

Bogdan KAWALEC, Jacek KAWALEC

## ODPADY KOPALNIANE JAKO WARSTWA USZCZELNIAJĄCA SKŁADOWISK ODPADÓW PRZEMYSŁOWYCH

**Streszczenie.** W artykule omówiono zagadnienia związane z uszczelnianiem składowisk odpadów przemysłowych, w tym głównie kopalnianych. Podano przykłady wykorzystania odpadów kopalnianych na warstwy uszczelniające. Przedstawiono wyniki badań laboratoryjnych odpadów użytych do tego celu oraz wyniki kontrolnych badań polowych.

## COAL MINING WASTE AS THE SEALER FOR INDUSTRIAL WASTE STOCKYARDS

**Summary.** Problems with sealing industrial, mainly coal mining, waste stockyards have been discussed in the paper. Examples of using coal mining waste as sealers have been given. Results of laboratory examinations of waste used for this purpose as well as results of control field examinations have been presented.

## DECHETS MINIERS COMME COUCHE ETANCHE DES DEPOTS DES DECHETS INDUSTRIELS

**Résumé.** Dans cet article on présente les problèmes de l'étanchement des dépôts des déchets industriels avant tout des déchets miniers. On donne les exemples de l'application des déchets miniers comme couches étanches. On présente aussi les résultats des études de laboratoire des déchets miniers ainsi que les résultats des études contrôlées in situ.

## 1. WSTĘP

Górnictwo i związane z nim gałęzie przemysłu od 200 już lat wytwarzają na Śląsku olbrzymie ilości odpadów przemysłowych. Według aktualnych danych w województwie katowickim zgromadzono na powierzchni terenu już ponad 2 miliardy ton odpadów. Około 80% tej masy wytwarzają kopalnie. Wspólnie z hutnictwem i energetyką są one w głównej mierze odpowiedzialne za skażenie gleby, wód powierzchniowych i gruntowych, niszczenie szaty roślinnej oraz zanieczyszczenie powietrza pyłami i gazami toksycznymi [13].

Przez długie lata liczne składowiska odpadów powstawały bez żadnego systemu uszczelnień. Nie zapobiegano więc przedostawaniu się szkodliwych substancji do podłoża i wody gruntowej. Budowa nowoczesnych składowisk, zabezpieczanych odpowiednimi warstwami uszczelniającymi, oraz modernizacja "starych" składowisk ma miejsce w kraju dopiero od niedawna [2], [3], [4].

W pobliżu kopalń znajdują się często duże wyrobiska popiaskowe, z których piasek wykorzystano do podsadzki płynnej. Wyrobiska te odpowiednio uszczelnione i wypełnione odpadami kopalnianymi stanowią następnie podstawę przyszłych składowisk naziemnych. Do formowania dennych i skarpowych warstw uszczelniających w tego typu wyrobiskach wykorzystuje się z powodzeniem odpady kopalniane, a ściślej mówiąc szlamy poflotacyjne pochodzące z procesów wzbogacania węgla. Materiał ten wykazuje duże podobieństwo do naturalnych gruntów zwięzłospoistych i bardzo spoistych. W dalszej części artykułu zostaną przedstawione wybrane problemy związane z budową składowisk podpoziomych i nadpoziomych, oraz omówione cechy odpadów kopalnianych stosowanych jako warstwy uszczelniające.

## 2. PODSTAWOWE WYMAGANIA DLA WARSTW USZCZELNIAJĄCYCH

Składowiska odpadów przemysłowych muszą być tak uszczelniane, aby szkodliwe substancje znajdujące się w gromadzonych odpadach nie skażyły otaczającego środowiska. Decydujący wpływ na szczelność składowisk mają warunki geotechniczne podłoża, sposób

uszczelnienia dna i powierzchni składowiska oraz w pewnym stopniu również właściwości gromadzonych odpadów. Poniżej omówione zostaną w skrócie jedynie najważniejsze uwarunkowania. Szersze dane dotyczące tego tematu zawierają m. in. w pracy [2], [3], [4].

