

*Iwona Kuczyńska**, *Anna Bednarek***,
*Beata Demkiewicz****, *Danuta Marcinkiewicz*****

MOŻLIWOŚCI I UWARUNKOWANIA POZYSKIWANIA KRUSZYW Z EKSPLOATACJI I PRZERÓBKII WĘGLA KAMIENNEGO

1. Wprowadzenie

W związku z rozwojem budownictwa i infrastruktury drogowej w Polsce w ostatnich latach wzrosło znacząco zapotrzebowanie na kruszywa mineralne. Jak wynika ze statystyk, w 2003 roku w Polsce sprzedano ok. 140 mln Mg kruszyw, z tego 40 mln Mg kruszyw naturalnych łamanych, 90 mln Mg piasków i żwirów, 8,5 mln Mg kruszyw sztucznych i 1,5 mln Mg pochodzących z odzysku odpadów. Przystąpienie Polski do struktur UE oraz planowane w 2012 r. Mistrzostwa Europy w piłce nożnej przyczyniły się do otwarcia możliwości pozyskania dotacji na cele budowy, modernizacji i utrzymania dróg oraz obiektów sportowych. Zatem obecnie i w najbliższym czasie nasz kraj jest i nadal będzie jednym z największych w Europie rynków budowy infrastruktury, nie tylko transportowej, ale także obiektów przemysłowo-usługowych, obiektów użyteczności publicznej, obiektów mieszkalnych, a kruszywa są niezbędnym składnikiem rozwoju inwestycyjnego każdego kraju.

Aby w tym zakresie zaspokoić potrzeby rynku w 2010 roku, Polska musi wyprodukować ok. 230 mln Mg kruszyw. Aktualnie na budowę 1 kilometra autostrady zużywa się ok. 250 tys. Mg kruszywa, z czego tylko ok. 50 tys. Mg stanowią kruszywa o najwyższej jakości [5].

To rosnące zapotrzebowanie na kruszywa powoduje zwiększone wykorzystanie zasobów surowców pierwotnych naszego kraju. Ochrona tych surowców, wynikająca z polityki ekologicznej państwa, jest możliwa jedynie w przypadku wykorzystania do tego celu — za-

* Wydział Górnictwa i Geoinżynierii, Akademia Górniczo-Hutnicza, Kraków

** KWK „Polska-Wirek”

*** KWK „Bielszowice”

**** PWG SA „Haldex”

miast kruszyw pozyskiwanych ze złóż pierwotnych — kruszyw powstających w procesie odzysku odpadów, w tym odpadów węglowych. Zatem kruszywa pozyskane z odpadów mają szansę na zastosowanie ich w znacznych ilościach. Biorąc pod uwagę ilości odpadów, które wytwarza górnictwo węgla kamiennego, efekt ekologiczny procesu odzysku tych odpadów jako kruszyw wpłynie pozytywnie na ochronę zasobów surowców naturalnych naszego kraju.

Zbilansowane dotychczas dostępne kruszywa nie zaspokajają potrzeb budownictwa, w tym w szczególności budownictwa drogowego, wobec tego otwiera się wielka szansa dla odpadów węglowych, które poddane odpowiednim procesom odzysku będą spełniać wymagania stawiane kruszywom budowlanym.

Kruszywa w budownictwie drogowym wykorzystywane są przede wszystkim do budowy nasypów oraz na podbudowy (dolne części nawierzchni służące do przenoszenia obciążeń na powierzchnie gruntowe) [1].

2. Odpady węglowe jako materiał do produkcji kruszywa

Odpady węglowe to produkty uboczne towarzyszące działalności górniczej kopalń. Produkcji węgla kamiennego towarzyszą głównie dwie grupy odpadów:

- 1) odpady skalne, pochodzące z górniczych robót przygotowawczych, udostępniających nowe partie złoża do eksploatacji — są to z reguły głównie piaskowce;
- 2) odpady przeróbcze, powstające w procesach mechanicznej przeróbki węgla; tworzy je mieszanka skał karbońskich: ilowce, mułowce, piaskowce.

