

Jan PALARSKI

Stefan MUSIOŁ

Andrzej KACZMARCZYK

MOŻLIWOŚCI UTYLIZACJI ODPADÓW DROBNOFRAKCYJNYCH PRZEZ DEPONOWANIE ICH W GÓROTWORZE I WYROBISKACH PODZIEMNYCH

Streszczenie. Wydobyciu kopalin użytecznych oraz ich przetwórstwu towarzyszy produkcja odpadów, których składowanie na powierzchni wpływa na zanieczyszczenie środowiska w okręgach przemysłowych. Szczególnie uciążliwe stało się w ostatnich latach składowanie odpadów drobnofrakcyjnych, takich jak szlasy, popioły lotne i odpady flotacji. Stąd też w polskim górnictwie prowadzi się od kilku lat prace badawcze i wdrożeniowe nad wykorzystaniem tego typu odpadów do celów budownictwa górniczego, sterowania ruchami górotworu lub nad ich bezpośrednim deponowaniem w wyrobiskach poeksploatacyjnych.

W artykule zostaną przedstawione wyniki dotychczasowych badań w tym zakresie z podaniem charakterystyk nowych polskich technologii i szczegółowych rozwiązań technicznych związanych z wytwarzaniem mieszanin podsadzkowych, ich transportem oraz lokowaniem w wyrobiskach górniczych.

Scharakteryzowane zostaną takie metody, jak:

- wypełnienie pustek Webera w górotworze,
- doszczelnienie zawału i wytwarzanie warstwy sztucznego stropu,
- wykonywanie podsadzki samozestalającej się.

1. WPROWADZENIE

Produkcja przemysłowa i jej rozwój zawsze w mniejszym lub większym stopniu wiąże się z powstawaniem w procesie wytwórczym odpadów przemysłowych wymagających utylizacji. Szczególnie uciążliwa, głównie ze względu na ilość wytwarzanych odpadów, jest pod tym względem działalność przemysłu paliwowo-energetycznego.

Wydobyciu węgla towarzyszy tworzenie znacznych ilości odpadów górniczych powstających w trakcie wykonywania robót udostępniających i przygotowawczych, jak również w procesie wzbogacania i przeróbki mechanicznej. Jest to głównie skała płonna pochodząca z robót górniczych oraz pozyskiwana w trakcie przeróbki mechanicznej, a także odpady poflotacyjne i szlasy powstające jako uboczny produkt w procesie wzbogacania węgla. Znaczne ilości odpadów powstają również w trakcie oczyszczania wód kopalnianych.

Drugim ważnym źródłem powstawania odpadów przemysłowych w kompleksie paliwowo-energetycznym są elektrownie i ciepłownie. W procesie spalania węgla powstają tutaj, obok innych odpadów, także duże ilości popiołów, których utylizacja jest szczególnie uciążliwa i kosztowna ze względu na ich lotność.

Ochrona środowiska naturalnego wymaga zagospodarowania powstających odpadów przemysłowych. Największe trudności techniczne i związane z tym wysokie koszty utylizacji ponosi się zwłaszcza przy zagospodarowaniu odpadów drobnofrakcyjnych, takich jak: szlasy, odpady poflotacyjne, szlasy z osadników wód kopalnianych i popioły. O ile bowiem skała płonna jest już od dawna stosowana do podsadzki suchej i częściowo również do podsadzki hydraulicznej, a więc lokowana na dole w kopalni, to odpady drobnofrakcyjne, poza stosunkowo niewielkim procentem pyłów dymnicowych, z których produkuje się materiały budowlane, składowane są zazwyczaj na zwałowiskach.

Jako jedną z najbardziej efektywnych metod utylizacji odpadów drobnofrakcyjnych należy uznać ich deponowanie w podziemiach kopalni, w tym przede wszystkim wypełnienie nimi pustek poeksploatacyjnych i zrobów oraz włączanie do górotworu nad wybraną przestrzenią. Można tutaj bowiem w dużej mierze dostosować możliwości deponowania odpadów do lokalnej wielkości ich produkcji, poprzez odpowiedni dobór systemów wybierania i sposobów kierowania stropem oraz postęp frontu eksploatacyjnego. Od kilku lat obserwuje się także w polskim przemyśle szybki rozwój metod i technologii utylizacji odpadów drobnofrakcyjnych. Niektóre z nich, biorąc pod uwagę zakres ich stosowania i możliwości dalszego rozwoju, pragniemy zaprezentować w niniejszym artykule.

