

Franciszek PLEWA, Zdzisław MYSŁEK

TEORETYCZNE PODSTAWY WYZNACZANIA STOPNIA WYPEŁNIENIA RUMOWISKA ZAWAŁOWEGO MIESZANINĄ ODPADÓW DROBNOFRAKCYJNYCH Z WODĄ

Streszczenie. W artykule przedstawiono analizę teoretyczną pozwalającą na określenie ilości możliwych do ulokowania w zrobach zawałowych odpadów drobnofrakcyjnych, takich jak np. popioły lotne, odpady poflotacyjne itp.

Uzyskane wyniki porównano z wodną chłonnością (pojemnością) zrobów zawałowych aktualnie uzyskiwaną w praktyce górniczej.

THEORETICAL BASIS FOR DETERMINATION OF FILLING COEFFICIENT OF CAVINGS WITH USE OF FINE-GRAINED INDUSTRIAL WASTE - WATER MIXTURE

Summary. The paper presents theoretical analysis of determination of volume of fine-grained industrial waste (i.e. fly ashes, flotation tailing) that can be deposited in cavings. Obtained results have been compared with water absorptivity (volume capacity) of caving areas.

ТЕОРЕТИЧЕСКИЕ ОСНОВЫ ОПРЕДЕЛЕНИЯ СТЕПЕНИ ЗАПОЛНЕНИЯ ОБРУШЕННОГО ЩЕБЕНИЯ В ВЫРАБОТАННОМ ПРОСТРАНСТВЕ СМЕСЕЙ МЕЛКОФРАКЦИОННЫХ ОТХОДОВ С ВОДОЙ

Резюме. В статье представлено теоретический анализ который позволит определить возможное количество мелкофракционных смесей для помещения в обрушенном пространстве таких как пр. легкий пепел, флотационные хвосты и др. Получены результаты сравнено с водной поглотительной способностью (ёмкостью) выработанного обрушенного пространства.

1. WPROWADZENIE

Doszczelnianie zrobów zawałowych drobnofrakcyjnymi odpadami przemysłowymi, głównie popiołami lotnymi, w postaci mieszaniny popiołowo-wodnej, stosowane w ramach profilaktyki przeciwpożarowej, pozwala poza ograniczeniem ilości pożarów endogenicznych na poprawę warunków wentylacyjnych, zmniejszenie zagrożenia metanowego oraz na ograniczenie wpływu prowadzonej eksploatacji zawałowej na deformacje górotworu i powierzchni [3].

Ilość możliwych do ulokowania w zrobach zawałowych popiołów lotnych zależy od wielu czynników, wśród których do najważniejszych należy zaliczyć:

- rodzaj gruzowiska zawałowego,
- porowatość zawału,
- rodzaj i własności warstw stropowych,
- wysokość zawału,
- grubość i nachylenie pokładu,
- stopień zaciśnięcia zrobów,
- dostępność zrobów,
- własności migracyjne i penetracyjne mieszaniny popiołowo-wodnej,
- sposób doszczelniania zrobów zawałowych.

2. OPIS TEORETYCZNY CHŁONNOŚCI ZROBÓW ZAWAŁOWYCH

Teoretycznie ilość możliwych do ulokowania w zrobach zawałowych popiołów lotnych powinna być równa porowatości gruzowiska zawałowego, czyli objętości wolnych przestrzeni w zawale.

Porowatość zawału zależy od współczynnika rozluźnienia zawału, który w zależności od rodzaju warstw stropowych zmienia się w przedziale $k_r = 1.15 \div 1.35$ (1.50) [1, 2].

Objętość wolnych przestrzeni zawału do wysokości wybranego pokładu, która może być wypełniona mieszaniną popiołowo-wodną, jest równa różnicy objętości wybranego pokładu i objętości skał przechodzących w zawał:

$$V_{pz} = V_p - V_z \quad [\text{m}^3] \quad (1)$$

gdzie:

V_p - objętość wybranego pokładu, m^3 ,

V_z - objętość warstw stopowych przechodzących w zawał potrzebnych dla wypełnienia pustki, m^3 .

$$V_z = \frac{V_p}{k_r} \quad [\text{m}^3] \quad (2)$$

k_r - współczynnik rozluźnienia zawału.