W przeszłości główną przyczyną powstawania nadmiernej ilości odpadów był zły system zarządzania, który nie wykształcił mechanizmów skłaniających kopalnie do racjonalnego wykorzystania surowców. Na hałdach zgromadzono potężne ilości odpadów, nie zastanawiając się nad ich przetwarzaniem ani wzbogacaniem.

Wraz z wejściem w życie pierwszej ustawy o odpadach, tj. w 1997 r., wprowadzone zostały zasady racjonalnego postępowania z odpadami według następującej hierarchii:

- 1) zapobieganie powstawaniu odpadów;
- 2) wykorzystanie odpadów, których powstania nie udało się uniknąć;
- 3) unieszkodliwianie odpadów, których powstania nie udało się uniknąć ani nie udało się ich wykorzystać.

Potrzeba wykorzystywania odpadów wynika nie tylko z braku wolnych miejsc na ich składowanie, ale przede wszystkim z przepisów prawnych, troski o środowisko naturalne oraz z przyjętej przez Polskę Polityki Zrównoważonego Ekorozwoju.

Najlepsze wykorzystanie odpadów węglowych w ostatnim czasie to odzysk i recykling, którego celem jest wyprodukowanie frakcji węglowej oraz frakcji mineralnej, z której wydzielić można kruszywa dla budownictwa drogowego i produkty mineralne dla potrzeb rekultywacji, rewitalizacji terenów przemysłowych oraz zagospodarowania terenów budo-

wanej infrastruktury drogowej, usługowej i inżyniersko-technicznej. Procesy odzysku i recyklingu to przede wszystkim procesy przeróbki, które należy nie tylko wykorzystać do procesów wzbogacania, dla uzyskania koncentratów węglowych, ale także dla uzyskania ze skały płonnej — kruszywa.

Należy wobec tego przeanalizować procesy przeróbki w kopalniach węgla kamiennego pod kątem możliwości wprowadzenia takich zmian, które doprowadzą do ograniczenia powstawania odpadów z takim ukierunkowaniem procesów wzbogacania kopaliny, które pozwolą na otrzymanie nie tylko koncentratów, ale także i innych produktów stanowiących pełnowartościowe materiały, tj. kruszywa, co pozwoli na otrzymanie już nie odpadów, lecz produktów [4].

3. Proces pozyskiwania kruszywa

Urobek węglowy z kopalni kierowany jest do zakładu przeróbki, gdzie w wyniku wzbogacania otrzymywany jest koncentrat węglowy i odpady. Do niedawna przeważał pogląd, że za odpad z procesów przeróbki węgla uważa się materiał, którego wzbogacanie nie jest opłacalne, a jednocześnie nie można znaleźć na niego nabywcy. Zatem w większości odpady przerobcze z poszczególnych etapów procesu wzbogacania łączone były i kierowane na składowisko lub rzadziej do prac niwelacyjnych i rekultywacyjnych.

Do produkcji kruszyw budowlanych wykorzystać można wszystkie frakcje odpadów węglowych powstających w zakładach przeróbki mechanicznej węgla oprócz odpadów flotacyjnych¹.

Realizacja tego zadania wymaga dodatkowo selektywnego wydzielenia odpadów z poszczególnych węzłów technologicznych procesu (np. odpady z płuczki ziarnowej odrębnie od odpadów z płuczki miałowej), co zresztą jest nakazem wynikającym z obowiązującej ustawy o odpadach. W wielu kopalniach, gdzie istnieje uproszczony system odbioru odpadów (skały płonnej) z bieżącej produkcji (odbioru do wspólnych zbiorników), zachodzi konieczność zmian — co najmniej — układów technologicznych, dróg transportowych i sposobu magazynowania produktów wzbogacania węgla.

