

Franciszek PLEWA*, Marcin POPCZYK**, Piotr PIERZYNA**, Tomasz MIGDAS***

Możliwości wykorzystania w górnictwie soli spoiwa z udziałem odpadów energetycznych

STRESZCZENIE. W referacie przedstawiono wyniki badań wybranych właściwości fizyko mechanicznych mieszaniny rumoszu solnego, solanki oraz spoiwa wytworzonego z udziałem odpadów energetycznych tzw. UPS. Mieszanina ta może mieć zastosowanie w pracach przy likwidacji wyrobisk podziemnych w górnictwie solnym poprzez ich wypełnienie. Zastosowanie jako składnika mieszaniny wypełniającej rumoszu solnego oraz solanki będącej w posiadaniu kopalni stwarza możliwości wykorzystania tych materiałów w pracach podziemnych ograniczając koszty jej wytworzenia i ograniczając w istotny sposób negatywne oddziaływanie na środowisko naturalne.

SŁOWA KLUCZOWE: górnictwo soli, zagospodarowanie odpadów, rumosz solny, spoiwo

Wprowadzenie

Na świecie oraz w Polsce odpady energetyczne od wielu lat są z powodzeniem wykorzystywane w formie odzysku w podziemnych technologiach górniczych, a ich zakres zastosowania oraz możliwości są coraz szersze [1]. Jedną z takich możliwości jest wykorzystanie spoiw hydraulicznych powstających na bazie popiołów lotnych w górnictwie między innymi w takich technologiach jak: wykonywanie pasów podsadzkowych, iniekcja

* Prof. dr hab. inż., ** Dr inż. — Wydział Górnictwa i Geologii, Politechnika Śląska, Gliwice.

*** Mgr inż. — Kopalnia Soli Bochnia.

rozluźnionych warstw skalnych, rekonsolidacja gruzowiska zawałowego celem utworzenia sztucznego stropu czy też podszadzki samozestalającej [5, 6]. Podczas prowadzenia robót górniczych w czynnych kopalniach soli, a także podczas prowadzenia robót górniczych związanych z rekonstrukcją wyrobisk dołowych w kopalniach zabytkowych jak np. w kopalni „Bochnia” powstaje znaczna ilość materiału odpadowego w postaci rumoszu skalnego czy solanki, które lokowane są głównie w wybranych wyrobiskach podziemnych lub na powierzchni. Jedną z możliwości wykorzystania tych materiałów może być sporządzenie na ich bazie wraz z dodatkiem spoiwa hydraulicznego mieszaniny podszadzkowej (wypełniającej) o określonych parametrach wytrzymałościowych. W referacie przedstawiono wybrane wyniki badań parametrów wytrzymałościowych w/w mieszanin.

1. Metodyka oraz materiały użyte do badań

Badania laboratoryjne mieszanin spoiwa hydraulicznego, gruzu solnego oraz solanki pod kątem wykorzystania w podziemiu kopalń soli wykonano zgodnie z PN-G/11010:1993 oraz PN-G/11011:1998 i obejmowały pomiary następujących parametrów:

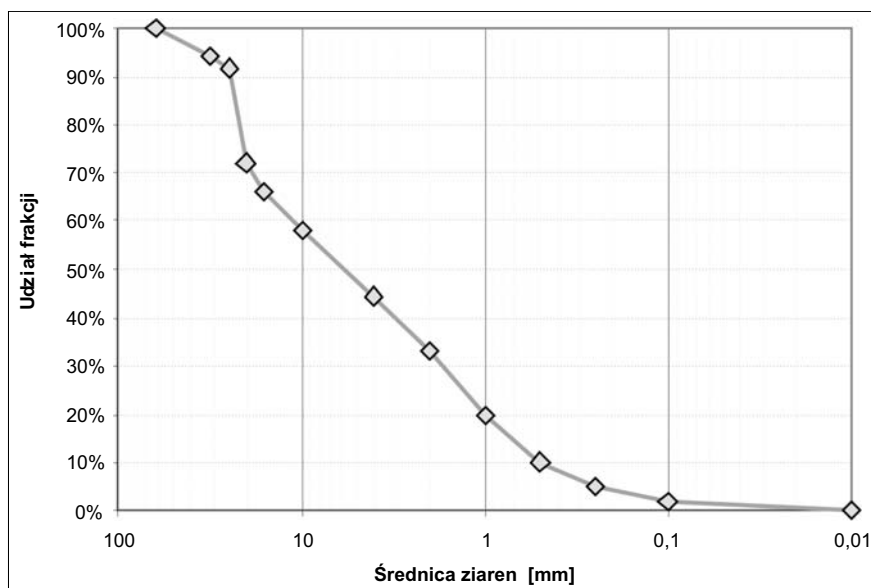
- ✧ wytrzymałość na jednoosiowe ściskanie,
- ✧ rozmakalność,
- ✧ ściśliwość.

