: CO₂ — 3,8%, O₂ — 16,6%, CO — ślady. Punkt rosy gazów wlotowych 24,3°C, co odpowiada prężności pary wodnej 22,8 mm sł. Hg, ciśnienie atmosferyczne 750 mm sł. Hg, temperatura żużła

*) W. H. Walker, W. K. Lewis, W. H. Mc Adams. Principles of chemical engineering. Przekł. ros. 1955.

wyściowa 20°C, wyjściowa 270°C. Przy obliczeniu za jednostkę odniesienia przyjmujemy 1 godzinę.

Całą ilość ciepła zużywaną w suszarce można ująć w dwóch pozycjach:

1) ciepło zużyte na ogrzanie żużla od 20°C do 270°C:

$$3000 \cdot 0,7 \cdot 0,26 \cdot (270 - 20) = 131000 \text{ Kal}$$

2) ciepło zużyte na przemianę wody przy 20°C na parę przy 80°C:

$$3000 \cdot 0,3 \cdot (80 - 20) + 3000 \cdot 0,3 \cdot 540 = 540000 \text{ Kal}$$

Razem zużyte ciepło w suszarce wynosi 671000 Kal. Tej ilości ciepła (straty promieniowania pomijam) dostarczają składniki gazów przy oziębieniu od 700°C do 80°C. Na 100 kmoli suchych gazów przypada 3,8 kmoli CO₂, 16,6 kmoli O₂, 79,6 kmoli N₂ oraz:

$$\frac{22,8 \cdot 100}{750 - 22,8} = 3,14 \text{ kmoli pary wodnej.}$$

Entalpia (zawartość ciepła) przy oziębieniu od 700°C do 80°C zmniejsza się:

dla CO₂ — o 6570 Kal na 1 kmol

dla O₂ i N₂ — o 4260 Kal na 1 kmol

dla pary wodnej — o 5330 Kal na 1 kmol

Razem 100 kmoli suchych gazów dostarczają:

$$3,8 \cdot 6570 + 96,2 \cdot 4260 + 3,14 \cdot 5330 = 452000 \text{ Kal ciepła.}$$

Zapotrzebowanie suszarki wynosi:

$$\frac{671000}{452000} = 148,5 \text{ kmoli suchych spalin,}$$

czyli 148,5 + 3,14 · 1,485 = 153 kmoli spalin wlotowych wilgotnych.

Ilość przenoszonego ciepła wyraża się wzorem:

$$Q = K \cdot F \cdot \Delta t_{sr} \cdot \tau$$

gdzie:

K — współczynnik przenoszenia ciepła w Kal/m² · °C · godz.

F — powierzchnia przechodzenia w m²

τ — czas w godz.

Δt_{sr} — logarytmiczna średnia różnica temperatur

$$\Delta t_{sr} = \frac{\Delta t_1 - \Delta t_2}{n \Delta t_1 \Delta t_2}$$

gdzie Δt₁ i Δt₂ — początkowa i końcowa różnica temperatur pomiędzy spalinami a żużlem.

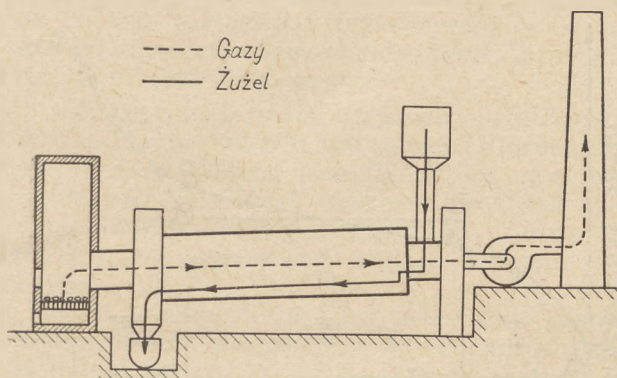
Współczynnik K może być obliczony, jeśli znane są wszystkie opory cieplne, bądź też może być określony z danych ruchowych.

Powierzchnia żużła F jest trudna do określenia z wystarczającą dokładnością, natomiast można połączyć wielkości K i F (powierzchnia w ustalonych warunkach pracy jest wielkością prawie stałą) w jeden współczynnik KF, który w ten sposób staje się proporcjonalny do pojemności suszarki a więc — do jej wymiarów. Obliczając i porównując wielkość KF dla suszarki i wymiennika, można wywnioskować o stosunku wymiarów wymiennika do wymiarów suszarki.

Ilość przenoszonego ciepła nie jest proporcjonalna do czasu przebywania żuźla w suszarce, a więc i do odległości od wlotu żuźla i powinna być obliczana odcinkami. Przyczyną tego jest nierównomierny rozkład temperatury żuźla.

Pod względem zmian temperatury żuźla suszarkę można podzielić na trzy strefy:

1) strefa podgrzania, gdzie temperatura żuźla szybko wzrasta a odparowanie jest jeszcze znikome,

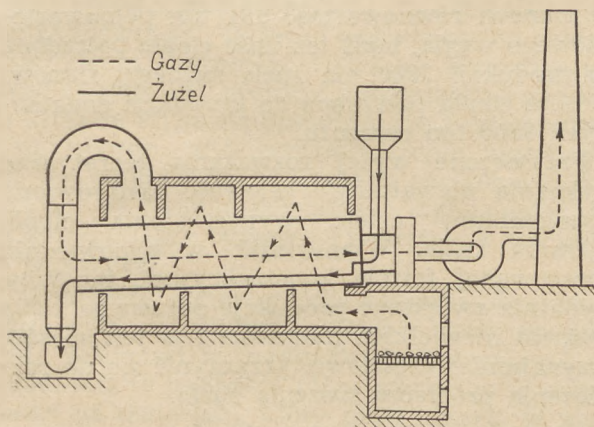


Rys. 2

2) strefa odparowania, gdzie wzrost temperatury jest niewielki przy intensywnym odparowaniu,

3) strefa przegrzania, gdzie wydalone są resztki wilgoci, a temperatura żuźla wzrasta znacznie. Przebieg zmian temperatury żuźla jest przedstawiony na wykresie (rys. 4).

W wypadkach, gdy nie jest wymagane całkowite wydalenie wilgoci z materiału, proces można przerwać przed osiągnięciem punktu C. Dla żuźla jednak całkowite wysuszenie jest konieczne, co nieuchronnie prowadzi do jego nadmiernego ogrzania (odcinek CD). Kształt krzywej AD jest dość trudny do określenia, można jednak z wystarczającym przybliżeniem określić temperaturę strefy II (odparowania) przez zastąpienie odcinka krzywej BC prostą B'C' (linia przerywana).



Rys. 3

Z wykresu Moliera wynika, że temperatura materiałów z powierzchnią nasyconą wilgocią, w styczności z gazami o temperaturze ponad

150°C, wynosi 40—70°C. Przy mniejszych zawartościach wilgoci, temperatura materiału zbliża się do temperatury wrzenia wody i wynosi 85—99°C. Ewentualny błąd w określeniu temperatury żuźla w strefie odparowania jest mało istotny wobec dużej różnicy temperatur pomiędzy żuźlem a spalinami. Do dalszych obliczeń przyjmujemy temperaturę strefy parowania na 90°C.

Przenieszone ilości ciepła w poszczególnych strefach:

Strefa I

$$3000 \cdot 0,7 \cdot 0,26 \cdot (90-20) + 3000 \cdot 0,3 \cdot 1 \cdot (90-20) = 101200 \text{ Kal}$$

Strefa II

$$3000 \cdot 0,3 \cdot 540 = 486000 \text{ Kal}$$

Strefa III

$$3000 \cdot 0,7 \cdot 0,26 \cdot (270-90) = 98200 \text{ Kal}$$

Spaliny oddają średnio (pomijam zależność ciepła właściwego gazów od temperatury):

$$\frac{153 \cdot 4520}{700-80} = 1049 \text{ Kal. na } 1^\circ \text{ obniżenia temperatury.}$$

Obniżenie temperatury wynosi więc:

$$\frac{98200}{1049} = 94^\circ \text{C}$$

Temperatura gazów w końcu strefy parowania wyniesie:

$$700-94 = 606^\circ \text{C.}$$

Temperaturę gazów na początku strefy parowania (t) obliczymy z bilansu w strefie parowania:

$$1049 \cdot (606-t) = 486000 + 900 \cdot 0,48 \cdot (t-90) \text{ skąd } t = 127^\circ \text{C}$$

Temperatury gazów i żuźla w punktach D, C₁, B₁ i A wykresu oraz średnie logarytmiczne różnice dla każdej strefy podaje tabela 1.

Tabela 1

Temperatura	Koniec strefy III. p. D	Koniec strefy II. p. C ₁	Początek strefy II. p. B ₁	Początek strefy I. p. A
Temperatura spalin	700	604	127	80
Temperatura żuźla	270	90	90	20
Różnica temperatur	430	514	37	60
Średnia logarytmiczna różnica temp. strefy Δt_{sr}	468	181	45	

Współczynniki KF dla każdej strefy ($KF = \frac{Q}{\Delta t_{sr}} \text{ Kal/}^\circ\text{C/godz.}$):

$$K_1 F_1 = \frac{101200}{45} = 2250 \text{ Kal/}^\circ\text{C/godz.}$$

$$K_2 F_2 = \frac{486000}{181} = 2680 \text{ Kal/}^\circ\text{C/godz.}$$

$$K_3 F_3 = \frac{98200}{468} = 210 \text{ Kal/}^\circ\text{C/godz.}$$

Wielkość współczynnika K zależy w głównej mierze od oporu cieplnego nieruchomej błony gazowej, przylegającej bezpośrednio do powierzchni żuźla. Opór ten z kolei zależy od szybkości gazów, stałej we wszystkich strefach. Wobec tego i współczynnik K jest jednakowy dla wszystkich stref. Mamy więc:

$$K_1 F_1 + K_2 F_2 + K_3 F_3 = KF = 5140 \text{ Kal/}^{\circ}\text{C/godz.}$$

Współczynnik KF dla wymiennika można wyliczyć, zakładając, że 80% ciepła ogrzania żuźla przejdzie do powietrza, potrzebnego do spalania. W wymienniku temperatura żuźla jest funkcją liniową długości walczaka. Wymiennika więc można nie dzielić na strefy.