**W a r u n k i g e o t e c h n i c z n e p o d ł o ż a.** Podłoże składowisk odpadów przemysłowych powinno być nieprzepuszczalne. Warunek ten jest spełniony w przypadku zalegania pod składowiskiem gruntów bardzo spoistych lub zwięzłospoistych, posiadających współczynnik wodoprzepuszczalności  $k_{10} \leq 10^{-7}$  cm/s. Bardzo ważne są również warunki wodne. Najwyższe zwierciadło wody gruntowej powinno sięgać maksimum 1,0 m poniżej dennej warstwy uszczelniającej. Gdy podane warunki nie są spełnione, przeprowadza się wymianę gruntów przepuszczalnych na nieprzepuszczalne lub też stosuje się specjalne ekrany uszczelniające.

**S p o s ó b u s z c z e l n i e n i a d n a i p o w i e r z c h n i s k ł a d o w i s k a**  
Na terenach górniczych uszczelnianie partii dennej składowisk za pomocą geomembran ułożonych na mineralnej warstwie uszczelniającej, jak to ma miejsce w innych regionach kraju, jest dość rzadko stosowane. Ruchy górotworu związane z podziemną eksploatacją górnictw mogą bowiem uszkodzić geomembrany. Takie rozwiązania preferuje się więc wyłącznie na terenach górniczo uspokojonych. Uszczelnienia partii dennych składowisk na terenach górniczych wykonuje się raczej z nieprzepuszczalnych gruntów naturalnych, lub nieprzepuszczalnych odpadów przemysłowych. Powierzchnie składowisk uszczelniane są natomiast w większości w wyniku starannego ich zagęszczenia. W przypadku odpadów kopalnianych eliminuje się tym sposobem groźbę powstania zjawiska samozapłonu oraz możliwość wyflukiwania soli i siarki. Przez zagęszczenie i uszczelnienie powierzchni składowisk odpadów elektrownianych likwiduje się bardzo uciążliwe dla otoczenia pylenie.

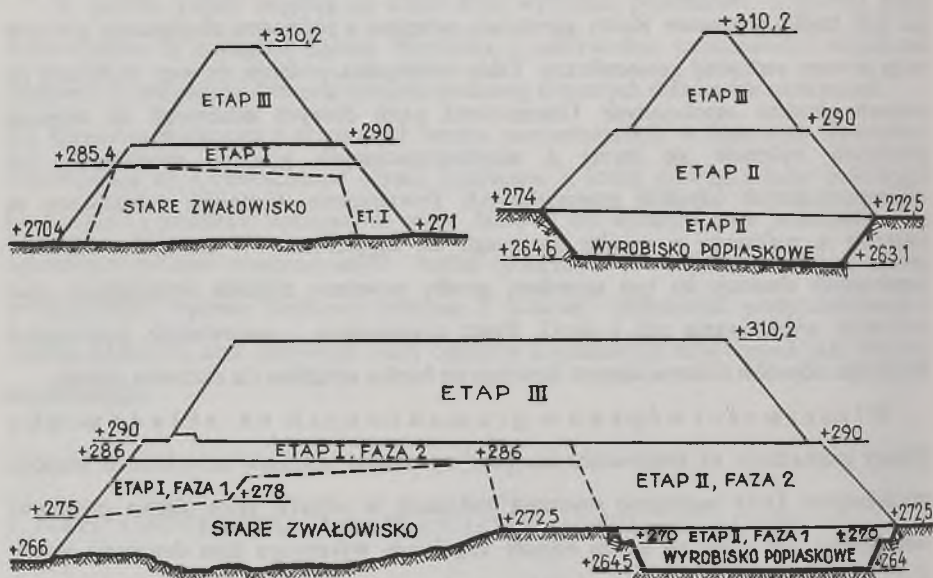
**W ł a ś c i w o ś c i o p a d ó w g r o m a d z o n y c h n a s k ł a d o w i s k u**  
Odpady gromadzone na składowisku nie powinny działać niszcząco na ochronne warstwy uszczelniające. Duże zagrożenie stwarzają zwłaszcza te odpady, które ulegają procesowi samozapłonu. Do grupy tej należą odpady kopalniane wykazujące duże domieszki węgla. Praktycznie, przy zawartości węgla < 20 %, nie obserwuje się zjawisk samozapłonu. Podobne zagrożenia występują też na składowiskach żużli i popiołów hutniczych. Istotną rolę odgrywa również zagęszczalność, gęstość objętościowa i cechy mechaniczne odpadów. Parametry te decydują bowiem o stateczności formowanego zwałowiska, mają więc one wpływ na

bezpieczeństwo ludzi i obsługiwanego przez nich sprzętu, poruszającego się na zwałowisku. Problemy te szerzej przedstawiono m.in. w pracach [6-11].