Celem uwzględnienia wpływu warunków klimatycznych występujących w likwidowanych podziemnych wyrobiskach wykonane próbki mieszanin sezonowano w dwóch cyklach. W pierwszym cyklu próbki sezonowano w komorze klimatycznej przez 28 dni, w drugim cyklu po sezonowaniu w komorze próbki umieszczono na następne 28 dni w solance celem określenia wpływu środowiska zawodnionego na ich wytrzymałość. Badania wytrzymałościowe przeprowadzono w pierwszym cyklu sezonowania po 4, 7, 14 i 28 dniach natomiast w drugim cyklu po 28 dniach moczenia w solance. Badanie ściśliwości przeprowadzono na koniec pierwszego cyklu sezonowania czyli po 28 dniach. Temperatura przechowywania prób w komorze klimatycznej wynosiła 25°C, wilgotność 95%.

Do badań wybranych parametrów wytrzymałościowych zastosowano następujące materiały:

- ✧ spoiwo hydrauliczne sporządzone na bazie UPS, środków wiążących oraz dodatków,
- ✧ rumosz solny pozyskany z kopalni „Bochnia”,
- ✧ solankę pełnonasyconą z kopalni „Bochnia”.

W dalsze części referatu przedstawiono przykładowe wyniki badań dla trzech mieszanin (Mieszanina 1, 2 i 3) różniących się zastosowanym spoiwem hydraulicznym pod względem składu poszczególnych komponentów. Udział masy rumoszu solnego w tych mieszaninach w stosunku do suchej masy spoiwa był stały i wynosił 0,45. Udział solanki w mieszaninach był tak dobrany aby gotowa mieszanina charakteryzowała się konsystencją gęsto plastyczną. Poniżej przedstawiono krzywą uziarnienia wykorzystanego do badań rumoszu solnego z kopalni „Bochnia”.



Rys. 1. Analiza składu ziarnowego rumoszu solnego z kopalni „Bochnia”

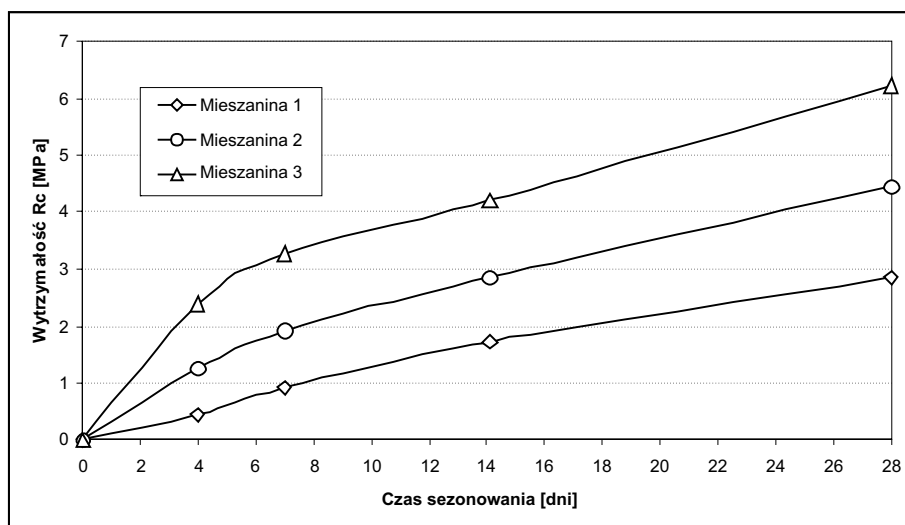
Fig. 1. Grain-size distribution of the waste from salt rock