Ilość powietrza, potrzebnego do spalania obliczamy z zawartości azotu w spalinach:

$$148,5 \frac{79,6}{79,1} = 149,5 \text{ kmoli}$$

Ciepło ogrzania żuźla wynosi 131000 Kal, z czego do powietrza przechodzi $0,8 \cdot 131000 = 104800 \text{ Kal}$.

Ta ilość ciepła podwyższa entalpię powietrza o:

$$\frac{104800}{149,5} = 701 \text{ Kal na 1 kmol powietrza.}$$

Entalpia wchodzącego powietrza (20°C) wynosi 130 Kal. na 1 kmol.

Po wyjściu z wymiennika entalpia wzrośnie do:

$130 + 701 = 831 \text{ Kal na 1 kmol}$, co odpowiada temperaturze wychodzącego powietrza 125°C .

Temperaturę oziębionego żuźla obliczymy z ilości oddanego ciepła:

$$104800 = 2100 \cdot 0,26 \cdot (270 - t),$$

skąd $t = 78^{\circ}\text{C}$.

Tabela 2

Temperatura	Początek wymiennika	Koniec wymiennika
Temperatura żuźla	270	78
Temperatura powietrza	125	20
Różnica temperatur	145	58
Średnia logarytmiczna różnica temp. w wymienniku $\Delta t. \text{ś. r.}$	95	

Temperatura żuźla i powietrza oraz różnice temperatur w wymienniku są podane w tabeli 2.

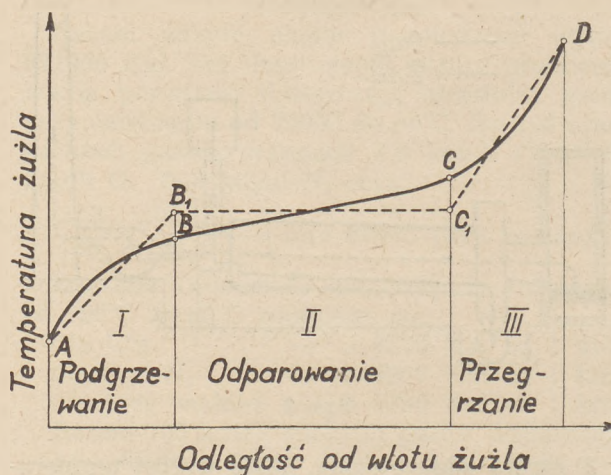
Otrzymujemy dla wymiennika:

$$KF = \frac{104800}{95} = 1102 \text{ Kal/}^{\circ}\text{C/godz.}$$

Współczynnik KF wymiennika stanowi:

$$\frac{1102}{5140} \cdot 100 \cong 20\% \text{ współczynnika KF suszarki.}$$

Uwzględniając podane wyżej rozważania dotyczące proporcjonalności KF do objętości aparatu, możemy powiedzieć, że objętość wymiennika stanowi 20% objętości suszarki przy założeniu, że konstrukcja wewnętrzna wymiennika zapewnia styczność powietrza z żuźlem nie gorszą niż suszarnia.



Rys. 4

W omówionym przykładzie (warunki pracy podane w przykładzie są zbliżone do normalnych warunków ruchowych) wielkość wymiennika ciepła stanowi 1/5 część wielkości suszarki. Aby zachować jednakową szybkość gazów w obu aparatach, średnica wymiennika powinna być równa średnicy suszarki a długość równa 1/5 jej długości. Koszt budowy takiego wymiennika wyniesie znacznie mniej niż 20% kosztów budowy suszarki bębnowej, z uwagi na brak dodatkowych urządzeń, jak zbiornik, podławacz i inne.

Ilość ciepła, którą wymiennik wraca do obiegu, w stosunku rocznym wynosi:

$$104800 \cdot 24 \cdot 365 \cong 918\,000\,000 \text{ Kal,}$$

co stanowi równowartość 131 ton pełnowartościowego węgla, bądź też ilość ciepła potrzebną do produkcji 3200 ton żuźla suchego; stanowi to ilość ciepła potrzebną do produkcji dodatkowych 3200 ton cementu.

Przytoczone wyżej rozważania teoretyczne wykazują niewątpliwie celowość zastosowania wymienników celem wykorzystania ciepła ogrzania żuźla. Wymienniki, w odpowiednio opracowanej formie konstrukcyjnej, mogłyby wydatnie zwiększyć produkcję suszonego żuźla kosztem niewielkich nakładów i w ten sposób, przynajmniej częściowo, przyczynić się do rozwiązania problemu suszenia żuźla.

Czy znasz roczny plan produkcyjny

waszego zakładu i twego oddziału?

Bilans cieplny suszarki bębnowej

W wielu gałęziach przemysłu powstaje często konieczność suszenia pewnych materiałów służących do produkcji, bądź też gotowych już wyrobów. Suszenie odbywa się za pomocą do tego celu skonstruowanych aparatów. Zależnie od rodzaju materiałów przeznaczonych do suszenia, urządzenia te są różnego typu i o różnym działaniu technologicznym.

Jednym z materiałów wyjściowych służących do produkcji cementu hutniczego, który przed wejściem w główną fazę fabrykacji musi być wysuszony, jest żużel wielkopiecowy. Jak wiadomo bowiem młyny mogą przemiałać na cement tylko półprodukty będące w stanie suchym.

Żużel wielkopiecowy jest przeważnie granulowany wodą; dostarczony do cementowni posiada jej jeszcze 30—40%. Cała ta ilość wody musi być przed mieleniem żużla usunięta. Najekonomiczniejsze rozwiązanie problemu suszenia żużla do fabrykacji cementów jest obecnie troską wielu zakładów produkujących cementy z dodatkiem żużla. Wszystkie wysiłki powinny iść, i w rzeczywistości idą, w kierunku zbudowania urządzeń wykorzystujących źródła ciepła istniejące w fabrykach a dotychczas niewyżytkane.

Natomiast tam, gdzie wykorzystanie tych źródeł z różnych względów nie może być całkowicie rozwiązane, lub gdzie granice wykorzystania zostały już osiągnięte, stosuje się urządzenia do suszenia żużla z własnymi źródłami ciepła.

Jednym z takich urządzeń w naszych zakładach najczęściej spotykanym, służącym do suszenia żużla, węgla, marglu itp. jest suszarka bębnowa.

Suszarka bębnowa jest to rodzaj walczaka ustawionego poziomo lub o pewnym stopniu nachylenia w kierunku wylotu i obracającego się w koło swej osi. Materiał wchodzący, na skutek nachylenia i obrotów walczaka przesuwają się wzdłuż jego osi i suszony jest gorącymi gazami, z którymi styka się pośrednio lub bezpośrednio. Dla lepszego wykorzystania ciepła urządzenie to jest obudowane, a wewnątrz posiada wkładki mające za zadanie polepszenie styku materiału z gazami. Gazy ogrzewają suszarnię z zewnątrz i wewnątrz.

Powyższy szkicowy opis suszarni obrotowej, daje nam ogólne wyobrażenie o tym urządzeniu; natomiast w przypadkach szczególnych urządzeń te posiadają różne warianty, w zależności od materiału, który mają suszyć. W każdym urządzeniu cieplnym, a tym samym i w suszarni, w efekcie końcowym chodzi nam zawsze o jak najszybsze wykorzystanie doprowadzanego ciepła. Sprawność tych urządzeń wykorzystujących energię cieplną niestety jest przeważnie dość mała.

Niżej podaję kilka charakterystycznych danych technicznych suszarki bębnowej do suszenia żużla oraz, na podstawie pomiarów i obliczeń, postaram się określić sprawność cieplną tego urządzenia.

Suszarka posiada następujące wymiary: dł. 16 m, \varnothing 1,6 m, objętość 32 m³. Ilość obrotów 3/min. Nachylenie do osi poziomej wynosi 4%.

Jest ona ogrzewana miałem węglowym spalającym na palenisku o stałym ruszcie. Gazy spalnicze po opuszczeniu paleniska ogrzewają suszarkę z zewnątrz, a następnie przeciwnie do kierunku przepływu powietrza wpadają do środka suszarki, skąd za pomocą wentylatora odprowadzane są do komina. Suszarka jest obudowana i posiada wewnątrz urządzenie do przesypu żużla.

Dalsze dane powyższej suszarki są następujące w liczbach zaokrąglonych:

Pobór żużla mokrego	3 400 kg/godz.
Zawartość wody w żużlu mokrym	31 %
Zużycie węgla	242 kg/godz.
Zawartość popiołu w węglu	17 %
Dolna wartość opałowa węgla	6 198 Kal.
Ilość węgla niespalona, w popiele (przesyp)	18 %
Ciepło właściwe żużla	0,247 Kal.
Temperatura gazów odlotowych	115°C
Temperatura żużla wychodzącego z suszarni	250°C
Ciśnienie dynamiczne gazów w kominie	7,8 mm SW
Średnica komina w świetle	647 mm
Analiza mieszaniny gazów spalinowych i powietrza:	

CO ₂	4,3 %
O ₂	16,4 %
CO	0,3 %
N ₂	79,0 %

Na podstawie powyższych zasadniczych danych pomiarowych, posługując się prawami fizyki, możemy zestawić bilans cieplny i inne dane charakterystyczne. Pomocniczych danych potrzebnych do obliczeń jak np. ciśnienia barometrycznego, jak również samego sposobu obliczeń nie podaję, gdyż nie jest to tematem tego artykułu; podaję natomiast liczby końcowe, które nam posłużą do dalszych spostrzeżeń i wniosków.

Dane z wyliczenia:

Ilość wysuszonego żużla	2 345 kg/godz.
Średnia szybkość gazów w kominie	10,4 m/sek.
Średnia ilość gazów przepływających przez komin	3,4 m/sek.

Ilość ciepła w zestawieniu bilansowym w odniesieniu do 1 tony wysuszonego żużla przedstawia się następująco:

Przychód:	
Ciepło ze spalania węgla . . .	526 830 Kal.
Rozchód:	
Ciepło użyte na odparowanie wody	278 830 Kal.
Ciepła unoszone z gazami odlotowymi	97 050 „
Ciepło unoszone z żużlem . . .	58 786 „
Ciepło unoszone z popiołem . .	1 930 „
Ciepło promieniowania i inne . .	90 234 „
R a z e m	526 830 Kal.

