

Rafał DĘBKOWSKI, Franciszek PLEWA,
Zdzisław MYSŁEK, Grzegorz STROZIK

WPLYW ODPADÓW FLOTACJI RUD MIEDZI NA JAKOŚĆ PODSADZKI HYDRAULICZNEJ

Streszczenie. W procesie wzbogacania rud miedzi powstają znaczne ilości odpadów flotacji. Część z nich, a w szczególności ich frakcja piaskowa, może być wykorzystana w podsadzce hydraulicznej. W referacie przedstawiono wyniki badań przydatności odpadów flotacji jako składnika podsadzki hydraulicznej. Badaniami objęto wpływ udziału odpadów flotacji na jakość podsadzki, a w szczególności na zanieczyszczenie wody podsadzkowej oraz ścisłość podsadzki w zależności od rodzaju i składu materiału podsadzkowego.

INFLUENCE OF COPPER ORE FLOTATION TAILINGS ON THE QUALITY OF HYDRAULIC BACKFILL

Summary. Processing of copper ore produces large amounts of flotation tailings. Some part of them, especially sand-like fraction may be applied in hydraulic backfill. The paper presents results of laboratory tests of usefulness of those tailings as a material for hydraulic backfill. The test program covered influence of tailings on backfill's quality, especially backfill water contamination and compressibility of backfill in relation to sorts and proportions of backfill materials

1. Wstęp

Procesowi wzbogacania rud miedzi towarzyszy powstawanie znacznych ilości odpadów flotacji. W kopalniach miedzi LGOMu powstaje rocznie około 20 mln ton tych odpadów, które w całości składowane są w zbiorniku powierzchniowym „Żelazny Most”. Ograniczona pojemność zbiornika oraz

względy ekologiczne i ekonomiczne zmuszają do poszukiwania nowych sposobów zagospodarowywania tych odpadów. Najbardziej racjonalne wydaje się ich lokowanie w podziemnych wyrobiskach przez wykorzystanie w technologiach górniczych, takich jak: wypełnianie pustek w górotworze, doszczelnianie zrobów zawałowych, podsadzka hydrauliczna czy podsadzka samozestalająca. Podobne trendy obserwuje się także w innych krajach wydobywających rudy metali. Przykładem może być górnictwo złota w RPA, które od połowy lat 80 prowadzi intensywne prace nad rozwojem technologii wypełniania pustek poeksploatacyjnych przy użyciu materiałów bazujących na odpadach flotacji [2,3]. Wśród wymienionych technologii największe perspektywy posiada wykorzystanie odpadów flotacji do wypełniania pustek w górotworze i doszczelniania starych zrobów zawałowych, głównie ze względu na dobre własności migracyjne wynikające z uziarnienia odpadów. Ewentualne problemy mogą występować jedynie z odprowadzaniem wody nadmiarowej, aby nie spowodować zagrożenia wodnego dla czynnych rejonów kopalni.

Podsadzka hydrauliczna jako sposób kierowania stropem wymaga stosowania materiałów podsadzkowych o określonych parametrach ujętych w normie PN-93/G-11010 [1, 4]. W celu ograniczenia zużycia piasku jako podstawowego materiału podsadzkowego do podsadzki hydraulicznej można wykorzystywać najgrubszą frakcję odpadów wydzieloną w hydrocyklonach, odpowiadającą wymaganiom normy w zakresie składu ziarnowego.

Celem badań jest określenie wpływu odpadów flotacji jako składnika materiału podsadzkowego na jakość podsadzki hydraulicznej, a w szczególności na jej ściśliwość i zanieczyszczenie wody odprowadzanej z podsadzki. W oparciu o wyniki badań zostanie określony maksymalny udział odpadów w mieszaninie z piaskiem dla uzyskania podsadzki o wymaganych parametrach.