W zakładzie przeróbki mechanicznej węgla można prowadzić następujące procesy:

1. wzbogacanie węgla (rozdzielanie skały płonnej od węgla),
2. odwadnianie i oczyszczanie produktów procesu przeróbki (koncentratów węglowych i skały płonnej),
3. klasyfikację (rozdzielanie na klasy ziarnowe),
4. kruszenie (uzależnione od potrzeb rynku i norm dotyczących produktów).

Wszystkie te działania umożliwiają pozyskanie produktów handlowych w postaci sortymentów handlowych węgla oraz materiału — kruszywa, które będzie mogło być zastoso-

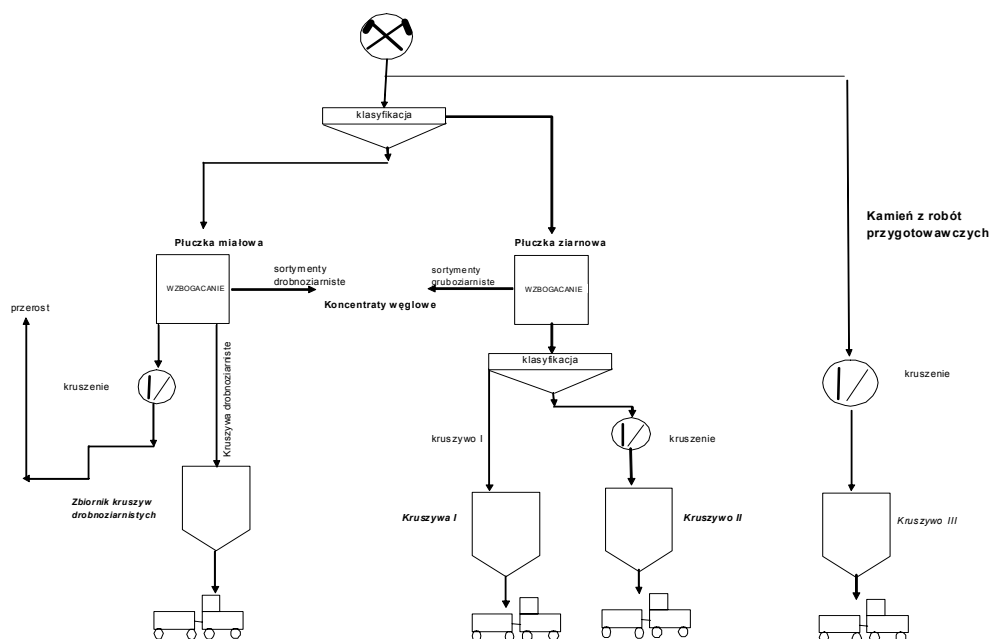
¹ Najdrobniejsza frakcja odpadów (odpady flotacyjne i muły) wymaga dodatkowych operacji przerobczych (wzbogacania, grudkowania, procesów termicznych itp.).

wane np. w budownictwie drogowym, hydrotechnicznym i robotach inżynierskich, do budowy wałów i nasypów, robót związanych z rewitalizacją terenów przemysłowych w budownictwie inżynierskim i kubaturowym do robót niwelacyjnych, wymiany gruntów słabonośnych oraz do rekultywacji.

Proces wzbogacania węgla i produkcji kruszywa na bazie oddzielonej skały płonnej (odpadów powęglowych z eksploatacji górniczej i z procesu wzbogacania węgla) odbywać się może w dwu węzłach technologicznych Zakładu Przeróbki Mechanicznej Węgla:

- 1) płuczce miałowej (produkcja kruszyw drobnoziarnistych),
- 2) płuczki ziarnowej (produkcja kruszyw gruboziarnistych),

oraz w kruszarni odpadów skalnych z robót górniczych, przygotowawczych i udostępniających [4]. Proces produkcji kruszywa przedstawiono na rysunku 1.



Rys. 1. Schemat instalacji do produkcji kruszywa w zakładzie przeróbki mechanicznej węgla

Źródło: opracowanie własne.

4. Akty prawne regulujące postępowanie z odpadami węglowymi

Gospodarowanie odpadami regulują polskie przepisy prawne, ale często ich zmiany związane są także z przepisami obowiązującymi w Unii Europejskiej. Zatem poniżej przedstawione będą zarówno polskie przepisy prawne, jak i przepisy obowiązujące w Unii Europejskiej.