W powyższym zestawieniu bilansowym nie uwzględniono drobnych poprawek tak po stronie przychodu jak i rozchodu ciepła, co w zasadzie nie wpływa na zmianę ogólnego wyniku.

Sprawność suszarki z powyższych danych wynosi:

$$\frac{278\ 830}{526\ 830} = 0,53$$

Ujęcie wyników w procentach przedstawia się następująco:

Ciepło użyteczne	53,0%
Straty w gazach	18,6%
Straty w żużlu	11,0%
Straty w popiele	0,3%
Straty w promieniowaniu i inne . .	17,0%
R a z e m — ciepło dostarczone . .	100,0%

Wydajność z 1 metra sześciennego objętości walczaka wynosi 73,3 kg. Praktyczne zużycie węgla na 1 tonę wysuszonego żużla 10,3% albo — 638 Kal/kg suchego żużla. Do właściwego procesu suszenia potrzeba 278 830 Kal na 1 tonę żużla, a reszta ciepła — to straty.

Z zestawienia tego wyraźnie wynika, gdzie powstają podczas suszenia najwyższe straty i gdzie, przez polepszenie warunków cieplnych, można je zmniejszyć do minimum. Jasnym jest, że likwidacja strat cieplnych powoduje nie tylko oszczędności na paliwie, ale zwiększa również wydajność urządzenia, gdyż ciepło dotychczas idące w straty zostaje użyte do odparowania wody z żużla.

W naszym przykładzie najpoważniejszą pozycją po stronie strat jest ciepło unoszone przez gazy do komina.

W tym wypadku nie są to same gazy spalino-we lecz w dość dużej ilości powietrze wdmuchi-wane, a raczej wciągane przez ekshaustor do suszarki.

Wielkość strat ciepła w gazach odlotowych zależna jest od temperatury oraz ilości gazów przepływających przez suszarkę w jednostce czasu. Jak wynika z tego, obniżenie strat ciepła unoszonego przez gazy może być spowodowane przez obniżenie ich temperatury oraz przez zmniejszenie ilości gazów.

Zrozumiałe jest, że obniżenie temperatury gazów wylotowych spowodowane przez obniże-nie temperatury gazów wlotowych pociągnie za sobą obniżenie wydajności i tym samym straty na tonę wysuszonego materiału absolutnie się nie zmieniają. Ciepło przeto unoszone przez gazy musi być użyte do efektywnej pracy odparowa-nia wody z żużla i wtedy dopiero możemy po-wiedzieć, że nie idzie ono w straty.

Normalnie, przy takich urządzeniach jak su-szarka, ciepła tego używa się do wstępnego pod-suszania materiału z tym, że wymaga to dodat-kowych dobudówek do głównego agregatu. Wy-korzystanie tego ciepła połączone z obniżeniem temperatury gazów jest możliwe jednak tylko do pewnych granic, gdyż gazy niosą ze sobą pa-rę wodną; aby uniknąć jej skroplenia w prze-wodach, musi ona mieć temperaturę powyżej 100° C.

Drugim powodem zwiększającym straty ciep-ła unoszonego przez gazy może być nadmierna ilość powietrza, przepędzanego wentylatorem przez palenisko i suszarnię. Ustalenie przeto wła-ściwej ilości powietrza potrzebnego do spalania węgla jest nieodzownym warunkiem zmniejsze-nia strat ciepła. Wiemy dobrze, że 1 kg węgla średniej jakości, teoretycznie potrzebuje od 7 do 8 m³ powietrza; w praktyce ilość tę najwyżej podwajamy, gdyż większy jego nadmiar powo-dowałby straty.

Zimne powietrze wciągane przez ekshaustor razem z gazami musi być przez palenisko ogrza-ne do pewnej temperatury. Powietrze oddaje pobrane ciepło częściowo na wyparowanie wody z żużla; jednak nie wszystko, gdyż opuszcza ono suszarkę z temperaturą wyższą niż ją posiadało w chwili zassania z otoczenia. Jeśli jest go prze-to ilość nadmierna powoduje wyżej opisane straty cieplne. Niestety, dość częstym błędem popełnianym przy spalaniu węgla na różnych systemach palenisk przemysłowych jest niewła-ściwa ilość powietrza. Brak zainteresowania w tym kierunku prowadzi najczęściej do spala-nia węgla z bardzo dużym nadmiarem powie-trza, co absolutnie nie wpływa na uzyskanie oszczędności w paliwie.

Również nie bez znaczenia jest szybkość prze-pływającego powietrza i gazów przez urządze-nie suszące. Powinna ona wynosić średnio oko-ło 3 m/sek, a nie przekraczać nigdy 6 m/sek ponieważ przy szybkim przepływie powietrza para wodna nie jest w stanie przedyfundować i nasycić gazy.

Dalszą pozycją, nie mniej poważną, są straty ciepła spowodowane przez promieniowanie i przewodzenie. W tym przypadku jest jedna droga najlepsza, a mianowicie jak najdalej idą-ca izolacja urządzenia i przewodów z gorącymi gazami. Przy suszarkach bębnowych stosuje się izolacyjną wykładzinę od wewnątrz lub obudo-wę komorową od zewnątrz.

Ostatnią większą stratą ujawnioną w bilansie jest ciepło unoszone przez suchy żużel wycho-dzący z suszarki. Ciepło to może być uchwycone i wykorzystane do podgrzewania powietrza wchodzącego do paleniska, podobnie jak w pie-cach obrotowych do wypalania klinkru, lub też wstępnego podgrzewania żużla.

Zrozumiałe jest, że i w tym przypadku po-trzebne są pewne dodatkowe urządzenia.

Dla porównania powyżej opisanych warun-ków cieplnych suszarki żużla, podaję kilka liczb odnoszących się do typowego pieca obrotowego do wypalania klinkru¹⁾.

Szlam	40 %	H ₂ O
Surowiec w stanie suchym	76 %	CaCO ₃
Zużycie węgla	30 %	
Wartość opałowa węgla	7 000	Kal
Temperatura gazów komi- nowych	300°	C

W podanych wyżej warunkach potrzeba na wypalenie 1 kg klinkru 2478 Kal. Z tych 2478 Kal na właściwy proces wypału potrzeba tylko 900 Kal; reszta, w ilości 1053 Kal, to ciepło unieszone przez gazy, a 525 Kal to straty przez promieniowanie i unoszenie przez gorący klinkier. Ilości te obliczone w liczbach łatwo można wyrazić w procentach i porównać z wyliczeniami odnoszącymi się do suszarki żużla.

Podsumowując powyższe wywody o suszeniu żużla, oparte na faktycznych pomiarach i spostrzeżeniach z praktyki, należy stwierdzić, że bilans cieplny urządzenia suszącego (w naszym przypadku suszarki bębnowej) jest podstawą do

ujawnienia wszelkich strat cieplnych; pomiary i ich analiza wskazują nam źródła powstania tych strat i możliwości ich usunięcia. Chciałbym również, aby podane liczby mogły służyć innym naszym zakładom, posiadającym podobne urządzenia, jako wielkości porównawcze.

W dobie walki o Plan Sześćioletni, którego wykonanie jest oparte między innymi na postępie technicznym, okoliczności zmuszają nas do oszczędnej i wydajnej gospodarki cieplnej.

Dobra gospodarka cieplna naszych urządzeń jest nie do pomyślenia bez oparcia się o bilans cieplny. Dla każdego technologa i racjonalizatora bilans cieplny powinien być źródłem wszelkich usprawnień i wynalazków, a niewątpliwie nim będzie, jeśli nauczymy się nim posługiwać i analizować go.

¹⁾ Przykład wzięty jest z książki pt. „Chemie der Zemente“ — Dorsch.

Mgr Kazimierz Cichoń
Sosnowiec

W jakim stosunku dozować żużel wielkopiecowy przy produkcji cementu

Na wstępie pragnę zaznaczyć, że zawarte w niniejszym artykule rozważania nie obejmują całości zagadnienia wymienionego w tytule. Oparte są one bowiem na wynikach uzyskanych z prób przeprowadzonych w skali dosyć wąskiej, mianowicie z jednym rodzajem klinkru i żużla.

Zrozumiałą jest rzeczą, że wyniki te nie upoważniają jeszcze do formułowania wniosków będących jednocześnie tezami. Stanowią one mają raczej materiał do dyskusji, która mogłaby się rozwijać na łamach niniejszego miesięcznika.

Przeprowadzając szereg prób nad doborem ilościowym klinkru i granulowanego żużla wielkopiecowego, celem uzyskania cementu hutniczego o właściwościach wytrzymałościowych najkorzystniejszych, doszedłem do wniosku na drodze czysto eksperymentalnej, że najlepsze wyniki wytrzymałościowe dla cementu hutniczego osiąga się, gdy poszczególne jego składniki zawarte są w granicach:

SiO ₂	27—28 %
Al ₂ O ₃	7—8 %
Fe ₂ O ₃	2—3 %
CaO	54—55 %
MgO	4—5 %

Przy zachowaniu tego składu chemicznego w cemencie hutniczym otrzymywano następujące wyniki wytrzymałościowe dla prób laboratoryjnych po 28 dniach:

Zginanie	76—85 kg/cm ²
Ciśnienie	500—600 kg/cm ²

Dla próby w skali technicznej uzyskano wytrzymałości po 28 dniach:

Zginanie	73 kg/cm ²
Ciśnienie	424 kg/cm ²

a zatem w granicach cementu marki „400“.

Przy odchyleniach zmieniających wyżej podany stosunek procentowy poszczególnych składników można było obserwować zawsze spadek wytrzymałości cementu hutniczego.

Wychodząc z powyższych spostrzeżeń, dokonano przemiału 20 ton mieszaniny klinkru i granulowanego żużla wielkopiecowego w skali technicznej, zachowano przy tym taki procentowy stosunek składników, by skład chemiczny cementu hutniczego odpowiadał ilościowi wyżej wspomnianym wymaganiom.