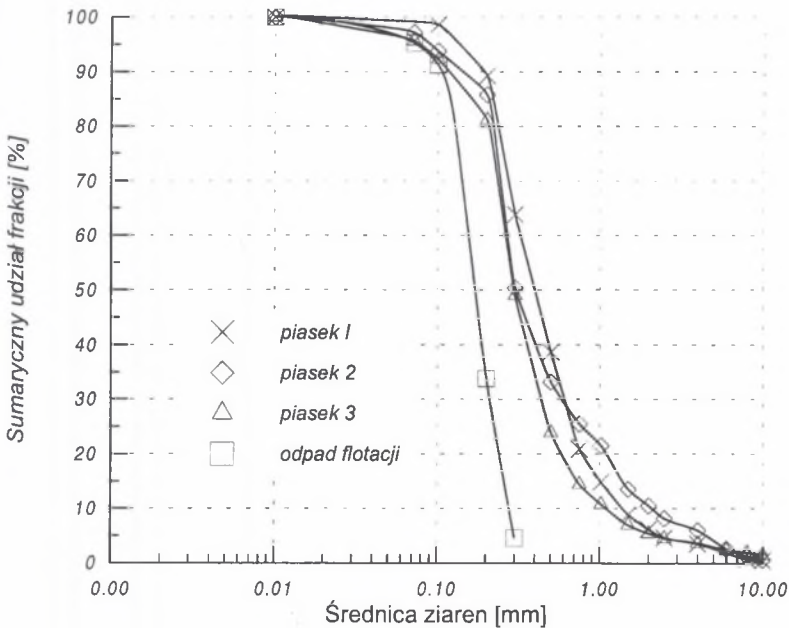
2. Charakterystyka materiałów użytych do badań

W badaniach wpływu odpadów flotacji na parametry podsadzki hydraulicznej użyto piasku podsadzkowego klasy I, II i III oraz odpadów flotacji z ZWR „Polkowice”.

Krzywe składu ziarnowego badanych materiałów przedstawiono na wykresie - rys.1.

Z analizy krzywych składu ziarnowego wynika, że zawartość frakcji drobnych poniżej 0.1 mm w badanych materiałach podsadzkowych wynosiła:

- piasek I - 1.41%,
- piasek II - 6.20%,
- piasek III - 7.73%,
- odpady flotacji - 8.74%.



Rys. 1. Krzywe granulometryczne badanych materiałów podsadzkowych

Fig. 1. Grain-size distribution curves of analyzed backfill materials

Składy objętościowe badanych mieszanin podsadzkowych przedstawiono w tabeli 1. Wodę dodawano w takich proporcjach, aby gęstość objętościowa mieszaniny podsadzkowej oscylowała wokół wartości 1800 kg/m³, a koncentracja objętościowa mieszaniny podsadzkowej wynosiła około 50%.

Tabela 1

Składy objętościowe badanych mieszanin materiałów
podsadzkowych

Lp.	Udział objętościowych składników mieszaniny [%]	
	Piasek	Odpad flotacji
1	100	0
2	90	10
3	80	20
4	70	30
5	50	50

3. Zakres i sposób prowadzenia badań

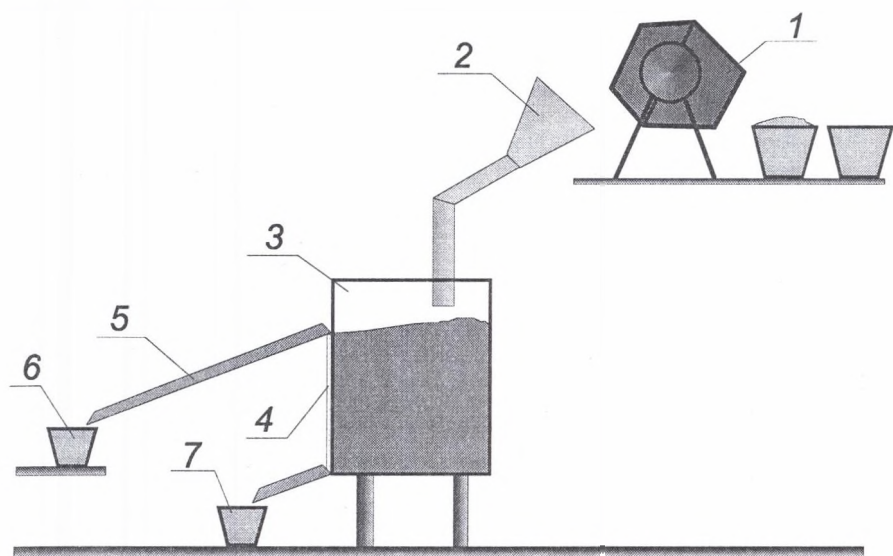
W celu określenia przydatności odpadów flotacji jako składnika podsadzki hydraulicznej przeprowadzono badania laboratoryjne obejmujące swoim zakresem następujące parametry:

- zawartość i skład ziarnowy części stałych w wodzie podsadzkowej odpływającej przez tamę,
- zawartość i skład ziarnowy części stałych w wodzie podsadzkowej odpływającej przez okno w tamie podsadzkowej,
- ściśliwość podsadzki wykonanej z piasku i odpadów flotacji.

Badania przeprowadzono na laboratoryjnym stanowisku badawczym, symulującym otamowane wyrobisko podsadzkowe, którego schemat przedstawiono na rys.2.

Mieszaninę podsadzki hydraulicznej sporządzano w odpowiednich proporcjach w betoniarnie (1), z której przez lej (2) wprowadzano ją do prostopadłościenną skrzyni (3) o wymiarach 1100x550x120, której przednią ścianą jest rama z rozpiętym płótnem podsadzkowym (standardowa włóknina polipropylenowa stosowana w górnictwie) (4), stanowiąca model tamy czołowej dla podsadzanej przestrzeni. Na

wysokości 700 mm w tamie wykonano okno, pod którym umieszczono rynnę odprowadzającą (5) wodę nadosadową do naczynia pomiarowego wody nadosadowej (6). Produkt filtracji przez tamę podsadzkową gromadzono w naczyniu pomiarowym dla odcieku (7). Po naturalnym zakończeniu wypływu wody z podsadzonej przestrzeni mierzono objętości i masy uzyskanych produktów. Płukanie instalacji wykonywano po zakończeniu pomiaru, co oznacza, że nie brano pod uwagę wpływu wody służącej do płukania rurociągu na ilość materiału wypłukanego z podsadzonej przestrzeni.