4.1. Prawodawstwo krajowe

Zasady gospodarki odpadami powstającymi w górnictwie zawarte są w trzech podstawowych aktach prawnych oraz w przepisach wykonawczych do tych ustaw. Są to:

- 1) ustawa z dnia 27 kwietnia 2001 r. o odpadach (Dz.U. Nr 62 poz. 628 z późn. zm.);
- 2) ustawa z dnia 27 kwietnia 2001 r. — Prawo ochrony środowiska (Dz.U. Nr 27 poz. 96 z późn. zm.);
- 3) ustawa z dnia 4 lutego 1994 r. Prawo geologiczne i górnicze (Dz.U. Nr 62 poz. 627 z późn. zm.).

Zarówno ustawy, jak i rozporządzenia do nich ulegają ciągłym zmianom. Nowelizacje ustaw, a także wprowadzanie nowych ustaw dotyczących odpadów, głównie związane jest z dostosowywaniem prawa polskiego do dyrektyw Unii Europejskiej.

Wymienione powyżej ustawy zostały zmienione ustawami:

- z dnia 29 lipca 2005 r. o zmianie ustawy o odpadach oraz o zmianie niektórych innych ustaw (Dz.U. Nr 175 poz. 1458) oraz ustawa z dnia 10 marca 2006 r. zmieniająca ustawę o zmianie Ustawy o odpadach oraz o zmianie niektórych innych ustaw (Dz.U. Nr 63, poz. 441),
- z dnia 18 maja 2005 r. o zmianie ustawy Prawo ochrony środowiska oraz o zmianie niektórych innych ustaw (Dz.U. Nr 113 poz. 954),
- z dnia 22 kwietnia 2005 r. o zmianie ustawy Prawo geologiczne i górnicze oraz Ustawy o Odpadach (Dz.U. Nr 90 poz. 758).

4.2. Prawodawstwo UE

W zakresie przepisów unijnych gospodarka odpadami z górnictwa podlega następującym dyrektywom:

- Dyrektywa 2006/21/WE Parlamentu Europejskiego i Rady z dnia 15.03.2006 r. w sprawie gospodarowania odpadami pochodzącymi z przemysłu wydobywczego oraz zmieniająca Dyrektywę 2004/35/WE;
- Dyrektywa Rady 75/442/EWG z dnia 15 lipca 1975 r. w sprawie odpadów;
- Dyrektywa Rady 1999/31/WE z dnia 26 kwietnia 1999 r. w sprawie składowania odpadów.

5. Uwarunkowania wykorzystania kruszyw z odpadów

Aby móc sprzedawać kruszywo powstałe z odpadów węglowych, należy dostosować się nie tylko do wyżej wymienionych przepisów dotyczących odpadów, ale i do istniejących realiów formalnoprawnych wynikających z obowiązujących przepisów prawa budowlanego.

Obecnie obowiązujące przepisy dotyczące wyrobów budowlanych to:

- dyrektywa Nr 89/106/EWG,
- ustawa o wyrobach budowlanych z dnia 16 kwietnia 2004 r. (Dz.U. 92, poz. 881),
- rozporządzenia wykonawcze do wyżej wymienionej ustawy.

Producent kruszyw podlega przepisom określającym obowiązki producenta, dotyczącym wprowadzania do obrotu wyrobów budowlanych, a tym samym podlega odpowiedzialności za wprowadzenie do obrotu wyrobów niezgodnych z przepisami oraz odpowiedzialności karnej.

Przepisy prawne nakładają na producenta wyrobów różne obowiązki, m.in.:

- przeprowadzenie wstępnych badań dla określenia typu kruszyw,
- wdrożenie Zakładowej Kontroli Produkcji (ZKP),
- certyfikację kruszyw.