### 3. WYBRANE PRZYKŁADY TECHNOLOGII FORMOWANIA I USZCZELNIANIA PODPOZIOMOWYCH I NADPOZIOMOWYCH SKŁADOWISK ODPADÓW

#### Składowisko odpadów kopalnianych w Suszcu

Kopalnia "Krupiński" przewiduje awaryjne składowanie odpadów kopalnianych pochodzących z bieżącej produkcji w byłym podziemnym wyrobisku popiaskowym położonym w sąsiedztwie starej hałdy (rys. 1). Składowisko to wymaga uszczelnienia, gdyż lokowane w nim aktualnie odpady kopalniane cechuje duże zasolenie. Zachodzi więc groźba zasolenia wód podziemnych. Podłoże rodzime tego rejonu budują bowiem w decydującej przewadze czwartorzędowe piaski średnie. Zalegają one w tym rejonie warstwą o miąższości 17-20 m.



Rys. 1. Przekroje poprzeczne i przekrój podłużny przez zwałowisko KWK "Krupiński"  
Fig. 1. Cross-sections and a longitudinal section of KWK "Krupiński" dumping ground



Stare i nowe składowisko KWK "Krupiński" musi być dalej rozbudowywane. Powiększenie obu składowisk zamierza się osiągnąć przez ich podwyższenie do 40 m ponad poziom istniejącego terenu. Docelowa rozbudowa połączonych składowisk zaprojektowana została etapowo, według schematu przedstawionego na rys. 1.

Do uszczelnienia wyrobiska popiaskowego, a więc zarówno jego partii dennej, jak i stref przyskarpowych, postanowiono zastosować odpady poflotacyjne uzyskiwane w trakcie procesu wzbogacania węgla. Odpady te zostały wcześniej rozpoznane laboratoryjnie pod względem ich przydatności na warstwy uszczelniające [5],[12].

Pod względem geotechnicznym wykazują one dość duże podobieństwo do glin zwięzłych. Ich wskaźnik plastyczności waha się w granicach 25,1-26,7 %. Posiadają one gęstość właściwą rzędu  $2,38 \text{ g/cm}^3$ , przy zawartości węgla 10,4 %. Są to zatem praktycznie odpady niepalne. Dobrze zagęszczają się przy użyciu gładkich walców statycznych ( $w_{opt}=17,2 \%$ ,  $\rho_{ds}=1,54 \text{ g/cm}^3$ ). Wskaźnik wodoprzepuszczalności  $k_{10}=2,4 \times 10^{-7}-5,0 \times 10^{-8} \text{ cm/s}$  odpowiada gruntom zwięzłospoistym. Dla odpadów tych przy wilgotności optymalnej uzyskano wartość kąta tarcia wewnętrznego  $\phi_u=23^\circ$  i spójności  $c_u=44 \text{ kPa}$ . Przy badaniach oporu ścinania w płaszczyźnie styku odpadów z piaskiem otrzymano  $\phi_u=33^\circ$  i  $c_u=0$ .

Wykonane badania chemiczne wykazały, że w czasie oddziaływania wody na badane odpady nie ulegną wymyciu z nich żadne związki wapnia, żelaza i glinu, jak również siarczki, azotany i azotyny. Nie wykazują one również obecności detergentów. Zbadane odpady poflotacyjne, ze względu na rodzaj obecnych w nich substancji i bardzo małą rozpuszczalność w wodzie i wodnych roztworach o odczynie kwaśnym i zasadowym, nie wpływają na wzrost zasolenia wody gruntowej i gruntów, oraz nie wywołują zanieczyszczenia naturalnego środowiska [5], [12]. Odpady te zostały dopuszczone do stosowania na warstwy uszczelniające składowisk odpadów kopalnianych przez Wydział Ochrony Środowiska, Gospodarki Wodnej i Geologii UW w Katowicach [5].