Zatem objętość możliwych do ulokowania popiołów lotnych w zrobach zawałowych do wysokości wybranego pokładu wyniesie:

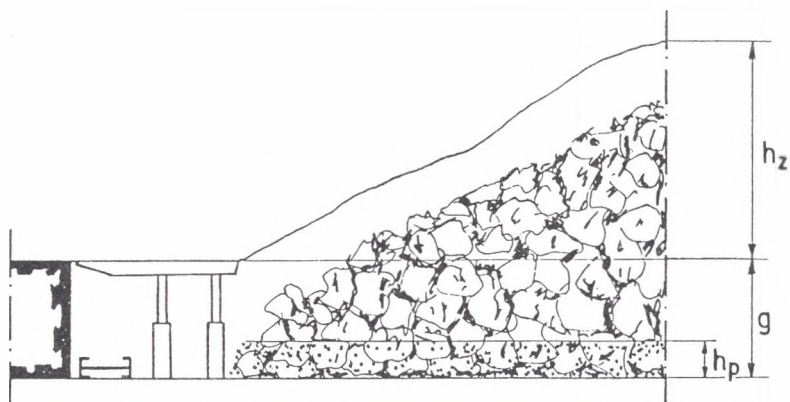
$$V_{pz} = V_p - \frac{V_p}{k_r} = V_p \left(1 - \frac{1}{k_r} \right) \quad [\text{m}^3] \quad (3)$$

Natomiast masa popiołów lotnych ulokowana w zrobach będzie równa:

$$m_p = V_{pz} \cdot \rho_p = V_p \left(1 - \frac{1}{k_r} \right) \rho_p \quad [\text{t}] \quad (4)$$

gdzie:

ρ_p - gęstość nasypowa popiołów lotnych w stanie zagęszczonym (po odsączeniu wody), t/m^3 .



Rys.1. Schemat doszczelniania zrobów zawałowych mieszaniną popiołowo-wodną

Fig.1. Scheme of filling of cavings with fly ash - water mixture

Względna ilość ułożonych popiołów lotnych w stosunku do ilości wydobytego węgla wyniesie:

$$\frac{m_p}{m_w} = \frac{V_p \left(1 - \frac{1}{k_r}\right) \rho_p}{V_p \rho_w} = \frac{\left(1 - \frac{1}{k_r}\right) \rho_p}{\rho_w} \quad [t/t] \quad (5)$$

gdzie:

ρ_w - gęstość właściwa węgla, t/m^3 .

Stopień wypełnienia zrobów zawałowych popiołami lotnymi zależy od sposobu włączania mieszaniny popiołowo-wodnej. W zależności od stopnia wypełnienia zrobów ilość możliwych do ułożenia popiołów lotnych w stosunku do ilości wybranego węgla zgodnie z oznaczeniami przedstawionymi na rys.1 wyniesie:

$$\frac{m_p}{m_w} = \frac{h_p \left(1 - \frac{1}{k_r}\right) \rho_p}{g \rho_w} \quad [t/t] \quad (6)$$

gdzie:

h_p - wysokość doszczelnianej warstwy zawału, m,

- g - grubość wybieranego pokładu, m,
 k_r - współczynnik rozluźnienia zawалу,
 ρ_p - gęstość nasypowa popiołów lotnych w stanie zagęszczonym, t/m^3 ,
 ρ_w - gęstość właściwa węgla, t/m^3 .

