

Henryk Aleksa, Franciszek Dyduch*, Krzysztof Wierzchowski**

CHLOR I RTĘĆ W WĘGLU I MOŻLIWOŚCI ICH OBNIŻENIA METODAMI PRZERÓBKI MECHANICZNEJ

1. Wprowadzenie

Węgiel kamienny jest skałą osadową pochodzenia organicznego. Zawiera głównie właściwą substancję organiczną i pewne ilości balastu w formie wody i substancji mineralnej, którą tworzą związki nieorganiczne o różnym charakterze chemicznym (glinokrzemiany, siarczany, siarczki, chlorki, węglany, tlenki i inne) związane z substancją węglową w sposób fizyczny bądź chemiczny. Zawartość substancji mineralnej w węglu waha się w szerokim zakresie, od kilku do kilkudziesięciu procent, i stanowi duży problem technologiczny i ekologiczny w jego użytkowaniu.

Jej obecność wpływa niekorzystnie na właściwości użytkowe węgla i na przebieg samych procesów przetwórczych, a także na jakość produktów uzyskiwanych z tych procesów. Towarzystające temu użytkowaniu zanieczyszczenie środowiska naturalnego produktami rozkładu substancji organicznej i mineralnej i związane z tym koszty jego ochrony przemawiają jednoznacznie za koniecznością usuwania tej substancji mineralnej z węgla zanim jeszcze poddany zostanie, gospodarczemu i technicznemu wykorzystaniu [1]. Stosowanie więc określonych metod rozdziału dla zmniejszenia w węglu zawartości balastu staje się już coraz bardziej ekonomicznym i ekologicznym imperatywem [2]. Jest to tym bardziej uzasadnione, że gospodarka energetyczna w Polsce od wielu już dekad oparta jest na paliwie węglowym, zarówno węgla kamiennym, jak i brunatnym, z których to pochodzi około 92% energii elektrycznej. Prognozy na przyszłość też wskazują na dominującą rolę węgla w produkcji energii, w tym i energii elektrycznej.

Szkodliwe ze zdrowotnego i gospodarczego punktu widzenia są związki takich pierwiastków jak rtęć oraz chlor. Szczególnie niebezpieczna dla zdrowia i życia człowieka i środowiska naturalnego jest rtęć, gdyż jej związki, zwłaszcza te organiczne, ulegają łatwo

* Główny Instytut Górnictwa, Katowice

bioakumulacji. Równie szkodliwym pierwiastkiem jest chlor. W procesach energetycznego przetwarzania wydziela się w formie bardzo agresywnego chlorowodoru, który powoduje korozję urządzeń i tworzy naloty na powierzchniach grzewczych. Powoduje też zakwaszenie środowiska naturalnego [3, 4, 5].

Zawartość tych związków w węglu daje się zmniejszyć metodami stosowanymi w inżynierii mineralnej. Do nich można zaliczyć rozdrabnianie, wzbogacanie grawitacyjne, wzbogacanie fizykochemiczne, wymywanie, odwadnianie.

Wzbogacanie węgla jest szczególnie istotne w przypadku występowania rtęci, gdyż metal ten znajduje się w spalinach w postaci par; zatem wydzielenie jak największej ilości pirytu jest sposobem minimalizacji stężenia tego wybitnie toksycznego metalu w spalinach. Problem ten dotyczy też chloru: poprzez zastosowanie odpowiedniej obróbki wodą można obniżyć zawartość tego pierwiastka w węglu handlowym, a tym samym w spalinach tworzących się podczas jego spalania.

Problem emisji rtęci i chlorowodoru staje się coraz bardziej poważnym zagadnieniem zarówno dla producentów węgla, jak i dla energetyki, opartej wyłącznie na węglu. Dają temu wyraz odpowiednie regulacje prawne w zakresie ochrony powietrza i zarządzania jego jakością, przygotowywane przez Komisję Europejską w ramach odpowiednich dyrektyw.

2. Rtęć w węglu, geneza, formy jej występowania i możliwości obniżenia jej zawartości

2.1. Rtęć w węglu

Substancja mineralna węgla składa się przede wszystkim z glinokrzemianów, pirytu, kalcytu i dolomitu i można ją podzielić na zewnętrzną i wewnętrzną. Spora część substancji mineralnej tworzy w węglu odrębne skupiska różnej wielkości, od drobnych, dostrzegalnych tylko pod mikroskopem, do pasm grubości wielu centymetrów (substancja zewnętrzna). Większość pierwiastków śladowych, w tym i rtęć (65÷70%), związana jest z substancją mineralną węgla, głównie ze związkami siarki, część ich może być również związana z substancją organiczną węgla. Związki rtęci mogą też występować w formie niezwiązanej. Można więc stwierdzić, że zdecydowana część związków rtęci występuje we frakcjach ciężkich towarzysząc pirytom, natomiast pozostała część tych związków koncentruje się we frakcjach lekkich w formie organicznej. Niezależnie od powyższego, w niektórych przypadkach nie ma wyraźnej korelacji pomiędzy występowaniem pirytu a rtęcią. Zagadnienie to wymaga dalszych badań. W szczególności należy zwrócić uwagę na związek między rtęcią w węglu a zawartością siarki pirytowej [6].