Zasadniczy problem stanowi technologia formowania zwałowiska, w tym głównie przewidywany system uszczelniający wyrobiska podziemnego. Ostowna wodoszczelna wyrobiska popiaskowego wykonana została z uwzględnieniem następujących warunków:

- w pierwszej kolejności uformowano ostowną wodoszczelną denną o grubości 1,0-1,2 m, w drugiej kolejności natomiast ostowne wodoszczelne przyskarpowe,

- grubość każdej zagęszczanej warstwy wahała się w granicach 20-30 cm,
- wilgotność materiału wbudowywanego w osłony wodoszczelne była bliska optymalnej,
- do zagęszczania poszczególnych warstw stosowano ciężkie walce statyczne gładkie.

Ocena prawidłowego zagęszczenia kolejno formowanych partii warstwy uszczelniającej prowadzona była pod nadzorem Katedry Geotechniki Politechniki Śląskiej. Wyniki tych badań przedstawiono w tabl. 1.

Tablica 1

Ocena zagęszczenia warstwy uszczelniającej

Seria badań	Ilość badań	Wymagany wskaźnik zagęszczenia $I_s$	Uzyskany średni wskaź. zagęszczenia $I_s^{śr}$	Wilgotność optymalna z testu Proctora $w_{opt} [\%]$	Uzyskana średnia wilgotność $w_n^{śr} [\%]$
I	35	0,92	0,94	17,2	21,4
II	35	0,92	0,98	19,0	20,6
III	30	0,92	0,95	18,2	18,3
IV	43	0,92	0,96	18,5	17,5
V	30	0,92	0,94	15,0	21,4
	N=173		Średnio 0,954	Średnio 17,58	Średnio 19,84

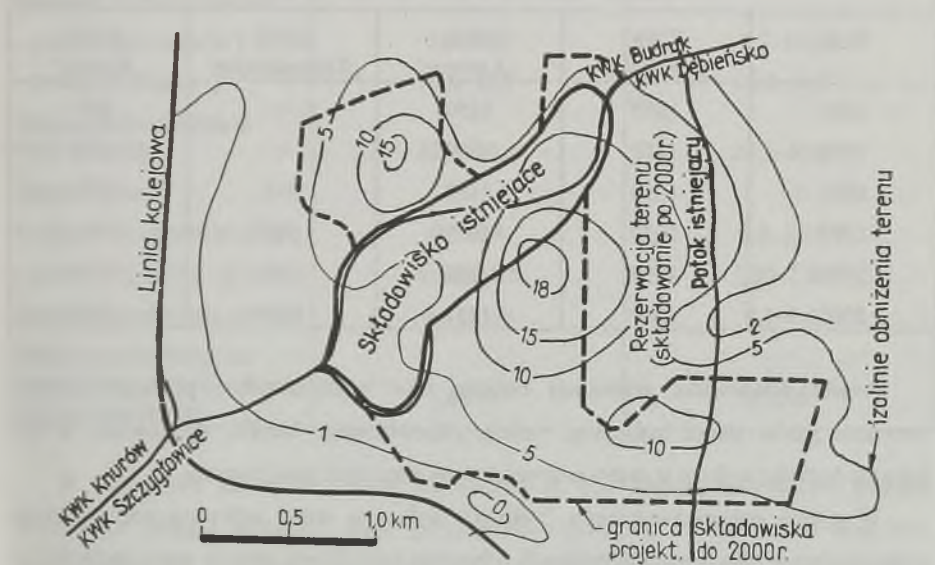
Po wykonaniu w całości osłony wodoszczelnej dennej i osłon wodoszczelnych przyskarpowych i wypełnieniu uszczelnionego wyrobiska popiaskowego odpadami kopalnianymi wykonany zostanie rów opaskowy okalający dół popiaskowy, który powiązany zostanie z rowem istniejącym już wokół starej hałdy. Przewiduje się również zagęszczenie przypowierzchniowej partii odpadów wypełniających wyrobisko. Dzięki temu zamknięty zostanie dopływ tlenu w głębsze partie zwałowanych odpadów, i tym samym wyeliminowana groźba wystąpienia procesu samozapłonu. Podobne ekrany chroniące przed procesem samozapłonu zostaną wykonane w nadpoziomowej części zwałowiska poprzez zagęszczenie mechaniczne stropu kolejno formowanych partii o grubości 5,0 m. Zagęszczone ekrany przeciwpożarowe wykonane zostaną ze spadkiem 2% w kierunku zewnętrznym. W ten sposób wody opadowe wsiąkające w zwałowisko w trakcie jego wznoszenia zostaną odprowadzone w kierunku skarpu i dalej zebrane przez rowy okalające zwałowisko.

