CHEMIA z. 44

P.3346/68

PIOTR WASILEWSKI

ZNACZENIE RACJONALNEGO DOBORU SKŁADU ZIARNOWEGO WĘGLI W PRODUKCJI KOKSU

POLITECHNIKA ŚLĄSKA
ZESZYT NAUKOWY Nr 230 – GLIWICE 1968

SPIS TREŚCI

Str.

Od autora 3

1. Wstęp 5

2. Wpływ stopnia rozdrobnienia mieszanki węglowej i jej składników na własności koksownicze węgli, wielkość ciężaru objętościowego wsadu oraz jakość koksu 7

Badania doświadczalne

3. Metodyka badań 12

4. Ciężar objętościowy wsadu w zależności od jego składu ziarnowego, wilgoci i sposobu zagęszczania 15

5. Jakość koksu w zależności od składu ziarnowego wsadu węglowego 15

6. Omówienie wyników badań 37

7. Wnioski 43

Literatura 45

Streszczenia 48

POLITECHNIKA ŚLĄSKA

ZESZYTY NAUKOWE

Nr 230

POLITECHNIKA ŚLĄSKA BIBLIOTEKA GŁÓWNA Gliwice
P. 3346/68

PIOTR WASILEWSKI

ZNACZENIE RACJONALNEGO DOBORU SKŁADU ZIARNOWEGO WĘGLI W PRODUKCJI KOKSU

PRACA HABILITACYJNA Nr 83

Data otwarcia przewodu habilitacyjnego 16. V. 1968 r.

GLIWICE 1968

REDAKTOR NACZELNY ZESZYTÓW NAUKOWYCH
POLITECHNIKI ŚLĄSKIEJ

Fryderyk Staub

REDAKTOR DZIAŁU

Iwo Pollo

SEKRETARZ REDAKCJI

Tadeusz Matula

P.J 317/68

Dział Nauki — Sekcja Wydawnictw Naukowych — Politechniki Śląskiej
Gliwice, ul. Konarskiego 23

Nakł. 100+190 Ark. wyd. 2,8 Ark. druk. 3,6 Papier offsetowy kl. III, 70x100, 80 g
Oddano do druku 19. 7. 1968 Podpis. do druku 4. 9. 1968 Druk ukoń. we wrześniu 1968
Zam 1222 13. 7. 1968 K-22 Cena zł 4,—

Skład, fotokopie, druk i oprawę
wykonano w Zakładzie Graficznym Politechniki Śląskiej w Gliwicach

OD AUTORA

Ministerstwu Oświaty i Szkolnictwa Wyższego, Senatowi oraz Radzie Wydziału Chemicznego Politechniki Śląskiej wyrażam głęboką wdzięczność za udzielenie mi stypendium habilitacyjnego.

Panu Profesorowi dr inż. Józefowi Salcewiczowi, Kierownikowi Katedry Technologii Chemicznej Węgla Politechniki Śląskiej składam serdeczne podziękowanie za życzliwe ustosunkowanie się do mojej pracy oraz za cenne rady i uwagi udzielane przy opracowywaniu niniejszego zagadnienia.

1. W S T Ę P

Najważniejszym znaczeniem koksu pod względem gospodarczym jest jego zastosowanie w wielkich piecach, w których stanowi on konieczny materiał do redukcji rud żelaza. Problem produkcji wysokiej jakości koksu wielkopiecowego nie miał tak doniosłego znaczenia wówczas, gdy posługiwano się w hutnictwie żelaza wyłącznie niewielkimi jednostkami wielkopiecowymi.

Znaczenie jakości koksu zaznacza się jednak ostrzej w miarę budowy coraz większych wielkich pieców. Najważniejszą cechą decydującą o przydatności koksu do procesu wielkopiecowego jest jego odporność mechaniczna. Własności mechaniczne koksu stanowią cechę, do której przemysł metalurgiczny przywiązuje największe znaczenie, ponieważ zbytnie kruszenie się koksu wpływa ujemnie na przebieg pracy wielkich pieców i żeliwiaków. Bieg wielkiego pieca zależy od przepuszczalności gazu w ładunku wielkiego pieca, która z kolei uwarunkowana jest w dużym stopniu przebiegiem rozkruszania się koksu. Przemysł hutniczy charakteryzuje się w ostatnim okresie dążnością do stosowania w procesie wielkopiecowym koksu o coraz to wyższych parametrach wytrzymałościowych. Wypływa stąd dla przemysłu koksochemicznego poważne zadanie dalszej poprawy wytrzymałości koksu. Realizując to zadanie należy mieć na uwadze stały postulat jakim jest potanienie produkcji koksu oraz racjonalne zużytkowanie krajowych węgli koksujących, gdyż polski przemysł koksochemiczny rozporządza ograniczoną ilością surowca węglowego umożliwiającego mu wytwarzanie wysokogatunkowego koksu hutniczego. W odróżnieniu od warunków surowcowych w innych krajach, korzysta się u

nas z mieszanek węglowych o dużej zawartości części lotnych (28--33%) i o słabych własnościach koksowniczych. Również i w dalszym ciągu będzie istniał niedobór węgli typów 35-38, mimo uruchamiania nowych kopalń węgla koksującego w Rybnickim Okręgu Węglowym.

Możność uzyskania koksu możliwie najwyższej jakości uwarunkowane jest od jakości użytego węgla oraz parametrów technologicznych procesu koksowania. Do najważniejszych zagadnień technologicznych zalicza się dwa zasadnicze kierunki tj. technologia przygotowania wsadu węglowego oraz technologia procesu koksowania. W Polsce od lat przykłada się dużą wagę do poprawy warunków technologicznych procesu przygotowania i koksowania wsadu węglowego. Poprawa technologii procesu przygotowania wsadu węglowego sprowadza się głównie do racjonalnego rozdrabniania mieszanki i jej składników, przy czym poważną rolę odgrywa tu też skład ziarnowy mieszanki oraz jej stopień zagęszczenia.

Rozszerzenie skali węgli stosowanych w polskim koksownictwie uzyskano przede wszystkim przez stosowanie lepszego przemiału węgli oraz przez zagęszczenie wsadu węglowego.Znaczna ilość wrac w tej dziedzinie została wykonana w skali technicznej przez Katedrę Technologii Chemicznej Węgla Politechniki Śląskiej [1, 2] . Wyniki tych badań wskazały w szczególności na możność produkcji koksu hutniczego I gatunku również i z mieszanek ze znacznym udziałem węgli typu 33 względnie z udziałem węgli typu 33/32 przy dodatku 30-50% węgli typu 34 jako węgli podstawowych i przy udziale zaledwie około 20% węgli typu 35-37, jednak pod warunkiem dobrego przemiału, wymieszania i ubicia wsadu węglowego.

Mimo wielu prac wykonanych w tym zakresie zarówno w skali laboratoryjnej jak i technicznej sprawa uzyskania koksu dobrej jakości z różnych węgli koksujących jest w dalszym ciągu przedmiotem badań. Wynika to ze znaczenia jakie posiada koks wysokiej jakości dla rozwoju przemysłu hutniczego szczególnie wówczas gdy brak

jest do dyspozycji wysokogatunkowych węgli koksujących w dostatecznej ilości.

Poza sprawą opracowania nowych metod koksowania niewątpliwie sprawa lepszego wykorzystania dużego potencjału produkcyjnego naszych koksowni na drodze między innymi racjonalnego doboru składu ziarnowego węgli stanowi przedmiot specjalnego zainteresowania. Dla opracowania tego zagadnienia nie podjęto u nas dotychczas systematycznych badań, które mogłyby dać możliwie wyczerpującą odpowiedź na pytanie, jakie są dalsze możliwości poprawy jakości koksu wielkopiecowego i wykorzystania do tego celu naszych węgli. Z tych też względów uznano za celowe podjęcie dalszych badań w tym zakresie.

2. WPŁYW STOPNIA ROZDROBNIENIA MIESZANKI I JEJ SKŁADNIKÓW NA WŁASNOŚCI KOKSOWNICZE WĘGLI, WIELKOŚĆ CIĘŻARU OBJĘTOŚCIOWEGO WSADU ORAZ JAKOŚĆ KOKSU

Różny stopień rozdrobnienia mieszanki węglowej posiada duży wpływ na własności koksownicze węgli, ciężar objętościowy wsadu oraz jakość otrzymywanego koksu. L.M. Sapożnikow [3] badał zależność płynności węgla w okresie plastyczności od stopnia jego rozdrobnienia. Stwierdził on, że w przypadku węgli gazowych płynność maleje wraz ze wzrostem stopnia ich rozdrobnienia. Natomiast dla węgli dobrze spiekających się płynność ich nie tylko nie maleje ze zmniejszeniem ziaren, ale nawet nieco wzrasta. Charakterystycznym jest również to, że ze wzrostem stopnia rozdrobnienia węgla zmniejsza się opór warstwy plastycznej stawiany przepływowi gazów [4, 5] , przy czym zjawisko to występuje z większą ostrością u węgli gazowych. Stąd zbyt daleko posunięte rozdrobnienie węgli[6],

a w szczególności węgli gazowych [7] wywiera ujemny wpływ na jakość koksu, Przyczyny tego zjawiska należy szukać w zbytnim rozwinięciu powierzchni węgla w wyniku czego zawarte w węglu substancje bitumiczne nie są w stanie całkowicie jej związać. Równocześnie ze wzrostem stopnia rozdrobnienia wsadu węglowego obserwuje się zmniejszenie wielkości jego ciężaru objętościowego [8-10], co wpływa ujemnie na proces tworzenia się koksu.

Dla przeciwdziałania zjawisku zmniejszenia ciężaru objętościowego wsadu przy zwiększonym stopniu jego rozdrobnienia stosuje się szereg środków zaradczych jak zmniejszenie zawartości wody we wsadzie węglowym, zwilżanie mieszanki węglowej cieczami organicznymi, częściowe brykietowanie lub granulowanie oraz odpowiedni dobór składu ziarnowego. W badaniach nad wpływem zawartości wody we wsadzie stwierdzono, że najniższa wielkość ciężaru objętościowego w przeliczeniu na suchy węgiel odpowiada zawartości wody 6-10%. Zmniejszenie lub zwiększenie zawartości wody we wsadzie poza wyżej podany zakres powoduje wzrost ciężaru objętościowego [11, 12].

W bardzo szerokim zakresie były prowadzone badania dotyczące wpływu na ciężar objętościowy dodatku do mieszanek węglowych niewielkich ilości cieczy organicznych [13-17]. W wyniku tych prac stwierdzono wyraźny wzrost wielkości ciężaru objętościowego wsadu. Zwiększenie ciężaru objętościowego otrzymano również przez zastosowanie częściowego brykietowania [18, 19] lub granulowania wsadu [20-22] oraz zwiększonego jego ubicia [2, 23-30]. Spośród wyżej wymienionych środków zaradczych wpływających na wzrost ciężaru objętościowego wsadu można stosować w przypadku ubijanego napełniania komór baterii koksowniczych jako racjonalne tylko niektóre z nich, a mianowicie zwiększenie pracy ubijania oraz odpowiedni dobór składu ziarnowego wsadu [31-34]. Jeżeli chodzi o pierwszy czynnik to jest on w naszym koksownictwie niemal powszechnie zastosowany, natomiast sprawa odpowiedniego doboru składu ziarnowego posiada jeszcze znaczenie empiryczne i nie została dotychczas dostatecznie opracowana.

W polskim koksownictwie powszechnie stosowany jest system ubijany ze względu na to, że stwarza on możność wprowadzenia do mieszanki węglowej większego udziału węgli o słabszych własnościach koksowniczych bez pogorszenia jakości koksu. Wynika to między innymi dlatego, że zwiększony ciężar objętościowy wsadu powoduje zmniejszenie wolnych przestrzeni pomiędzy ziarnami węgla a więc zwiększenie kontaktów pomiędzy nimi, co prowadzi do polepszenia warunków procesu spiekania. Wielkość ciężaru objętościowego ma również duży wpływ na zmiany objętościowe jakim podlega wsad w procesie koksowania. Bezpośrednim powodem pękania koksu są zmiany objętościowe jakie zachodzą w bryle węgla w procesie koksowania począwszy od objętości wyjściowej jaką zajmuje objętość wsadu węglowego do objętości końcowej jaką ma gotowy koks [2, 35] .

Obok ujemnego wpływu większego stopnia rozdrobnienia mieszanki węglowej stwierdza się również dodatni jego wpływ. Polega on na tym, że osiąga się przez to lepszą homogenizację mieszanki węglowej oraz zmniejszenie rozpiętości wymiarów ziarn. Grube ziarna węgli niespiekających lub słabo spiekających trudniej wlepiają się w masę koksową i stanowią obce strukturalnie ziarno w koksie. W zależności od ilości i wielkości tych ziarn w koksie występować może większe lub mniejsze pogorszenie wytrzymałości lub ścieralności koksu. Dlatego też większy stopień rozdrobnienia węgla zmniejsza wewnętrzne naprężenia, które powodują pękanie koksu. Wynika stąd, że dla zwiększenia wytrzymałości koksu najbardziej efektywnym jest takie rozdrobnienie mieszanki węglowej, ażeby było jak najmniej grubych ziarn przy minimalnej ilości frakcji pyłowej. Pierwszy warunek konieczny jest dla zmniejszenia wewnętrznych naprężeń w koksie, drugi dla zwiększenia jego wytrzymałości strukturalnej. W tym celu może być stosowany zróżnicowany przemiał [36, 37] oparty na oddzielnym i różnym rodzrobnieniu składników mieszanki zależnie od ich własności koksujących,względnie progresyw

przemiał [38-41], który opiera się na założeniu, że najbardziej celowe z punktu widzenia jakości produkowanego koksu jest silne rozdrobnienie składników durytowych, a zachowanie w stanie nienaruszonym ziarn drobnych, miękkich. Wynika to z faktu, że węgle kamienne zawierają różne odmiany petrograficzne w niejednakowych ilościach, przy czym różnią się one pomiędzy sobą spiekalnością, zawartością popiołu i części lotnych oraz twardością. Podczas rozdrabniania węgli wskutek różnic w ich twardości poszczególne odmiany petrograficzne rozdzielają się nierównomiernie w różnych frakcjach ziarnowych.

Na ogół stwierdza się, że w grubszych frakcjach gromadzą się twarde z natury składniki inertne i mineralne węgla oraz duryt. Powodują one występowanie w tworzącym się koksie miejscowych naprężeń, które są źródłami pęknięć i rys, obniżających wytrzymałość koksu. Zaletą metody progresywnego rozdrabniania węgli jest to, że dzięki niej mielenie węgli nie odbija się ujemnie pod względem ciężaru objętościowego wsadu.

Od czasu opublikowania przez Burstleina nowej metody przygotowania mieszanki węglowej problem ten stał się przedmiotem dużego zainteresowania wśród koksowników. W literaturze pojawiły się artykuły omawiające różne aspekty tego zagadnienia. Niektórzy autorzy uzyskali poprawę jakości koksu oraz wykazali efektywność ekonomiczną wynikającą z zastosowania tej metody [42-44]. Ze względu jednak na duży koszt sit elektrycznie ogrzewanych, a nieodzownych w tej metodzie są próby zastosowania innych rozwiązań konstrukcyjnych urządzeń do klasyfikacji drobnoziarnistych węgli wilgotnych. Do takich urządzeń można zaliczyć kilka typów klasyfikatorów pneumatycznych i grawitacyjnych opracowanych w ZSRR [45-47].

odśrodkowy klasyfikator według patentu M. Sowy [48] oraz odśrodkowo-pneumatyczny klasyfikator systemu Instytutu Chemicznej Przeróbki Węgla [49]. Wymienione wyżej urządzenia do klasyfikacji drobnoziarnistych węgli wilgotnych nie znalazły dotychczas praktycznego zastosowania w warunkach technicznych.

Odmienną zasadę rozdrabniania komponentów mieszanki węglowej w porównaniu z metodą Burstleina ogłosili D.W. van Krevelen F.J. Huntjens, A.H. Wilms [50]. Na podstawie wykonanych badań stwierdzili oni, że węgle o całkowitej dylatacji powyżej 125% dają najlepszy koks przy silnym rozdrobnieniu do wielkości średniego ziarna około 0,1 mm i górnej granicy ziarn wynoszącej 1 mm. Natomiast węgle o całkowitej dylatacji poniżej 125% powinny być słabiej rozdrabniane i powinny posiadać górną granicę ziarn 3 mm, a średnie ziarno wielkości 0,8 mm. Przy tłumaczeniu tych wyników autorzy opierają się na stwierdzeniu F.G. Kreulena i van Selma [51], że małe ziarna słabiej się rozprężają. Stąd wydymanie się silnie rozdrabnianych węgli o dylatacji poniżej 125% nie wystarcza dla uzyskania spoistego szkieletu koksowego i dlatego tych węgli nie należy silnie rozdrabniać. Niebezpieczeństwo to nie grozi węglom o dużej dylatacji, które można silniej rozdrabniać, zmniejszając w ten sposób naprężenia wewnętrzne pomiędzy substancją mineralną a substancją koksową.