Występujące w węglu związki metali ciężkich związane są z wolną substancją mineralną, którą daje się w znacznym stopniu wydzielić klasycznymi metodami przeróbczymi zarówno grawitacyjnymi, jak i fizykochemicznymi, a nade wszystko bardzo skutecznymi metodami chemicznymi.

Zawartość związków rtęci w węglu jest mocno zróżnicowana: przykładowo w węglach amerykańskich zawartość rtęci kształtuje się w granicach 0,01÷1,5 g/Mg, taka sama zawartość rtęci podawana jest dla węgla europejskich, dla węgla rosyjskich zawartość tego pierwiastka zmienia się w granicach 0,01÷0,99 g/Mg. Niską zawartością rtęci cechują się węgle australijskie, wynosi ona około 0,03 g/Mg. Dla polskich węgla podawane są wartości około 0,1÷0,16 (0,3) g/Mg. W węglach brunatnych zawartość rtęci jest nieco wyższa w porównaniu z węglami kamiennymi i wynosi około 0,45 g/Mg.

2.2. Geneza

Obecność pierwiastków śladowych w węglu, należy wiązać z procesami, jakie zachodziły w stadium geochemicznym uwęglania materii organicznej i tworzenia się kaustobiolitów w okresie karbońskim. Istnieje obecnie hipoteza, że koncentrowanie się pierwiastków śladowych nastąpiło w trzech okresach:

- wegetacji roślin węglotwórczych;
- rozkładu roślin w stadium biochemicznym;
- rozkładu roślin w stadium geochemicznym.

W rozpatrywanych okresach wzbogacanie się węgla w te pierwiastki odbywało się przez wchłanianie ich z roztworów przez rośliny, zateżanie w roślinach i tworzenie kompleksów metaloorganicznych oraz rozkład roślin; wpraw w stadium biochemicznym, a później geochemicznym.

Z powyższego wynika dość ważna informacja technologiczna co do koncentrowania się pierwiastków śladowych w węglach w zależności od ich stopnia uwęglania. W węglach młodszych pierwiastki te będą silniej związane z substancją węglową, zaś w węglach bardziej uwęglonych będą bardziej „uwolnione” i łatwiej do wydzielania metodami przerobczymi.

2.3. Formy występowania

Analizując występowanie pierwiastków śladowych w węglu należy podkreślić ponadto formę powiązania tych pierwiastków ze składnikami substancji mineralnej. Uważa się, że rtęć w węglu powiązana jest z siarczkami żelaza oraz w mniejszym stopniu z innymi związkami siarki. Przykładowo poniżej podano prawdopodobne formy występowania rtęci w węglu: HgS , HgSO_4 , HgCl_2 .

2.4. Możliwości obniżenia jej zawartości

W ramach badań [7] pobrano próbkę urobku węglowego i przeprowadzono jego rozdział według wielkości uziarnienia i gęstości. W ten sposób nawiązano do procesów takich

jak klasyfikacja sitowa oraz wzbogacanie grawitacyjne i fizykochemiczne, jakie stosowane są w zakładach przerobczych.

W wyniku klasyfikacji granulometrycznej urobku uzyskano klasy ziarnowe: +120; 80÷120; 50÷80; 30÷50; 20÷30; 12÷20; 0,5÷12; 0,045÷0,5; 0÷0,045 mm.

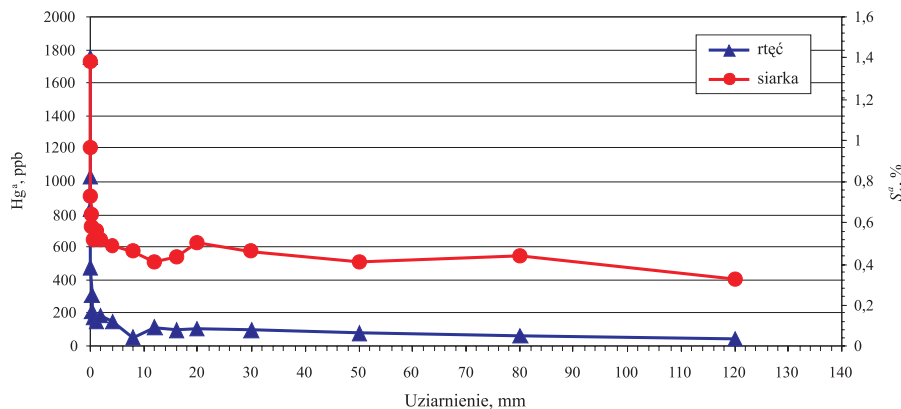
Poszczególne klasy ziarnowe, oprócz klasy 0÷0,045 mm, poddano analizie densymetrycznej stosując ciecze ciężkie o gęstości od 1,4 do 2,20 g/cm³.

Dla najdrobniejszych ziarn mułowych przeprowadzono wzbogacanie klasyczną metodą flotacji stosując odczynniki flotacyjne, używane obecnie w skali przemysłowej. Flotację przeprowadzono dla mułu naturalnego o uziarnieniu 0÷0,5 mm oraz mułu o uziarnieniu 0÷0,1 mm spreparowanego poprzez rozdrobnienie klasy ziarnowej 0,1÷0,5 mm poniżej 0,1 mm. Otrzymane w ten sposób klasofrakcje poddano analizom chemicznym na zawartość rtęci i siarki całkowitej.