Poziomy ekran uszczelniający łączący górne partie ekranów przyskarpowych z rowem opaskowym okalającym zwałowisko zostanie uformowany z odpadów poflotacyjnych stosowanych do budowy warstw uszczelniających wyrobiska popiaskowego. Ekran ten o

grubości 0,6-0,8 m zostanie ułożony na wstępnie wyrównanym i odpowiednio zagęszczonym podłożu. Wymagany dla tego ekranu uszczelniającego minimalny wskaźnik zagęszczenia wynosi  $I_s = 0,92$ .

Rów opaskowy okalający wyrobisko oraz jego połączenie z ekranami uszczelniającymi zaprojektowano tak, by zapewnić pełną wodnieprzepuszczalność całego systemu odwadniającego.

Centralne składowisko odpadów w Knurowie. Obiekt ten powstaje w pobliżu starego składowiska odpadów kopalnianych KWK "Knurów". Przyległy teren leśny, na którym zaprojektowano Centralne Składowisko, w wyniku postępującej eksploatacji górniczej dozna obniżień powierzchni terenu w granicach do 18,0 m (rys.2) [1].



Rys.2. Izolinie prognozowanych do 2010 r. górniczych osiadań terenu w rejonie Centralnego Składowiska Odpadów Górniczych w Knurowie

Fig. 2. Isolines of mining subsidences forecast by 2010 in the region of the Central Coal Mining Waste Stockyard in Knurów

W podłożu omawianego terenu występują grunty nieprzepuszczalne. W wyniku osiadań górniczych na obszarze tym doszłoby więc do powstania zalewisk bezodpływowych, co w konsekwencji doprowadziłoby do obumierania rosnących tam drzew. Teren ten z tych właśnie powodów przeznaczony został pod projektowane składowisko. Posiada on powierzchnię 437,0 ha. Na obszarze tym przewiduje się składowanie odpadów kopalnianych pochodzących z kopalń: "Knurów", "Dębieńsko", "Szczygłowice" i "Budryk". Docelowo umieszczać się będzie na tym składowisku około 8,6 tys. m<sup>3</sup> odpadów na dobę. Planowane w poszczególnych latach dostawy odpadów podaje tabl. 2.

Tablica 2

Ilości odpadów przewidywane do lokowania na Centralnym Składowisku Odpadów Kopalnianych w Knurowie (w tys. m<sup>3</sup>) [6]

Rok	KWK „Dębieńsko”	KWK „Knurów”	KWK „Szczygłowice”	KWK „Budryk”
1995	1050	1859	–	418
1996	1050	1859	–	474
1997	1050	1859	345	725
1998	1050	1859	690	930
1999	1050	1859	690	1078
2000	1050	1831	1020	1562

Projekt składowiska przewiduje ochronę wód podziemnych i powierzchniowych, tworzenie pasów zieleni izolacyjnej, nadanie odpowiedniego kształtu składowisku, w tym łagodne pochylenie skarp w części nadpoziomowej oraz rekultywację terenu.

W rejonie starego zwałowiska "Knurów" wykonany został ochronny poziomy ekran uszczelniający z odpadów poflotacyjnych. Obecność tego ekranu autorzy pracy stwierdzili w trakcie wykonywania przekopu pod nowe torowisko kolejowe. Pobrane z przekopu próbki odpadów zbadano laboratoryjnie. Badania wykazały, że ekran uszczelniający stanowią odpady poflotacyjne o cechach zbliżonych do glin i glin zwięzłych ( $w_p=26,3\%$ ,  $w_L=46,6\%$ ,  $I_p=20,3\%$ ).

Denną warstwę uszczelniającą Centralnego Składowiska, nasyp linii kolejowej, którą dowożone będą odpady, oraz nasyp stacji kolejowej "Zwałowisko Knurów" przewidziano



wykonac z odpadów wyodrębnianych bieżąco w zakładach przerobczych kopalń „Dębieńsko” i „Knurów”. Odpady pochodzące z obu wymienionych kopalń wykazują dużą podatność na rozpad strukturalny, co jest pozytywną cechą w przypadku ich przeznaczenia na warstwy uszczelniające. Korzystne jest również i to, iż odpady te silnie rozdrabniają się przy zagęszczaniu ciężkimi walcami wibracyjnymi oraz że cechuje je dobra zagęszczalność.