ANALIZY CHEMICZNE ŻUŻLA I KLINKRU UŻYTEGO DO PRZEMIAŁU

	Żużel	Klinkier
Str. zar.	0,92	0,80
SiO ₂	34,06	23,74
R ₂ O ₃	13,12	8,02
CaO	45,32	65,30
MgO	6,48	1,23
Razem	99,90	99,09

Z wyliczenia analiz chemicznych żużla i klinkru okazuje się, że odpowiedni skład chemiczny cementu hutniczego uzyska się gdy oba te składniki zostaną dobrane w stosunku 1:1, tj. 50% żużla i 50% klinkru. W takim stosunku przygotowaną mieszaninę klinkru i żużla pod-

dano przemiałowi w młynie cementowym z dodatkiem 3% gipsu.

Według wszelkiego prawdopodobieństwa należało przypuszczać, że skład chemiczny używanego cementu przy tym przemiale, będzie mniej więcej jednolity. Pomimo tego podzieleno czas pracy młyna na 3 okresy, w których zostały pobrane próby cementu do zbadania tak pod względem chemicznym, jak i wytrzymałościowym. Pobrano je:

1. w początkach mielenia,
2. w pośrodku czasu trwania mielenia,
3. pod koniec mielenia.

Wyniki badań tych prób przedstawiają się następująco:

PRÓBA I — POCZĄTEK MIELENIA

Skład chemiczny próby w %		
Str. żar.	2,76	
SiO ₂	27,11	
R ₂ O ₃	10,52	
CaO	54,12	
MgO	4,21	
SO ₃	1,37	
Razem	100,09	
Wytrzymałość w kg/cm ²		
	po 7 dniach	po 28 dniach
Zginanie	56,2	72,9
Ciśnienie	246,0	424,0

PRÓBA II — ŚRODEK OKRESU MIELENIA

Skład chemiczny próby w %		
Str. żar.	3,32	
SiO ₂	25,13	
R ₂ O ₃	8,36	
CaO	56,96	
MgO	3,96	
SO ₃	1,92	
Razem	99,85	
Wytrzymałość w kg/cm ²		
	po 7 dniach	po 28 dniach
Zginanie	38,3	65,9
Ciśnienie	150,0	279,0

PRÓBA III — KONIEC MIELENIA

Skład chemiczny próby w %		
Str. żar.	3,80	
SiO ₂	23,93	
R ₂ O ₃	8,76	
CaO	58,20	
MgO	3,05	
SO ₃	1,87	
Razem	99,61	
Wytrzymałość w kg/cm ²		
	po 7 dniach	po 28 dniach
Zginanie	26,2	50,4
Ciśnienie	98,0	200,0

Porównując wyniki uzyskane z poszczególnych prób, można zaobserwować spadek w wytrzymałościach i zmianę składu chemicznego cementu hutniczego, które nastąpiły na skutek zmiany stosunku klinkru do żuźla z 50% (pró-

ba I) na 20% żuźla (próba II) i 15% żuźla (próba III).

Jest to bardzo charakterystyczny i dużo mówiący fakt, który w trakcie prób udało się zauważyć. Zjawisko zmniejszania się ilości żuźla w mieszance, w różnych okresach jej mielenia, prawdopodobnie powstało w zbiorniku doprowadzającym mieszankę klinkru i żuźla do młyna. Sądzić można, że stało się to na skutek różnicy w ciężarze i uziarnieniu żuźla i klinkru; nie jest wykluczone, że podobna sytuacja mogła nastąpić i w samym młynie.

Charakterystyczną cechą próby jest to, że z tego samego materiału użytego do wyprodukowania cementu hutniczego, poddanego identycznym warunkom przemiałowym, uzyskano trzy różne cementy, których właściwości są ściśle i wyłącznie uzależnione od ich składu chemicznego, tj. od ilości dozowanych składników: klinkru i żuźla.

Najlepsze wyniki wytrzymałościowe uzyskano przy próbie I, której skład chemiczny jest zbliżony do składu ustalonego w próbach laboratoryjnych jako najkorzystniejszy.

W dwu następujących próbach wraz ze zmianą składu chemicznego, idącą w kierunku zmniejszenia ilości żuźla, występuje obniżenie wytrzymałości, które przy próbie III schodzą nawet poniżej norm wytrzymałościowych, przewidzianych dla cementu portlandzkiego.

W wyniku zmiany stosunku klinkru do żuźla, w trakcie ich mielenia w młynie cementowym, została przeprowadzona następna z kolei próba uzyskania cementu hutniczego ze składników zmieszanych osobno. Mianowicie cement portlandzki był zmieszany ręcznie z zmielonym żuźlem w stosunku 1:1 a więc w takim, który okazał się najkorzystniejszy w czasie prób laboratoryjnych.

Skład chemiczny w %			
	Cement portlandzki	Żuźel	Cement hutniczy (wyliczenie teoretyczne)
str. żar.	1,16	0,92	1,04
SiO ₂	23,58	34,06	28,82
R ₂ O ₃	7,80	13,12	10,46
CaO	64,80	45,32	55,06
MgO	1,20	6,48	3,79
SO ₃	1,24	—	0,62

Uzyskany cement hutniczy miał skład chemiczny i wytrzymałości następujące:

Skład chemiczny w %	
strata żar.	0,76
SiO ₂	28,11
R ₂ O ₃	11,32
CaO	54,12
MgO	4,21
SO ₃	1,37
Razem	99,89

Wytrzymałości w kg/cm^2

	po 7 dniach	po 28 dniach
Zginanie	51,2	74,1
Ciśnienie	196,0	480,0

przy czym dla cementu portlandzkiego wytrzymałości były następujące:

	po 7 dniach	po 28 dniach
Zginanie w kg/cm^2	46,6	72,9
Ciśnienie w kg/cm^2	185,0	386,0

Jak wynika z powyższych liczb, wytrzymałości te są niższe w wyniku końcowym o 100 kg/cm^2 od wytrzymałości cementu hutniczego uzyskanego z składników mielonych osobno.

Z wyżej przytoczonych wyników prób nasuwają się pewne wnioski, które, nie uogólniając, można w odniesieniu do badanych składników ująć następująco:

1. Dwa tworzywa wiążące w połączeniu z sobą mogą, w zależności od ilości i jakości, wzmacniać lub osłabiać własności wiążące mieszaniny.
2. Kierując się składem chemicznym tworzyw wiążących (klinkier i granulowany żużel wielkopiecowy) można dobrać taki stosunek mieszaniny, przy którym uzyska się najlepsze wyniki wytrzymałościowe.
3. Stosowanie dodatku granulowanego żużla wielkopiecowego do cementu w mniejszych ilościach może spowodować obniżenie wytrzymałości cementu.

W związku z pkt. 3. nasuwają się pytania:

1. Czy słuszne i celowe jest stosowanie granu-

lowanego żużla wielkopiecowego w ilości 10—15% jako wypełniacza do cementów marki „250“ celem zwiększenia ilości cementu?

2. Czy w obecnych warunkach, gdy brak jest żużla granulowanego, gdy napotyka się duże trudności przy jego suszeniu, jak również ze względu na konieczność transportowania go do zakładów, nie byłoby bardziej ekonomiczne zużytkowanie żużla do produkcji cementów hutniczych o wyższych właściwościach wytrzymałościowych, lub zużytkowanie go do produkcji cementów bezklinkrowych?
3. Czy, w zastępstwie żużla, nie należałoby dodawać do cementu marki „250“ wypełniacza obojętnego, niehydraulicznego, który spełniłby tę samą rolę, dając większą gwarancję równomierności wytrzymałościowej cementu, i zostałby wprowadzony do produkcji znacznie mniejszymi kosztami?

Podkreślić należy, że przez zużytkowanie granulowanego żużla wielkopiecowego do produkcji cementów bezklinkrowych, zostałaby zwolniona znaczna ilość klinkru, którą obecnie używa się do produkcji cementu hutniczego; przez zastąpienie żużla w cemencie marki „250“ wypełniaczem obojętnym — zostałaby zwolniony granulowany żużel. Pozwalałoby to w skali rocznej na zwiększenie produkcji przemysłu cementowego mniej więcej o 100.000 t cementu, tak bardzo potrzebnego dla naszej gospodarki państwowej.

Mgr inż. Józef Szafnicki
Gliwice

Chemiczny i mineralogiczny skład żużla wielkopiecowego

Zagadnienie żużla wielkopiecowego, właściwej jego fabrykacji i zużytkowania są, w perspektywie Planu Sześcioletniego, zagadnieniami wagi pierwszorzędowej.

Odpowiednio produkowany żużel wielkopiecowy to surowiec do szeregu materiałów budowlanych, budowy dróg, wartościowy składnik cementów hutniczych i spoiw mieszanych. Żużel, wreszcie wyeksploatowany ze starych zwalów, to powierzchnia zwolniona pod rozbudowę naszych hut. Z lat dawnych odziedziczyliśmy z gruntu błędny nawyk traktowania żużla wielkopiecowego jako bezużytecznego; tego rodzaju ustosunkowanie się do zagadnienia żużla należy całkowicie zmienić w sensie celowej fabrykacji i celowego zużytkowania żużla wielkopiecowego.

Artykuł niniejszy jest wyciągiem z Biuletynu Departamentu Spraw. Wewn. U. S. A. Nr. 479

z 1949 r., z części omawiającej chemiczny i mineralogiczny skład żużla wielkopiecowego.

Powodem opracowania tego właśnie rozdziału Biuletynu jest fakt, że poza bogatą częścią teoretyczną dotyczącą budowy i składu żużla, zawiera on szereg praktycznych wskazówek ruchowych dla metalurga, chemika lub cementownika, spotykających się w pracy z zagadnieniami żużla wielkopiecowego.

Definicja żużla wielkopiecowego podana w biuletynie brzmi:

„Produkt niemetaliczny składający się głównie z krzemianów i glinokrzemianów wapnia i innych zasad, który otrzymuje się równocześnie z surówką w wielkim piecu“. Zważywszy, że żużel wielkopiecowy otrzymuje się przez całkowite stopienie jego składników i następnie chłodzenie tego stopu w mniej lub więcej opóźnionych warunkach — jasnym jest, że pro-

dukt końcowy odznaczać się może szerokim zakresem własności.

Żużel wielkopiecowy może być krystaliczny jak granit, bezpostaciowy jak szkło, posiadać własności hydrauliczne podobne jak cement portlandzki i być równie obojętnym hydraulicznie jak bazalt.

Na fizyczne własności żużla wpływa zarówno jego skład mineralogiczny jak i chemiczny.