W przypadku gdy wysokość doszczelnianej warstwy zawalu jest równa grubości wybieranego pokładu, czyli gdy $h_p = g$, wzór (6) przyjmuje postać:

$$\frac{m_p}{m_w} = \left(1 - \frac{1}{k_r}\right) \frac{\rho_p}{\rho_w} \quad [t/t] \quad (7)$$

Natomiast gdy mieszanina popiołowo-wodna wypełnia wszystkie pustki w zawale, tzn. gdy:

$$h_p = g + h_z \quad [m] \quad (8)$$

gdzie:

h_z - wysokość zawalu, m,

$$h_z = \frac{g}{k_r - 1} \quad [m] \quad (9)$$

wyrażenie (6) przyjmuje postać:

$$\frac{m_p}{m_w} = \frac{(g + h_z) \left(1 - \frac{1}{k_r}\right) \rho_p}{g \rho_w} = \frac{\left(g + \frac{g}{k_r - 1}\right) \left(1 - \frac{1}{k_r}\right) \rho_p}{g \rho_w} \quad [t/t] \quad (10)$$

Wykorzystując podane wyżej zależności można wyznaczyć teoretyczną chłonność zrobów zawalowych przy eksploatacji pokładów węgla.

3. ANALIZA CHŁONNOŚCI ZROBÓW ZAWAŁOWYCH DLA WYBRANEJ KOPALNI WĘGLA KAMIENNEGO

Celem sprawdzenia wyprowadzonych zależności teoretycznych przeprowadzono analizę porównawczą chłonności zrobów zawałowych pokładu 510 KWK „Miechowice”.

Z przeprowadzonych obliczeń wynika, że dla analizowanych warunków doszczelniania zrobów zawałowych teoretyczna ilość możliwych do ulokowania popiołów lotnych w zależności od wartości współczynnika rozluźnienia zawału i grubości doszczelnianej warstwy zawału zmienia się w przedziale od 0.031 do 0.857 t/t wydobytego węgla.

Należy dodać, że wyznaczona chłonność zrobów dotyczy zrobów nie zaciśniętych doszczelnianych w czasie biegu ściany. Chłonność zrobów zaciśniętych doszczelnianych po zakończeniu eksploatacji będzie znacznie mniejsza.

Minimalna wartość zrobów została wyznaczona dla grubości warstwy doszczelnianego zawału równej 0.5 m, natomiast maksymalna chłonność odpowiada całkowitemu wypełnieniu popiołami lotnymi pustych przestrzeni gruzowiska zawałowego, co jest równe objętości wybranego węgla.

W warunkach kopalni „Miechowice” przy doszczelnianiu zrobów zawałowych ścian prowadzonych w pokładzie 510 o średniej grubości wybieranej warstwy $1.7 \div 1.8$ m, niewielkim nachyleniu pokładu, rzędu kilku stopni, średnim współczynnikiem rozluźnienia zawału 1.25 oraz stosowanej technologii doszczelniania z chodnika przyścianowego, maksymalna wysokość warstwy doszczelnianego zawału nie przekroczy grubości wybieranej warstwy pokładu. Z przeprowadzonych obliczeń wynika, że dla wyżej wymienionych warunków doszczelniania teoretyczna chłonność zrobów zawałowych wyniesie około 0.17 t popiołów lotnych na jedną tonę wydobytego węgla.

Uzyskanie większych ilości lokowanych popiołów lotnych w zrobach zawałowych wymaga stosowania innych metod doszczelniania zrobów zawałowych, takich jak doszczelnianie zrobów z czoła ściany np. za pomocą rur wleczonych lub za pomocą otworów wierconych z wyższego poziomu.

W przypadku zrobów całkowicie zaciśniętych, tzn. gdy niecka osiadania na powierzchni zostanie całkowicie wykształcona, a współczynnik osiadania osiągnie maksymalną wartość,

czyli $0.7 \div 0.8$, wówczas ilość możliwych do ułokowania popiołów lotnych zmaleje do $20 \div 30\%$ wartości początkowej dla zrobów nie zaciśniętych.

W zależności od stopnia zaciśnięcia zrobów ilość możliwych do ułokowania popiołów lotnych w zrobach zawałowych można wyznaczyć ze wzoru:

$$\frac{m_p}{m_w} = (1 - \alpha n_z) \frac{h_p \left(1 - \frac{1}{k_r}\right) \rho_p}{g \rho_w} \quad [t/t] \quad (11)$$

gdzie:

α - współczynnik osiadania dla eksploatacji zawałowej,

$\alpha = 0.7 \div 0.8$,

n_z - stopień zaciśnięcia zrobów zawałowych.