Odpady pochodzące z obu kopalń zostały wcześniej przebadane laboratoryjnie. Uzyskane wyniki przedstawiono w tabl. 3.

Tablica 3

Wyniki badań odpadów kopalnianych pochodzących z kopalń „Dębieńsko” i „Knurów”

Badania cecha	Odpady z KWK „Dębieńsko”	Odpady z KWK „Knurów”
Wskaźnik różnoziarnistości		
- przed zagęszczeniem [-]	6,9-12,8	3,3-13,0
- po zagęszczeniu [-]	10,0-13,1	16,2-18,7
Granica płynności frakcji < 0,5 mm [%]	22,4-26,4	25,1-33,0
Zagęszczalność		
- wilgotność optymalna [%]	6,0-9,4	9,6-10,6
- gęstość obj. szkieł. [g/cm <sup>3</sup> ]	1,76-1,82	1,80-1,89
Zawartość części palnych [%]	8,1-14,0	9,1-9,6
Współczynnik filtracji po zagęszczeniu ciężkim walcem wibracyjnym [cm/s]	1,8x10 <sup>-7</sup>	3,1x10 <sup>-7</sup>

W warunkach polowych odpady pochodzące z obu kopalń sprawdzono podczas formowania nasypu kolejowej stacji przyjazdowo-odjazdowej "Składowisko Knurów", przeznaczonej dla pociągów dowożących odpady. Stację zaprojektowano na nasypie o wysokości 17,0 m. Docelowo posiadać ona będzie 6 torów. Nasyp zagęszczano bardzo starannie warstwami o grubości 50-60 cm za pomocą ciężkich walców wibracyjnych gładkich typu "Stavostroj". Kontrolę zagęszczenia nasypu wykonano w 286 punktach pomiarowych, uzyskując średnią wartość wskaźnika zagęszczenia  $I_s=0,96$  oraz średnią wilgotność badanych próbek  $w=8,10\%$ . W trakcie pobierania próbek stwierdzono, iż w wyniku rozdrobnienia i starannego zagęszczenia uformowanych warstw stają się one praktycznie nieprzepuszczalne.

Nawet po wystąpieniu kilkudniowych intensywnych opadów próbki pobierane z niżej leżących warstw nie wykazywały śladów zawilgocenia. Szczegóły dotyczące technologii formowania nasypów wznoszonych z odpadów kopalnianych omówiono szczegółowo w pracy [6]. Odpady te sprawdziły się również w ziemnym budownictwie hydrotechnicznym. Od lat wznosi się z nich wały ochronne cieków wodnych przebiegających przez tereny górnicze [7], [9]. Na obiektach tych nie zaobserwowano dotąd żadnych przecieków. W miarę upływu czasu odpady kopalniane stanowiące tworzywo różnych budowli ziemnych, a ściślej mówiąc przeważające w ich masie rozdrobnione łupki ilaste, powracają do swej pierwotnej struktury i nabierają stopniowo cech ilów [8].

#### 4. WNIOSKI

1. Do uszczelniania podziemnych składowisk odpadów przemysłowych, w tym głównie kopalnianych, nadają się z powodzeniem górnicze odpady poflotacyjne. Cechami fizyko-mechanicznymi, a zwłaszcza filtracyjnymi, podobne są one bowiem do naturalnych glin zwięzłych i ilów. Odpady te wymagają jednak starannego zagęszczenia. Prawidłowe wyniki uzyskuje się zwłaszcza przy stosowaniu ciężkich walców statycznych gładkich.
2. Denne warstwy uszczelniające i poziome ekrany p.pożarowe składowisk nadziemnych można formować również z odpadów kopalnianych pochodzących z bieżącej produkcji, pod warunkiem jednak odpowiedniego przygotowania ich do tej funkcji. Odpady te powinny leżakować około roku na płaskich składowiskach przejściowych. Pod wpływem mrozu, słońca i opadów atmosferycznych ulegają one bowiem w tym czasie procesowi rozpadu, co wpływa bardzo korzystnie na ich zagęszczalność i szczelność. Odpady takie należy zagęszczać ciężkimi walcami wibracyjnymi okołkowanymi.

#### LITERATURA

- [1] Borczyk B.: Zagospodarowanie odpadów kopalnianych na terenach zdegradowanych eksploatacją górniczą w Górnośląskim Zagłębiu Węglowym. Inżynieria i Budownictwo. Nr 9/1988.