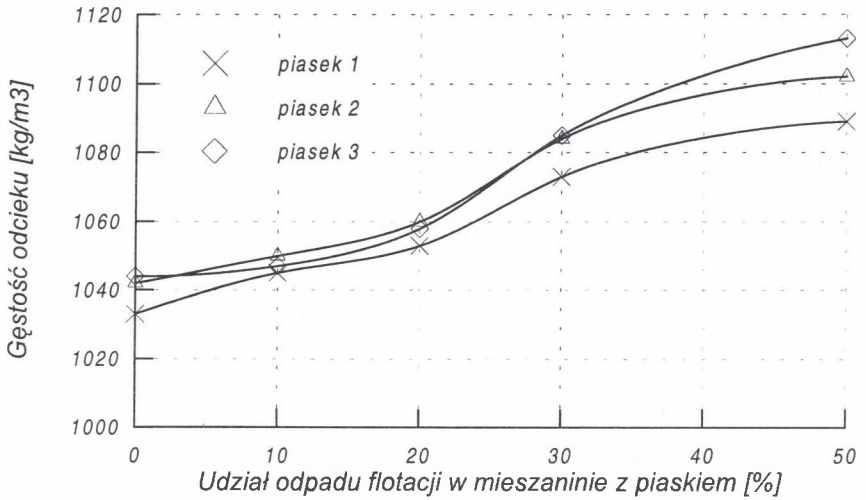


Rys. 2. Schemat stanowiska badawczego

Fig. 2. Scheme of the laboratory stand

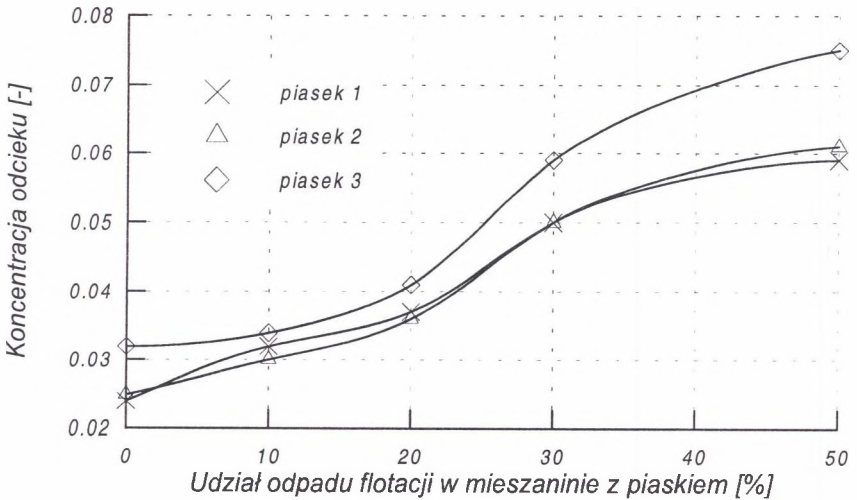
4. Wyniki badań

Wyniki badań parametrów wody podsadzkowej odprowadzanej z podsadzonego wyrobiska oraz ścisłości podsadzki przedstawiono na wykresach - rys. 3 ÷ 14.



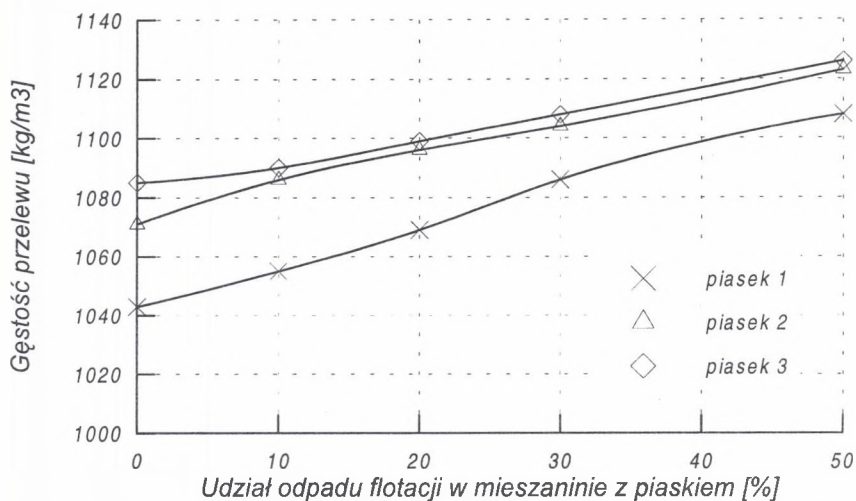
Rys. 3. Gęstość odcieku uzyskanego przez filtrację wody podsadzkowej przez tamę z płótna podsadzkowego dla poszczególnych rodzajów materiałów