Maksymalna chłonność zrobów zawałowych całkowicie zaciśniętych dla $\alpha = 0.7$ w zależności od grubości warstwy doszczelnianej i współczynnika rozluźnienia zawału dla analizowanych warunków eksploatacji wyniesie od 9 do 257 kg/t wydobytego węgla. Przy wysokości warstwy doszczelnianej równej grubości wybieranego pokładu chłonność zrobów wyniesie około 51 kg/t. Natomiast dla współczynnika osiadania $\alpha = 0.8$ chłonność zrobów będzie się zmieniać w przedziale od 6 do 171 kg/t. Dla wysokości warstwy doszczelnianej równej grubości wybieranego pokładu chłonność zrobów wyniesie około 34 kg/t.

Przy 50% zaciśnięciu zrobów zawałowych i ilościowym współczynniku osiadania $\alpha = 0.7 \div 0.8$ maksymalna chłonność zrobów będzie równa około $60 \div 65\%$ chłonności zrobów nie zaciśniętych. Ilość możliwych do ułokowania popiołów lotnych w takich zrobach w zależności od wysokości warstwy doszczelnianej i współczynnika rozluźnienia zawału dla $\alpha = 0.7$ wyniesie od 20 do 557 kg/t, a dla końcowej wartości współczynnika osiadania $\alpha = 0.8$, od 18 do 514 kg/t wydobytego węgla.

Natomiast przy doszczelnianiu warstwy zawału o wysokości równej grubości wybieranej warstwy pokładu ilość popiołów lotnych, jaką można ułokować w zrobach zawałowych, wyniesie od 102 do 111 kg/t. Wartości te obliczono dla współczynnika rozluźnienia zawału $k_r = 1.25$.

Innym sposobem określania teoretycznej chłonności zrobów zawałowych jest wykorzystanie do wyznaczania ilości możliwych do ulokowania popiołów lotnych współczynnika wodnej chłonności (pojemności) zrobów [4].

Wodna chłonność (pojemność) zrobów zależy od:

- rodzaju skał stropowych przechodzących w zawał,
- systemu eksploatacji,
- czasu istnienia zawału,
- nachylenia pokładu,
- budowy geologicznej, itp.

Wartości wodnej pojemności zrobów zawałowych według danych zawartych w komunikacie GIG nr 626/1974 [4] przedstawia tabela 1.

Tabela 1

Wodna pojemność zrobów zawałowych [4]

Lp.	Głębokość eksploatacji [m]	Współczynnik wodnej pojemności zrobów zawałowych C_{wz}
1	200	0.322
2	400	0.213
3	600	0.141
4	800	0.095
5	1000	0.062

Ilość możliwych do ulokowania popiołów lotnych w postaci mieszaniny popiołowo-wodnej powinna być zbliżona do pojemności wodnej zrobów.

Ze względu na różnice cech fizycznych mieszaniny popiołowo-wodnej w porównaniu z wodą kopalnianą, pojemność zrobów dla mieszaniny popiołowo-wodnej będzie w rzeczywistości nieco mniejsza, niż by to wynikało ze współczynnika pojemności wodnej zrobów.

Wykorzystując współczynnik wodnej chłonności zrobów, maksymalną ilość popiołów lotnych możliwych do ulokowania w zrobach zawałowych w stosunku do ilości wydobytego węgla można określić z zależności:

$$\frac{m_p}{m_w} = C_{wz} \frac{h_p}{g} \times \frac{\rho_p}{\rho_w} \quad [t/t] \quad (12)$$

gdzie:

m_p - ilość możliwych do ulokowania popiołów lotnych, t,

m_w - ilość wydobytego węgla, t,

C_{wz} - współczynnik wodnej pojemności zrobów,

h_p - wysokość doszczelnianej warstwy zrobów, m,

$h_{pmax} = g$,

g - grubość wybieranego pokładu, m,

ρ_p - gęstość nasypowa popiołów lotnych w stanie zagęszczonym, t/m^3 ,

ρ_w - gęstość właściwa węgla, t/m^3 .