- [2] Dembicki E.: Rozwiązania techniczne nowych składowisk odpadów komunalnych i specjalnych. Materiały Seminaryjne "Geotechniczne aspekty składowania odpadów". Politechnika Gdańska. Tom I, str. 393-401, 1994.
- [3] Gryczmański M.: Modernizacja "starych" składowisk odpadów. Referat Generalny. Materiały Seminaryjne "Geotechniczne aspekty składowania odpadów". Politechnika Gdańska. Tom II, str. 33-36, 1994.
- [4] Gryczmański M.: Zastosowanie geosyntetyków w konstrukcjach składowisk odpadów. Referat Generalny. Materiały Seminaryjne "Geotechniczne aspekty składowania odpadów". Politechnika Gdańska. Tom II, str. 29-32, 1994.
- [5] Kawalec B. i inni: Badania odpadów poflotacyjnych pochodzących z Zakładu Przerobczego KWK "Krupiński" pod kątem ich przydatności do uszczelniania wyrobisk popiaskowych przewidzianych do wypełnienia skałą płoną. Praca NB-207/RB-3/87. Politechnika Śląska. Katedra Geotechniki. 1987.
- [6] Kawalec B.: Technologia formowania nasypów z odpadów kopalnianych. Bezpieczeństwo Pracy i Ochrona Środowiska w Górnictwie. Nr 1/1994.
- [7] Kawalec B.: Zabezpieczanie terenów przylegających do cieków wodnych przed skutkami projektowanej eksploatacji górniczej. Materiały III Naukowego Seminarium "Budownictwo na terenach górniczych". Główny Instytut Górnictwa, Katowice 1994.
- [8] Kawalec B.: Laboratory investigations of physical and mechanical properties of coal mining wastes. 4th International Symposium on the Reclamation Treatment and Utilization of Coal Mining Wastes. Volume I, pp. 109-116, Kraków 1993.
- [9] Kawalec B.: Compaction estimation of embankments formed from coal mining wastes. 4th International Symposium on the Reclamation Treatment and Utilization of Coal Mining Wastes. Volume I, pp. 343-350, Kraków 1993.
- [10] Kawalec J.: Parametry wytrzymałościowe odpadów górniczych w zastosowaniu do nasypów drogowych. Praca dyplomowa-magisterska (Promotor: Prof. dr h. inż. M. Gryczmański). Biblioteka Katedry Geotechniki Politechniki Śląskiej. 1994.
- [11] Kawalec J.: Modelowe badania stateczności skarp wykonywanych z odpadów kopalnianych. Materiały z Konferencji Środowiskowej Sekcji Mechaniki Gruntów i Skał oraz Fundamentowania Komitetu Inżynierii Lądowej i Wodnej PAN "Geotechnika w Ośrodku Gliwickim". Zeszyty Naukowe Politechniki Śl. Budownictwo z. 80/1995.
- [12] Liszkowski J.: Ekspertyza nt. Oceny przydatności odpadów poflotacyjnych pochodzących z zakładu przerobczego KWK "Krupiński" do uszczelniania wyrobisk popiaskowych przewidzianych do wypełnienia skałą płoną z uwzględnieniem wymogów Wydziału Ochr. Środ. Gosp. Wod. i Geologii UW w Katowicach, 1990.
- [13] Sieja L., Borkiewicz J., Goszcz A.: Minimalizacja ilości odpadów przemysłowych oraz uporządkowanie gospodarki odpadami komunalnymi na Górnym Śląsku poprzez stosowanie regionalnych rozwiązań. Materiały na Posiedzenie Rady Ekologicznej przy Prezydencie RP. IETU, str. 69-89, Katowice 1993.

Recenzent: Dr hab. inż. Leszek Litwinowicz  
Prof. Politechniki Lubelskiej

## Abstract

Problems of industrial waste stockyards sealing belong to a group of important ecological issues. Basic requirements that should be met by sealing screens performed at industrial, mainly coal mining, waste stockyards have been discussed in the paper. Using examples of coal mining waste stockyard of KWK "Krupiński" and the Central Coal Mining Waste Stockyard in Knurów specific examples of applied sealing protections have been presented. Results of laboratory and field examinations of coal mining waste, used to perform these sealing screens, have also been given. The paper is summarized with practical for performance.