SKŁAD CHEMICZNY ŻUŻLA WIELKOPIECOWEGO

Żużel wielkopiecowy zawiera głównie cztery tlenki: SiO_2 , Al_2O_3 , CaO i MgO . Składniki te tworzą 95% żużla jako całości. Uboczne składniki zawierają siarkę, mangan, żelazo, ślady innych pierwiastków i ich związków. Skład chemiczny żużla waha się w względnie wąskich granicach. Analizy większości żużli pochodzenia amerykańskiego mieszczą się w następujących granicach:

SiO_2	33	—	42	%
Al_2O_3	10	—	16	%
CaO	36	—	45	%
S	1	—	3	%
MgO	3	—	12	%
FeO	0,3	—	2	%
MnO	0,2	—	1,5	%

Analizy chemiczne żużli z różnych pieców są różne w zależności od proporcji używanych składników (rud, topników koksu i innych surowców), od typu surowki i praktycznych różnic w operacjach hutniczych.

Według Fielda i Roystera — produkcji wysokowartościowej surowki towarzyszy zawsze produkcja wysokojakościowego żużla¹⁾.

Jak nadmieniono wyżej, żużel zawiera wszystko, co zostało wprowadzone do wielkiego pieca, za wyjątkiem tych składników, które stanowią skład metalu lub uchodzą wraz z gazami. Topniki wprowadzają związki zasadowe, które łączą się z kwaśnymi składnikami rud i koksu. Stosunek SiO_2 do Al_2O_3 wynosi na wagę 3:1. Stosunek $\text{CaO}:\text{MgO}$ uwarunkowany jest doborem topników.

Stosunek składników kwaśnych (SiO_2 i Al_2O_3) do zasad (CaO i MgO) wynosi normalnie 1:1 i jest regulowany przez personel prowadzący bieg pieca, pod kątem produkcji surowki zawierającej krzem lub siarkę.

Określenia i terminy „neutralny“ czy „zasadowy“, używane przez metalurgów, nie są odpowiednikami tych terminów używanych przez chemików. Metalurg, używając tych terminów w stosunku do żużla, określa nimi dowolny stosunek tlenków alkalicznych do kwaśnych. Jakkolwiek „kwaśny“ żużel nie zawiera wolnych kwasów, to jego kwaśne składniki Al_2O_3 i SiO_2 są słabe w związkach i tworzą połączenia reagujące alkalicznie. Zasady CaO i MgO reagują z wodą szybciej aniżeli składniki kwaśne — w rezultacie czego żużel w reakcji z wodą jest

zawsze zasadowy. Siarka zawarta w żużlu pochodzi z koksu, MnO — z rud lub z żużli martenowskich bądź też bessemerowskich (jeżeli są one używane jako dodatki do topników). Żelazo dwuwartościowe w formie FeO pochodzi z niecałkowicie zredukowanych rud.

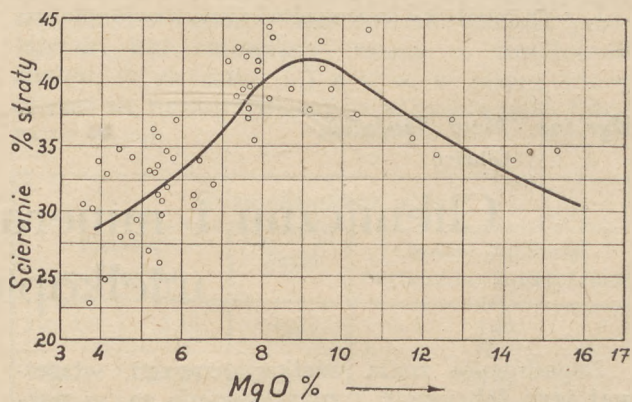
W żużlach znajdują się również mogą minimalne ilości takich składników jak Ti, Ba, B, K, Na i inne.

Żużle chłodzone na powietrzu są zazwyczaj barwy szarej, ze względu jednak na to, że niektóre składniki żużla dają barwę szkła, odcienie żużla mogą być zmienne. Żużel granulowany, typowo bezpostaciowy i częściowo jedynie odszklony, jest zazwyczaj w barwie jaśniejszy, żółtawo-brunatny.

Spektrogram typowego żużla wielkopiecowego zdradza obecność 18 pierwiastków w zakresie fal o długościach 2.400—3.570 Å.

ZALEŻNOŚĆ MIĘDZY SKŁADEM CHEMICZNYM ŻUŻLA I JEGO WARTOŚCIĄ UŻYTKOWĄ.

Żużel używany do wielu celów, np. jako dodatek do betonu, wykazywać musi zupełną stałość objętości i obojętność hydrauliczną. Bardzo pożądaną własnością żużla jest niska zawartość MgO . H. T. Williams porównywał 74 próby żużla pod względem odporności na ścieranie, w zależności od zawartości MgO . Wykres wykazuje wysoką ścieralność żużli zawierających MgO w granicach 7—10%.



Rys. 1

Żużel, używany jako składnik w mieszaninie z bituminami, winien wykazywać na powierzchni reakcję alkaliczną. Cementy bitumiczne przylegają do tego rodzaju powierzchni mocniej i trwalej aniżeli do powierzchni krzemionkowych i trudniej zmywają się z nich działaniem wody. Alkaliczne powierzchnie minerałów mają większe powinowactwo do bituminów aniżeli do wody. Żużel w reakcji z wodą jest zawsze alkaliczny i nie wymaga jakichkolwiek domieszek przy łączeniu go z bituminami.

Do fabrykacji cementu portlandzkiego wymagany jest żużel o wyższej zawartości CaO .

Żużel używany do fabrykacji wełny żużlowej nie powinien zawierać więcej niż 0,75% siarki.

¹⁾ Iron Blast Furnace Slag Production, Processing, Properties, G. W. Josephson, F. Sillers Jr., D. G. Grunner.

Doświadczenia wykazały, że siarczki zawarte w żuźlach nie powodują korozji metali i że znaczniejsze ilości siarki, w postaci siarki elementarnej, siarczków lub bezwodnika siarkowego, nigdy nie są obecne w żuźlu. Żużel wykazuje reakcję alkaliczną i tym samym zapobiega korozji. Potwierdziły to badania zbrojeń zanurzonych w betonach zawierających żużel: wykazały one nawet po wielu latach brak jakichkolwiek śladów działań korozyjnych.

Jako dodatek do gleb, w celu odkwaszenia, pożądanym jest żużel o wyższych zawartościach CaO i MgO. Często również bardzo wartościowymi są zawarte w żuźlu: łatwo reagująca krzemionka, Fe, Al_2O_3 , Mn, B i inne składniki w śladach. Konieczne są one dla gleb wyjałowionych z tych składników, jak również przy prowadzeniu pewnych upraw specjalnych.

Skład chemiczny żużla wpływa na stopień i szybkość jego odszklania i krystalizacji w czasie chłodzenia, jak również na charakter i wymiary powstających kryształów.

SKŁAD MINERALOGICZNY ŻUŻLA WIELKOPIECOWEGO

Skład mineralogiczny żużla wielkopieczowego gra bardzo poważną rolę gdy użyty jest jako surowiec do pewnych produkcji; przykładem być tu może fabrykacja cementu hutniczego, gdzie używany żużel winien składać się całkowicie z fazy szklistej.

Krystalizacja. Formowanie się kryształów w żuźlu zależne jest, w szerokim zakresie, od warunków chłodzenia żużla ze stanu płynnego do stałego; zawartość jednak charakterystycznych kryształów zależna jest od składu chemicznego żużla. Żużel wypływający z wielkiego pieca jest materiałem jednorodnym, na podobieństwo płynnego szkła. Krystalizacja zachodzi podczas chłodzenia masy żużla począwszy od punktu gdy temperatura stopu stwarza warunki uformowania się pierwszego kryształu (około $1450^{\circ}C$ dla większości żużli) i ustaje z chwilą gdy cała masa żużla zestali się.

Szybkie chłodzenie żużla powoduje szybkie zestalenie się masy, skutkiem czego brak jest czasu na stwarzanie ośrodków krystalizacji i ich wzrost. Stąd też żużel prawidłowo granulowany złożony jest całkowicie z masy szklistej, co stwierdzone być może drogą obserwacji takiego żużla pod mikroskopem petrograficznym przy skrzyżowanych nikolach. Żużel taki, obserwowany w formie proszku w świetle przechodzącym przy skrzyżowanych nikolach, daje obraz izotropowego szkła; niektóre z ziarn wykazują jednak brunatne lub czarne strefy wykazujące początki krystalizacji.

Amorficzny (bezpociągowy) żużel granulowany jest bardzo aktywny skutkiem zawartości wewnętrznej energii niezużytej na krystalizację. Wysokokrzemianowy żużel, który otrzymywano dawniej w piecach hutniczych prowadzonych na węglu drzewnym, przed wprowadzeniem obecnej techniki wielkopieczowej, krystalizuje wolniej i może być chłodzony na po-

wietrzu, wykazując w końcowym efekcie małe odszklanie w masie.

Wymiary kryształów. Kryształy znajdujące się w żuźlu mogą mieć wymiary począwszy od submikroskopowych aż do 6 mm długości. Zazwyczaj jednak w żuźlu chłodzonym na powietrzu pojedyncze kryształy są tak małe, że trudno spostrzec je okiem nieuzbrojonym, łatwo są one jednak dostrzegalne pod mikroskopem petrograficznym. Krystalizacja w żuźlach zawierających wysoką zawartość CaO i MgO zachodzi łatwiej aniżeli w wypadkach wysokiej zawartości Al_2O_3 .

Typy kryształów. W żuźlach pochodzenia amerykańskiego zidentyfikowano zaledwie kilka typów kryształów na 20 lub więcej możliwych teoretycznie (w tak skomplikowanym stopie). Prace nad identyfikacją kryształów są jeszcze w toku. Rankin i Wright badali układ $CaO-Al_2O_3-SiO_2$, Rankin i Merwin — układy $CaO-Al_2O_3-MgO$ i $MgO-Al_2O_3-SiO_2$, Fergusson i Merwin przeprowadzali prace nad układem $CaO-MgO-SiO_2$, podczas gdy Fergusson i Buddington studiowali układ akermanit-gehlenit, ważny w mineralogicznym składzie żużli.