2. NOWE SPOSOBY ZAGOSPODAROWANIA DROBNOFRAKCYJNYCH ODPADÓW GÓRNICZYCH I ELEKTROWNIANYCH

Drobnofrakcyjne odpady przemysłowe powstające w procesie spalania węgla oraz w trakcie jego wzbogacania są w pewnym tylko procencie wykorzystywane do produkcji materiałów budowlanych. Brak jest w chwili obecnej możliwości pełnego ich zagospodarowania, dlatego też znaczna część składowania musi być na zwałowiskach, przyczyniając się do degradacji środowiska naturalnego i wzrostu kosztów produkcji z tytułu nakładów ponoszonych na ich transport i składowanie.

Sądząc z prowadzonych statystyk, można wyrazić opinię, że daleko niewystarczający jest stopień zagospodarowania odpadów górniczych przez same kopalnie, które w dodatku w szerszym zakresie mogłyby przyczynić się do utylizacji także odpadów elektrownianych. Największe możliwości zagospodarowania istnieją tutaj przede wszystkim w procesie kierowania stropem poprzez szersze niż dotychczas stosowanie ich do podsadzania wybranej przestrzeni, doszczelniania zrobów itp.

Pyły dymnicowe od dość dawna stosowane są do wypełnienia płytko zalegających pustek poeksploatacyjnych, jako środek zapobiegawczy przed powstawaniem na powierzchni deformacji nieciągłych. Włączanie wodnych roztworów pyłów dymnicowych do płytko zalegających zrobów stosuje się również do gaszenia pożarów podziemnych. Metody te stosowano i nadal w miarę potrzeb

stosuje się na obszarach, gdzie występują płytko położone zroby eksploatacji rudnej lub złóż węgla. Dotyczy to głównie terenów Bytomia, Katowic i Chorzowa.

W okresie ostatnich kilku lat powstało jednak szereg nowych rozwiązań dotyczących zastosowania odpadów drobnofrakcyjnych głównie do kierowania stropem i rekonsolidacji. Ich twórcami są pracownicy Akademii Górniczo-Hutniczej w Krakowie, Głównego Instytutu Górnictwa w Katowicach, Politechniki Śląskiej w Gliwicach, Zakładu Technologii Zagospodarowania Odpadów Elektrycznych w Katowicach oraz szeregu kopalń przemysłu węglowego.

Wśród wielu rozwiązań za najciekawsze można uznać opracowanie pozwalające zastosować odpady drobnofrakcyjne do:

- podszadzki hydraulicznej,
- wytwarzania podszadzki samozestalającej się,
- podszadzania wybranej przestrzeni suchym pyłem dymnicowym,
- sztucznej rekonsolidacji gruzowiska zawałowego,
- podszadzania wewnątrz górotworu nad wybraną przestrzenią,
- doszczelniania zawału,
- uszczelniania zrobów i górotworu.

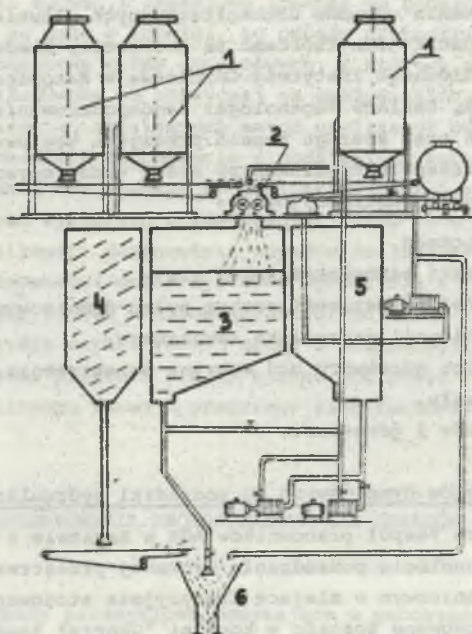
2.1. Zastosowanie pyłów dymnicowych do podszadzki hydraulicznej

W ostatnich latach Zespół pracowników AGH w Krakowie i przemysłu opracował i wdrożył technologię podszadzania wybranej przestrzeni w systemach ścianowych pyłem dymnicowym w miejsce tradycyjnie stosowanego piasku [1]. Rozwiązanie to zastosowane zostało w kopalni "Generał Zawadzki" w Dąbrowie Górniczej. Pozwala ono dzięki opracowaniu specjalnych preparatów oraz systemu mieszalników wytworzyć wodną mieszaninę pyłu dymnicowego dającą się łatwo transportować rurociągami z powierzchni do podszadzonej ściany.