Fig. 3. Density of the eluate getting out through a backfill dam



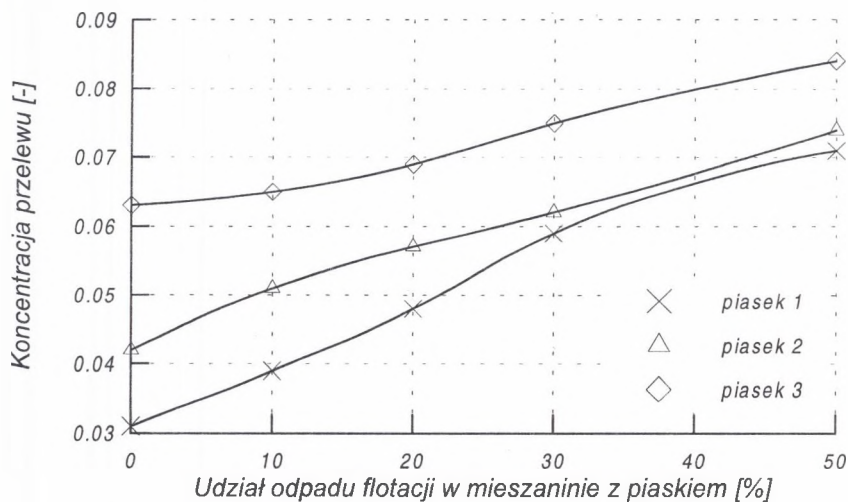
Rys. 4. Koncentracja odcieku uzyskanego przez filtrację wody podsadzkowej przez tamę z płótna podsadzkowego dla poszczególnych rodzajów materiałów

Fig. 4. Concentration of the eluate getting out through a backfill dam



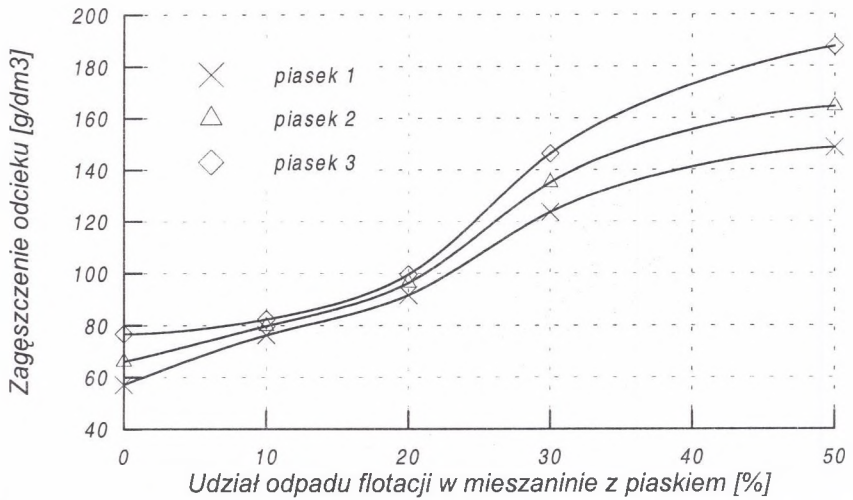
Rys. 5. Gęstość przelewu uzyskanego przez odpływ wody podsadzkowej przez okno w tamie dla poszczególnych rodzajów materiałów

Fig. 5. Density of overflow getting out through a window in a backfill dam



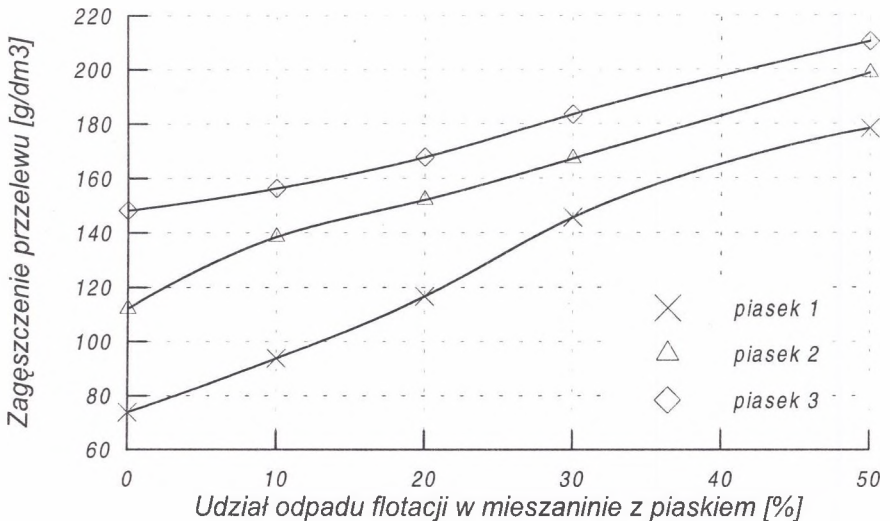
Rys. 6. Koncentracja przelewu uzyskanego przez odpływ wody podsadzkowej przez okno w tamie dla poszczególnych rodzajów materiałów