Z dotychczasowych badań wynika, że polepszenie jakości koksu w obecnych naszych warunkach surowcowych i technicznych można osiągnąć na drodze odpowiedniego doboru składu ziarnowego wsadu stosując zróżnicowany przemiał poszczególnych komponentów mieszanki węglowej.

Celem niniejszej pracy jest więc określenie zależności ciężaru objętościowego wsadu od jego składu ziarnowego, zawartości wilgoci i sposobu zagęszczania oraz ustalenie wpływu na jakość koksu zmian składu ziarnowego komponentów mieszanki węglowej.

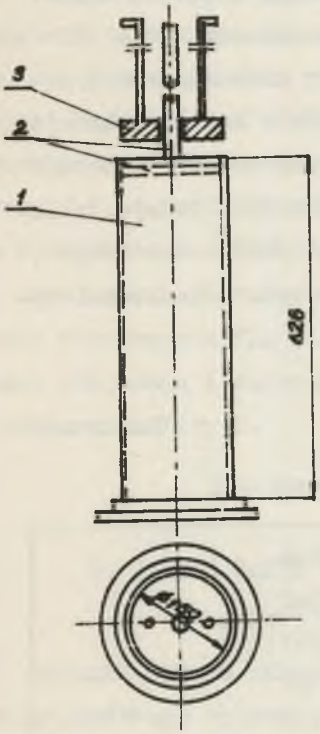
BADANIA DOŚWIADCZALNE

3. METODYKA BADAŃ

Badania zmian ciężaru objętościowego wsadu w zależności od jego składu ziarnowego, wilgoci i sposobu zagęszczania wykonano dla trzech stopni rozdrobnienia węgla, a mianowicie 80% ziarn poniżej 3 mm, 100% ziarn poniżej 3 mm i 100% ziarn poniżej 2 mm.

W tym celu wysuszony i rozdrobniony węgiel rozsiano na frakcje: 0-0,5 mm, 0,5-1 mm, 1-2 mm, 1-3 i 3-5 mm, po czym oznaczono ciężary objętościowe osobno przy swobodnym zasypywaniu i osobno przy ubijaniu próbek węglowych, zmieniając przy tym udziały tych frakcji i zawartości wody w węglu. W przypadku zagęszczania próbek węglowych przez ubijanie stosowano jednakową pracę ubijania wynoszącą 300 J/kg suchego węgla, za wyjątkiem jednego przypadku, w którym zastosowano pracę ubijania 600 J/kg. Zastosowanie dwukrotnie większej pracy na ubijanie miało na celu uzyskanie w warunkach laboratoryjnych ciężaru objętościowego odpowiadającego wielkości otrzymywanej w warunkach technicznych. Do badań użyto węgla z kopalni "Knurów P.P." (typ 33) o zawartości części lotnych V^a = 31,2%, popiołu A^a = 8,2% oraz spiekalności LR = 33. Do pomiarów ciężaru objętościowego wykorzystano zmodyfikowany aparat stosowany przez A. Grossmana i B. Kalinowskiego [15]. Modyfikacja aparatu polegała na użyciu zbiornika o większej pojemności 11,056 dcm^3 (średnica 150 mm, wysokość 626 mm) (rys. 1). W warunkach ubijanego wsadu zbiornik ten napełniano badanym węglem i na powierzchnię którego opierano tłoczek. W tłoczek ten uderzano swobodnie spadającym ciężarkiem. Znając ciężar próbki i zajmowaną przez nią objętość obliczano uzyskiwany ciężar objętościowy. W warunkach zasypowego wsadu napełnianie zbiornika węglem odbywało się z pomocniczego zbiornika przez wyciągnięcie zasuwy oddzielającej oba zbiorniki. Dla każdej próby wykonano dwa równoległe oznaczenia.

Badania jakości koksu w zależności od składu ziarnowego wsadu węglowego wykonano w skali prób komorowych w koksowni huty Bobrek.



Rys. 1. Aparat do oznaczania ciężaru objętościowego węgla

1 - cylinder; 2 - prowadnica; 3 - tłoczek

Do prób wybrano koksownię huty Bobrek dlatego, ponieważ posiada ona węglownię pozwalającą na stosowanie różnych schematów przygotowania węgli. Do badań użyto węgli z kopalń:

1-Haja (typ 35-ROW) o zawartości części lotnych V^a = 28,0%, popiołu 6,4% oraz spiekalności LR = 76.

Gliwice (typ 35) o zawartości części lotnych 21,5% popiołu 7,0% oraz spiekalności 74,

Halemba (typ 33) o zawartości części lotnych 31,7%,popiołu 7,3% oraz spiekalności 40,

Jankowice (typ 31) o zawartości części lotnych 33,5%, popiołu 6,8% oraz spiekalności 15.

Wsad węglowy o różnym składzie ziarnowym otrzymano przez stosowanie zróżnicowanego sposobu rozdrabniania poszczególnych komponentów mieszanki. Do prób wykorzystano znajdujący się w wieży węglowej tzw. próbny zbiornik o pojemności około 150 ton węgla. Ubijanie mieszanki węglowej prowadzono w 6 warstwach. We wszystkich przypadkach stosowano jednakowy czas ubijania 15 minut i dokonywano pomiaru ciężaru objętościowego wsadu węglowego, używając do tego celu cylindra o pojemności 7,065 dcm^3 (średnica 150 mm, wysokość 400 mm). Cylinder ten wbijano do

ubitego wsadu węglowego w trzeciej warstwie. W ten sposób wycinano próbkę węgla zagęszczonego w warunkach technicznych.

Znając ciężar tej próbki i zajmowaną przez nią objętość obliczano ciężar objętościowy. Każdorazowo przygotowywano 100 - 150 ton mieszanki węglowej obsadzając nią 3 komory koksownicze. Z poszczególnych komór pobierano jedną wspólną próbkę koksu, wykonując z niej podwójną próbę bębnowania w bębnie Micum. Próby koksowania wykonano w baterii typu Otto, której charakterystykę podaje tablica 1. Średnia temperatura koksu mierzona w osi placka koksowego bezpośrednio przed jego wypchnięciem z komory była jednakowa i wynosiła około 950°C.

Tablica 1

Charakterystyka pracy baterii koksowniczej

Typ	Otto
Rok budowy	1940
Kapitalny remont	1953
Ilość komór	45
Wymiary komór:	
długość	13290 mm
wysokość	3773 mm
szerokość	425/425 mm
Średnia temperatura w kanałach grzewczych	1300°C
Średni czas koksowania	20 godzin 45 minut

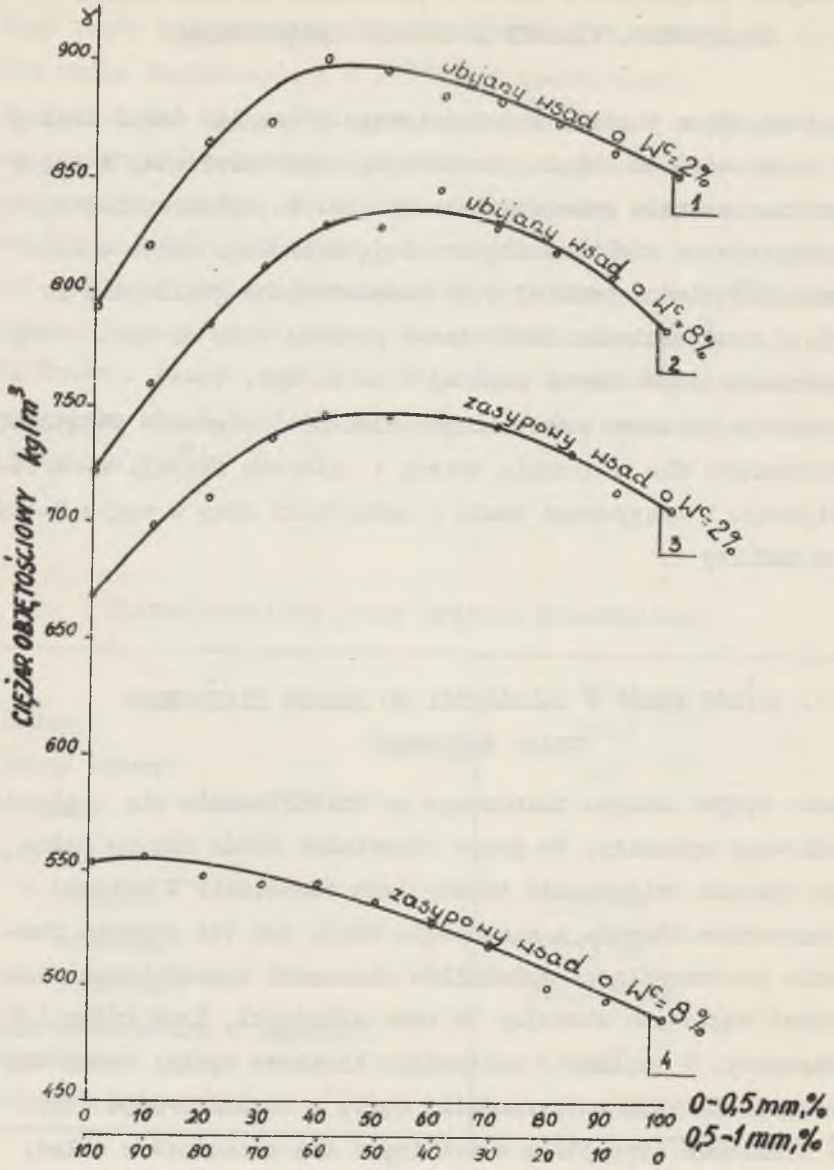
4. CIĘŻAR OBJĘTOŚCIOWY WSADU W ZALEŻNOŚCI OD JEGO SKŁADU ZIARNOWEGO, WILGOCI I SPOSOBU ZAGĘSZCZANIA

Charakter zmian ciężaru objętościowego mieszanin dwóch frakcji węgla w zależności od składu ziarnowego, zawartości wody i sposobu zagęszczania wsadu przedstawiano na rys. 2. wpływ wymienionych wyżej czynników na wielkość ciężaru objętościowego wsadu o rozdrobnieniu 80% ziarna poniżej 3 mm przedstawiono graficznie na rys. 3-5, o rozdrobnianiu 100% ziarna poniżej 3 mm na rys. 6-16, o rozdrobnieniu 100% ziarna poniżej 2 mm na rys. 17-19.

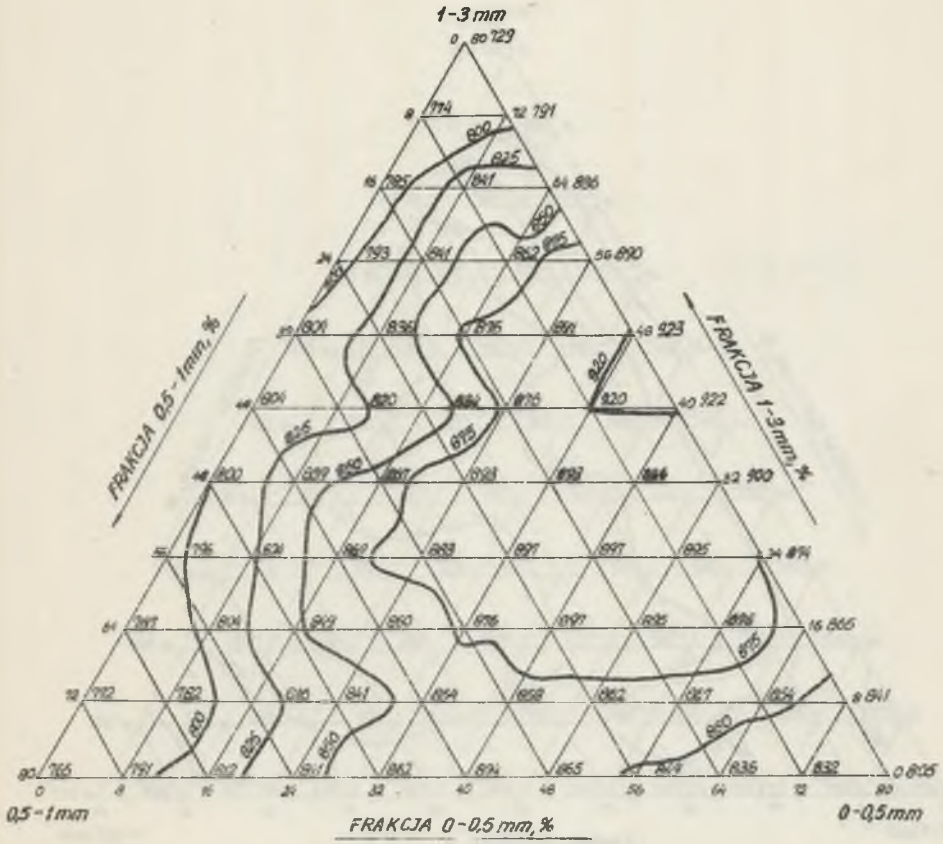
Zestawienie liczbowe maksymalnych wielkości ciężarów objętościowych otrzymanych dla mieszanin trzech i czterech frakcji w warunkach ubijanego i zasypowego wsadu o zawartości wody w węglu 2-10% podano w tablicy 2.

5. JAKOŚĆ KOKSU W ZALEŻNOŚCI OD SKŁADU ZIARNOWEGO WSADU WĘGLOWEGO

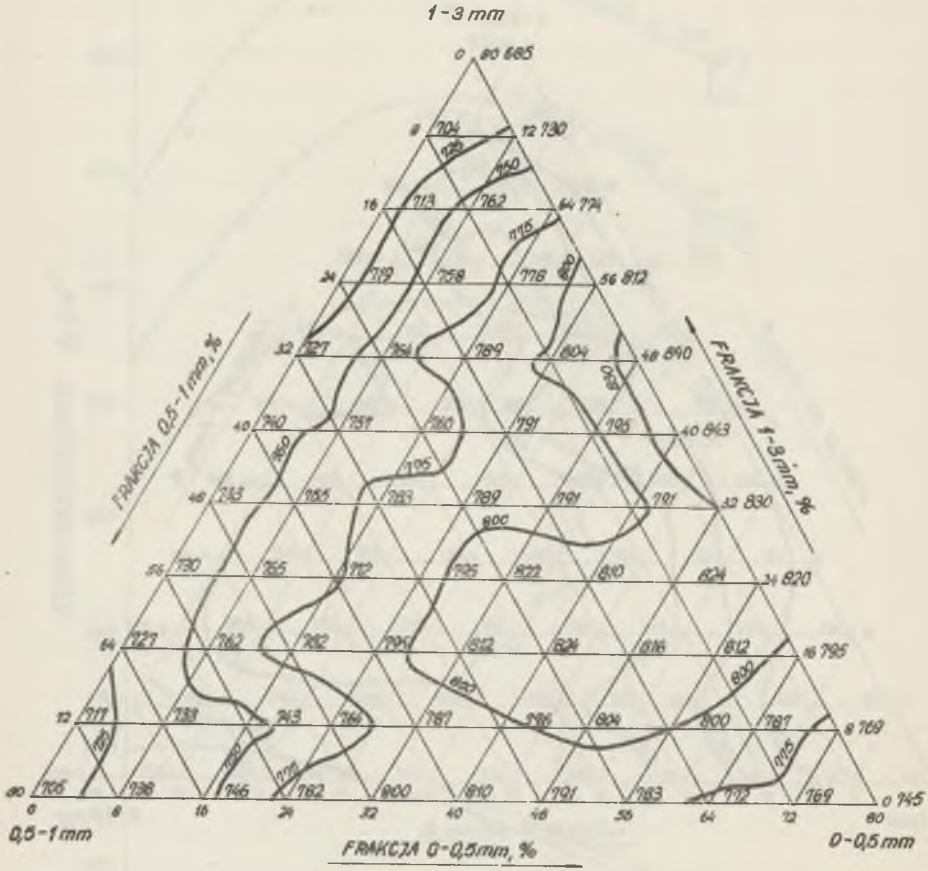
Badania wpływu składu ziarnowego na kształtowanie się ciężaru objętościowego wykazały, że przez odpowiedni dobór składu można osiągnąć znaczne zwiększenie zmiany jego wielkości. W związku z dużym znaczeniem stopnia zagęszczenia wsadu jak też stopnia rozdrobnienia poszczególnych składników mieszanki wyprodukowano koks z mieszanek węglowych stosując te same składniki, lecz różny ich skład ziarnowy. W tablicy 3 zestawiono liczbowe wyniki badań dla mieszanek w skład których wchodziły węgle z kopalń 1-Maja (typu 35-ROW) i Halemba (typ 33) a w tablicy 4 dla mieszanek w skład, których wchodziły węgle z kopalń Gliwice (typ 35) i Halemba (typ 33).