Korzystając z zależności (12) wyznaczono ilość możliwych do ulokowania popiołów lotnych w zrobach pokładu 510 w warunkach eksploatacji kopalni „Miechowice”. Przy średniej głębokości eksploatacji równej 800 m współczynnik wodnej pojemności zrobów zawałowych wyniesie $C_{wz} = 0.095$. Ilość możliwych do ulokowania popiołów lotnych w zależności od grubości doszczelnianej warstwy zawału będzie się zmieniać od 23 do 72 kg/t wydobytego węgla. Porównując ilości możliwych do ulokowania popiołów lotnych w zrobach zawałowych wynikających z porowatości gruzowiska zawałowego oraz współczynnika wodnej pojemności zrobów można stwierdzić, że wartości uzyskane pierwszą metodą są około dwukrotnie wyższe. Związane jest to z uwzględnieniem we współczynniku wodnej pojemności zrobów stopnia ich zaciśnięcia, wynikającego z głębokości eksploatacji. Porównywalne wyniki dla obu metod uzyskuje się po przyjęciu stopnia zaciśnięcia zrobów około 70%.

4. PODSUMOWANIE

Doszczelnianie zrobów zawałowych odpadami drobnofrakcyjnymi, a w szczególności popiołami lotnymi, jest jedną z najbardziej efektywnych metod ich zagospodarowania pozwalającą na ograniczenie zagrożenia pożarowego, poprawę warunków wentylacyjnych, a także na zmniejszenie deformacji powierzchni i górotworu. Ilość możliwych do ulokowania popiołów lotnych w zrobach zawałowych zależy od wielu czynników, wśród których do najważniejszych należy zaliczyć: rodzaj i porowatość gruzowiska zawałowego, wysokość zawału, rodzaj i własności warstw stropowych, grubość wybieranego pokładu, stopień zaciśnięcia i dostępność zrobów, sposób doszczelniania zrobów oraz własności migracyjne mieszaniny popiołowo-wodnej. Przedstawiona metoda teoretycznego określania chłonności zrobów zawałowych doszczelnianych mieszaniną popiołowo-wodną pozwala z wystarczającą dla praktyki górniczej dokładnością wyznaczać ilość możliwych do ulokowania w zrobach zawałowych popiołów lotnych.

LITERATURA

1. Staroń T., Zamojski B.: „Wyznaczanie zasięgu deformacji górotworu nad pokładem eksploatowanym z zawałem stropu w świetle pomiarów podziemnych i rozważań teoretycznych”, *Ochrona Terenów Górniczych*, nr 36, 1976 r.
2. Sroka A., Schober F., Sroka T.: „Ogólne zależności między wybraną objętością pustki poeksploatacyjnej a objętością niecki osiadania z uwzględnieniem funkcji czasu”, *Ochrona Terenów Górniczych*, nr 79, 1987 r.

3. Palarski J., Plewa F., Mysłek Z.: „Parameters of forced hydraulic filling of cavings”, 7th International Conference „Transport and Sedimentation of Solid Particles”, Wrocław 1992 r.
4. Komunikat GIG nr 626, 1974 r.

Recenzent: Dr inż. Eugeniusz Bąk

Wpłynęło do Redakcji 10 lipca 1995 r.

Abstract

The paper presents theoretical analysis of determination of volume of fine-grained industrial waste (i.e. fly ashes, flotation tailing) that can be deposited in caving areas.

The analysed scheme of sealing of cavings with use of fly ash - water mixture has been presented in fig.1. Obtained results have been compared with water absorptivity (volume capacity) of caving areas (table 1). With using of water absorptivity coefficient the maximal volume of fine grained waste that can be deposited in cavings can be determined from equation (12). Presented method of theoretical determination of cavings absorptivity by fillin with fine-grained waste - water mixture allows, with sufficiently for mining practice accuracy, to determine amounts of waste that can be deposited in cavings.