Jak wykazały doświadczenia, metoda ta może być szeroko stosowana gwarantując lokowanie na dole w kopalni dużych ilości pyłów dymnicowych pod warunkiem właściwego i starannie wykonanego otamowania przestrzeni przeznaczonej do podszadzania dla zapobieżenia wynoszenia przez odsączaną wodę najdrobniejszych frakcji pyłów dymnicowych. Przyczynia się ona do zagospodarowania pyłów dymnicowych i zmniejszenia zapotrzebowania na piasek, wpływając tym sposobem korzystnie na ochronę środowiska naturalnego zarówno w rejonach, gdzie istnieją elektrownie i elektrociepłownie, jak i na obszarach występowania złóż piasku.

2.2. Wytwarzanie podszadzki symozestalającej się z pyłów dymnicowych i odpadów poflotacyjnych

Jednym z bardziej interesujących rozwiązań w zakresie utylizacji odpadów drobnofrakcyjnych jest rozwiązanie stosowane przez kopalnię "Jastrzębie" [2]. Zespół pracowników tej kopalni opracował recepturę i sposób wytwarzania podszadzki samozestalającej produkowanej na bazie pyłów dymnicowych i odpadów poflotacyjnych z dodatkiem niewielkiej ilości (2-4%) cementu.



- 1 - Zbiorniki pyłu dymnicowego i odpadów cementowych
- 2 - Mieszalnik
- 3 - Zbiornik mieszający
- 4 - Zbiornik skały płonnej
- 5 - Zbiornik odpadów połatacyjnych
- 6 - Rurociąg podsadzkowy

Rys. 1. Urządzenia do wytwarzania mieszanki samozestalającej

Fig. 1. Devices for producing self-solifying mixture

Mieszanka podsadzkowa, transportowana z powierzchni do podsadzonej przestrzeni rurociągiem, po pewnym czasie została się osiągając wytrzymałość na ściskanie wynoszącą około 0,4 MPa. Cenną zaletą tej mieszanki jest oprócz samozestalania również pochłanianie w procesie wiązania wody, która była medium transportującym materiał podsadzkowy, do tego stopnia, iż wyeliminowane zostały trudności związane z tamowaniem przestrzeni przeznaczonej do podsadzania oraz zanieczyszczeniem osadników połowych.

2.3. Podsadzanie wyeksploatowanej przestrzeni suchym pyłem dymnicowym

Kolejnym rozwiązaniem w zakresie utylizacji pyłów dymnicowych jest sposób podsadzania wyrobiska ścianowego stosowany w kopalni "Bolesław Śmiały" [3, 4, 5]. Pustkę poeksploatacyjną wypełnia się tutaj suchym pyłem dymnicowym dostarczonym z powierzchni za pomocą sprężonego powietrza. Rurociąg podsadzkowy jest w tym przypadku doprowadzony otworem wielkośrednicowym wywierconym z powierzchni do chodnika przyścianowego, a następnie do przestrzeni podsadzanej w ścianie. Na powierzchni transport pyłu dymnicowego odbywa się cementowozami, a jego zapas gromadzony jest w silosach stosowanych w budownictwie do przechowywania cementu.