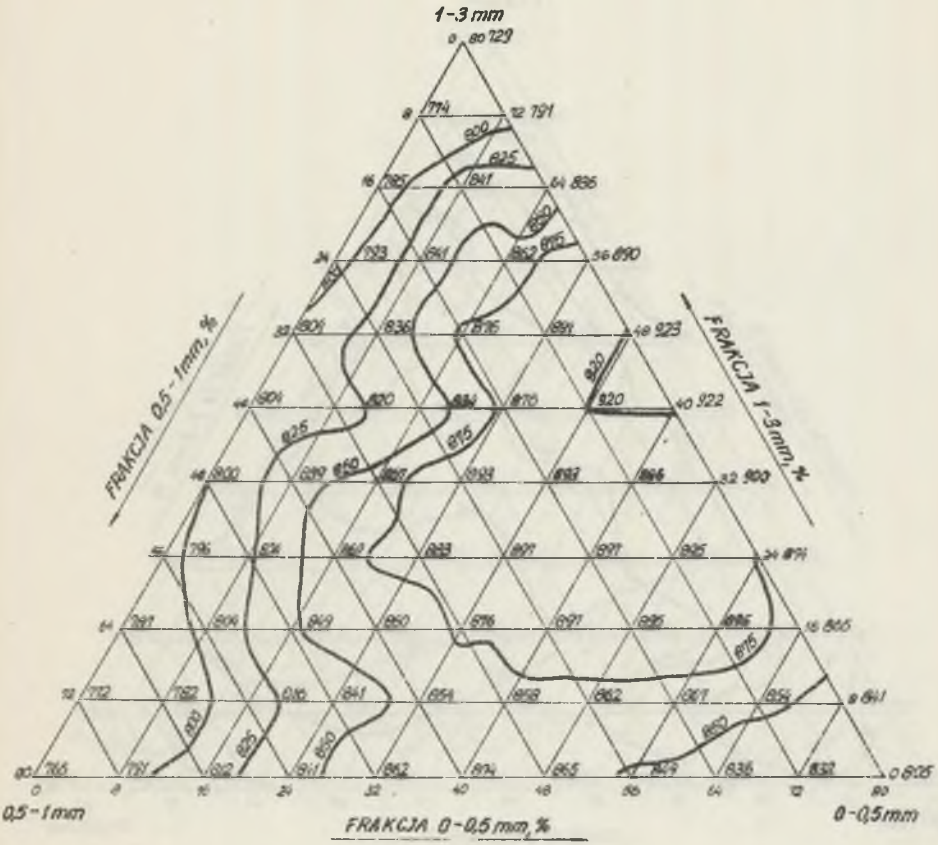
Rys. 2. Ciężar objętościowy mieszaniny dwóch frakcji węgla w zależności od składu ziarnowego, zawartości wody i sposobu zagęszczania



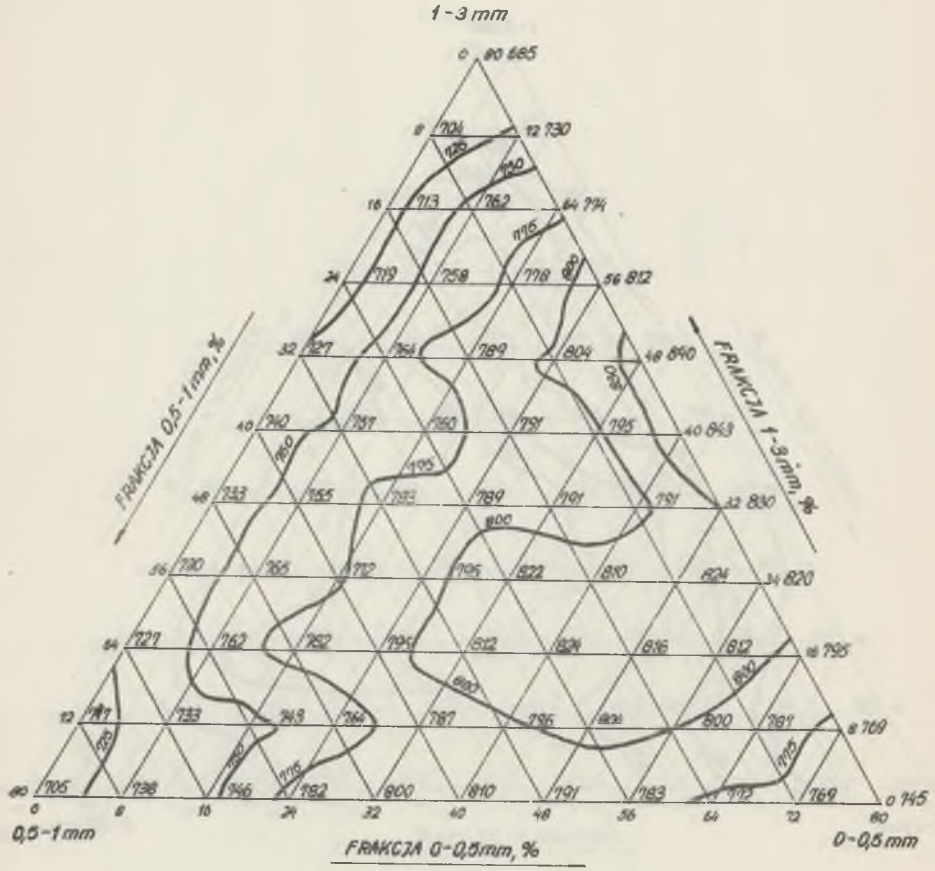
Rys. 3. Wykres ciężaru objętościowego wsadu o rozdrobnieniu 80% ziarna poniżej 3 mm, przy stałym udziale frakcji 3-5 mm w ilości 20% i zawartości wilgoci w węglu 8%, w warunkach ubijanego wsadu (praca ubijania 300 J/kg suchego węgla)



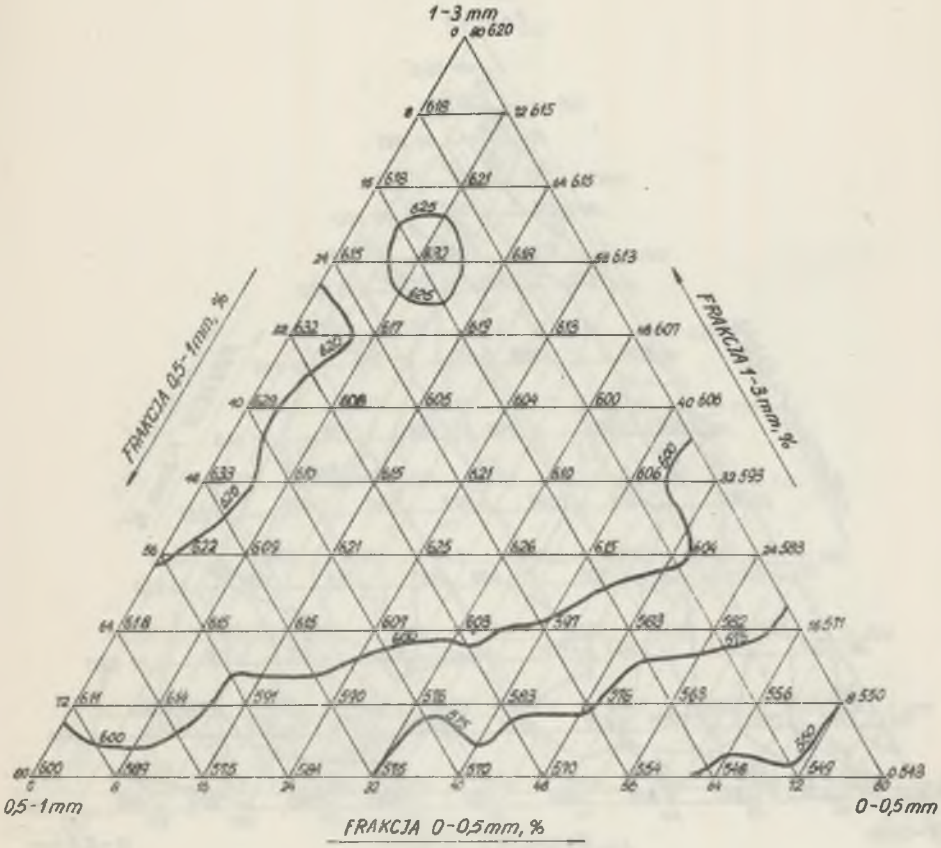
Rys. 4. Wykres ciężaru objętościowego wsadu o rodrobnieniu 80% ziar na poniżej 3 mm, przy stałym udziale frakcji 3-5 mm w ilości 20% i zawartości wilgoci w węglu 2% w warunkach zasypowego wsadu



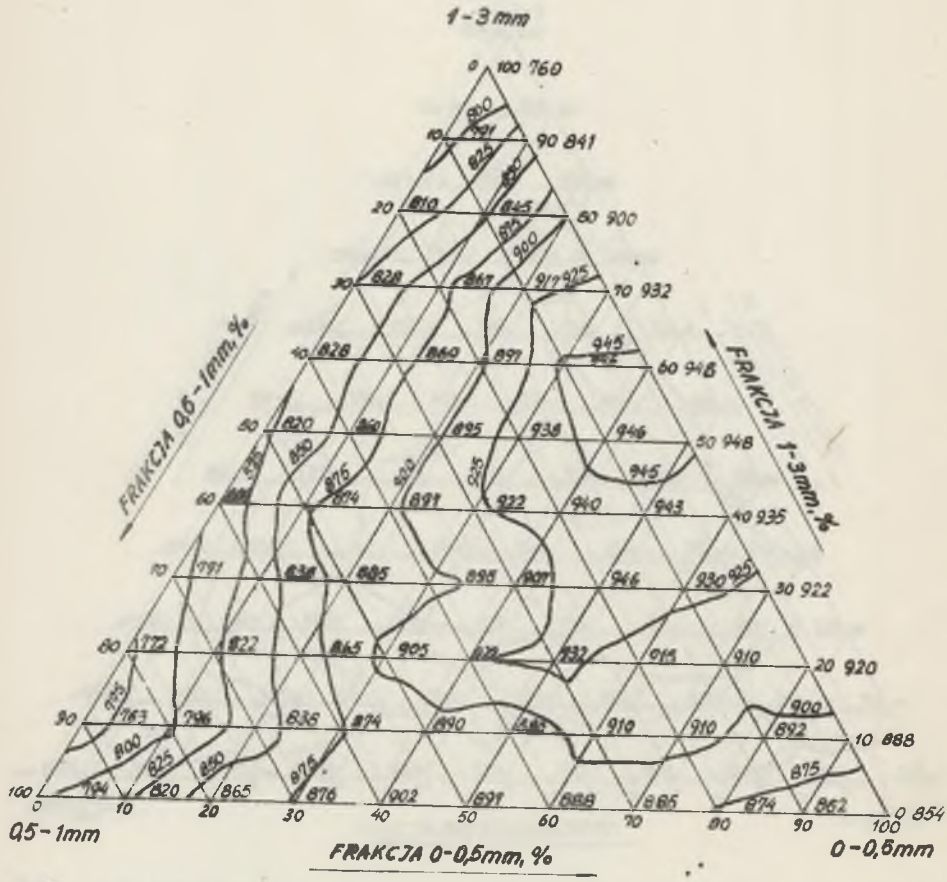
Rys. 3. Wykres ciężaru objętościowego wsadu o rozdrobnieniu 80% ziarna poniżej 3 mm, przy stałym udziale frakcji 3-5 mm w ilości 20% i zawartości wilgoci w węglu 8%, w warunkach ubijanego wsadu (praca ubijania 300 J/kg suchego węgla)



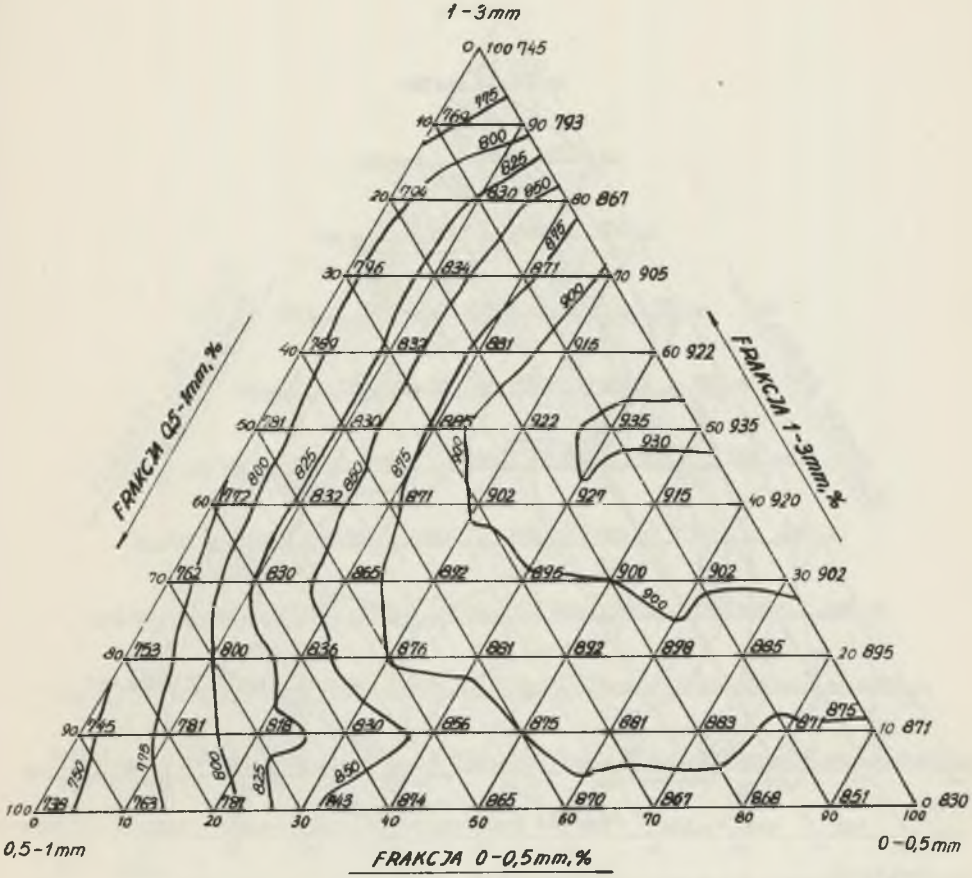
Rys. 4. Wykres ciężaru objętościowego wsadu o rodrobnieniu 80% ziar na poniżej 3 mm, przy stałym udziale frakcji 3-5 mm w ilości 20% i zawartości wilgoci w węglu 2% w warunkach zasypowego wsadu