Obecnie po wejściu Polski do Unii Europejskiej dla wyrobów budowlanych obowiązuje ustawa (Dz.U. nr 92 poz. 881) z dnia 16 kwietnia 2004 r. o wyrobach budowlanych, która wdraża postanowienia Dyrektywy 89/106/EWG. Ustawa pozwala na znakowanie wyrobów znakiem CE i B.

Kruszywo z odpadów węglowych stanowi specyficzny materiał i wymaga przeprowadzenia badań klasyfikacyjnych, przede wszystkim pod względem właściwości technicznych, w nawiązaniu do normy PN-S-02205 „Drogi samochodowe. Roboty ziemne. Wymagania i badania”. Brak jest europejskiej normy technologicznej dla określonych zastosowań i wymagań z nimi związanych oraz kompletu norm dla technologii.

Zakres badań klasyfikacyjnych obejmuje:

- badania fizykochemiczne i środowiskowe, tj. identyfikację surowca, wartość zanieczyszczeń — wyciągi wodne: chlorki, siarczany, Na, K, Zn, Cd, Cu, Ni, Pb, Cr, siarczki, odczyn pH, CHZT oraz promieniotwórczość naturalną, zawartość związków siarki w przeliczeniu na SO₃ i wskaźnik piaskowy;
- badania techniczne według normy PN-S-06102, tj. uziarnienie, zawartość ziaren niekształtnych, ścieralność, nasiąkliwość, mrozoodporność, zagęszczenie i nośność.

Przeprowadzone już badania kruszyw z odzysku odpadów węglowych z niektórych kopalń wykazały, że w zakresie badań chemicznych kruszywo drobne spełnia wymagania dla zastosowania w budownictwie drogowym, i tak:

- pod względem promieniotwórczości naturalnej spełnia wymagania;
- podstawowe składniki tlenowe stanowią SiO₂ — 30÷74 %, i Al₂O₃ — 10÷25%;
- odczyn pH z kruszywa wynosi 7,21, co oznacza, że jest obojętny;
- straty prażenia w 800°C — 2,88%, tj. mała zawartość węgla w badanym kruszywie.

Kruszywo z odpadów węglowych charakteryzuje się dużą zawartością frakcji piaskowo-zwirowej (69,8%), wskaźnikiem nośności powyżej 10% odpowiednim do wymagań zawartych w normie PN-S-02205, nie wykazuje spadku wskaźnika nośności nawet po 30 dobach nasączenia wodą, nie posiada części pylastych, co jest wynikiem produkcji w mokrej technologii.

Mrozoodporność ziaren większych od 20 mm wynosi średnio:

- 22,75% dla frakcji od 16÷31,5 mm,
- 7,35% dla kawałków powyżej 63 mm.

Gęstość nasypowa, maks. gęstość szkieletu gruntowego oraz ścieralność wskazują na odpowiednie klinowanie się kruszywa z odzysku odpadów węglowych i prawidłową jego zagęszczalność. Wyniki dotychczas przeprowadzonych badań potwierdziły przydatność kruszyw z odzysku odpadów węglowych w budownictwie drogowym oraz robotach inżynierskich, ponieważ:

- spełniają wymagania pod względem ochrony środowiska dla zastosowania w budownictwie komunikacyjnym;
- spełniają wymagania dla robót ziemnych;
- mogą być stosowane jako składnik mieszanek do podbudów pomocniczych i do stabilizacji mechanicznej w budownictwie drogowym [2].

6. Procedury w produkcji kruszyw

Aby surowiec skalny — kruszywo powstające w kopalniach węgla kamiennego — mogło być traktowane jako kruszywo, należy podjąć przedstawione poniżej działania.

6.1. Wstępne badania dla określenia typu kruszyw

Wstępne badania typu kruszyw są jednym z elementów zapewnienia zgodności wyrobu z wyżej wymienioną normą europejską i deklarowanymi wartościami. Badania wstępne typu kruszyw powinny być przeprowadzone w celu sprawdzenia zgodności z wyspecyfikowanymi wymaganiami w następujących przypadkach:

- gdy zostanie wykorzystane nowe źródło kruszyw,
- gdy wystąpiły większe zmiany w charakterystyce surowców lub w procesie przeróbki mogące wpłynąć na właściwości kruszyw.