Zawartość rtęci była oznaczana w Centralnym Laboratorium Zakładów Pomiarowo-Badawczych Energetyki „ENERGOPOMIAR” Sp. z o.o.

Stosowano metodę absorpcyjnej spektrometrii atomowej zimnych par z rozkładu termicznego amalgamatu z wykorzystaniem analizatora rtęci MA-2000 produkcji Nippon Instruments Corporation. Próbki do analiz były przygotowane zgodnie z zaleceniami instrukcji.

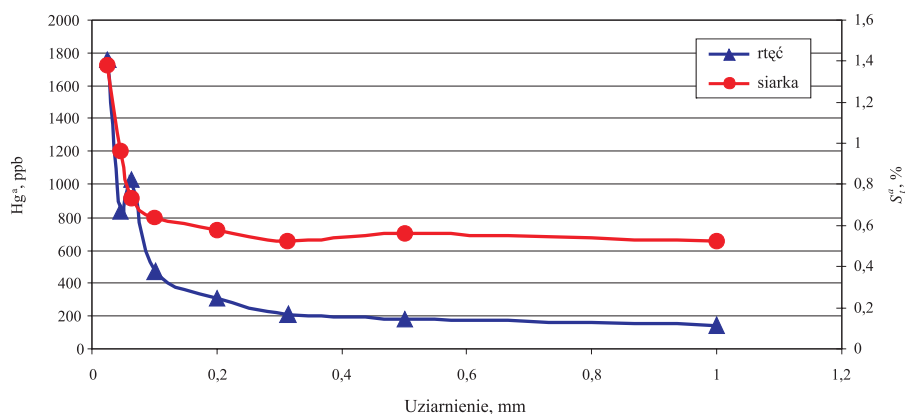
Na rysunku 1 przedstawiono zawartość rtęci i siarki całkowitej w poszczególnych klasach ziarnowych urobku węglowego.



Rys. 1. Zawartość rtęci i siarki całkowitej w urobku węglowym 0÷150 mm

Z rysunku wynika duże zróżnicowanie w zawartościach ww. parametrów. Średnia zawartość siarki całkowitej w urobku wynosi około 0,49%, zaś średnia zawartość rtęci wynosi około 201,8 ppb, co oznacza, że w jednej tonie tego urobku znajduje się około 0,2 g rtęci. Z rysunku 1 wynika, że zawartość rtęci wzrasta wraz z rozdrobnieniem urobku. Im bardziej drobny urobek, tym większą cechuje się zawartością rtęci. Dla węgla gruboziarnistego (10)

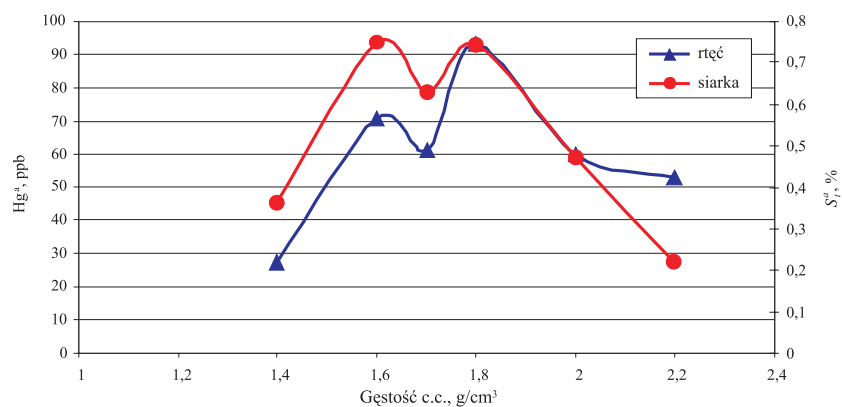
20÷150 mm zawartość rtęci kształtuje się poniżej 100 ppb, później wzrasta do około 200 ppb aż do uziarnienia 0,5 mm, natomiast dla węgla bardzo drobnego poniżej 0,5 mm zawartość rtęci szybko rośnie i osiąga wartość około 1755 ppb, co przedstawiono na rysunku 2.



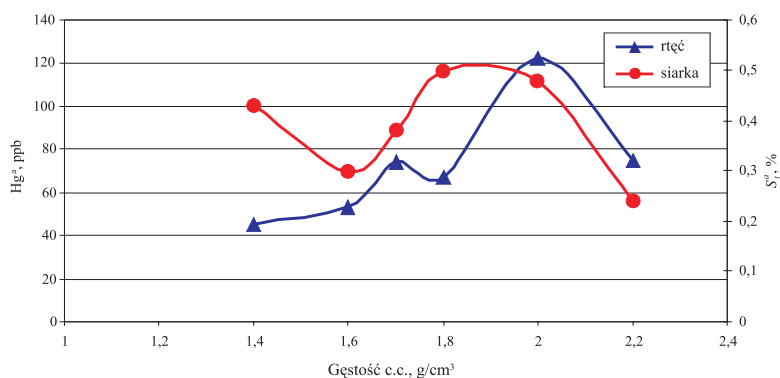
Rys. 2. Zawartość rtęci i siarki całkowitej w urobku węglowym 0÷1 mm

Na tych samych rysunkach przedstawiono również zawartości siarki całkowitej w urobku węglowym. Podobnie jak dla rtęci, zawartość siarki całkowitej wzrasta i osiąga wartość około 1,38% dla klasy ziarnowej poniżej 0,045 mm. Z rysunku 2 wynika, że zmianom zawartości rtęci towarzyszą odpowiednie zmiany zawartości siarki.