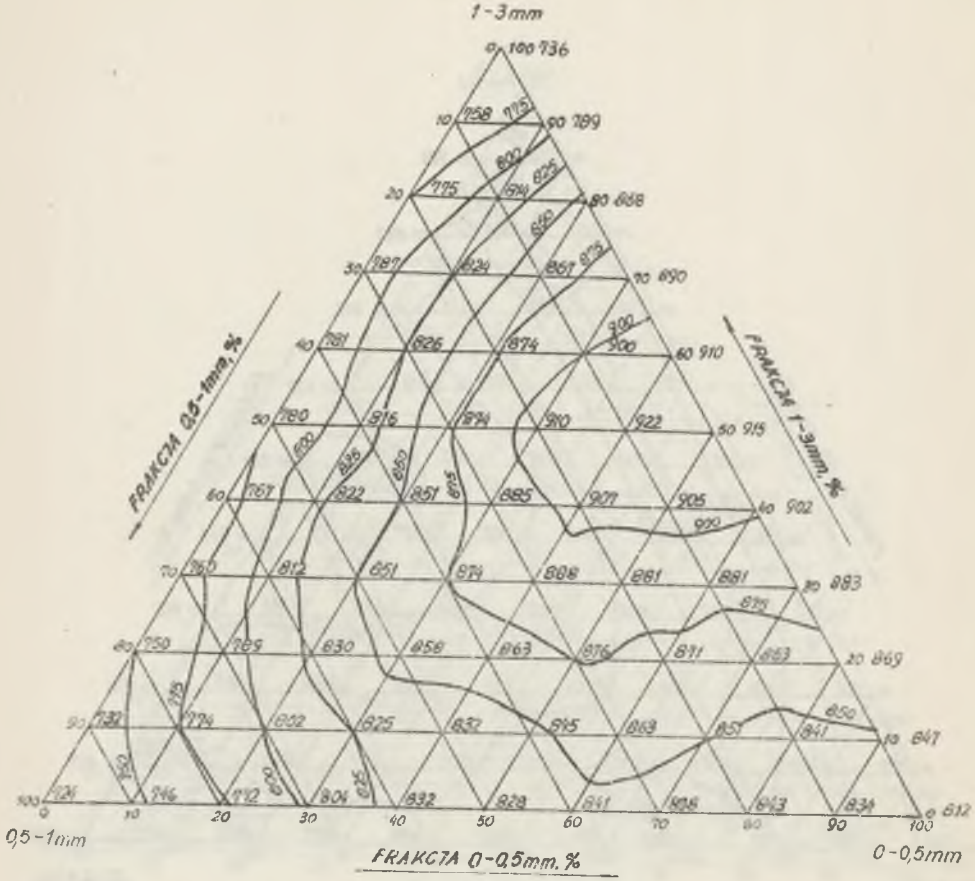
Rys. 5. Wykres ciężaru objętościowego wsadu o rozdrobnieniu 80% ziarna poniżej 3 mm, przy stałym udziale frakcji 3-5 mm w ilości 20% i zawartości wilgoci w węglu 8%, w warunkach zasypowego wsadu



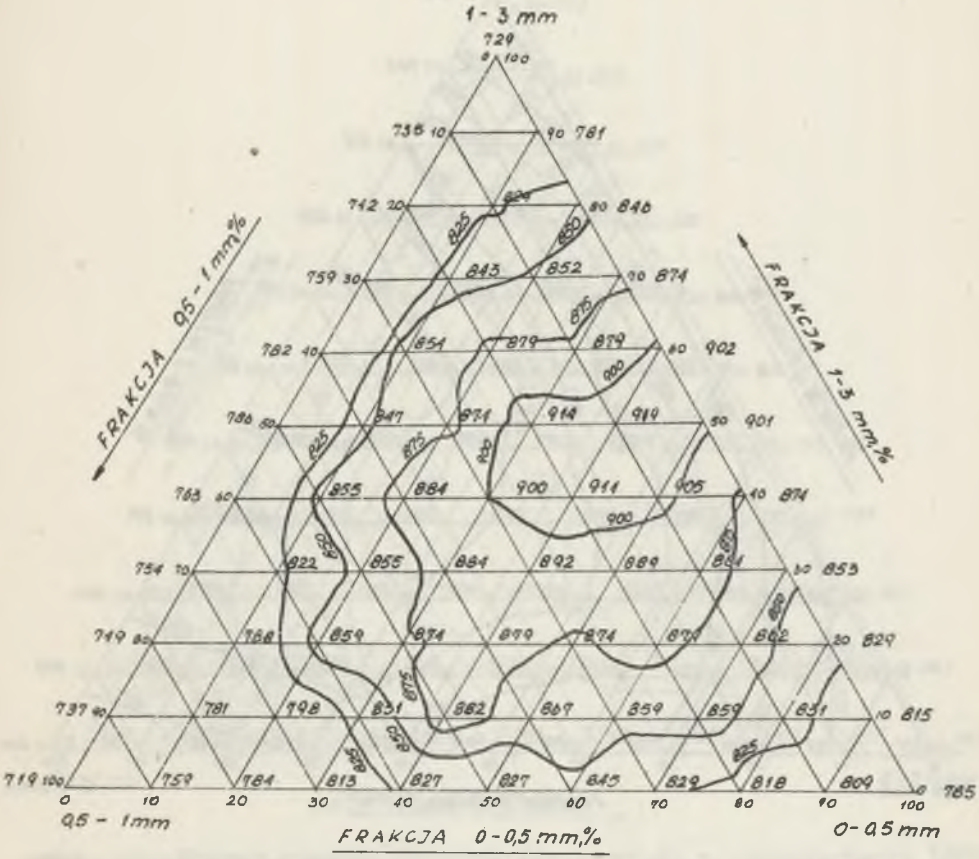
Rys. 6. Wykres ciężaru objętościowego wsadu o rozdrobnieniu 100% ziarna poniżej 3 mm i zawartości wilgoci w węglu 2%, w warunkach ubijanego wsadu (praca ubijania 300 J/kg suchego węgla)



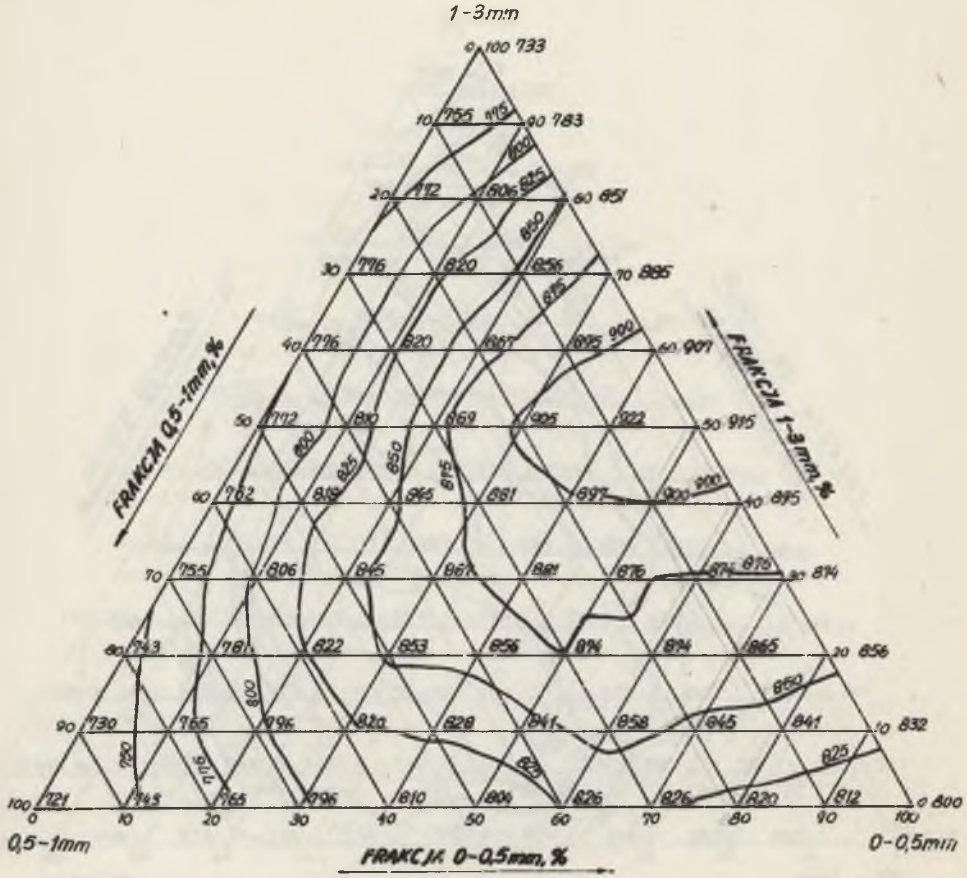
Rys. 7. Wykres ciężaru objętościowego wsadu o rozdrobnieniu 100% ziarna poniżej 3 mm i zawartości wilgoci w węglu 4%, w warunkach ubijanego wsadu (praca ubijania 300 J/kg suchego węgla)



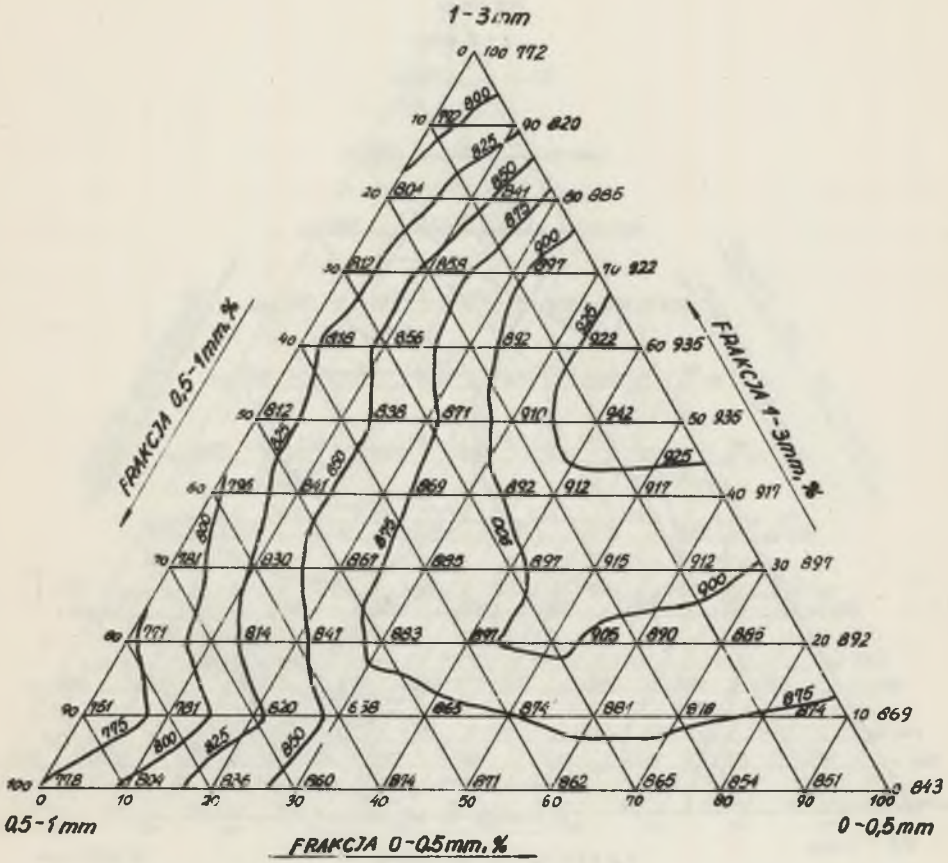
Rys. 8. Wykres ciężaru objętościowego wsadu o rozdrobnieniu 100% ziarna poniżej 3 mm i zawartości wilgoci w węglu 6%, w warunkach ubijanego wsadu (praca ubijania 300 J/kg suchego węgla)



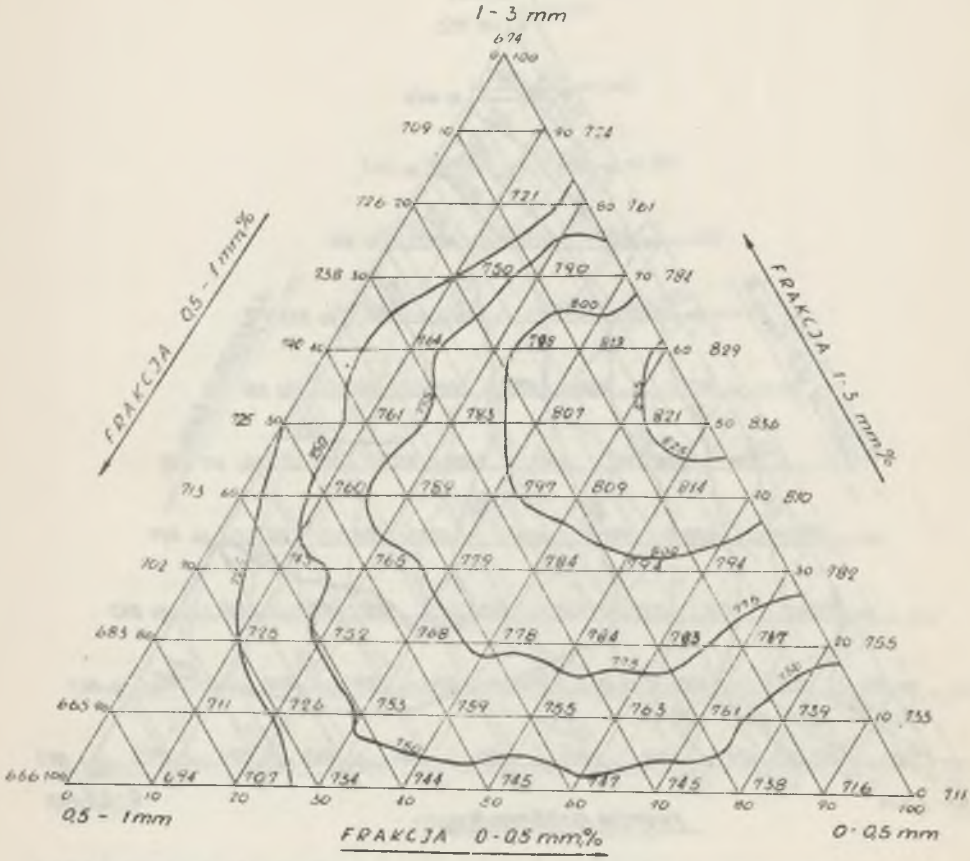
Rys. 9. Wykres ciężaru objętościowego wsadu o rozdrobnieniu 100% ziarna poniżej 3 mm i zawartości wilgoci w węglu 8%, w warunkach ubijanego wsadu (praca ubijania 300 J/kg suchego węgla)



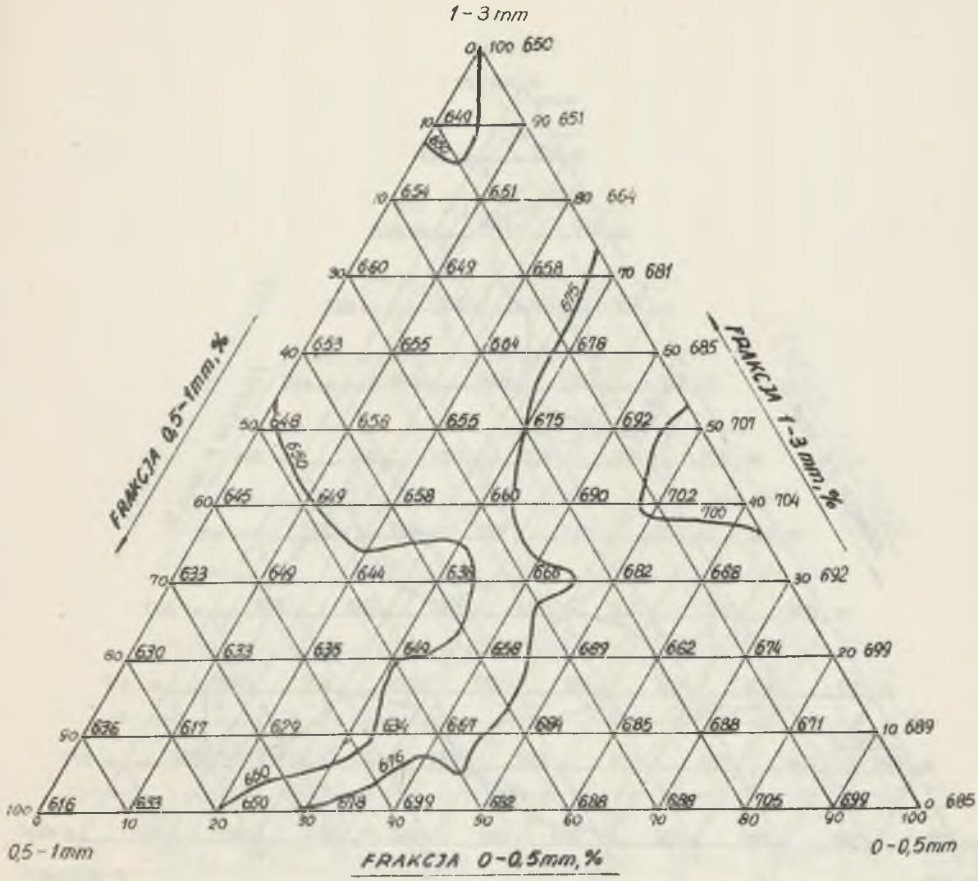
Rys. 10. Wykres ciężaru objętościowego wsadu o rozdrobnieniu 100% ziarna poniżej 3 mm i zawartości wilgoci w węglu 10% w warunkach ubijanego wsadu (praca ubijania 300 J/kg suchego węgla)