Układ poczwórny $CaO-MgO-Al_2O_3-SiO_2$ nie jest dokładnie przebadany, w zakresie jednak żużla pracowali nad nim Mc Caffery i współpracownicy. Podobna praca dotycząca cementu portlandzkiego ogłoszona została przez Lea, Parkera i Dahla. Obszerne badania stopów czterech głównych tlenków wchodzących w skład żużla wyjaśniły w efekcie ważne dane, dotyczące każdego z utworzonych składników oraz ich zachowanie się w układach i umożliwiły obliczenia składu mineralogicznego żużla.

W badaniach składników mineralogicznych żużla, zwykła obserwacja przy pomocy mikroskopu jest przeważnie niewystarczająca.

Zawilość bowiem układów żużla, zjawiska stałych roztworów, inwersji, dysocjacji oraz niemożność osiągnięcia przez składniki stanów równowagi, czynią wyniki bezpośrednich obserwacji wielce problematycznymi. Dla tych samych powodów, bardzo dokładne badania i kalkulacje, oparte na zachowaniu się i własnościach syntetycznych stopów otrzymywanych w laboratoriach z czystych składników, są iluzoryczne w odniesieniu do własności prawdziwych żużli.

Najbardziej pospolitym minerałem znajdującym w żuźlach pochodzenia amerykańskiego jest melilit. Nazwa ta stosowana jest do szeregu stałych roztworów sięgających od akermanitu — $2CaO.MgO.2SiO_2$ do gehlenitu — $2CaO.Al_2O_3.SiO_2$. Cały ten szereg krystalizuje w tej samej formie, kryształy tworzą tabliczki i w przekroju wyglądają jako ośmiokątne lub czworokątne płytki. Charakteryzują je strefowe obrazy barw interferencyjnych; strefa wewnętrzna kryształu wykazuje niebiesko-szare zabarwienie podczas gdy strefa zewnętrzna — żółtawe.

Żużle o niskiej zawartości CaO a wysokiej zawartości Al_2O_3 zawierać mogą minerał anortyt ($CaO.Al_2O_3.2SiO_2$).

Znajdowano również w żuźlach metakrzemian wapniowy ($\text{CaO}\cdot\text{SiO}_2$). Jest on zwykle obecny, gdy żużel zawiera mało CaO i występuje w obydwu postaciach alfa i beta.

W żuźlach o wysokiej zawartości CaO znajdujemy ortokrzemian wapniowy ($2\text{CaO}\cdot\text{SiO}_2$).

Żużle te zdradzają tendencje rozpadowe, jeżeli w czasie chłodzenia temperatura wykształconych już kryształów ortokrzemianu obniży się, przy powolnym stygnięciu, poniżej punktu przemiany z postaci beta na postać gamma. Żużel zawierający większe ilości ortokrzemianu wapniowego jest bezużyteczny jako produkt handlowy.

Żużle o wyższej zawartości MgO zawierają mogą *monticellit* ($\text{CaO}\cdot\text{MgO}\cdot\text{SiO}_2$) lub nawet *forsteryt* ($2\text{MgO}\cdot\text{SiO}_2$); inne połączenie — *merwinit* ($3\text{CaO}\cdot\text{MgO}\cdot 2\text{SiO}_2$) wykryto w żuźlach pochodzenia angielskiego.

Siarka znajduje się w żuźlach w formie siarczków wapnia, manganu i w formie siarczku żelazowego. Są one nieprzezroczyste (w obserwacjach pod mikroskopem) i tworzą owalne ziarna, pozbawione rysów krystalicznych. W żuźlu bezpostaciowym siarczki znajdują się w formie koloidalnej i wpływają na zabarwienie żużla w kierunku żółtawo-brunatnym.

ŻUŻEL ORTOKRZEMIANOWY

Jak poprzednio zaznaczono żużel ortokrzemianowy nie może być traktowany jako żużel handlowy. Ortokrzemian wapniowy w postaci alfa jest trwałym jedynie powyżej temperatury 1420°C , w temperaturze tej następuje inwersja do odmiany beta, a ta ostatnia przechodzi w postać gamma w temp. 675°C . Drugiej inwersji towarzyszy wzrost objętości o mniej więcej 10%. Ta zmiana w gęstości jest przyczyną spontanicznego rozpadu żużla na cząstki w postaci husek a w końcowej fazie na bardzo drobny pył. W wypadku klinkru cementowego zjawisko to określane jest jako „pylenie“. W żuźlach obec-

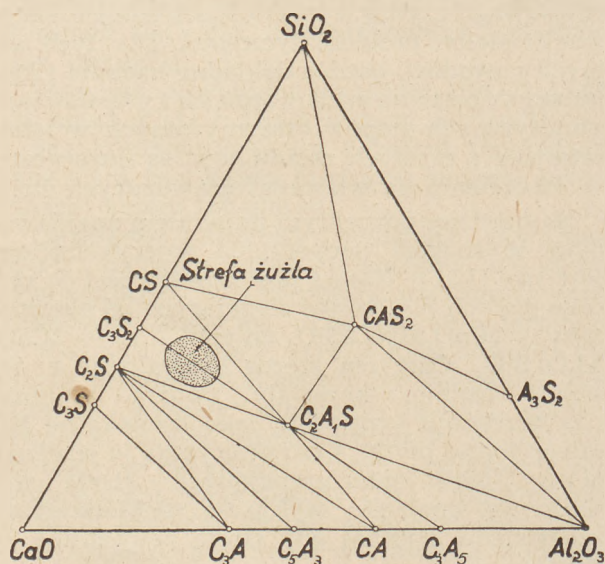
nie produkowanych rozpad taki zachodzi rzadko.

Producenci żużla winni dokładnie rozumieć to zjawisko, by ustrzec się przed produkcją materiału bezużytecznego. Rozpad zachodzi tylko wtedy gdy żużel zawiera ortokrzemian, który na skutek inwersji przechodzi w postać gamma. Jeżeli zapobiegniemy tworzeniu się kryształów, jak w wypadku żużla granulowanego, żużel nie będzie miał tej zasadniczej wady. Inwersja alfa lub beta krzemianu w odmianę gamma zachodzi pod wpływem powolnego stygnięcia, w praktyce jednak nie jest ona do skontrolowania. Rozpad może być zauważony przed dalszym przeobrażeniem żużla, lecz jedynym środkiem pozytywnym, chroniącym nas przed obecnością ortokrzemianu w materiale przerabianym, jest określenie składu chemicznego żużla.

Granice składu chemicznego żużla, które uniemożliwiają formowanie się w żuźlu tego minerału, są przynajmniej teoretycznie znane. Możemy się ustrzec obecności ortokrzemianu w żuźlu robiąc jedynie małe zmiany w składzie chemicznym żużla. Ortokrzemian tworzy się wtedy gdy zawartość CaO jest wysoka a zawartość Al_2O_3 i MgO — niska.

Należy zauważyć, że można oczekiwać zaburzeń w produkcji żużla gdy zawartość CaO przewyższy o 10% zawartość SiO_2 . Zastępowanie części CaO przez MgO na skutek użycia dolomitu zamiast CaCO_3 , jest najprostszym i najeźściej stosowanym sposobem korekcji żużla. Te małe zmiany dają równocześnie w efekcie bardziej łatwopłynny żużel i zapewniają łatwiejszą obsługę procesu wielkopiwowego.

Konieczne do korekcji żużla ilości dolomitu określa się najlepiej przez przeprowadzanie specjalnych próbnych wytopów i metod chłodzenia, przy użyciu próbnego ładunku. Ortokrzemian w żuźlu może być wykryty przez obserwacje w świetle ultrafioletowym i przez obserwacje pod mikroskopem (najlepiej na preparatach trawionych).



Rys. 2. Wykres układu potrójnego $\text{CaO}\text{-SiO}_2\text{-Al}_2\text{O}_3$ z uwzględnieniem powierzchni zajętej przez żużel. (Oparty na wykresie Rankina, Wrighta, Lea i Descha)

WISKOZA STOPIONEGO ŻUŻLA WIELKOPIWOWEGO

Boudouard określał „topliwość“ (fusibility) żużla metodą stożków, Johnson oznaczał punkt kroplenia (dropping point). Pierwszy Field mierzył w wysokich temperaturach wiskozę żużla bezpośrednio. Łącznie z Roysterem oznaczał on wiskozy (aż do temperatury 1600°C) syntetycznych stopów trójskładnikowych ($\text{CaO}\text{-Al}_2\text{O}_3\text{-SiO}_2$). Znaleźli oni maxima wiskozy w punkcie pięciokrotnym, uprzednio już określone przez Rankina i Wrighta, i minima wiskozy w punktach eutektyków podwójnych. W zasadzie lepkość maleje z wzrostem zawartości CaO , a współczynnik temperaturowy wiskozy rośnie z zawartością Al_2O_3 .

Badacze ci doszli do wniosku, że nie ma prostej zależności między składem chemicznym żużla, wyrażonym zawartością tlenków, i wiskożą, oraz że stopiony żużel nie jest prostą mieszaniną lub roztworem wzajemnym tlenków, lecz jeszcze bardziej złożonym kompleksem

związków obecnych w jeszcze płynnym, nieze-stalonym żużlu.

Badając jedynie trzy tlenki — CaO , Al_2O_3 , SiO_2 — Field i Royster doszli do przekonania, że w granicach żużła użytkowego znajdują się jedynie cztery związki, oraz że występują one jedynie w dwóch kombinacjach:

1. Metakrzemian — $\text{CaO}\cdot\text{SiO}_2$, gehlenit — $2\text{CaO}\cdot\text{Al}_2\text{O}_3\cdot\text{SiO}_2$ i anortyt — $\text{CaO}\cdot\text{Al}_2\text{O}_3\cdot 2\text{SiO}_2$.
2. Metakrzemian — $\text{CaO}\cdot\text{SiO}_2$, gehlenit — $2\text{CaO}\cdot\text{Al}_2\text{O}_3\cdot\text{SiO}_2$ i krzemian półtorawapniowy (sesquisilicat) — $3\text{CaO}\cdot 2\text{SiO}_2$.

Inny składnik i kombinacja pojawiają się w żużlach nietrwałych, nie posiadających wartości użytkowej. Jest to ortokrzemian wapniowy — $2\text{CaO}\cdot\text{SiO}_2$, gehlenit — $2\text{CaO}\cdot\text{Al}_2\text{O}_3\cdot\text{SiO}_2$ i krzemian półtorawapniowy.