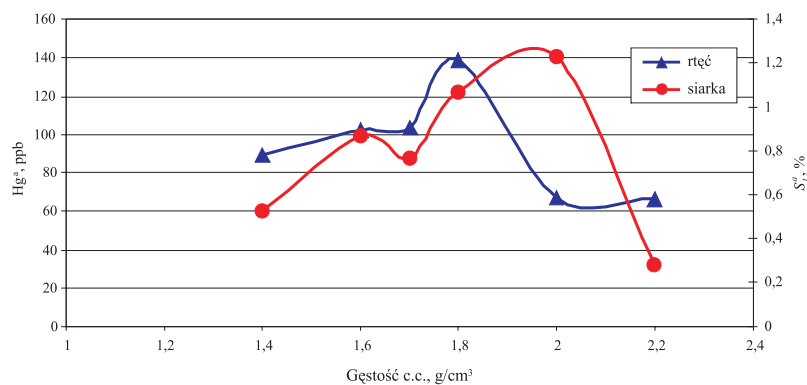
Na rysunkach 3–10 przedstawiono zawartości rtęci i siarki całkowitej we frakcjach densymetrycznych w poszczególnych klas ziarnowych urobku węglowego.



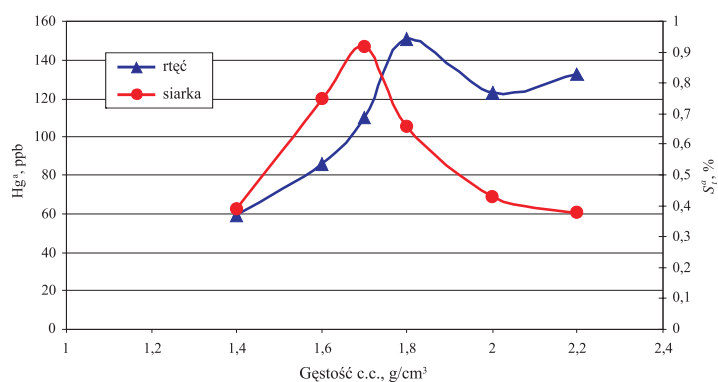
Rys. 3. Zawartość rtęci i siarki całkowitej w poszczególnych frakcjach węgla o uziarnieniu powyżej 120 mm



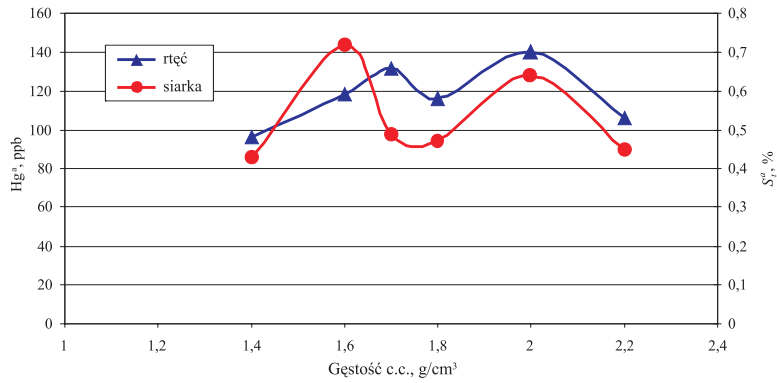
Rys. 4. Zawartość rtęci i siarki całkowitej w poszczególnych frakcjach węgla o uziarnieniu 80÷120 mm



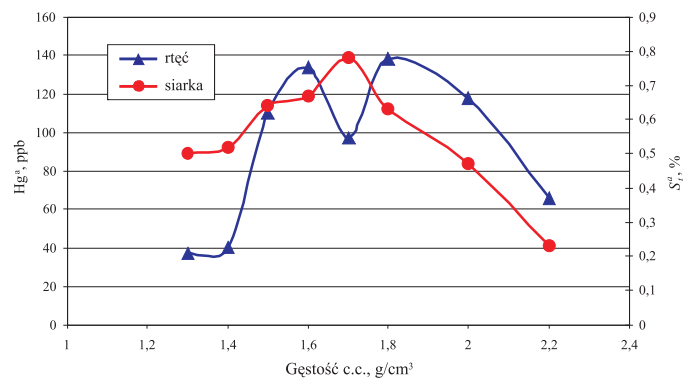
Rys. 5. Zawartość rtęci i siarki całkowitej w poszczególnych frakcjach węgla o uziarnieniu 50÷80 mm