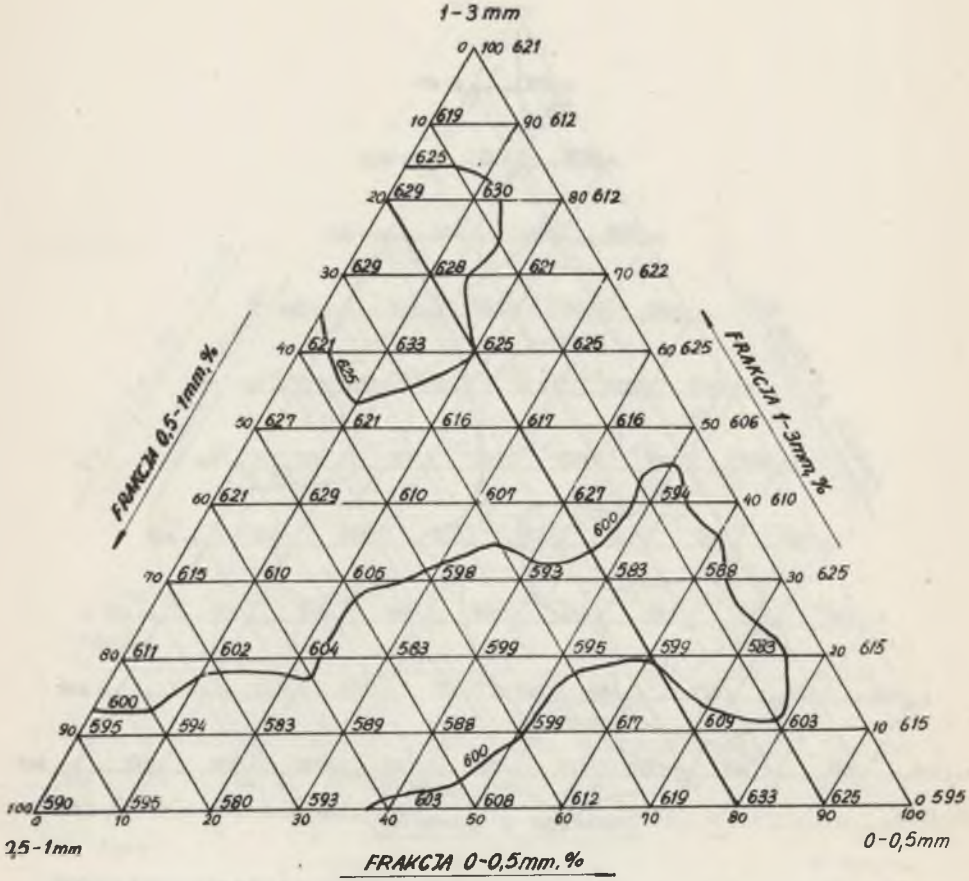
Rys. 11. Wykres ciężaru objętościowego wsadu o rozdrobnieniu 100% ziarna poniżej 3 mm i zawartości wilgoci w węglu 8% w warunkach ubijanego wsadu (praca ubijania 600 J/kg suchego węgla)



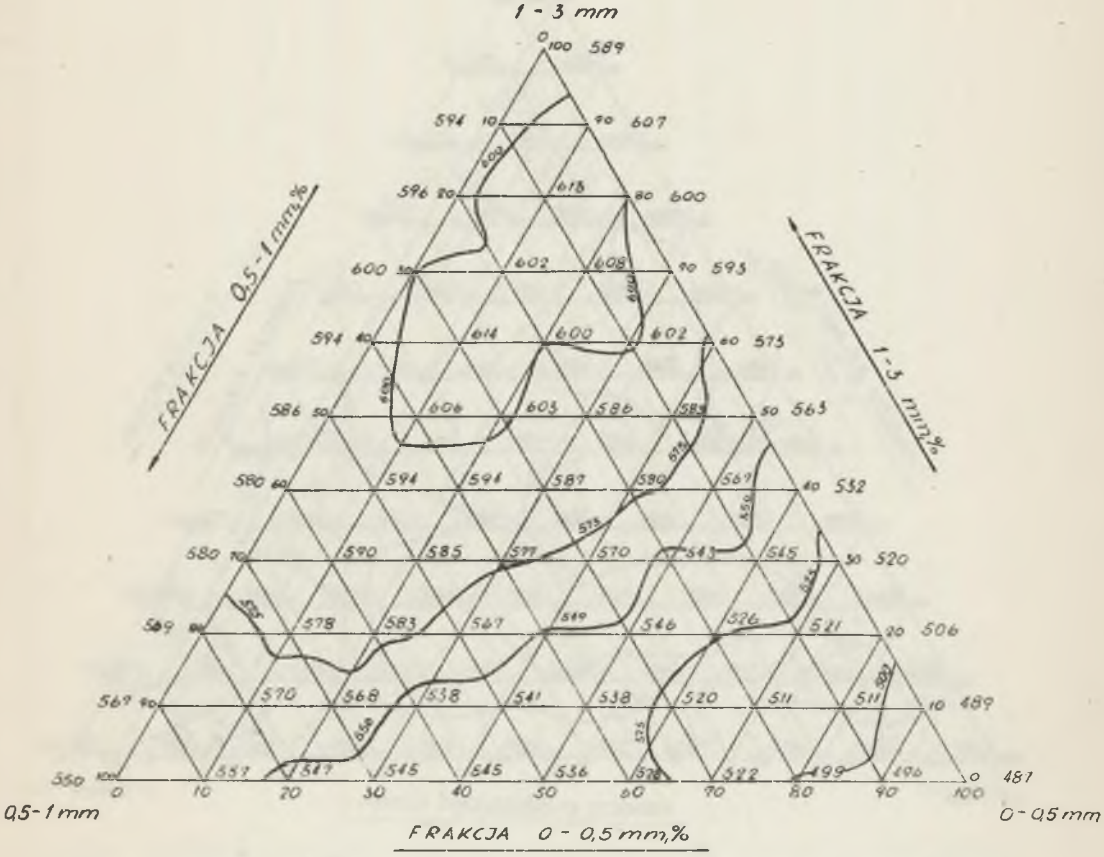
Rys. 12. Wykres ciężaru objętościowego wsadu o rozdrobnieniu 100% ziarna poniżej 3 mm i zawartości wilgoci w węglu, 2%, w warunkach zasypowego wsadu



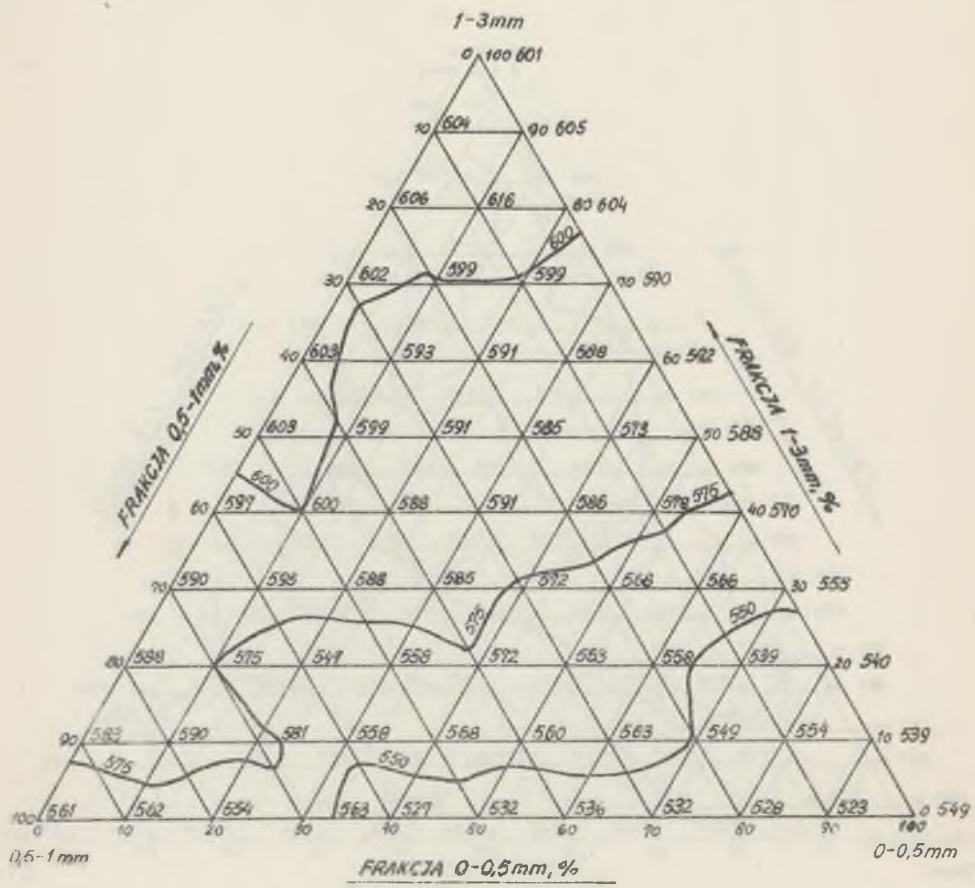
Rys. 13. Wykres ciężaru objętościowego wsadu o rozdrobnienia 100% ziarna poniżej 3 mm i zawartości wilgoci w węglu 4%, w warunkach zasypowego wsadu



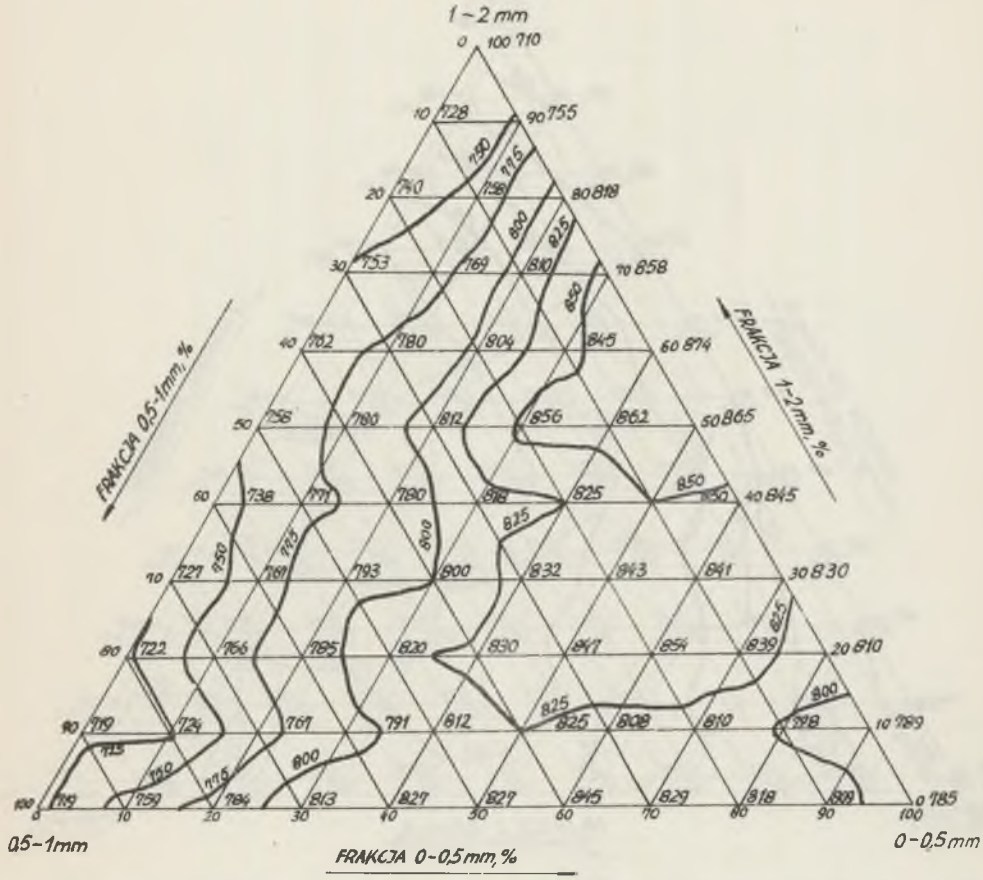
Rys. 14. Wykres ciężaru objętościowego wsadu o rozdrobnieniu 100% ziarna poniżej 3 mm i zawartości wilgoci w węglu 6%, w warunkach zasypowego wsadu



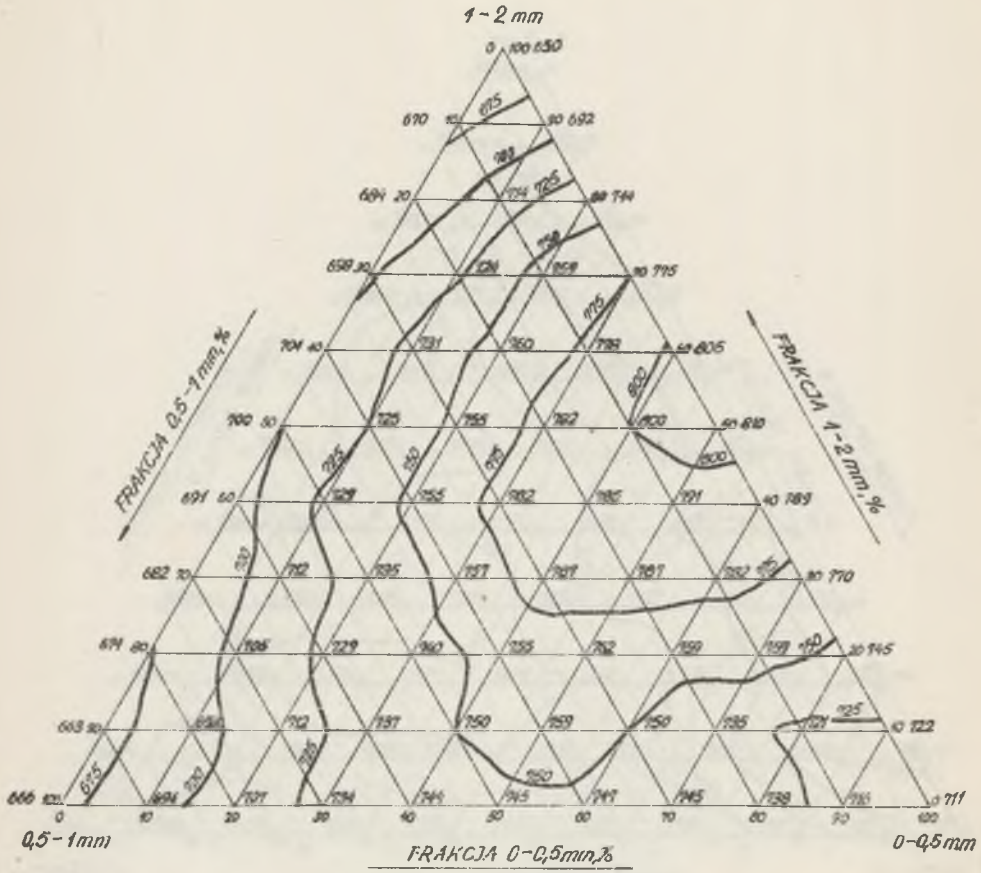
Rys. 15. Wykres ciężaru objętościowego wsadu o rozdrobnieniu 100% wsadu poniżej 3 mm i zawartości wilgoci w węglu 8%, w warunkach zasypowego wsadu



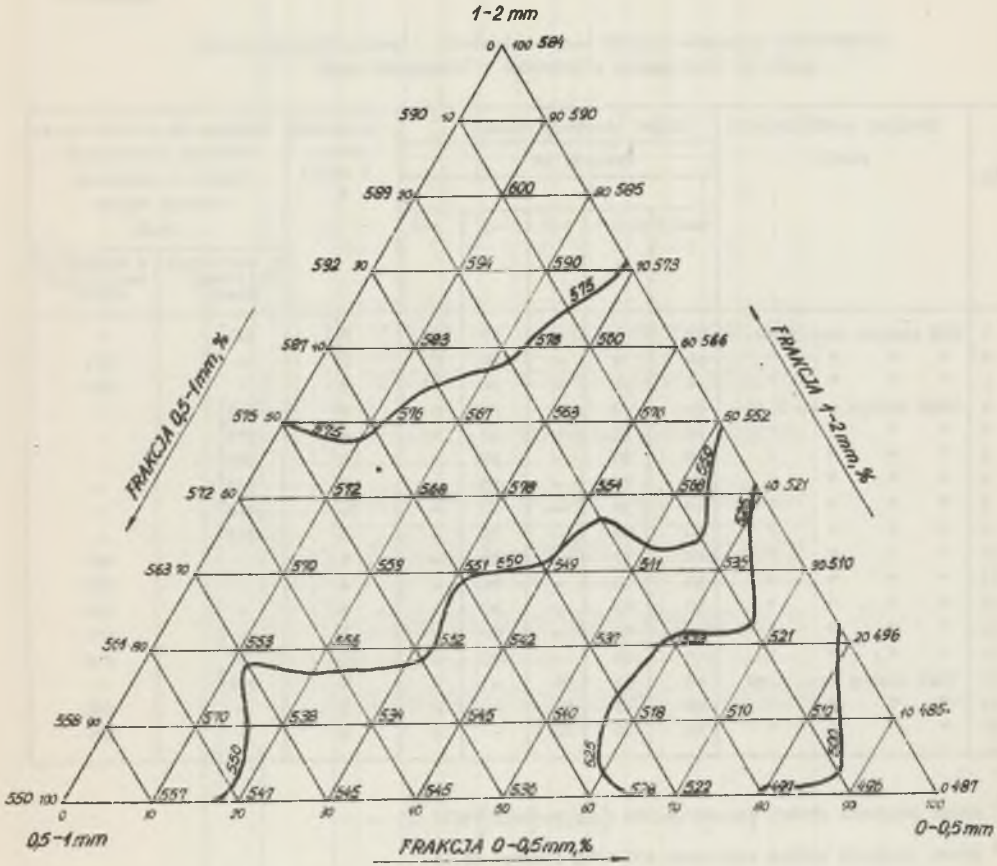
Rys. 16. Wykres ciężaru objętościowego wsadu o rozdrobnieniu 100% ziarna poniżej 3 mm i zawartości wilgoci w węglu 10%, w warunkach zasypowego wsadu