2. Wyniki badań

Wyniki badań wytrzymałości na jednoosiowe ściskanie prób mieszanin podsadzkowych po 4, 7, 14 i 28 dniach sezonowania w komorze klimatycznej przedstawiono na rysunku 2, natomiast na rysunku 3 zestawiono wyniki wytrzymałości prób po 28 dniach sezonowania w komorze klimatycznej oraz prób, które po sezonowaniu w komorze były zanurzone przez 28 dni w solance.

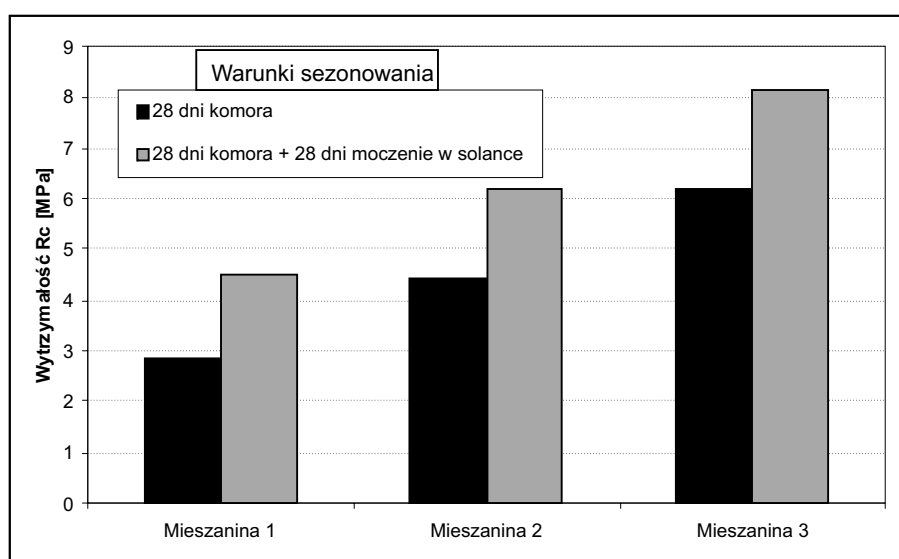
Jak wynika z przedstawionych wyników badań wytrzymałość na jednoosiowe ściskanie dla wszystkich badanych trzech mieszanin w czasie sezonowania w komorze klimatycznej sukcesywnie rośnie i po 28 dniach zawiera się w zakresie od 2,9 do 6,2 MPa. Wartości te w pełni spełniają wymagania normowe ($>0,5$ MPa) dotyczące wytrzymałości R_c dla podsadzki zastalanej. Jak widać na rysunku 3 wytrzymałość próbek po 28 dniach sezonowania w komorze dalej wzrasta pomimo przechowywania w solance. Wartość wzrostu wytrzymałości próbek moczonych dodatkowo w solance w porównaniu do próbek przed moczeniem zawiera się w przedziale od około 30 do 60%. Na rysunku 4 przedstawiono wyniki badań ściśliwości wykonane po okresie 28 dni sezonowania w komorze klimatycznej.

Jak wynika z przeprowadzonych badań wszystkie mieszaniny przy ciśnieniu 15 MPa charakteryzowały się ściśliwością poniżej 5%, co klasyfikuje je zgodnie z PN-93/G-11010 do I Klasy materiałów wypełniających.