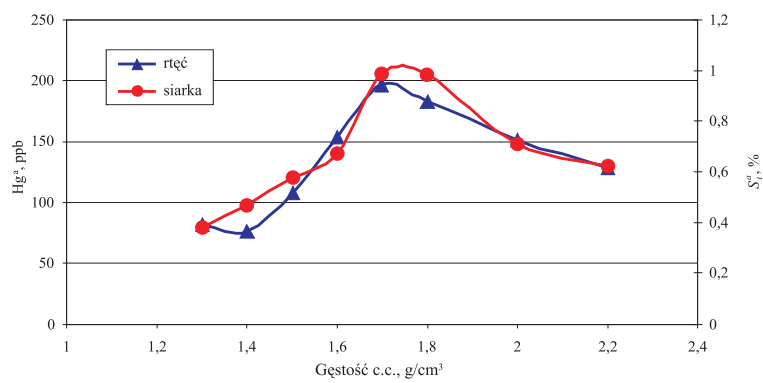
Rys. 6. Zawartość rtęci i siarki całkowitej w poszczególnych frakcjach węgla o uziarnieniu 30÷50 mm



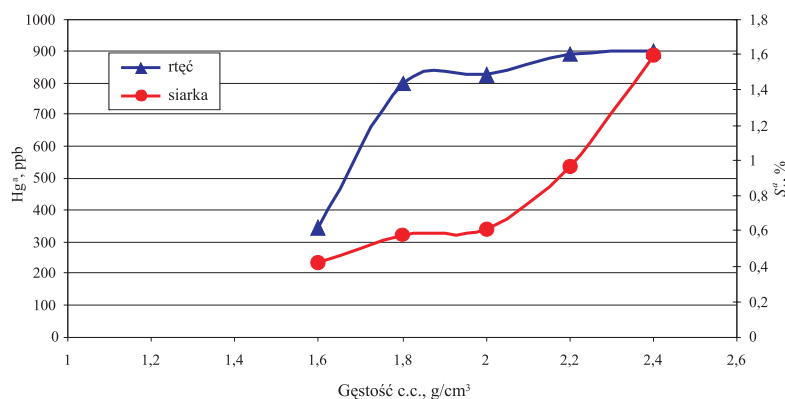
Rys. 7. Zawartość rtęci i siarki całkowitej w poszczególnych frakcjach węgla o uziarnieniu 20÷30 mm



Rys. 8. Zawartość rtęci i siarki całkowitej w poszczególnych frakcjach węgla o uziarnieniu 12÷20 mm



Rys. 9. Zawartość rtęci i siarki całkowitej w poszczególnych frakcjach węgla o uziarnieniu 0,5÷12 mm



Rys. 10. Zawartość rtęci i siarki całkowitej w poszczególnych frakcjach węgla o uziarnieniu 0,04÷0,5 mm

Wynika z nich, że poddając węgiel wzbogacaniu grawitacyjnemu, niezależnie od uziarnienia, zachodzi redukcja zawartości rtęci w uzyskanych koncentraty węglowych. Zmiana ta jest zróżnicowana dla poszczególnych klas ziarnowych.

W produktach pośrednich obserwujemy wzrost zawartości rtęci, natomiast w odpadach z reguły mamy obniżenie się zawartości tego pierwiastka, z tym że spadek ten nie przekracza wartości średniej pierwiastka dla danej klasy ziarnowej.

Również w tych przypadkach obserwuje się pewną prawidłowość, choć w ograniczonym zakresie, że zmianom zawartości siarki całkowitej towarzyszą zmiany zawartości rtęci.

Z przedstawionych rysunków wynika jasno, że poprzez stosowanie grawitacyjnych metod wzbogacania można zmniejszyć zawartości rtęci w koncentraty węglowych. Wynika dalej, że koncentracja rtęci ma miejsce w drobniejszych klasach ziarnowych urobku węglowego, co jest rezultatem uwalniania jej w trakcie zachodzącej degradacji ziarn urobku węglowego na drodze od przodka górniczego do zakładu przerobczego.

Ponadto można sądzić, że poprzez duże rozdrobnienie urobku węglowego będzie można skutecznie uwalniać z niego związki rtęci i ułatwiać w ten sposób ich wydzielanie w przemysłowych procesach grawitacyjnych.

Zagadnienie wpływu głębokości rozdrabniania węgla na uwolnienie rtęci wymaga dalszych badań.

W tabeli 1 przedstawiono wyniki flotacji węgla o uziarnieniu 0÷0,5 mm i 0÷0,1 mm.

Z tabeli wynika, że poddając procesowi flotacji muł węglowy w zakresie uziarnienia 0÷0,5 mm i 0÷0,1 mm zachodzi zmniejszenie zawartości rtęci w koncentraty flotacyjnych do około 1073÷1340 ppb oraz zwiększenie zawartości tego pierwiastka w odpadach do około 1941÷2452 ppb. Jest to wynik dobry.

Również i tutaj stwierdza się, że jednocześnie ze zmniejszaniem się zawartości siarki całkowitej w węglu maleje w nim zawartość rtęci.