Rys. 17. Wykres ciężaru objętościowego wsadu o rozdrobnieniu 100% ziarna poniżej 2 mm i zawartości wilgoci w węglu 8%, w warunkach ubijanego wsadu (praca ubijania 300 J/kg suchego węgla)



Rys. 18. Wykres ciężaru objętościowego wsadu o rozdrobnieniu 100% ziarna poniżej 2 mm i zawartości wilgoci w węglu 2%, w warunkach zasypowego wsadu



Rys. 19. Wykres ciężaru objętościowego wsadu o rozdrobnieniu 100% ziarna poniżej 2 mm i zawartości wilgoci w węglu 8%, w warunkach zasypowego wsadu

Tablica 2

Zestawienie liczbowe wyników badań zależności ciężaru objętościowego wsadu od jego składu ziarnowego i zawartości wody

Lp.	Stopień rozdrobnienia wsadu	Skład ziarnowy wsadu					Zawartość wody w węglu %	Maksymalny ciężar objętościowy mieszaniny trzech i czterech frakcji węgla kg/m³	
		Frakcja mm %							
		0–0,5	0,5–1	1–2	1–3	3–5		w warunkach ubijanego wsadu	w warunkach zasypowego wsadu
1	80% ziarna pon. 3 mm	32	8	–	40	20	8	920[1]	–
2	" " " "	48	8	–	24	20	2	–	824
3	" " " "	8	16	–	56	20	8	–	632
4	100% ziarna pon. 3 mm	40	10	–	50	–	2	946[1]	–
5	" " " "	40	10	–	50	–	4	935[1]	–
6	" " " "	40	10	–	50	–	6	922[1]	–
7	" " " "	40	10	–	50	–	8	919[1]	–
8	" " " "	40	10	–	50	–	10	922[1]	–
9	" " " "	40	10	–	50	–	8	942[2]	–
10	" " " "	40	10	–	50	–	2	–	821
11	" " " "	50	10	–	40	–	4	–	702
12	" " " "	10	10	–	80	–	6	–	630
13	" " " "	10	10	–	80	–	8	–	613
14	" " " "	10	10	–	80	–	10	–	616
15	100% ziarna pon. 2 mm	40	10	50	–	–	8	862[1]	–
16	" " " "	40	10	50	–	–	2	–	800
17	" " " "	10	10	80	–	–	8	–	600

[1] praca ubijania próbek węglowych 300 J/kg suchego węgla

[2] praca ubijania próbek węglowych 600 J/kg suchego węgla

Tablica 3

Skład mieszanki, sposób rozdrabniania węgli, analiza sitowa składników i mieszanki węglowej, ciężar objętościowy wsadu oraz własności mechaniczne koksów

Lp. próby	Składniki mieszanki			Sposób rozdrabniania	Analiza sitowa składników i mieszanki węglowej							Ciężar objętościowy wsadu węglowego kg/m³	Parametry wytrzymałości koksu	
	Rodzaje	Typ	Udział %		reakcja mm %								M_{40} %	M_{10} %
					0-0,2	0,2-0,5	0,5-1	1-2	2-3	3-4	3mm-4			
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15
1	1-Maja Halemba Mieszanka	35 33	30 70 100	M M	22,2 14,1 17,3	23,1 22,5 22,7	19,7 24,9 21,2	18,4 25,2 20,8	8,1 8,5 8,4	3,7 3,1 3,2	3,6 1,7 3,3	0,94	32,9	6,3
2	1-Maja Halemba Mieszanka	35 33	30 70 100	M+M M	31,3 18,1 1,0	20,6 24,5 24,3	22,3 24,1 24,4	13,0 23,[illegible] 21,[illegible]	2,2 2,5 2,5	0,5 3,1 2,5	0,1 1,7 1,8	0,94	38,0	6,9
3	1-Maja Halemba Mieszanka	35 33	30 70 100	M M+M	21,[illegible] 22,[illegible] 22,[illegible]	25,3 27,9 27,5	[illegible] 22,0 [illegible]	13,4 [illegible] 17,[illegible]	[illegible] 4,[illegible] 5,[illegible]	3,[illegible] 1,[illegible] 2,3	3,6 0,3 1,8	0,93	55,1	8,3
4	1-Maja Halemba Mieszanka	35 33	30 70 100	M+M+M M	35,5 14,1 20,0	34,4 22,5 26,0	21,[illegible] 24,[illegible] 24,[illegible]	7,[illegible] 23,[illegible] [illegible],1	1,1 8,5 6,4	0,3 3,1 2,4	– 1,7 1,[illegible]	0,91	58,[illegible]	7,0
5	1-Maja Halemba Mieszanka	35 33	30 70 100	M M+M+M	22,2 27,[illegible] 25,0	25,3 31,7 31,6	18,7 25,[illegible] 23,[illegible]	13,4 12,8 11,0	3,1 1,0 1,0	3,7 0,8 1,0	3,6 – 1,0	0,92	56,0	8,5
6	1-Maja Halemba Mieszanka	35 33	30 70 100	M+M M+M	31,[illegible] 21,[illegible] 26,8	30,6 27,9 28,4	22,3 22,0 22,3	11,0 21,2 16,7	2,[illegible] 4,[illegible] 3,6	0,5 1,[illegible] 0,7	[illegible] 0,[illegible] 0,[illegible]	0,92	62,2	6,1
7	1-Maja Halemba Mieszanka	35 33	30 70 100	M+M M+M+M	31,[illegible] 27,[illegible] 28,[illegible]	30,6 33,[illegible] 32,[illegible]	22,3 23,0 23,0	11,0 12,8 12,8	1,2 1,0 1,3	[illegible] 0,[illegible] 0,[illegible]	0,1 – –	0,91	65,4	7,1
8	1-Maja Halemba Mieszanka	35 33	50 50 100	M M	22,[illegible] 34,[illegible] [illegible]	25,[illegible] [illegible] [illegible]	15,7 24,9 20,7	18,4 25,2 20,4	[illegible] 8,5 [illegible]	3,7 3,1 3,4	3,6 1,7 2,5	0,93	63,2	7,1
9	1-Maja Halemba Mieszanka	35 33	50 50 100	M M+M	22,[illegible] 22,[illegible] 22,[illegible]	25,3 27,9 27,5	[illegible] [illegible] [illegible]	18,4 [illegible] 9,5	[illegible] [illegible] 5,[illegible]	3,7 1,0 3,0	[illegible] [illegible] [illegible]	0,91	65,1	7,9
10	1-Maja Halemba Mieszanka	35 33	50 50 100	M+M+M M	35,5 14,1 24,0	34,4 22,5 [illegible]	21,[illegible] 24,[illegible] 24,7	[illegible] [illegible] [illegible]	1,1 8,5 5,1	0,[illegible] 3,[illegible] 2,[illegible]	– 1,[illegible] 0,[illegible]	0,[illegible]	70,[illegible]	5,9
11	1-Maja Halemba Mieszanka	35 33	50 50 100	M M+M+M	[illegible] 27,3 23,5	[illegible] [illegible] [illegible]	[illegible] [illegible] [illegible]	[illegible] [illegible] [illegible]	[illegible] 1,0 [illegible]	3,[illegible] 0,[illegible] 1,[illegible]	3,6 – 1,6	0,9[illegible]	61,6	8,[illegible]
12	1-Maja Halemba Mieszanka	35 33	50 50 100	M+M M	31,[illegible] 14,[illegible] 23,[illegible]	[illegible],6 [illegible],5 [illegible],8	22,3 [illegible],3 [illegible],0	[illegible] [illegible] [illegible],1	2,2 8,5 6,1	0,5 3,1 1,5	0,[illegible] 1,[illegible] 0,[illegible]	0,91	66,2	6,[illegible]

M – jednoetapowy rozdział węgla w młynie młotkowym
M+M – dwuetapowy " " " "
M+M+M – trzyetapowy " " " "

Skład mieszanki, sposób rozdrabiania węgli, analiza sitowa składników i mieszanki węglowej, ciężar objętościowy wsadu oraz własności mechaniczne koksów

Tablica 4

Lp.	Skład mieszanki			Sposób rozdrabiania	Analiza sitowa składników i mieszanki węglowej							Ciężar objętościowy wsadu węglowego	Parametry wytrzymałości koksu	
	Gatunek	Gro	Udział %		Frakcja mm							kg/m³	M_{40}	M_{10}
					0-0,2	0,2-0,5	0,5-1	1-2	2-3	3-4	pow.4		%	
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15
1	Gliwice Gliwice Gliwice	35 35	30 70 100	I II	25,9 17,2 21,2	27,2 22,2 24,6	20,5 23,0 22,7	16,9 24,4 22,4	5,6 8,4 6,5	1,3 3,0 1,6	0,6 1,8 1,0	0,85	53,0	7,0
2	Gliwice Gliwice Gliwice	35 35	30 70 100	IaII II	34,8 17,2 22,0	31,7 22,2 25,5	22,2 23,0 23,0	7,4 24,4 20,5	1,5 8,4 6,0	0,3 3,0 2,2	0,1 1,8 1,2	0,85	64,0	7,0
3	Gliwice Gliwice Gliwice	35 35	30 70 100	II IaII	25,9 25,9 25,2	27,2 26,4 26,7	20,5 21,9 21,8	16,9 18,4 18,1	5,6 5,1 5,2	1,3 1,3 1,3	0,6 0,8 0,7	0,90	64,6	7,9
4	Gliwice Gliwice Gliwice	35 35	30 70 100	IaIaII II	43,5 17,2 25,5	28,4 22,2 25,3	16,3 23,0 23,4	8,4 24,4 20,0	1,2 8,4 6,0	0,2 3,0 2,0	- 1,8 1,2	0,90	65,5	6,8
5	Gliwice Gliwice Gliwice	35 35	30 70 100	II IaIaII	25,9 27,5 26,2	27,2 33,7 32,2	20,5 25,0 23,8	16,9 12,8 14,2	5,6 1,0 2,7	1,3 0,2 0,6	0,6 - 0,3	0,90	63,1	8,1
6	Gliwice Gliwice Gliwice	35 35	30 70 100	IaII IaII	34,8 25,1 28,6	31,7 26,4 27,6	22,2 21,9 21,8	7,4 13,4 16,1	1,5 5,1 4,1	0,3 1,3 1,1	0,1 0,8 0,7	0,90	61,2	6,6
7	Gliwice Gliwice Gliwice	35 35	30 70 100	IaII IaIaII	34,8 29,3 30,0	31,7 33,7 33,5	22,2 25,0 23,8	7,4 12,8 11,6	1,5 1,0 1,0	0,3 0,2 0,1	0,1 - -	0,91	61,1	7,2
8	Gliwice Gliwice Gliwice	35 35	30 70 100	II II	25,9 17,2 21,2	27,2 22,2 25,2	20,5 23,0 21,8	16,9 24,4 21,6	5,6 8,4 7,0	1,3 3,0 2,3	0,6 1,8 1,1	0,93	61,2	6,8
9	Gliwice Gliwice Gliwice	35 35	30 70 100	II IaII	25,9 25,1 25,5	27,2 26,4 27,0	20,5 21,9 20,9	16,9 13,4 16,3	5,6 5,1 5,7	1,3 1,3 1,3	0,6 0,8 0,7	0,99	70,1	7,6
10	Gliwice Gliwice Gliwice	35 35	30 70 100	IaIaII II	43,5 17,2 21,3	28,4 22,2 25,8	16,3 23,2 13,7	8,4 24,4 17,7	1,2 8,4 5,0	0,2 3,0 1,3	- 1,8 1,0	0,92	75,9	6,3
11	Gliwice Gliwice Gliwice	35 35	30 70 100	II IaIaII	25,9 29,3 27,1	27,2 33,7 30,4	20,5 25,0 20,7	16,9 12,8 16,6	5,6 1,0 3,7	1,3 0,2 0,6	0,6 - 0,3	0,92	73,4	6,7
12	Gliwice Gliwice Gliwice	35 35	30 70 100	IaII II	34,8 17,2 26,5	31,7 22,2 27,3	22,2 23,0 22,5	7,4 24,4 15,0	1,5 8,4 5,1	0,3 3,0 1,3	0,1 1,8 1,2	0,90	75,5	5,6

6. OMÓWIENIE WYNIKÓW BADAŃ

Rys. 2. podaje przebieg zmiany ciężaru objętościowego dla mieszaniny dwóch frakcji węgla w zależności od udziału frakcji 0-0,5 mm i 0,5-1 mm. Jak wynika z rys. 2 najwyższy stopień zagęszczenia w warunkach ubijanego wsadu uzyskano dla węgla o zawartości wody 2% (krzywa 1). Natomiast najniższy stopień zagęszczenia otrzymano w przypadku zasypowego wsadu o zawartości wody w węglu 8% (krzywa 4). Zarówno w warunkach ubijanego wsadu o zawartości wody 2 i 8%, jak też w warunkach zasypowego wsadu o zawartości wody 2% otrzymano maksymalne wielkości ciężaru objętościowego przy około 50% udziale obu frakcji. W przypadku zasypowego wsadu o zawartości wody 8% ciężar objętościowy stale malał wraz ze wzrostem udziału w mieszaninie frakcji 0-0,5 mm.

Przebieg krzywych jednakowych ciężarów objętościowych przedstawiony na rys. 3-19 dla badanych składów ziarnowych był podobny zarówno dla zasypowego wsadu o zawartości wody 2-4% jak też ubijanego wsadu o zawartości wody 2-10%. Obszar najwyższych ciężarów objętościowych przylegał do linii charakteryzującej zmianę ciężaru objętościowego dla mieszanin dwóch frakcji 0-0,5 mm i 1-3 mm (rozdrobnienie 100% ziarna poniżej 3 mm). Maksymalne wielkości ciężaru objętościowego uzyskano przy 40% udziale frakcji 0-0,5 mm; 10% udziale frakcji 0,5-1 mm i 50% udziale frakcji 1-3 mm. Natomiast w przypadku zasypowego wsadu o zawartości wody 6-10% przebieg krzywych jednakowych ciężarów objętościowych był inny w porównaniu z ubijanym wsadem. Maksymalne wielkości ciężaru objętościowego otrzymano przy 10% udziale frakcji 0-0,5 mm, 10% udziale frakcji 0,5-1 mm i 80% udziale frakcji 1-3 mm.

W tablicy 2 podano liczbowe zestawienie wyników badań zależności ciężaru objętościowego wsadu od jego składu ziarnowego i zawartości wody. Jak wynika z tablicy 2 wraz ze wzrostem stopnia rozdrobnienia wsadu z zawartością wody 8% obserwowano zmniejszenie

ciężaru objętościowego. I tak w przypadku rozdrobnienia 100% ziarna poniżej 2 mm w porównaniu z rozdrobnieniem 80% ziarna poniżej 3 mm nastąpiło zmniejszenie ciężaru objętościowego o 6,3% (ubijany wsad) i 5,1% (zasypowy wsad). Zmniejszenie zawartości wody w węglu z 8 do 2% powodowało zwiększenie ciężaru objętościowego o około 34%. Najniższą wielkość ciężaru objętościowego otrzymano przy zawartości wody w węglu 8%.

W tablicach 3 i 4 zestawiono wyniki badań zależności jakości koksu od składu ziarnowego wsadu węglowego.