Należy pamiętać, że badania wstępne rodzaju kruszyw są wymagane w przypadku jakiegokolwiek modernizacji procesu przeróbki. Wyniki wstępnych badań danego surowca powinny być dokumentowane od momentu podjęcia zakładowej kontroli produkcji.

6.2. Zakładowa Kontrola Produkcji (ZKP)

Zakładowa Kontrola Produkcji jest to system mający na celu zapewnienie zgodności wyrobu (w tym przypadku kruszyw) z wymaganiami określonej normy. Obowiązek wprowadzenia przez producenta kruszyw zakładowej kontroli produkcji nakłada norma europejska PN-EN 13242.

W systemie ZKP należy:

- określić odpowiedzialność, uprawnienia i związki pomiędzy personelem zarządzającym, wykonującym i sprawdzającym prace wpływające na jakość produktu, w tym również personelu niezależnego organizacyjnie i kierownictwa;
- powołać kierownika do spraw zakładowej kontroli produkcji;
- określić nadzór kierownictwa nad systemem ZKP;
- ustalić regulamin kontroli;
- określić zakres kontroli dokumentów i danych związanych z zakupem, przygotowaniem i prowadzeniem produkcji, kontrolą materiałów i systemu ZKP;
- określić sposób kontroli podwykonawców biorących udział w procesie produkcji;
- dokumentować wiedzę o surowcu;
- określić procedury zarządzania produkcją, identyfikowania i kontrolowania materiałów, identyfikowania lokalizacji i zawartości składowisk;
- prowadzić wymagane badania i kontrole;
- rejestrować wyniki prowadzonych badań wyrobów;
- rejestrować i rozpoznawać wszystkie zaistniałe niezgodności;
- określić procedury związane z przemieszczaniem, składowaniem, przechowywaniem i transportem wyrobu;
- prowadzić i przestrzegać procedury szkolenia całego personelu w systemie ZKP.

Wymagania systemu ZKP muszą być zapisane w Księdze Zakładowej Kontroli Produkcji.

W zależności od dalszego wykorzystania wyprodukowanych kruszyw, tj. poziomu bezpieczeństwa, jaki muszą spełniać kruszywa, istnieją zgodnie z normą europejską dwa systemy atestacji zgodności:

- 1) System 2+, który stosuje się dla kruszyw w zastosowaniach wymagających wysokiego poziomu bezpieczeństwa. System ten obejmuje certyfikację zakładowej kontroli produkcji przez jednostkę notyfikowaną na podstawie wstępnej inspekcji zakładu i zakładowej kontroli produkcji, jak również ciągły nadzór, ocenę i akceptację zakładowej kontroli produkcji. Certyfikat ZKP uprawnia producenta do umieszczania znaku CE i powinien on być dołączony do deklaracji zgodności.
- 2) System 4, który stosuje się dla kruszyw w zastosowaniach niewymagających wysokiego poziomu bezpieczeństwa. System nie wymaga certyfikacji zakładowej kontroli produkcji przez jednostkę notyfikowaną.

Do zadań producenta kruszyw należy w obydwu przypadkach:

- wprowadzenie zakładowej kontroli produkcji (ZKP),
- przeprowadzenie wstępnych badań typu kruszyw w celu sprawdzenia zgodności z wyspecyfikowanymi wyrobami.

Działanie systemu ZKP opiera się na zasadach określonych w normie i zgodnie z nimi dokonywana jest ocena funkcjonowania tego systemu.

6.3. Certyfikacja kruszyw

Europejskie wymagania jakościowe dla wyrobów z kruszywa naturalnego ustalają obowiązek ich znakowania znakiem CE przez producentów. Znak CE jest efektem przyjęcia i stosowania przez producentów kruszyw procedur atestacji, które obejmują:

- opracowanie i wdrożenie w zakładzie udokumentowanego systemu Zakładowej Kontroli Produkcji;
- wykonanie wstępnych badań produkowanych wyrobów, tzw. badań typu, i ustalenie wzorca produkcji;
- prowadzenie bieżących badań jakości produkowanych wyrobów w ramach funkcjonującego systemu ZKP, z częstotliwością i zakresem określonym w normie.