Fig. 6. Concentration of the overflow getting out through a window in a backfill dam



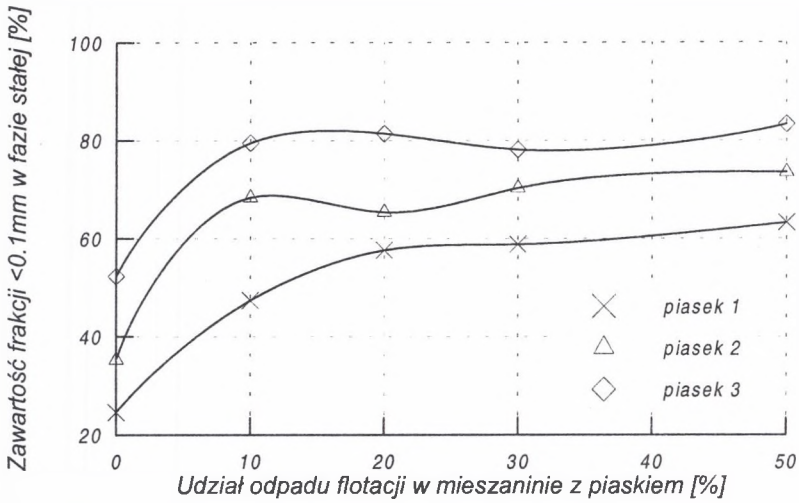
Rys. 7. Zagęszczenie odcieku uzyskanego przez filtrację wody podsadzkowej przez tamę z płótna podsadzkowego dla poszczególnych rodzajów materiałów

Fig. 7. Concentration of solids of the eluate getting out through a backfill dam



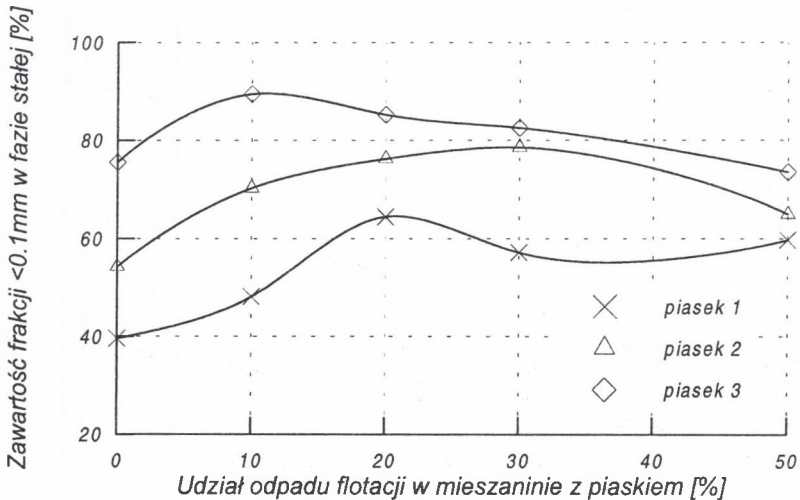
Rys. 8. Zagęszczenie przelewu uzyskanego przez odpływ wody podsadzkowej przez okno w tamie dla poszczególnych rodzajów materiałów

Fig. 8. Concentration of solids in the overflow getting out through a window in a backfill dam