W zastosowaniu do celów praktycznych badacze ci podają, że zależność między wiskozą i temperaturą jest określana przez względne stosunki tych składników w płynnym żużlu (wyliczyć je można z analiz chemicznych) z zastrzeżeniem, że suma wszystkich innych składników nie może wynosić ponad 14%. Warunek ten oczywiście spełniany jest dla żużli o zawartości MgO wynoszącej 7—8%.

Mc Caffery i Oesterle, którzy pracowali na syntetycznych stopach zawierających MgO , CaO , Al_2O_3 i SiO_2 i badali ich zdolność odsiarczającą, doszli do wniosku, że w tym systemie poczwórnym mogą być obecne 22 związki, z których 12 znaleźć można w żużlach o składzie mieszczącym się w zwykłych granicach, jak również określili oni skład mineralogiczny odpowiadający danemu składowi chemicznemu.

W późniejszych publikacjach określają oni bezpośrednio oznaczenie wiskozy stopów tych czterech składników i ogłaszają te dane w formie tablic i wykresów do użytku personelu prowadzącego wielkie piece. Dane te nie stoją w sprzeczności z danymi Fielda i Roystera; pewne ujawnione w nich różnice należy przy-

pisać temu, że stosowano tu ulepszone aparaty i inną technikę pomiarów.

Najbardziej ciekawym faktem jest wpływ dodatku MgO na zmniejszenie różnic w wiskozie, spowodowanych zmianami zawartości innych tlenków. Stąd też, o ile zawartość MgO w topniakach jest wysoka, zmiany w składzie rud mają mniejszy wpływ na wiskozę żużla i operacje przy obsłudze pieca, aniżeli w wypadku gdy zawartość MgO jest niska.

Rulla określał wiskozę powyżej 200 odmian żużli i sporządził wykresy wiskozy dla temperatury 1450°C , 1500°C i 1550°C . Dane jego są zgodne z wykresami punktów topliwości Rankina i Wrighta, odbiegają jednak od danych Mc Caffery.

Wright i Hay opracowując syntetyczne stopy CaO , Al_2O_3 i SiO_2 znaleźli, że kompozycje anortytu i gehlenitu mają tendencję do podwyższania wiskozy żużla, podczas gdy $3\text{CaO}\cdot 2\text{SiO}_2$ i dwukrzemian działają w kierunku tworzenia żużla bardziej płynnego.

Minerały znajdujące w żużlu odniesione być mogą do określonego układu znajdującego się w równowadze. Mc Caffery, stosując zasady chemii fizycznej do żużla, doszedł do wniosku, że żużle zbudowane są z czterech głównych składników, a mianowicie — SiO_2 , Al_2O_3 , CaO i MgO . Cztery te składniki stanowią 90—95% zwykłych żużli. W roku 1927 Mc Caffery i współpracownicy ogłosili metody klasyfikowania żużli w odniesieniu do tych składników.

Podczas gdy wiele prac poświęcono badaniom układu potrójnego $\text{CaO}\text{--}\text{SiO}_2\text{--}\text{Al}_2\text{O}_3$, który zawiera minerał gehlenit, mało prac jest poświęconych układowi poczwórnemu $\text{CaO}\text{--}\text{Al}_2\text{O}_3\text{--}\text{SiO}_2\text{--}\text{MgO}$, poza zakresem pola objętego przez portland cement (w wykresie Rankina i Wrighta). Badacze Parker i Ryder poświęcają ważne badania innemu układowi poczwórnemu, w którym zagadnienie żużla jest brane pod uwagę.

NASI RACJONALIZATORZY.

Nowa metoda suszenia żużla

Od chwili uruchomienia na skalę przemysłową produkcji cementu gatunku 250, z dodatkiem hydraulicznym w postaci zasadowego, granulowanego żużla wielkopieczowego, we wszystkich cementowniach, które miały zaplanowany ten gatunek cementu, powstał problem suszenia żużla — zawierającego średnio około 30% wody.

Rozwiązanie tego problemu nastroczało i ciągle jeszcze nastrocza poważne trudności, ponieważ zakłady nie posiadają potrzebnych do tego celu suszarek bębnowych. Suszenie odbywa się obecnie na drodze wykorzystania ciepła, zawartego w klinkrze opuszczającym piec, przez dozowanie żużla na urządzenia transportujące gorący klinkier, przez wprowadzanie żużla do chłodników pieców obrotowych lub przez mieszanie warstwowe żużla z gorącym klinkrem w halach.

Wszystkie wyżej opisane sposoby suszenia żużla bez użycia suszarek bębnowych nie dają jednak możliwości wysuszenia ilości żużla wymaganej w normach.

W poszukiwaniu ekonomicznego, prostego i szybkiego rozwiązania problemu suszenia żużla dwaj inżynierowie: ob. Nurkiewicz Artur z cementowni „Wysoka” i ob. Cieśliński Walery z C. Z. P. M. W., wpadli na oryginalny pomysł wykorzystania do tego celu ciepła promieniowania pieców obrotowych.

Wnikliwe studia i obliczenia teoretyczne doprowadziły do opracowania metody, pozwalającej na wykorzystywanie ciepła, wypromieniowanego przez płaszcz pieca obrotowego przy pomocy taniego i nieskomplikowanego urządzenia.

Wyniki otrzymane z obliczeń teoretycznych, zostały sprawdzone na modelu skonstruowanym specjalnie w tym celu i znalazły pełne potwierdzenie.

Pomysł został przedstawiony do rozpatrzenia komisji rzeczoznawców, która oceniła go pozytywnie i uznała, że zrealizowanie go pozwoli na osiągnięcie znacznych oszczędności i będzie stanowiło poważny

krok naprzód w rozwiązaniu problemu suszenia żuźla bez inwestowania nowych suszarek bębnowych.

W chwili obecnej, po opracowaniu szczegółowego projektu technicznego i rysunków wykonawczych, urządzenie wg. pomysłu ob. ob. Nurkiewicza i Cieślińskiego montowane jest na jednej z cementowni dla przeprowadzenia prób na skalę fabryczną.

W razie uzyskania pozytywnych wyników, urzą-

dzenia takie zostaną jeszcze w roku bieżącym zainstalowane na szeregu zakładów, produkujących cement gatunku 250.

Nie jest wykluczone, że wprowadzenie wzmiankowanych urządzeń suszących pozwoli na przestawienie niektórych fabryk wyłącznie na produkcję cementu hutniczego.

S. P.

Ulepszenie spadów pieców obrotowych

Mistrz warsztatowy cementowni „Goleszów” Paweł Górniak, zatrudniony jest przy remontach agregatów. W trakcie wymiany uszkodzonych lejów wlotowych (tak zwanych spadów) w chłodnikach pieców obrotowych, ob. Górniak wielokrotnie stwierdził, że tylko pewna część każdego spadu ulega przepaleniu, wobec tego wyrzucanie na złom całego leja stanowi marnotrawstwo.

Rozważając możliwości zapobieżenia wynikającym z tego powodu stratom ob. Górniak wpadł na pomysł. By leje konstruować z dwóch części; dzięki temu w trakcie remontu usuwana byłaby tylko jedna ich część — przepalona.

Ze swym pomysłem podzielił się ob. Górniak z kierownikiem produkcji inż. Janem Czudkiem. Obaj po licznych naradach uzgodnili, że pomysł wymaga modyfikacji.

W jakim ona poszła kierunku mówi inż. Czudek w następujących słowach:

„Pomysł ob. Górniaka polegał na skonstruowaniu dwudzielnego leja, w którym tylko jego przednia część ulegająca przepaleniu, byłaby wymieniana. Część ta stanowi około 40% całego spadu.

W miarę, jak coraz bliżej zapoznawałem się z zagadnieniem wysuniętym przez ob. Górniaka, krystalizował się we mnie pogląd, że leje można zrekonstruować w inny, bardziej celowy sposób.

Szukając wad dotychczas stosowanego urządzenia stwierdziłem, że spady posiadają w jednym miejscu wgłębienie, które nazywałem „kieszonią”. Zatrzymujący się w nich klinkier, na skutek swej wysokiej tempera-

tury przepalał w stosunkowo krótkim czasie ścianki „kieszoni”. W rezultacie klinkier wysypywał się z powrotem do pieców, co powodowało pewne utrudnienia w pracy palaczy.

Zaprojektowałem więc skasowanie wspomnianych „kieszoni” a jednocześnie postanowiłem zmniejszyć średnicę samego wylotu leja.

Sam wylot przewidziałem jako rurę skośnie ściętą której środek znajdowałby się w środku poprzecznego przekroju chłodnika. Dzięki tym modyfikacjom klinkier, nie zatrzymując się w leju, spadałby szybko do chłodnika i tym samym nie przepalałby ścian spadu.

Dla osiągnięcia tego samego celu przewidziałem również przesunięcie wylotu leja w głąb chłodnika; dzięki tej inowacji czas krażenia klinkru po skośnej ścianie leja ulega dalszemu skróceniu.

Gdy wszelkie wyliczenia poparte wykresami wskazywały, że projekt nadaje się do realizacji — przystąpiliśmy do budowy pierwszych lejów w nowej postaci. Zainstalowane one zostały w grudniu 1949 r. i od tej pory pracują bez zarzutu“.

Pomyślne wyniki uzyskane ze stosowaniem nowego typu lejów skłoniły Zakładową Komisję Usprawnień do przesłania projektu ob. ob. Górniaka i Czudka do Głównej Komisji Usprawnień C. Z. P. M. Wiąz.

Komisja, po rozpatrzeniu pomysłu uznała go za usprawnienie, ustalając, że uzyskana dzięki niemu oszczędność w ciągu roku wynosi 29.265 złotych. Z tego tytułu autorzy projektu otrzymali łącznie premię w wysokości 3.373 złotych.

Fr. Wilt.