W mieszankach z udziałem 70% węgla z kopalni Halemba (typ 33) i 30% węgla z kopalni 1-Maja (typ 35-ROW) stwierdzono, że dwukrotny przemiał węgla z kopalni 1-Maja w porównaniu z jednokrotnym jego przemiałem nie powodował zasadniczej zmiany parametrów wytrzymałości koksu (próby nr 1, 2).

Natomiast dwukrotny przemiał węgla z kopalni Halemba powodował znaczne pogorszenie wskaźnika ścieralności M_{10} (próby nr 1,3)

Korzystny wpływ stwierdzono w przypadku trzykrotnego przemiału węgla z kopalni 1-Maja w porównaniu z dwukrotnym przemiałem węgla z kopalni Halemba (próby 3 i 4). Korzystny ten wpływ objawia się szczególnie w odniesieniu do wskaźnika ścieralności, który jest znacznie niższy przy stosowaniu trzykrotnego przemiału węgla z kopalni 1-Maja.

Poprawę parametrów wytrzymałości M_{40} i M_{10} otrzymano przy zastosowaniu dwukrotnego przemiału obu składników mieszanki w porównaniu z mieszanką, w której węgiel z kopalni Halemba zmielony był dwukrotnie (próby nr 3, 6). Zastosowanie natomiast trzykrotnego przemiału węgla z kopalni Halemba powodowało wzrost wskaźnika ścieralności (próby nr 6, 7).

W mieszankach z 50% udziałem obu składników trzykrotny przemiał węgla z kopalni 1-Maja w porównaniu z jednokrotnym jego przemiałem dał wzrost wskaźnika M_{40} o 7,6 punktów przy jednoczesnym spadku ścieralności M_{10} o 1,2 punktu (próby nr 8,10).

Daleko idący przemiał węgla z kopalni Halemba (trzykrotny) powodował pogorszenie zarówno wytrzymałości i ścieralności koksu (próby nr 9, 11).

Otrzymane wyniki badań wskazały, że dwukrotny i trzykrotny przemiał węgla z kopalni 1-Maja przy zachowaniu jednokrotnego przemiału węgla z kopalni Halemba daje możność otrzymania koksu o tej samej wytrzymałości M_{40}, lecz o niższej ścieralności M_{10} w porównaniu z koksem otrzymanym z mieszanek, w których stosowano wielokrotny przemiał węgla z kopalni Halemba a jednokrotny węgla z kopalni 1-Maja (próby nr 2, 4 i 3, 5).

Z tablicy 3 wynika dalsze bardzo ważne stwierdzenie, że przez zastosowanie dwukrotnego przemiału węgli z kopalń 1-Maja i Halemba można zmniejszyć udział w mieszance węgla z kopalni 1-Maja z 50 do 30% bez pogorszenia jakości koksu (próby nr 6, 8). Podobne zależności otrzymano również dla mieszanek, w skład których wchodziły węgle z kopalń Gliwice (typ 35) i Halemba (typ 33) - tablica 4, z tym jednak, że w mieszankach z 50% udziałem węgla z kopalni Gliwice daleko idący przemiał węgla z kopalni Halemba (dwukrotny i trzykrotny) nie wpływał na pogorszenie parametrów wytrzymałości koksu (próby nr 8, 9, 11). Wynika z tego, że udział węgla uplastyczniającego w tych przypadkach był wystarczający do tego aby związać cząstki węgla słabo spiekającego, którego powierzchnia była zbyt silnie rozwinięta.

Jeżeli chodzi o zmianę wielkości ciężaru objętościowego towarzysząca różnym składom ziarnowym mieszanek węglowych to była ona mała i wahała się od 0,91 do 0,94 ton/m^3 co jest bardzo istotne ze względu na zdolność produkcyjną baterii koksowniczej.

W związku z uzyskanymi w badaniach pozytywnymi wynikami wskazującymi, że na drodze odpowiedniego doboru składu ziarnowego składników i mieszanki można zmniejszyć udział w mieszance węgla koksującego z kopalń 1-Maja i Gliwice przystąpiono w dalszym etapie pracy do badań mających na celu wdrożenie tych wyników w

koksowni huty Bobrek. Skład mieszanki węglowej stosowanej w wymienionej koksowni był następujący:

50% węgla z kopalni 1-Maja (typ 35-ROW),

35% węgla z kopalni Halemba (typ 33),

15% węgla z kopalni Jankowice (typ 31).

Przemiał składników tej mieszanki prowadzono w następujący sposób:

węgiel z kopalni 1-Maja - jednokrotny w dezyntegratorze,

węgiel z kopalń Halemba - jednokrotny w młynie młotkowym,

i Jankowice i jednokrotny w dezyntegratorze.

Z mieszanki tej otrzymano koks o parametrach wytrzymałości M_{40} = 68 i M_{10}= 7,7.

Ponieważ w skład mieszanki stosowanej w koksowni huty Bobrek wchodził węgiel z kopalni Jankowice, wykonano dodatkowe badania wpływu stopnia rozdrobnienia tego węgla w mieszance z 50% udziałem węgla z kopalni 1-Maja. I tak, zachowując jednokrotny przemiał węgla z kopalni 1-Maja a zmieniając stopień rozdrobnienia węgla z kopalni Jankowice otrzymano koks o M_{40} = 65,0 M_{10} = 7,4 (jednokrotny przemiał), M_{40} = 69,4 M_{10} = 9,0 (dwukrotny przemiał) i M_{40} = 67,0, M_{10} = 11,0 (trzykrotny przemiał).

Wyniki te wskazują, że wzrost stopnia rozdrobnienia węgla z kopalni Jankowice w mieszance z węglem z kopalni 1-Maja powodował niewielki wzrost wskaźnika M_{40} oraz znaczne pogorszenie wskaźnika M_{10}.

Kierując się powyższymi stwierdzeniami wykonano w warunkach technicznych (próby komorowe) koksowania mieszanki o składzie 40% węgla z kopalni 1-Maja, 40% węgla z kopalni Halemba i 20% węgla z kopalni Jankowice. W próbach tych stosowano dwukrotny przemiał węgli z kopalni 1-Maja i Halemba oraz jednokrotny przemiał węgla z kopalni Jankowice. Z mieszanki tej otrzymano koks o M_{40} = 69 i M_{10} = 7,8, a więc o zbliżonych parametrach do koksu otrzymanego

Tablica 5

Skład i analiza sitowa składników i mieszanki węglowej
oraz ciężar objętościowy wsadu

Składniki mieszanki			Analiza sitowa składników i mieszanki węglowej							Ciężar objętościowy wsadu węglowego ton/m^3
Kopalnia	Typ	Udział %	Frakcja mm %							
			0-0,2	0,2-0,5	0,5-1	1-2	2-3	3-4	pow.4	
1-Maja	35	40	31,3	30,6	22,3	13,0	2,2	0,5	0,1	
Halemba	33	40	22,9	27,9	22,0	21,2	4,7	1,0	0,3	
Jankowice	31	20	14,6	20,0	21,0	24,8	10,9	5,0	3,7	
Mieszanka		100	24,3	26,7	21,5	19,3	5,2	1,8	1,2	0,92

z mieszanki stosowanej obecnie w koksowni huty Bobrek. Skład i analizę sitową składników i mieszanki węglowej podaje tablica 5.

Jak wynika z tablicy 5 mieszanka ta zawierała 51,0% frakcji 0-0,5 mm, 21,5% frakcji 0,5-1 mm i 27,5% frakcji powyżej 1 mm. Ciężar objętościowy wsadu dla tej mieszanki określony w warunkach technicznych wynosił 0,92 ton/m^3

Jak wynika z przytoczonych danych opracowana w niniejszej pracy metoda przygotowania wsadu węglowego wskazuje na możność w warunkach surowcowych i technicznych koksowni huty Bobrek obniżenia udziału w mieszance węgla z kopalni 1-Maja (typ 35-ROW) o 10%, zwiększenia udziału węgla z kopalni Halemba (typ 33) o 5% oraz zwiększenia udziału węgla z kopalni Jankowice (typ 31) o 5%.

Dzięki zastosowaniu wskazanej metody przygotowania wsadu węglowego, w warunkach surowcowych i technicznych koksowni huty Bobrek uzyskuje się obniżenie kosztów mieszanki węglowej o około 11 milionów złotych w skali rocznej.

W związku z powyższym w koksowni huty Bobrek przystąpiono do rekonstrukcji urządzeń młynowni w celu wdrożenia do produkcji opracowanej w pracy metody przygotowania wsadu węglowego. W planach prac naukowo-badawczych Katedry przewidywane są dalsze badania w tym zakresie mające na celu wdrożenie opracowanej metody przygotowania wsadu w innych zakładach koksowniczych.

W zakresie przygotowania wsadu węglowego w dotychczasowej krajowej praktyce koksowniczej obowiązuje zasada, że należy rozdrabniać węgle typów 31-35 tym silniej im są one niższego typu.

Na podstawie otrzymanych wyników w niniejszej pracy stwierdzono, że przyjęta dotąd zasada rozdrabniania węgli jest niesłuszna.

Oszczędność węgli koksujących typu 35 można osiągnąć przez lepsze ich rozdrobnienie. Natomiast dla przeciw-działania zmniejszeniu ciężaru objętościowego wsadu przy zwiększonym stopniu rozdrobnienia tych węgli należy stosować z reguły raczej jednokrotny przemi węgla typu 31.Stosowanie większego stopnia rozdrobnienia węgli

koksujących typu 35 powoduje lepsze rozprowadzenie tych ziarn w mieszance, które otaczając ziarna niespiekające polepszają proces spiekania. W wyniku powyższego otrzymuje się koks o lepszych parametrach wytrzymałościowych w porównaniu z mieszanką, w której węgiel typu 35 był słabiej zmielony. Zbyt daleko posunięte rozdrobnienie węgli słabo spiekających typu 31 (a podobnie i węgli typu 32) wywiera ujemny wpływ zwłaszcza na ścieralność koksu. Przyczynę tego zjawiska można tłumaczyć zbytnim rozwinięciem powierzchni tych węgli w wyniku czego ziarna węgli koksujących nie są w stanie całkowicie jej związać, a tym bardziej ma to miejsce wówczas gdy węgiel koksujący jest słabo rozdrobniony. Podane wyżej przykłady doświadczalnej produkcji koksu, wykonane w porównywalnych warunkach termicznych lecz z omówionymi zmianami w doborze składu ziarnowego składników i mieszanki oczywiście nie wyczerpują wielu innych zagadnień tego rodzaju istotnych dla naszych zakładów koksowniczych. Stanowią one jednak w pełni przekonywujące dane liczbowe, które uzasadniają wartość technologiczną opracowanej metody, w oparciu o którą można lepiej dobrać optymalny skład mieszanki i właściwy jej stopień rozdrobnienia.

Mimo, że wykonane badania dotyczące wpływu na jakość koksu sposobu przygotowania mieszanki koksowniczej zostały uzasadnione w niniejszej pracy dla wsadu ubijanego, niewątpliwie opracowane przesłanki metodyczne posiadają również podobne znaczenie w przypadku wsadu zasypowego. Prace w tym ostatnim zakresie zostaną podjęte w najbliższym okresie czasu.

7. WNIOSKI

Na podstawie badań wpływu składu ziarnowego wsadu węglowego na wielkość jego ciężaru objętościowego przy stosowaniu różnej

zawartości wody w węglu (próby w skali laboratoryjnej) oraz na jakość produkowanego koksu (próby komorowe) opracowano metodę, z zastosowaniem której ustalono następujące wnioski:

1. Wpływ składu ziarnowego wsadu węglowego na wielkość jego ciężaru objętościowego jest różny w zależności od zawartości wody w węglu. Maksymalne wielkości ciężaru objętościowego dla węgla o rozdrobnieniu 100% ziarna poniżej 3 mm otrzymano przy 40% udziale frakcji 0-0,5 mm, 10% udziale frakcji 0,5-1 mm i 50% udziale frakcji 1-3 mm w przypadku stosowania zasypowego wsadu o zawartości wody 2-4% i ubijanego wsadu o zawartości wody 2-10%. Natomiast w przypadku zasypowego wsadu o zawartości wody 6-10% maksymalne wielkości ciężaru objętościowego otrzymano zaledwie przy 10% udziale frakcji 0-0,5 mm i 10% udziale frakcji 0,5-1 mm, natomiast przy 80% udziale frakcji 1-3 mm.

2. Zastosowana w pracy metoda badawcza umożliwia dobór optymalnego składu ziarnowego dla zasypowego i ubijanego wsadu o zawartości wody w węglu 2-10%, a w szczególności otrzymanie zwiększonego stopnia zagęszczenia.

3. Polepszenie jakości koksu można przy tym osiągnąć przez racjonalny dobór składu ziarnowego mieszanki węglowej polegający na stosowaniu zróżnicowanego przemiału jej składników. W mieszankach w skład których wchodzą węgle typów 31-35 należy dla węgli uplastyczniających 33-35 stosować znaczne ich rozdrobnienie, natomiast węgle typów 31-33 spełniających rolę czynnika schudzającego należy rozdrabniać w mniejszym stopniu.

4. W mieszankach nawet z 50% udziałem węgla uplastyczniającego z kopalni 1-Maja (typ 35 - ROW) i 50% udziałem węgla słabo spiekającego z kopalni Halemba (typ 33) daleko idący przemiał węgla ostatniego wpływa na pogorszenie parametrów wytrzymałości koksu, natomiast w mieszankach z 50% udziałem węgla o lepszych własnościach koksowniczych z kopalni Gliwice (typ 35) i 50 % udziałem

węgla z kopalni Halemba (typu 33) jakość koksu nie zależy od stopnia rozdrobnienia węgla typu 33.

5. W przypadku węgli uplastyczniających, stanowiących spoiwo w stanie plastycznym, większy ich stopień rozdrobnienia stwarza lepsze możliwości rozprowadzenia tych węgli, w przypadku zaś węgli schudzających wskazanym jest ograniczenie we wsadzie wielkości ich powierzchni do uzasadnionych rozmiarów.

6. Wdrożenie uzyskanych wyników badań w warunkach surowcowych i technicznych koksowni huty Bobrek prowadzi do oszczędności węgli deficytowych typu 35 i z tego tytułu do obniżenia kosztów mieszanki węglowej o około 11 milionów złotych w skali rocznej.

LITERATURA

[1] Salcewicz J.: Warunki i perspektywy rozwoju przemysłu koksowniczego, Zjazd Naukowo-Techniczny PAN, Gliwice 23-25.IX.(1963)

[2] Salcewicz J.: Zagadnienie produkcji wysokogatunkowego koksu. Naukowy Zjazd Hutników PAN, 5-7.VI.(1954).

[3] Sapożnikow L.M.: Kamiennyje ugli i mietałłurgiczeskij koks. Izd.Akademii Nauk SSSR, Moskwa (1941).

[4] Bogojawlenskij W.W., Feldbrin M.G.: Zawodskaja Łaboratorija 3, 319 (1954).

[5] Zaszkwara W.G., Semiczenko S.E., Czerskaja E.I., Semisałowa W.N.: Koks i Chimija 8, 3, (1962).

[6] Świętosławski W., Chorąży M., Roga B.: Przemysł Chemiczny 16, 144 (1932).

[7] Kaziszyn I.: Koks-Smoła-Gaz 4, 159, (1959).

[8] Agroskin A.A., Grigoriew S.M., Pietrenko I.G., Pitin R.N.: Nasypnoj wies uglej dla koksowanija, Izdatielstwo Akademii Nauk SSSR, Moskwa (1956).

[9] Griaznow N.S., Łazowskij I.M., Feldbrin M.G.: Koks i Chimija, 8, 3, (1956).

[10] Salcewicz J., Węgiel J., Wasilewski P.: Koks-Smoła-Gaz 4, 106, (1963).

[11] Koppers H., Jenkner A.: Glückauf 25, 834, (1930).

[12] Agroskin A.A:Chimija i tiechnołogija ugla, Gosgortechizdat, Moskwa (1961).

[13] Agroskin A.A., Grigoriew S.M., Zagriebielnaja W.S., Łoskutowa E.N., Pietrienko I.G., Pitin R.N.: Uwieliczenije nasypnogo wiesa ugla mikrodobawkami żidkostiej, Izdatielstwo Akademii Nauk SSSR, Moskwa (1947).

[14] Szafranowicz A., Miłaszewicz O.: Prace GIG, Komunikat Nr 100 (1951).

[15] Grossman A., Kalinowski B.: Przemysł Chemiczny 10, 594, (1955).

[16] Gorowoj G.P.: Koks i Chimija 12, 11, (1960).

[17] Krol W.L., Dorogobid G.M., Prazdnikowa W.A.: Koks i Chimija 9, 12 (1961).