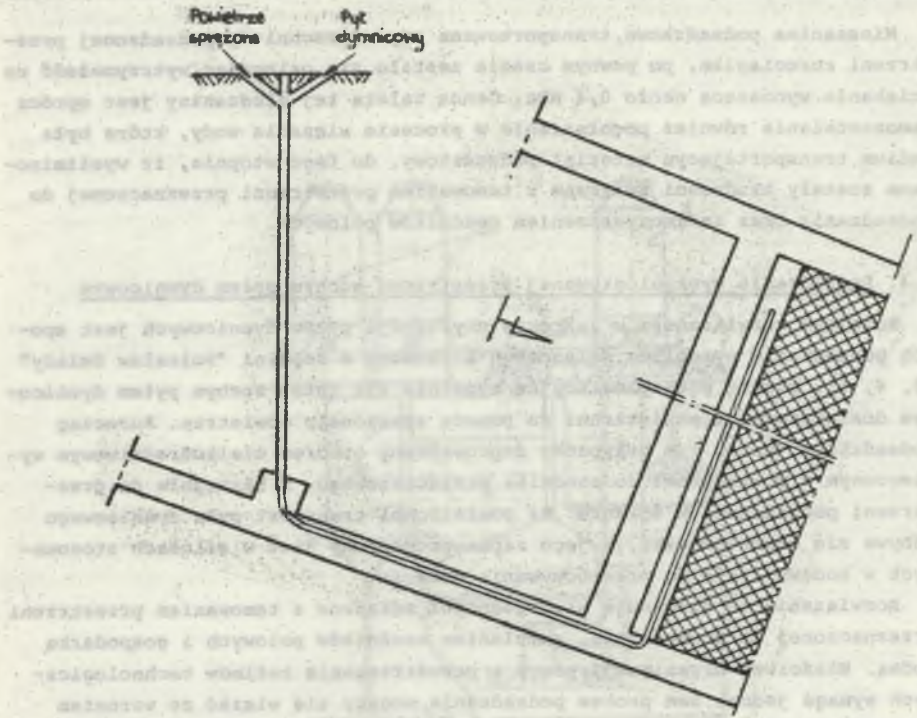
Rozwiązanie to eliminuje niedogodności związane z tamowaniem przestrzeni przeznaczonej do podsadzania, zamulaniem osadników połowych i gospodarką wodną. Właściwej organizacji pracy i przestrzegania reżimów technologicznych wymaga jednak sam proces podsadzania, mogący się wiązać ze wzrostem zapylenia w ścianie.

Ze ściany długości 100 m, wysokości 1,9 m uzyskiwano wydobyć w wysokości około 700 t/d, lokując miesięcznie około 5000 ton pyłu dymnicowego. Technologię podsadzania opracowano w Instytucie Górnictwa Podziemnego i Bezpieczeństwa Pracy AGH w Krakowie przy współudziale pracowników przemysłu węglowego.

2.4. Sztuczna rekonsolidacja gruzowiska zawałowego

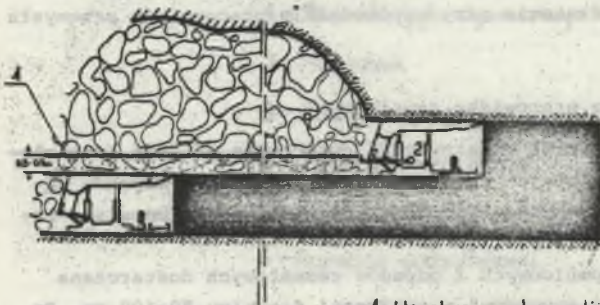
W Głównym Instytucie Górnictwa w Katowicach opracowana została technologia wykorzystania pyłów dymnicowych do wytwarzania, po dodaniu odpadów cementowych, mieszanki przyspieszającej proces rekonsolidacji rumowiska zawałowego.

Wodna mieszanka pyłów dymnicowych i odpadów cementowych dostarczana jest z powierzchni do ściany zawałowej rurociągami średnicy 80-100 mm. Po rozproszczeniu jej wzdłuż ściany przewodem elastycznym i wlaniu za obudowę do zawału wytwarza ona przy spągu kilkudziesięciocentymetrową warstwę zrekonsolidowanego rumowiska skalnego, co umożliwi w przyszłości wybranie pod nią niższej warstwy pokładu. Rozwiązanie to stosowane jest od kilku lat m.in. w kopalni "Lenin" w Tychach. Wybrano, stosując opisaną metodę, kilka ścian w pokładzie 501.