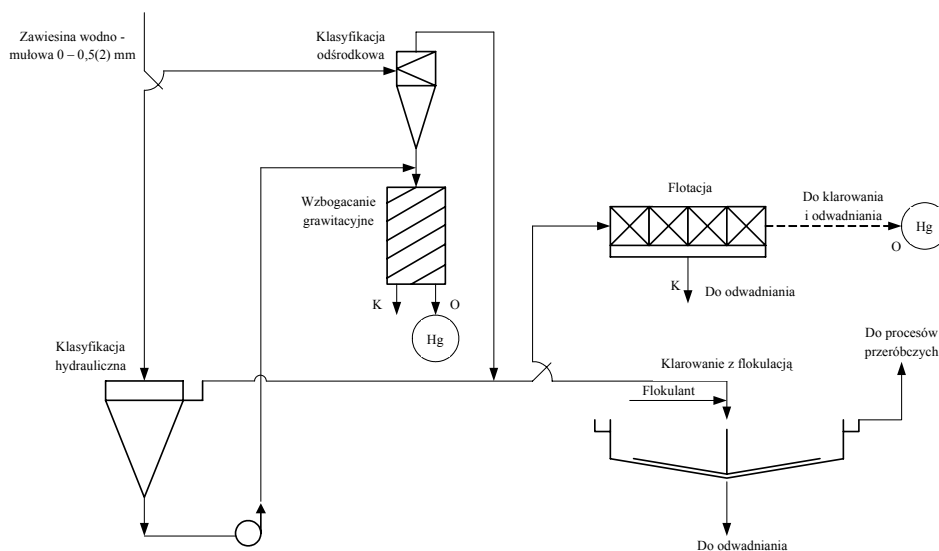
TABELA 1
Wyniki wzbogacania flotacyjnego

Lp.	Dawka odczynnika, kg/Mg	Czas flotacji, s	Produkt	Wychód, %	Zawartość popiołu, %	Zawartość rębci, %	Zawartość siarki, %	Uzysk substancji palnej, %	Uziarnienie, mm
1	Flotmix 0,5	82	Koncentrat	62,77	7,44	1073	0,48	80,15	-0,5
			Odpady	37,23	54,98	2046	1,19		
			Razem	100,00	25,45	1435	0,74		
2	Flotmix 0,8	75	Koncentrat	78,03	15,41	1122	0,57	93,07	-0,5
			Odpady	21,97	68,38	2452	1,14		
			Razem	100,00	24,33	1414	0,70		
3	Flotmix 0,8	88	Koncentrat	63,72	12,62	1349	0,48	77,58	-0,1
			Odpady	36,28	50,16	1942	1,14		
			Razem	100,00	26,35	1564	0,72		
4	Flotmix 1,2	84	Koncentrat	79,31	14,98	1219	0,57	95,79	-0,1
			Odpady	20,69	75,81	2089	1,37		
			Razem	100,00		1399	0,74		

2.5. Koncepcja redukcji zawartości rtęci w węglu metodami grawitacyjnymi i fizykochemicznymi

Analizując schematy technologiczno-maszynowe zakładów przerobczych, w tym i schematy wzbogacania mułów węglowych i gospodarki wodno-mułowej, widzimy sposób redukcji zawartości rtęci w koncentratkach węglowych.

Poniżej opisano układ technologiczny do wydzielenia frakcji zawierających związki rtęci dla modelu zakładu przerobczego o pełnym zakresie wzbogacania węgla 0÷200 mm. Model ten cechuje się tym, że w wyniku wzbogacania całości węgla powstaje bardzo dużo mułu węglowego, co stwarza określone trudności technologiczne. W tym przypadku redukcja zawartości rtęci w węglu ma miejsce w trakcie wzbogacania grawitacyjnego węgla gruboziarnistego we wzbogacalnikach cieczy ciężkiej, w trakcie wzbogacania węgla drobnego w osadzarkach oraz w procesach wodno-mułowych, gdzie najkorzystniejszym rozwiązaniem jest układ hybrydowy złożony ze wzbogacalników grawitacyjnych oraz wzbogacalników fizykochemicznych (flotowników). Układ taki przedstawia rysunek 11. Obok urządzeń takich jak hydrocyklony i wzbogacalniki zwojowe znajdują zastosowanie flotowniki.



Rys. 11. Schemat układu do wydzielenia rtęci z obiegu wodno-mułowego metodą grawitacyjną i flotacji

Przedstawiony sposób redukcji zawartości rtęci w węglu wykorzystuje technikę fizycznego i fizykochemicznego rozdziału substancji mineralnej od węglowej. Podstawą tej techniki są różnice w gęstościach i we właściwościach powierzchniowych. Tą techniką można wydzielić około 30÷45% rtęci z węgla. Znacznie wyższą sprawność redukcji zawartości rtęci od węgla można uzyskać stosując technikę rozdziału chemicznego. Polega ona

na tym, że węgiel (koncentrat węglowy) wstępnie pozbawiony rtęci poddaje się rozdrabnianiu poniżej 0,1 (0,2) mm i działaniu gorących roztworów, takich jak: ługi sodowe, potasowe lub niektóre kwasy mineralne. Roztwory te rozpuszczają (*leaching*) substancję mineralną, dając produkt węglowy pozbawiony prawie popiołu, siarki i rtęci. Metoda ta znana jest w przeróbce węgla od wielu lat pod różnymi nazwami.