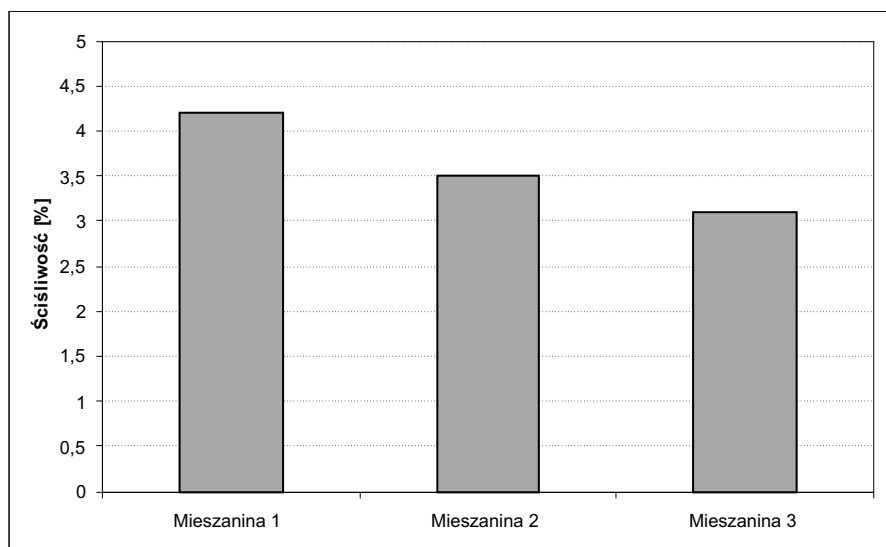
Rys. 2. Wytrzymałość R_c mieszanin spoiw, rumoszu solnego oraz solanki w czasie sezonowania w komorze klimatycznej

Fig. 2. Compressive strength R_c of mixtures of binders, rock rubble, and saline waters in a function of cure time in an air-conditioned chamber



Rys. 3. Wytrzymałość R_c mieszanin po 1 i 2 cyklu sezonowania

Fig. 3. Compressive strength R_c of mixtures after cure 1 and 2 cure cycles



Rys. 4. Ścisłość mieszanin różnych spoiw, rumoszu solnego oraz solanki po 28 dniach sezonowania w komorze klimatycznej

Fig. 4. Compressibility of mixtures of different binders, rock rubble, and saline waters after 28 days of cure time in an air-conditioned chamber

Podsumowanie

Zaprezentowane w referacie wyniki badań wytrzymałościowych trzech przykładowych mieszanin sporządzonych na bazie spoiw opartych na UPS, rumoszu solnego oraz solanki wykazały pełną zgodność badanych parametrów z wymaganiami normowymi dotyczącymi materiałów podsadzkowych [2, 3]. Po 28 dniach sezonowania w komorze klimatycznej wszystkie mieszaniny charakteryzowały się wytrzymałością R_c w zakresie od 2,9 do 6,2 MPa. Ścisłość określona normowo przy ciśnieniu 15 MPa dla badanych mieszanin wynosiła od 3,1 do 4,2% co klasyfikuje je w I klasie materiałów podsadzkowych. Niewątpliwą zaletą zaprezentowanych mieszanin jest możliwość wykorzystania do ich sporządzania materiałów odpadowych kopalni soli w postaci rumoszu solnego oraz solanki ograniczając koszty jej wytworzenia i ograniczając w istotny sposób negatywne oddziaływanie na środowisko naturalne. Wykonane badania potwierdzają również odporność wszystkich badanych mieszanin po ich zestaleniu na niekorzystne oddziaływanie solanki, która z biegiem czasu może mieć dostęp do miejsc wypełnionych mieszaninami podsadzkowymi. Świadczy o tym wzrost wytrzymałości próbek umieszczonych w solance w porównaniu do próbek przed moczeniem w przedziale od 30 do 60%. Otrzymane wyniki badań pozwalają rekomendować zaprezentowane w referacie mieszaniny do technologii podziemnych w górnictwie solnym wymagających zastosowania materiału konstrukcyjnego lub wypełniającego o określonych parametrach wytrzymałościowych. Do takich technologii

można zaliczyć np.: podsadzkę zestalaną, likwidację wyrobisk korytarzowych w tym szybów i szybików oraz tworzenie pasów podsadzkowych [5, 6, 7]. Warunkiem uzyskania w warunkach przemysłowego zastosowania wielkości parametrów wytrzymałościowych przedstawionych w referacie mieszanin jest zastosowanie technologii wytwarzania mieszaniny pozwalającej uzyskać dokładne dozowanie poszczególnych komponentów oraz ich wymieszanie.