Rys. 2. Sposób podsadzania ściany suchym pyłem dymnicowym

Fig. 2. A method of stowing longwalls with fly-ashes



1 Warstwa zrekonsolidowanego gruzowiska zawalowego

2 Rurociąg dostarczający mieszankę rekonsolidującą

Rys. 3. Rekonsolidacja gruzowiska zawalowego przy użyciu pyłów dymnicowych i odpadów cementowych

Fig. 3. Reconsolidation of rubble after fall of roof with the help of fly-ashes and cement waste

2.5. Podosadzanie wewnątrz górotworu nad wybraną przestrzenią

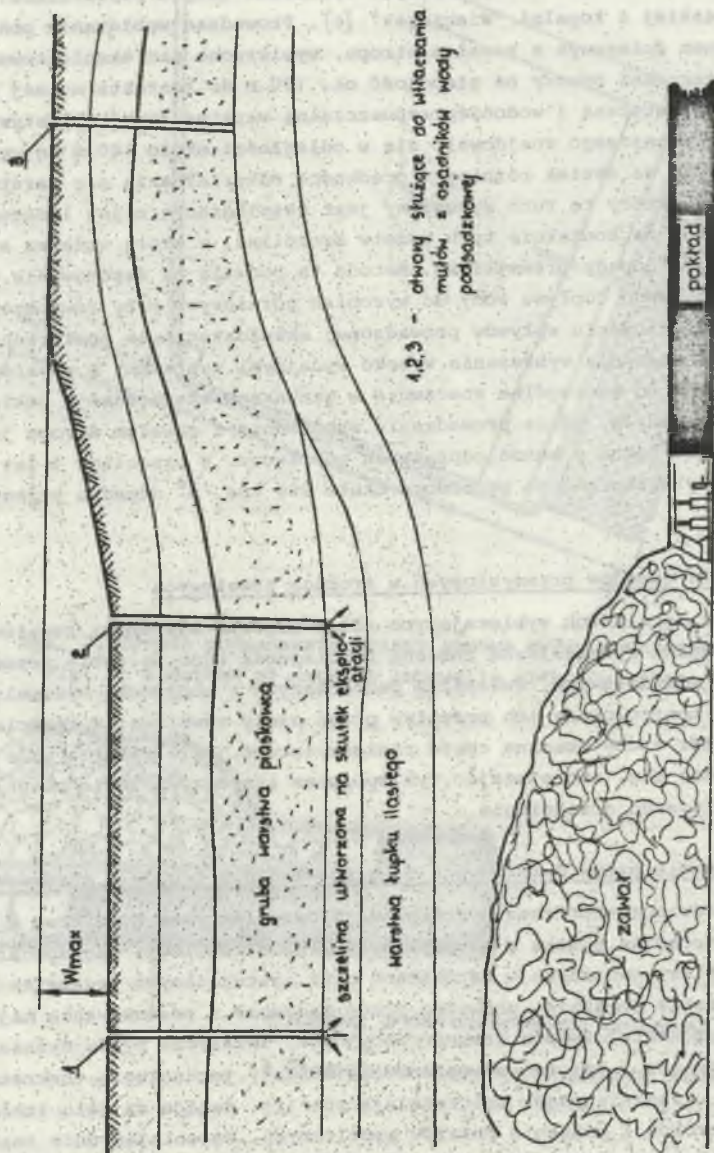
Oryginalną metodę lokowania pod ziemią odpadów drobnofrakcyjnych w postaci mułów z osadników wód kopalnianych opracował zespół pracowników Politechniki Śląskiej i kopalni "Wieczorek" [6]. Prowadząc wybieranie pokładu 404/1 systemem ścianowym z zawałem stropu, wywiercono nad eksploatowanym polem z powierzchni otwory na głębokość ok. 190 m do kontaktu mocnej ławy piaskowca z elastyczną i wodonieprzepuszczalną warstwą łupków ilastych. Dno otworu wiertniczego znajdowało się w odległości około 100 m do wybieganego pokładu. Na skutek różnicy w prędkości odkształcania się warstw piaskowca i łupku, który to ruch wymuszony jest eksploatacją niżej leżącego pokładu, powstaje na kontakcie tych warstw szczelina, w którą wtłacza się drobnofrakcyjne odpady przemysłowe. Metoda ta pozwala na deponowanie odpadów bez dodatkowego dopływu wody do wyrobisk górniczych przy równoczesnym częściowym ograniczeniu wpływów prowadzonej eksploatacji na powierzchnię i możliwości prowadzenia wybierania wysoko wydajnymi systemami z zawałem stropu. Posiada to szczególne znaczenie w warunkach eksploatacji pokładów zagrożonych tąpnięciem, gdzie prowadzenie wybierania z zawałem stropu jest stosowane jako jedna z metod odprężania górotworu. W przeciągu 3 lat stosowania metody wtłoczono do górotworu około 200 tys. m³ odpadów przemysłowych.