[18] Tajc E.M., Pokrowskaja F.I.: Koks i Chimija 9, 15 (1964).

[19] Pokrowskaja F.I.: Nowyje metody podgotowki i koksowanija uglej, Izdatielstwo Nauka, Moskwa (1964).

[20] Kanawiec P.I., Mielentiew P.N., Jenik G.I., Iwlewa A.S., Łazowskij I.M., Griaznow N.S., Moczałowa R.W., Korienskij W.I.: Koks i Chimija 8, 10 (1963).

[21] Zaszkwara W.G., Seniczenko S.E., Druj G.N.: Koks i Chimija 6, 15 (1964).

[22] Janik G.I., Iwlewa A.S., Łazowskij I.M., Moczałowa R.W.: Nowyje metody podgotowki i koksowanije uglej. Izdatielstwo Nauka, Moskwa (1964.)

[23] Gruson G.: Koks-Smoła-Gaz, 6, (1957).

[24] Byrtus F., Długosz A.: Koks-Smoła-Gaz, 2, (1961))

[25] Salcewicz J., Wasilewski P.: Koks-Smoła-Gaz, 11, 294 (1967).

[26] Byrtus F., Foerster A.: Prace I.Met. 4, (1952).

[27] Kalinowski B., Grossman A., Kowalski B.: Hutnik, 7-8, 246, (1955).

[28] Dobrowolski M., Gostowska H.: Koks-Smoła-Gaz, 6, 253 (1957).

[29] Jorkin L.J., Łobanowa L.I., Biernackaja M.A.: Koks i Chimija, 2, 23 (1958).

[30] Kotlorz J.: Koks-Smoła-Gaz, 4, 130 (1965).

[31] Grossman A.: Koks-Smoła-Gaz, 5, 1958, str. 168.

[32] Salcewicz J., Wasilewski P.: Zeszyty Naukowe Politechniki Śląskiej, Chemia z. 24, 289 (1964).

[33] Salcewicz J., Wasilewski P.: Koks-Smoła-Gaz, 7, 174, (1967).

[34] Szwejda F.: Koks-Smoła-Gaz, 3, 112, (1958).

[35] Nadziakiewicz J.: Prace GIG Komunikat Nr 162 (1954).

[36] Czyżewski M., Byrtus F.: Prace Badawcze GIMiO (1949).

[37] Nadziakiewicz J.: Koks-Smoła-Gaz, 5, 181 (1962).

[38] Burstlein E.: La preparation selective et petrographique des charbons en vue de leur cokefaction, Chaleuret Industrie, 35, 351. (1954).

[39] Abramski C.: Glückauf, 91, 714, (1955).

[40] Griaznow N.S., Łazowskij I.M., Feldbrin M.F., Korenskij W.H.: Koks i Chimija 8, 4, (1961).

[41] Krause W., Kaziszyn I., Grzybowski S.: Koks-Smoła-Gaz, 1, 7, (1963).

[42] Krause W., Kaziszyn I.: Koks-Smoła-Gaz 5, 177, (1960).

[43] Łazowskij I.M., Priwałow W.E., Griaznow N.S., Fomin A.P., Szatocha I.Z., Mustafin F.R., Zabrodzkij M.P., Florianskij N.B., Rawicz M.M., Kosiński W.F.: Koks i Chimija 3, 1, (1965).

[44] Kaziszyn I., Krause W.: Koks-Smoła-Gaz 5, 170, (1965).

[45] Iłatin Ł.I., Gorowoj G.P., Złotariew K.W., Maszkowskij P.D.: Koks i Chimija 1, 21, (1962).

[46] Łazowskij I.M., Griaznow N.S., Feldbrin M.G., Pahałok I.F., Poputnikow F.A., Jurienkow M.I., Lemin I.N.: Koks i Chimija 6, 5, (1959).

[47] Bierezin B.W., Titowa Ł.Ł.: Koks i Chimija 12, 6, (1963).

[48] Sowa M., Gadziszewski Z.: Koks-Smoła-Gaz 6, 198, (1964).

[49] Zbraniborski O.: Koks-Smoła-Gaz 3, 91, (1965).

[50] Krevelen D.W., Huntjens F.J., Wilms A.H.: Journal of the Institute of Fuel t.33, nr 288, 3, (1960).

[51] Kraulen F.G., van Selm: Chemische Technik nr 12, (1950).

STRESZCZENIE

Wykonano badania wpływu składu ziarnowego wsadu węglowego na wielkość jego ciężaru objętościowego oraz jakość koksu w warunkach ubijanego i zasypowego wsadu, przy stosowaniu różnej zawartości wody w węglu. Badania zmian wielkości ciężaru objętościowego wsadu w zależności od jego składu ziarnowego wykonano w warunkach laboratoryjnych, natomiast badania jakości koksu w zależności od składu ziarnowego wykonano w warunkach technicznych (próby komorowe).

Stwierdzono, że przebieg krzywych jednakowych ciężarów objętościowych dla badanych składów ziarnowych (rozdrobnienie 100% ziarn poniżej 3 mm) był podobny zarówno dla zasypowego wsadu o zawartości wody 2-4% jak też ubijanego wsadu o zawartości wody 2-10%. Maksymalne wielkości ciężaru objętościowego w tych przypadkach uzyskano przy 40% udziale frakcji 0-0,5 mm, 10% udziale frakcji 0,5-1 mm i 50% udziale frakcji 1-3 mm. Natomiast w przypadku zasypowego wsadu o zawartości wody 6-10% przebieg krzywych jednakowych ciężarów objętościowych był inny w porównaniu z ubijanym wsadem o tej samej zawartości wody. Maksymalne wielkości ciężaru objętościowego otrzymano przy 10% udziale frakcji 0-0,5 mm, 10% udziale frakcji 0,5-1 mm i 80% udziale frakcji 1-3 mm.

Zastosowana w niniejszej pracy metoda badawcza umożliwia ustalenie optymalnego składu ziarnowego dla zasypowego i ubijanego wsadu, a w szczególności sposobu otrzymania jak największego stopnia zagęszczenia.

W dalszym etapie pracy wykonano badania zależności jakości koksu od składu ziarnowego wsadu węglowego. Badania te wykonano w warunkach technicznych w koksowni huty Bobrek. Różny skład ziarnowy wsadu węglowego otrzymywano stosując jednokrotny, dwukrotny i trzykrotny przemiał poszczególnych komponentów mieszanki.

Stwierdzono, że stosowanie coraz to większego stopnia rozdrobnienia węgla z kopalni Halemba (typ 33) w mieszankach z węglami typu 35 powodowało wzrost wskaźnika M_{40} o kilka punktów przy równoczesnym pogorszeniu M_{10} o około 2 punkty.

W dalszych badaniach stwierdzono, że dla uzyskania racjonalnego składu ziarnowego wsadu węglowego celowym jest stosowanie dwukrotnego przemiału węgli typów 35 i 33, natomiast w mniejszym stopniu należy rozdrabniać węgiel typu 31.

Zastosowanie tej metody przygotowania wsadu węglowego w warunkach surowcowych i technicznych koksowni huty Bobrek daje możność obniżenia w mieszance węgla koksującego z kopalni 1-Maja (typ 35--ROW) o 10% bez pogorszenia jakości koksu w porównaniu z obecnie stosowaną mieszanką w tej koksowni. Zastosowanie opracowanej metody przygotowania wsadu węglowego w koksowni huty Bobrek może dać obniżenie kosztów mieszanki węglowej o około 11 milionów złotych w skali rocznej. W związku z powyższym w wyżej wymienionej koksowni przystąpiono do rekonstrukcji urządzeń w młynowni w celu wdrożenia do produkcji opracowanej w pracy metody przygotowania wsadu węglowego.

ЗНАЧЕНИЕ РАЦИОНАЛЬНОГО ПОДБОРА ЗЕРНОВОГО СОСТАВА УГЛЕЙ В ПРОИЗВОДСТВЕ КОКСА

Р е з ю м е

Проведено исследования влияния зернового состава угольной загрузки на величину её объемного веса, а также качество кокса в условиях уплотненной и засыпной шихты с применением различного содержания воды в угле. Исследования изменений величины объемного веса шихты в зависимости от её зернового состава в то время как исследования качества кокса в зависимости от зернового состава проведено в технических условиях (камерное испытание).

Установлено, что ход кривых одинаковых объемных весов для исследуемых зерновых составов был такой же как для загрузочной шихты с содержанем воды 2-4% так и уплотненной шихты с содержанием воды 2-10%. Максимальные величины объемного веса в этих условиях получено при 40 процентном участии фракции 0-0,5 мм, 10 процентном участии фракции 0,5-1 мм и 50% процентном участии фракции 1-3 мм. В то время как в случае засыпной шихты с содержанием воды 6-10% ход кривых одинаковых объемных весов был другой по сравнению с уплотнённой шихтой с таким же содержанием воды. Максимальные величины объемного веса получено при 10 процентном участии фракции 0-0,5 мм, 10 процентном участии фракции 0,5-1 мм и 80 процентном участии фракции 1-3 мм.

Примененный в ностоящей работе метод исследования позваляет установить оптимальный зерновой состав для засыпной и уплотненной шихт а в частности установить способ получения наибольшей степени уплотнения.

В дальнейшем этапе работы проведено исследование зависимости качества кокса от зернового состава угольной загрузки. Эти исследования проведено в технических условиях в коксовальном отделе металлургического завода Бобрек. Различный зерновой состав угольной загрузки получено в результате применения однократного, двухкратного и трёхкратного измельчения отдельных компонентов смеси.

Установлено, что применение всё большей степени измельчения угля с шахты Халемба (тип 33) в смеси с углями типа 35 способствовало росту показателя M_{40} на несколько пунктов при одновременном ухудшении M_{10} на около 2 пункта.

В дальнейших исследованиях установлено, что для получения рационального зернового состава угольной загрузки целесообразным является применение двухкратного измельчения углей типов 35 и 33, зато в меньшей степени следует измельчать уголь типа 31.

Применение этого метода приготовления угольной загрузки в сырьевых и технических условиях металлургического завода Бобрек даёт возможность снижения в смеси коксующегося угля с шахты 1-Мая Рыбницкий угольный бассейн (тип 35) на 10% бес ухудшения качества кокса по сравнению с применяемой до сих пор смесью в этом коксовальном отделе. Применение обработанного метода приготовления угольной загрузки в коксовальном отделе металлургического завода Бобрек, может снизить стоимость угольной смеси приблизительно на 11 млн. злотых в год. В связи с этим в упомянутом коксовальном отделе приступаем к реконструкции пылеприготовительной установки с целью внедрения в производство обработанного в настоящей работе метода приготовления угольной загрузки.

REASONABLE SELECTION OF GRAINED COAL COMPOSITION AND ITS IMPORTANCE IN COKE PRODUCTION

S u m m a r y

Investigations concerning influence of grained coal charge composition on its weight by volume and on the quality of coke in case of rammed and batched charge, applying different water content in coal, have been carried out.

Investigations of weight by volume changes in the charge, depending on its grain composition have been carried out in the laboratory, whereas investigations of coke quality, depending on its grain composition have been carried out in technical conditions (chamber tests).

It has been found that the curve course of the same weight by volume for the examined grained compositions (size reduction 100% grains below 3 mm) has been similar to both the batched charge with water content 2-4% and to the rammed charge with water content 2-10%. Maximum weight by volume magnitude in these cases have been achieved by means of 40% fractions 0-0,5 mm, 10% by means of 0,5-1 mm and 50% by means of 1-3 mm fractions. In the case of the batched charge with water content 6-10% the curve course of the same weights by volume was different in comparison with rammed charge of the same water content. Maximum magnitudes of weight by volume have been achieved by means of 10% fractions 0-0,5 mm 10% by means of 0,5-1 mm fractions and 80% by means of 1-3 mm fractions.

The investigation method applied in this research work enabled the establishment of optimal grained content for the batched and rammed charges and it was most useful in achieving the greatest degree of density.

Further some investigations have been carried out concerning dependencies of coke quality on the grained composition of coal charge. These investigations have been carried out in technical conditions in the coking plant of the Bobrek steel plant. Various grain composition of coal charge has been achieved by using single twofold and threefold milling of mixture composition.

It has been stated that the more coal from the coal-mine Halemba (kind 33) has been broken up in the mixture with coals kind 35, the more it has been the cause of the indicator M_{40} increase by some points with the simultaneous decrease of M_{10} by 2 points. Further investigations have proved that in order to achieve a reasonable grain composition of coal charge it is necessary to apply a twofold milling of 35 and 33 kinds of coal. On the other hand coal kind 31 had not to be broken so much.

Application of this method of coal charge preparation in rawmaterial and technical conditions at the coke-mill of the Bobrek steel plant has given an opportunity of a decrease of coke-coal in the mixture in the 1-st May colliery (kind 35-ROW) by 10% without the quality decrease in comparison to the mixture applied nowadays in this coke-mill.

Application of this method of coal charge preparation in the cokemill of the Bobrek steel plant may give a decrease of coal mixture cost by about 11 million złoty per year.

In connection with the above mentioned facts the Bobrek coke-mill has begun a reconstruction of the coal-milling plant in order to prepare to production the investigated method of coal-charge preparation.

KT
24

ZESZYTY NAUKOWE POLITECHNIKI ŚLĄSKIEJ
ukazują się w następujących seriach:

A. AUTOMATYKA
B. BUDOWNICTWO
Ch. CHEMIA
E. ELEKTRYKA
En. ENERGETYKA
G. GÓRNICTWO
IS. INŻYNIERIA SANITARNA
MF. MATEMATYKA-FIZYKA
M. MECHANIKA
NS. NAUKI SPOŁECZNE

Dotychczas ukazały się następujące zeszyty serii Ch:

Chemia z. 1, 1954 r., s. 87, zł 13,—
Chemia z. 2, 1957 r., s. 140, zł 29,25
Chemia z. 3, 1959 r., s. 110, zł 24,20
Chemia z. 4, 1961 r., s. 30, zł 2,80
Chemia z. 5, 1961 r., s. 165, zł 34,—
Chemia z. 6, 1961 r., s. 33, zł 3,15
Chemia z. 7, 1961 r., s. 62, zł 10,—
Chemia z. 8, 1961 r., s. 58, zł 6,30
Chemia z. 9, 1962 r., s. 119, zł 9,—
Chemia z. 10, 1962 r., s. 58, zł 5,80
Chemia z. 11, 1962 r., s. 110, zł 8,40
Chemia z. 12, 1962 r., s. 148, zł 11,50
Chemia z. 13, 1963 r., s. 82, zł 4,70
Chemia z. 14, 1963 r., s. 73, zł 5,—
Chemia z. 15, 1963 r., s. 81, zł 4,40
Chemia z. 16, 1963 r., s. 92, zł 5,30
Chemia z. 17, 1963 r., s. 119, zł 7,50
Chemia z. 18, 1963 r., s. 118, zł 7,65
Chemia z. 19, 1963 r., s. 96, zł 6,40
Chemia z. 20, 1963 r., s. 148, zł 9,10
Chemia z. 21, 1964 r., s. 72, zł 3,65
Chemia z. 22, 1964 r., s. 75, zł 5,50
Chemia z. 23, 1964 r., s. 116, zł 7,50
Chemia z. 24, 1964 r., s. 302, zł 14,40
Chemia z. 25, 1964 r., s. 113, zł 6,90
Chemia z. 26, 1965 r., s. 95, zł 5,50
Chemia z. 27, 1965 r., s. 137, zł 7,20
Chemia z. 28, 1966 r., s. 90, zł 7,—
Chemia z. 29, 1966 r., s. 100, zł 8,—
Chemia z. 30, 1966 r., s. 144, zł 9,—
Chemia z. 31, 1966 r., s. 69, zł 5,—
Chemia z. 32, 1966 r., s. 60, zł 5,—
Chemia z. 33, 1967 r., s. 75, zł 6,—
Chemia z. 34, 1967 r., s. 155, zł 10,—
Chemia z. 35, 1967 r., s. 105, zł 8,—
Chemia z. 36, 1967 r., s. 75, zł 5,—
Chemia z. 37, 1967 r., s. 107, zł 7,—
Chemia z. 38, 1967 r., s. 90, zł 6,—
Chemia z. 39, 1967 r., s. 180, zł 10,—
Chemia z. 40, 1967 r., s. 132, zł 8,—
Chemia z. 41, 1968 r., s. 54, zł 4,—
Chemia z. 42, 1968 r., s. 86, zł 6,—
Chemia z. 43, 1968 r., s. 62, zł 4,—

BIBLIOTEKA GŁÓWNA
Politechniki Śląskiej
P 3346/68