Utworzenie Zakładu Poszukiwawczo-Wiertniczego

Podczas dyskusji, która toczyła się w czasie obrad V Plenum Centralnego Komitetu P. Z. P. R. V-Przewodniczący P. K. P. G. Minister Jędrzychowski wskazał między innymi na konieczność opracowania szczegółowego planu badań geologicznych, uwzględniających potrzeby przemysłu materiałów wiążących i budowlanych w okresie realizowania Planu Sześcioletniego. Min. Jędrzychowski stwierdził również, że Państwowy Instytut Geologiczny i inne instytucje trudniące się pracami poszukiwawczymi nie są w stanie przeprowadzić koniecznych badań z powodu braku dostatecznej ilości wykwalifikowanych sił.

W tych okolicznościach Min. Jędrzychowski uznał, iż: „Muszą być opracowane nowe formy organizacji prac geologicznych, które pozwoliłyby na przeprowadzenie przynajmniej płytkich wierceń dla potrzeb przemysłu materiałów budowlanych i innego przemysłu mineralnego w skali lokalnej, przy pomocy sił zastępczych, przy odpowiednim wyposażeniu w sprzęt wiertniczy“.

Wyrazem troski o zapewnienie przemysłowi materiałów wiążących odpowiednich złóż surowców jest zarządzenie Min. Przem. Lekkiego z dn. 22 grudnia 1950 r. o utworzeniu w ramach Centralnego Zarządu Przemysłu Materiałów Wiążących instytucji, któraby zajmowała się zagadnieniami dokumentacji złóż surowcowych, potrzebnych dla zakładów pracy już istniejących oraz będących w budowie tj. badaniem złóż, tak pod względem zasoby, jak też przydatności ich do produkcji. Z powodu braku odpowiedniego zespołu technicznego z tej dziedziny w zakładach pracy, ustalenie i zbadanie złóż surowcowych urastało nieraz do miary problemu.

Zarządzenie Min. Przemysłu Lekkiego z dn. 22 grudnia 1950 r. o utworzeniu Zakładu Poszukiwawczo-Wiertniczego w Krakowie likwiduje braki na tym odcinku, ześrodkowując w tym zakładzie całokształt zagadnień geologicznych, mierniczo-kartograficznych, wiertniczo-górnich oraz badań chemiczno-fizycznych.

Zakład należycie zorganizowany przyczyni się do uporządkowania w naszym przemyśle problemu baz surowcowych, na których opiera się produkcja wszystkich naszych zakładów pracy.

Przeprowadzenie odpowiednich badań geologicznych i wierceń pozwoli na zorientowanie się co do ilości i jakości złóż surowca i stosowne do tego zaplanowanie naszych możliwości produkcyjnych na najbliższe lata.

Dokładne zbadanie terenów surowcowych przy istniejących zakładach pod względem ilościowym i jakościowym umożliwi racjonalną gospodarkę surowcem i ustalenie okresu eksploatacji złóż, po którym będą musiały być przygotowane nowe tereny, by produkcja zakładów nie uległa zahamowaniu.

Prace Zakładu Poszukiwawczo-Wiertniczego będą prowadzone przez odpowiednie zespoły fachowców, geologów, górników, mierników i chemików. Nad całokształtem prac będzie czuwał zespół fachowców branżowych, którzy będą nadawali kierunek badaniom i na podstawie wyników badań, ustalali zasoby i przydatność złóż do produkcji oraz wytyczne do ich eksploatacji.

Prace będą koordynowane przez Centralny Zarząd Przemysłu Materiałów Wiążących w Sosnowcu, którego zadaniem będzie ustalenie hierarchii potrzeb na tym odcinku.

R. G.

Inżynierowie i Technicy mobilizują się do realizacji wytycznych VI Plenum KC PZPR

W dniu 20 lutego br. odbyło się posiedzenie Prezydium Rady Głównej NOT z udziałem prezesów wszystkich stowarzyszeń inżynierów i techników w Polsce.

Na zebraniu, po wysłuchaniu referatu prezesa NOT min. Bolesława Rumińskiego, który omówił uchwały VI Plenum KC PZPR, uchwalono następującą rezolucję:

Naczelna Organizacja Techniczna i Stowarzyszenie Inżynierów i Techników, jako organizacje zrzeszające inteligencję techniczną w Polsce, z radością i pełnym zrozumieniem witają wskazania VI Plenum o zadaniach inteligencji w szeregach frontu narodowego do walki o pokój i Plan 6-letni. Realizacja tych zadań nakłada na inteligencję techniczną szczególne obowiązki w dziedzinie podniesienia poziomu techniki polskiej i upowszechnienia przodujących metod pracy. Dlatego też inżynierowie i technicy muszą w jeszcze większym stopniu wziąć czynny udział w ruchu współzawodnictwa i racjonalizacji pracy, w upowszechnieniu przodujących metod produkcji, szeroko korzystając z doświadczeń techniki radzieckiej.

Jednym z wyrazów tych dążeń była odbyta ostatnio na Śląsku konferencja inżynierów i techników z robotnikami w sprawie upowszechnienia metody inż. Kowalowa.

Celem dalszej i pełnej realizacji wskazań VI Plenum KC PZPR zebrani postanowili:

1. Zlecić Sekretariatowi zwołanie w dniu 14 i 15 kwietnia br. konferencji aktywu stowarzyszeń technicznych NOT.
2. Ustalić jako program konferencji:
 - a) zadania inżynierów i techników w realizacji frontu narodowego,
 - b) rozpowszechnienie i wprowadzenie w życie postępowych metod produkcji,
 - c) konkretne przygotowanie stowarzyszeń do wprowadzenia nowych metod pracy w fabrykach i zakładach,
3. Zorganizować w okresie do 1 lipca br. drugą konferencję aktywu stowarzyszeń technicznych w celu podsumowania osiągnięć i wytyczenia dalszej akcji.
4. Zlecić Sekretariatowi i stowarzyszeniom współpracę i powiązanie akcji ze związkami zawodowymi, ministerstwami i instytucjami naukowo-badawczymi oraz uczelniami technicznymi.
5. Wezwać stowarzyszenia do opracowania szczegółowych planów akcji i zjazdów delegatów stowarzyszeń.

Konkurs na popularną broszurę techniczną

W numerze styczniowym naszego miesięcznika ogłosiliśmy warunki ogłoszonego przez Państwowe Wydawnictwa Techniczne konkursu na popularną broszurę techniczną.

Zainteresowanym konkursem podajemy do wiadomości, że termin składania prac przesunięty został do dnia 31 maja b. r.

Wobec dotkliwego braku literatury fachowej w dziedzinie przemysłu materiałów wiążących zachęcamy racjonalizatorów cementownictwa i przemysłu wapienniczego do jak najliczniejszego wzięcia udziału w konkursie.

Racjonalizatorzy! Opracowując tematy na konkurs okażecie pomoc swoim towarzyszom pracy.

Książki z zakresu architektury i budownictwa

- Baszyński S. — Ustalanie wzorców technicznych i norm pracy w budownictwie. Z ros. tłum. M. Podrecki, W. Domański i W. Andrzejewski. S. 187, rys. 19, zł 12.—.
- Błochin P., Gelberg L., Kuźniecowa G. — Techniczne i ekonomiczne zagadnienia budownictwa mieszkaniowego ZSRR. Z ros. tłum. J. Guttman i W. Grot Gisges, S. 84, rys. 13, zł 9,50.
- Czyż E. — Wzory i przykłady liczbowe obliczeń statycznych. Zeszyt IV: s. 68, rys. 52, zł 15.—. Zeszyt V: s. 68, rys. 53, zł 12.—.
- O polską architekturę socjalistyczną. Publikacja materiałów z Krajowej Narady Architektów PZPR. Opracował J. Minorski. S. 216, zł 13.50.
- Nechay J. — Beton na wsi. S. 236, rys. 181, zł 9.60.
- Marynowski J. — Praktyczne wskazówki obsługi pieca kręgowego. S. 135, rys. 55, zł 15.50.
- Paszkowski W. — Technologia betonu. S. 235, rys. 143, zł 16.—.
- Poniż W. — Tablice stosowania środków ochronnych przy zimowych robotach betonowych. S. 24, zł 6.—.
- Poniż W. — Metoda kolejnych przybliżeń (H. Crossa). Część I: s. 108, rys. 88.
- Racięcki Z. — Budownictwo z gliny. S. 120, rys. 82, zł 7.50.
- Rietschel H. — Podręcznik ogrzewania i wietrzenia. Część I: s. 260, rys. 298, zł 37.50. Część II: s. 188, rys. 73, zł 20.—.
- Rucki R.: Projektowanie mechanizacji budowy domu o szkieletowej konstrukcji żelbetowej. S. 55, rys. 22, zł 15.90.
- Rucki R. — Zasady i metoda projektowania mechanizacji budowy. S. 130, rys. 39.
- Do nabycia w księgarniach technicznych Domu Książki.

Instrukcje wydane na zlecenie Instytutu Techniki Budowlanej

- Instrukcja o prowadzeniu robót zimą w zamkniętych budynkach. 1950 r. S. 20.
- A. Bolewski, H. Gruszczyk i Z. Jodłowski. — Żuźłowe spoiwa mieszane. 1950 r. S. 18, tabl. 9.
- Instrukcja o wykonywaniu robót budowlanych w cieplakach. 1950 r. S. 20.
- Instrukcja o prowadzeniu robót murowych zimą. 1950 r. S. 24.
- Instrukcja o wykonywaniu robót betonowych i żelbetowych zimą. 1950 r. S. 29.
- Instrukcja ogólna o prowadzeniu robót budowlanych w okresie zimowym. 1950 r. S. 16.
- Instrukcja o przechowywaniu i przygotowaniu materiałów budowlanych do robót zimowych. 1950 r. S. 30.
- Instrukcja dla laboratoriów polowych w wytwórniach i na terenie większych robót betonowych i żelbetowych. Wyd. II uzupełnione. 1951 r. S. 48.
- Instrukcja o oszczędnej gospodarce drewnem na placu budowy. 1951 r. S. 40.
- Instrukcje te rozprowadzane są przez Instytut Techniki Budowlanej. Warszawa, ul. Narbutta 26.

Prace badawcze Instytutu Budownictwa Mieszkaniowego

- Czeczarda-Maciuszko W. — Odległość miejsca pracy od miejsca zamieszkania mieszkańców trzech nowych osiedli warszawskich. S. 15, map 4, zł 6.60.
- Goryński J. — Standardy mieszkaniowe (zbiór materiałów do dyskusji). S. 32, zł 9.—.
- Do nabycia w księgarniach technicznych Domu Książki.