Odstępstwa od europejskiego systemu dopuszczania kruszyw do obrotu rynkowego wynikają z odmiennego niż ustalone w normach zamierzonego ich zastosowania lub indywidualnego zastosowania dla określonego obiektu budowlanego. W takim przypadku należy stosować określoną przez projektanta i inwestora specyfikację techniczną wyrobu dla konkretnego obiektu.

Certyfikowane kruszywo posiadające znak CE zapewnia zatem o zgodności wyrobu z normą europejską i deklarowanymi wartościami dla danego rodzaju zastosowania, dzięki czemu może być produktem handlowym.

7. Wnioski

Prorynkowe i proekologiczne spojrzenie na odpady wydobywcze, w warunkach znowelizowanych i dostosowanych do dyrektyw UE przepisów prawnych, wskazuje nowe kierunki odzysku tych odpadów. Komplementacja prawa w zakresie gospodarki odpadami wydobywczymi powinna zapewnić warunki dla skutecznych działań w kierunku 100% odzysku odpadów wydobywczych. Racjonalna gospodarka odpadami węglowymi poddanymi dalszej przeróbce w celu odzysku kruszyw budowlanych oraz produktów mineralnych i komponentów dla przemysłu materiałów budowlanych będzie korzystnie wpływać na stan środowiska naturalnego.

Uwarunkowania dotyczące postępowania z odpadami węglowymi oraz dotychczasowa działalność górnictwa węglowego wskazuje na konieczność wdrożenia i rozwinięcia elastycznego, centralnego systemu zarządzania gospodarką odpadami węglowymi zapewniającego realizację kryteriów prawno-formalnych oraz osiągnięcie efektywności ekonomicznej. Skalę płonną powinno się postrzegać jako surowiec, z którego wytworzyć można produkty spełniające normy kruszyw mineralnych do budowy dróg, robót inżynierskich, hydrotechnicznych, rekultywacyjnych, do produkcji elementów betonowych, zapraw, mieszanek bitumicznych, uszczelnień, wypełnień itd.

Taki kierunek działań w zakresie gospodarczego wykorzystania odpadów węglowych pozwala chronić środowisko naturalne i służy ochronie złóż pierwotnych surowców mineralnych.

LITERATURA

- [1] *Kabziński A.*: Polski Związek Pracodawców i Producentów Kruszyw „Rok 2004 w kruszywach. Gdzie jesteśmy i dokąd zmierzamy część II”, *Kwartalnik Surowce i Maszyny Budowlane*, 2, 2005
- [2] Dokumentacja GIG 2005: Badania i ocena możliwości wykorzystania kruszywa mineralnego pochodzącego z odzysku odpadów górniczych z KWK Bielszowice do robót ziemnych przy budowie dróg, pracach hydrotechnicznych, inżynierskich-budowlanych oraz niwelacji i utwardzania powierzchni terenów. Katowice, listopad 2005
- [3] PN-EN 13242: Kruszywa do niezwiązanych i związanych hydraulicznie materiałów stosowanych w obiektach budowlanych i budownictwie drogowym. 2004
- [4] *Kuczyńska I., Bednarek A., Marcinkiewicz D., Demkiewicz B.*: Nowe spojrzenie na procesy przeróbki w kontekście minimalizacji odpadów, [w:] *Innowacyjne systemy przeróbcze surowców mineralnych*. KOMIEKO 2006
- [5] *Kuczyńska I., Bednarek A., Marcinkiewicz D., Demkiewicz B.*: Nowe możliwości gospodarki odpadami w górnictwie węglowym w aspekcie dyrektywy UE, [w:] *Innowacyjne systemy przeróbcze surowców mineralnych*. KOMIEKO 2007