Literatura

- [1] Rozporządzenie Ministra Środowiska z dnia 21 marca 2006r. w sprawie odzysku lub unieszkodliwiania odpadów poza instalacjami i urządzeniami (Dz.U. nr 49 poz. 356).
- [2] PN-G/11011:1998 Materiały do podsadzki zestalanej i doszczelniania zrobów. Wymagania i badania.
- [3] PN-G/11010:1993 Materiały do podsadzki hydraulicznej. Wymagania i badania.
- [4] PLEWA F., MYSŁEK Z., 2001 – Zagospodarowanie odpadów przemysłowych w podziemnych technologiach górniczych. Monografia. Wydawnictwo Politechniki Śląskiej, Gliwice.
- [5] PLEWA F., POPCZYK M., PIONTEK P., 2009 – Zastosowanie ubocznych produktów spalania z kotłów fluidalnych energetyki zawodowej w podsadźce hydraulicznej. *Polityka Energetyczna* t. 12, Wyd. IGSMiE PAN, Kraków.
- [6] PLEWA F., MYSŁEK Z., STROZIK G., 2008 – Zastosowanie odpadów energetycznych do zestalania rumowiska skalnego. *Polityka Energetyczna* t. 11, Wyd. IGSMiE PAN, Kraków.
- [7] PLEWA F., POPCZYK M., PIERZYNA P., 2010 – Wykorzystanie UPS z kotłów fluidalnych do likwidacji szybów w górnictwie węgla kamiennego. *Polityka Energetyczna* t. 13, Wyd. IGSMiE PAN, Kraków.
- [8] PALARSKI J., PLEWA F., POPCZYK M., 2007 – Możliwości określania własności mieszanin zestalających stosowanych w podziemnych technologiach górniczych na podstawie rozlewności. Konferencja IV Warsztaty: Popioły lotne i spoiwa mineralne w technologiach górniczych, Wisła.

Franciszek PLEWA, Marcin POPCZYK, Piotr PIERZYNA, Tomasz MIGDAS

Application possibilities of a binder with power generation waste content in salt mining

Abstract

During mining operations in industrially active salt mines, and also during mining works conducted in relation with reconstruction of mine workings in historical mines, as in “Bochnia” salt mine for example, large amounts of waste material become into existence, in a form of rock rubble or

saline waters, which are deposited mainly in selected workings or at the surface. The paper presents results of compressive strength measurements of a group of three exemplary mixtures made with use of binders based on combustion by-products, rock rubble and saline water. The measurements results show full correlation of measured parameters with requirements given by the standards. After 28 days of curing in a climate chamber, all mixtures exposed compressive strength R_c in the range between 2,9 and 6,2 MPa.

Non disputable advantage of presented mixtures is possibility for the use of the own salt mine materials in a form of rock rubble and saline waters for their preparation. Conducted tests proved also the resistance of all considered mixtures against impact of saline waters, which are supposed to get access to the spaces filled with backfill mixtures after certain period of time. The evidence for this conclusion is further growth of strength of the samples cured in saline water by 30 to 60% compared with samples, which were cured out of contact with saline waters. As it results from conducted measurements, all mixtures expressed compressibility smaller than 5% under the pressure of 15 MPa, what classifies them as backfill materials of class I, accordingly to standard PN-93/G-11010. Obtained test results allow recommend mixtures being presented in this paper for use in underground technologies in salt mining, which require use of construction materials of determined mechanical properties. Into such technologies belong stabilized backfill, liquidation of mine workings and shafts, and construction of backfill packs. Technology of preparation of discussed mixtures in mine conditions shall ensure precise mass proportions of all components and their adequate mixing, accordingly to the requirements of given application technology.

KEY WORDS: salt mining, waste utilization, salt rubble, binder