3. Chlor w węglu, geneza, formy występowania i możliwości obniżenia jego zawartości

3.1. Chlor w węglu

Zawartość chloru w węglach waha się w szerokich granicach od 0,01 do 1% w zależności od położenia geograficznego danego zagłębia węglowego [8, 9]. W polskich węglach zawartość tego pierwiastka jest nieco niższa, gdyż kształtuje się w zakresie 0,02÷0,6% i wykazuje zróżnicowanie regionalne. Najczęściej zawartość ta kształtuje się w granicach 0,08÷0,3%. Zawartość chloru w węglu zależy głównie od stopnia mineralizacji wód podziemnych i od zasolenia górotworu, który otacza złoża węglowe. Badania chloru w składnikach petrograficznych wykazały, że więcej jest go w odmianie błyszczącej, tj. w wityrnicy, a mniej w odmianach matowych, co tłumaczy się różnicami w porowatości. Występuje w znacznie większej ilości w substancji węglowej niż w skale płonnej.

Istnieje zależność zawartości chloru od stopnia uwęglenia. Dla węgla wysoko zmetamorfizowanych o zawartości pierwiastka C^{daf} powyżej 86% zawartość chloru zmniejsza się poniżej 0,2%, natomiast dla węgla nisko uwęglonych zawartość tego pierwiastka może dochodzić do około 1%. Ze wzrostem głębokości zalegania węgla obserwuje się w czynnych kopalniach wzrost zawartości chloru. Przy znacznie większych głębokościach zalegania węgla zależność ta ulega zmianie.

W tym miejscu należy zwrócić uwagę na jeszcze jeden aspekt związany z chlorem w węglu, a w szczególności na kształtowanie się zawartości chloru w produktach zakładu przerobczego. Zawartość chloru w produktach handlowych może być różna w porównaniu z zawartością tego pierwiastka w urobku węglowym. Jest ona zależna od mineralizacji wody stosowanej do procesów przerobczych i zawartości wilgoci w produktach finalnych zakładu.

3.2. Geneza

Obecność chloru w węglu można wiązać z wszystkimi etapami i procesami geologicznymi tworzenia węgla, stąd też chlor pochodzi z wielu źródeł: od roślin, które tworzyły masę organiczną węgla, a zawierały chlor, od minerałów zawartych w wodach, które przepływały przez rośliny na etapie formowania torfu, wreszcie od minerałów zawartych w wodach przepływających przez pory, szczeliny i pęknięcia w węglu zarówno na etapie tworzenia pokładów węglowych, jak i w okresach geologicznych nam bliższych.

Z genezy chloru w węglach wynika istotna przesłanka: koncentracja chloru w węglu jest funkcją jego zawartości w wodach podziemnych, zmiana tej zawartości spowoduje zmianę koncentracji tego pierwiastka w węglu.

3.3. Formy występowania

Chlor występuje w węglu w trzech głównych formach chemicznych:

- nieorganicznych chlorków sodu, potasu i wapnia oraz w mniejszej ilości magnezu i żelaza;
- organicznych związków chloru;
- anionów występujących w wodzie wypełniającej pory węgla.

Najwięcej chloru występuje w formie związku z sodem rozpuszczalnego w wodzie. Ta przesłanka ma duże znaczenie, jeśli chodzi o dobór wody do procesów przerobczych i o możliwość redukcji chloru w sortymentach handlowych zakładów przerobczych.

3.4. Możliwość obniżenia zawartości chloru w węglu

W trakcie wzbogacania węgla w ośrodku wodnym zachodzi wymywanie z nich substancji mineralnej, w tym i chloru. Ilość wymytego chloru w warunkach przemysłowych zależy od wielu czynników [10]: od całkowitej zawartości tej substancji, która ulega wymywaniu w wodzie, od stopnia rozdrobnienia wzbogacanego węgla, czasu kontaktu węgla z wodą, mineralizacji ogólnej wody obiegowej i temperatury tej wody. Chlor wymyty z węgla, a zawarty w wodzie obiegowej, znajduje się w określonej ilości na powierzchni odwodnionych produktów wzbogacania. Ilość chloru w koncentraty węglowych jest więc sumą pozostałej ilości chloru we wzbogaconych węglach oraz jego ilości znajdującej się w wodzie na powierzchni odwodnionych sortymentów handlowych, którą wyraża się liczbowo jako zawartość wilgoci przemijającej. Z kolei zawartość wilgoci przemijającej zależy od przyjętej technologii odwadniania w odniesieniu do wszystkich sortymentów handlowych. Tak więc głębokość odwadniania kształtuje końcową zawartość chloru w tych sortymentach.

Zgodnie z modelem zakładu przerobczego zakładającym wzbogacanie węgla w pełnym zakresie i przedstawionym w części 2 artykułu, w wyniku wzbogacania węgla uzyskuje się trzy koncentraty węglowe: koncentrat gruboziarnisty, miałowy i mułowy. Stosując dotychczasowe wyposażenie z zakresu odwadniania dla tych trzech koncentratów, uzyskuje się końcową zawartość wilgoci przemijającej produkcji netto zakładu w granicach 15÷17%, zakładając udziały w nim tych koncentratów, takie jakie obecnie spotyka się w praktyce. Gdyby zastosować nowoczesne odwadnianie bazujące na tzw. koncepcji głębokiego mechanicznego odwadniania, to końcowa zawartość wilgoci przemijającej w produkcji netto wyniosłaby około 10÷11%. Oba te rozwiązania dokładnie opisano i udokumentowano od strony maszynowej w pracy [11].