2.6. Lokowanie odpadów przemysłowych w zrobach zawałowych

W polskich kopalniach wybierających złożę zarówno systemami zawałowymi, jak i z podszadką hydrauliczną znaczną popularność zdobyła sobie metoda oczyszczania wód dołowych, zwłaszcza pochodzących z podszadki hydraulicznej, poprzez kontrolowany ich przepływ przez zroby zawałowe. W trakcie przepływu przez zroby znaczna część zanieczyszczeń, jakie zawiera woda kopalniana, osadza się, zmniejszając tym sposobem zanieczyszczenie osadników połowych i głównego odwadniania.

2.7. Zastosowanie pyłów dymnicowych do uszczelniania zrobów i górotworu

Akademia Górniczo-Hutnicza w Krakowie, Główny Instytut Górnictwa w Katowicach, Politechnika Śląska w Gliwicach, Zakład Technologii Zagospodarowania Odpadów Elektrownianych w Katowicach oraz szereg innych jednostek badawczych, a także kopalnie, prowadzi prace badawcze i poszukiwania mające na celu zastosowanie odpadów drobnofrakcyjnych, zwłaszcza pyłów dymnicowych do izolacji zrobów i górotworu. Opracowane zostały technologie torkretowania ociosów, układania pasów uszczelniających itp. mające na celu izolowanie starych zrobów i gaszenie pożarów podziemnych. Doceniając duże znaczenie tych problemów w zagadnieniach bezpieczeństwa i ruchu zakładu górniczego, stwierdzić należy iż nie są to przedsięwzięcia pozwalające na systematyczne zagospodarowanie dużych ilości drobnofrakcyjnych odpadów przemysłowych.



Rys. 4. Zasada wciągania odpadów drobnofrakcyjnych w górotwór
 Fig. 4. A principle for forcing fine-fraction waste in the rock mass

wych. W tym kontekście zagadnienie to wykracza poza ramy niniejszego artykułu, stanowiąc oddzielny problem i dlatego zostało tutaj jedynie zasygnalizowane.

3. PODSUMOWANIE

Przedstawione metody nie wyczerpują wszystkich sposobów utylizacji drobnofrakcyjnych odpadów przemysłowych poprzez ich deponowanie pod ziemią w wyrobiskach górniczych lub zrobach. W artykule zajmowano się jedynie odpadami powstającymi w kompleksie paliwowo-energetycznym oraz sposobami ich lokowania w kopalniach. Jest to zapewne tylko część problemów związanych z zagadnieniem ochrony środowiska, niemniej w warunkach Górnośląskiego Okręgu Przemysłowego bardzo ważna. Prowadzone są dalsze wielokierunkowe prace nad ograniczeniem ilości wytwarzanych odpadów i ich utylizacją w sposób nie zagrażający środowisku naturalnemu. Dla wielu rejonów przemysłowych jest to problem ogromnej wagi, dlatego pozwoliliśmy sobie zaprezentować niektóre, wybrane metody stosowane w Polsce.

LITERATURA

1. Patent PL 124 412 "Sposób likwidacji i zabezpieczenia pustek podziemnych".
2. Zgłoszenia patentowe pod nr P-251 909 pt.: "Mieszanka podsadzkowa do wypełnienia wybranej przestrzeni albo wykonywania sztucznego stropu" i nr P-251 910 pt.: "Sposób i instalacje do wykonywania podsadzki wybranej przestrzeni (lub sztucznego stropu wyrobiska górniczego)".
3. Gałeczka S., Skrupnik K., Frysz S., Leśniewski F.: System ścianowy z podsadzką pneumatyczną pyłem lotnym. Wiadomości Górnicze 8/85.
4. Określenie możliwości zastosowania popiołów lotnych z Elektrowni "Łaziska" jako materiału podsadzkowego przy eksploatacji ścianowej w KWK "Bolesław Śmiały". Praca zbiorowa pracowników Instytutu Górnictwa Podziemnego i Bezpieczeństwa Pracy AGH w Krakowie.
5. Opisy patentowe zgłoszone pod nr P-248 997, P-248 985 i P-247 672.
6. Patent PL 139 108 pt.: "Sposób eksploatacji złóż przy zachowaniu ciągłego kierowania deformacją powierzchni szczególnie w zasięgu wpływów eksploatacji górniczej".