Zawartość chloru w koncentracie węglowym z tego tytułu, że zawiera określoną zawartość wilgoci przemijającej i w funkcji koncentracji chlorku sodu w wodzie obiegowej, określa poniższe równanie

$$P = 0,6 (W_{ex} \cdot K_{NaCl}) \cdot G_c^{-1}$$

gdzie:

- P — zawartość chloru w węglu, %;
- W_{ex} — zawartość wilgoci przemijającej, %;
- K_{NaCl} — koncentracja chlorku sodu w wodzie obiegowej, kg/m^3 ;
- G_c — gęstość wody, kg/m^3 .

W pewnych warunkach ilość chloru w węglu z tytułu zawartości w nim wilgoci przemijającej może okazać się dość wysoka w porównaniu z zawartością tej substancji w samym tylko węglu. Stąd też „usuwanie” chloru z węgla poprzez stosowanie głębokiego odwadniania jest dobrym rozwiązaniem. Uwaga ta jest mocno aktualna w przypadku takich odbiorców węgla jak przemysł cementowy.

Proponowana technologia głębokiego odwadniania zakłada stosowanie dla mułów węglowych wirówek sedymentacyjno-filtracyjnych. Ich konstrukcja umożliwia doprowadzenie wody czystej do części filtracyjnej i dodatkowe przemywanie mułu. W ten sposób można z porów osadu usunąć określoną ilość wody, a tym samym i chloru.

Kinetykę usuwania chloru z węgla można znacząco poprawić poprzez stosowanie określonych środków chemicznych oraz kondycjonowanie tlenem.

4. Podsumowanie

- 1) W oparciu o znajomość form występowania związków rtęci i chloru w węglu, ich genezę i właściwości określono realne możliwości redukcji zawartości tych zanieczyszczeń metodami stosowanymi w inżynierii mineralnej.
- 2) Ze względu na formę koncentrowania się związków rtęci w substancji mineralnej można stwierdzić, że metodami grawitacyjnego i fizykochemicznego rozdziału da się w pełnym zakresie uziarnienia zmniejszyć ich zawartość w koncentratkach węglowych. Dla tego celu będzie można wykorzystać wzbogacalniki cieczy ciężkiej, osadzarki miałowe, wzbogacalniki zwojowe, stoły koncentracyjne oraz maszyny flotacyjne.
- 3) Poprzez stosowanie operacji wymywania i głębokiego mechanicznego odwadniania istnieje możliwość redukcji zawartości chloru w koncentratkach węglowych. Dla realizacji tego celu przystosowane są wirówki sedymentacyjno-filtracyjne wyposażone w odpowiednie urządzenia doprowadzające czystą wodę. Wirówki tego typu znalazły zastosowanie w polskich zakładach przerobczych do odwadniania najdrobniejszych węgli wg pomysłu GIG.

LITERATURA

- [1] *Dubiński J., Turek M., Aleksa H.*: Węgiel kamienny dla energetyki zawodowej w aspekcie wymogów ekologicznych. Katowice, Prace Naukowe GIG, kwartalnik, 2, 2005

- [2] *Kurczabiński L.*: Ekologiczno-ekonomiczne aspekty spalania węgla w funkcji jego parametrów jakościowych. *Przegląd Górniczy*, 4, 1995
- [3] *Hlawiczka S., Cenowski M.*: Aktualizacja inwentaryzacji emisji niemetalowych lotnych związków organicznych i metali ciężkich za rok 2004. Katowice, Instytut Ekologii i Trendów przemysłowych 2006
- [4] Mercury emission and effects — the role of coal. IEA Coal Research 1995
- [5] *Staisz J., Pasoń-Konieczńska A., Konieczński J.*: Wstępna ocena emisji pierwiastków śladowych w wyniku spalania węgla kamiennego. *Archiwum Ochrony Środowiska*, 1, 2000
- [6] *Głodek A., Pacyna J.M.*: Możliwości redukcji emisji rtęci ze spalania węgla. *Ochrona Powietrza i Problemy Odpadów*, 2, 2007
- [7] Koncepcja redukcji zawartości rtęci w węglach kamiennych przeznaczonych dla energetyki metodami gravitacyjnymi i fizykochemicznymi. GIG 2006
- [8] *Różkowska A.*: Zawartość chloru w węglach kamiennych Górnśląskiego Zagłębia Węglowego. *Kwartalnik Geologiczny*, 1, 1987
- [9] *Świetlanek U.*: Chlor w węglu — występowanie i zachowanie w procesach termicznych Karbo, 11, 2000
- [10] Chlorine and other halogens in coal IEA Coal Research 1996
- [11] *Aleksa H.*: Stan i kierunki rozwoju technologii odwadniania koncentratów węglowych. *Przegląd Górniczy*, 9, 2005