Recenzent: Prof. dr hab. inż. Zdzisław Kłeczek

Wpłynęło do Redakcji w lutym 1987 r.

ВОЗМОЖНОСТИ УТИЛИЗАЦИИ МЕЛКОФРАКЦИОННЫХ ОТХОДОВ ПУТЁМ
СКЛАДИРОВАНИЯ ИХ В ГОРНЫХ МАССИВАХ И ПОДЗЕМНЫХ ВЫБОТКАХ

Резюме

Добыче полезных ископаемых и их переработке сопутствует производство отходов, складирование которых на поверхности влияет на загрязнение окружающей среды в промышленных округах. В последние годы особенно вредным стало складирование в последние годы шламов, летучих зол, флотационных отходов. Поэтому, в польском горном деле ведутся исследовательские и внедрительные работы, целью которых является использование этих отходов в горном строительстве, управлении горообразованием или непосредственное складирование их в эксплуатационных выработках.

В статье указаны результаты последних исследований в этой области и характеристики новых польских технологий и подробных технических решений, связанных с производством закладочных пульп, их транспортировкой и складированием в эксплуатационных выработках.

Охарактеризованы методы:

- закладки пустот Вебера в горном массиве;
- дополнительное уплотнение посадки кровли и проконопачивание пласта искусственной кровли;
- выполнения консолидированной закладки.

POSSIBILITIES OF UTILIZATION OF FINE FILTERED WASTE
BY STORING THEM IN THE ROCK MASS AND UNDERGROUND WORKINGS

Summary

The exploitation of useful minerals and their treatment is accompanied by the production of waste, the storage of which on the surface leads to the pollution of the environment. The storags of such fis- grained materials as sludge, flyashes and flotation waste has become aspecially troublesome. Hence, in Polish mining, research has been done into the possibilities of the use of waste of that type in building industry, controlling deformations of the rock mass and into the possibilities of their storage in old workings.

The paper presents results of the carried out experiments, and characteristics of new Polish technologies and technical solutions connected with the production of stowing mixtures and their transport to workings are given.

Such methods as:

- filling Waber's voids in the rock mass,
 - packing caving and producing a layer of an artificial roof,
- are characterized.

WYKONANIE PRACOWNICZYCH DOŚWIADCZEŃ I WNIOSKI W ZWIĄZKU Z WYKONANIEM PRAC W ZAKRESIE WYKORZYSTANIA ODPADÓW DROBNOFRAKCYJNYCH

W niniejszym artykule podano wyniki badań laboratoryjnych i terenowych, które miały na celu wypracowanie nowych technologii i rozwiązań technicznych związanych z produkcją mieszanek do wstawiania i ich transportem do wyrobisk. Wyniki badań i rozwiązania techniczne, które zostały opracowane, są następujące: wypełnianie pustki Wabera w masy skalne, pakowanie kruszywa i wytworzenie warstwy sztucznej dachy.

W celu uzyskania najlepszych wyników wykonano badania laboratoryjne i terenowe. Wyniki badań i rozwiązania techniczne, które zostały opracowane, są następujące: wypełnianie pustki Wabera w masy skalne, pakowanie kruszywa i wytworzenie warstwy sztucznej dachy.

Wnioski z wykonanych badań i wypracowane rozwiązania techniczne są następujące: wypełnianie pustki Wabera w masy skalne, pakowanie kruszywa i wytworzenie warstwy sztucznej dachy.

1. WSTĘP

W niniejszym artykule podano wyniki badań laboratoryjnych i terenowych, które miały na celu wypracowanie nowych technologii i rozwiązań technicznych związanych z produkcją mieszanek do wstawiania i ich transportem do wyrobisk. Wyniki badań i rozwiązania techniczne, które zostały opracowane, są następujące: wypełnianie pustki Wabera w masy skalne, pakowanie kruszywa i wytworzenie warstwy sztucznej dachy.

Wnioski z wykonanych badań i wypracowane rozwiązania techniczne są następujące: wypełnianie pustki Wabera w masy skalne, pakowanie kruszywa i wytworzenie warstwy sztucznej dachy.