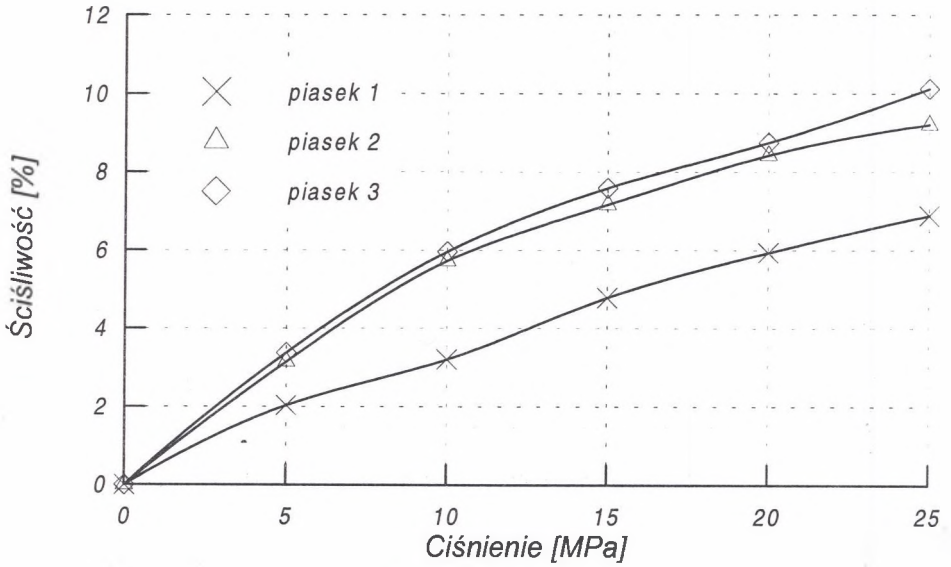
Rys. 9. Zawartość frakcji ziarnowej $<0.1\text{mm}$ w fazie stałej odcieku uzyskanego przez filtrację wody podsadzkowej przez tamę z płótna podsadzkowego dla poszczególnych materiałów

Fig. 9. Content of -0.1mm grains in a sediment from eluate getting out through a backfill dam



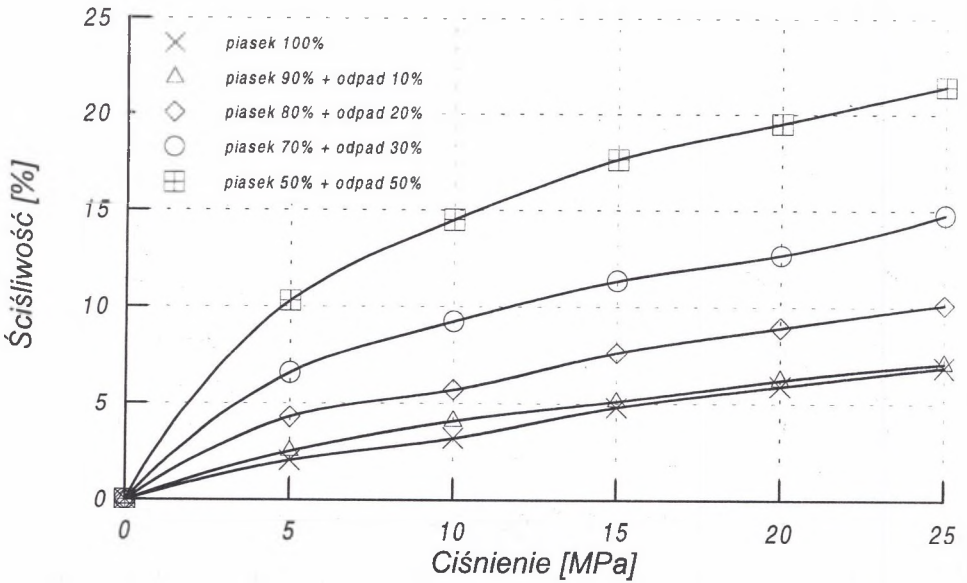
Rys. 10. Zawartość frakcji ziarnowej $<0.1\text{mm}$ w fazie stałej przelewu uzyskanego przez odpływ wody podsadzkowej przez okno w tamie dla poszczególnych rodzajów materiałów

Fig. 10. Content of -0.1mm grains in a sediment from the overflow getting out through a window in a backfill dam



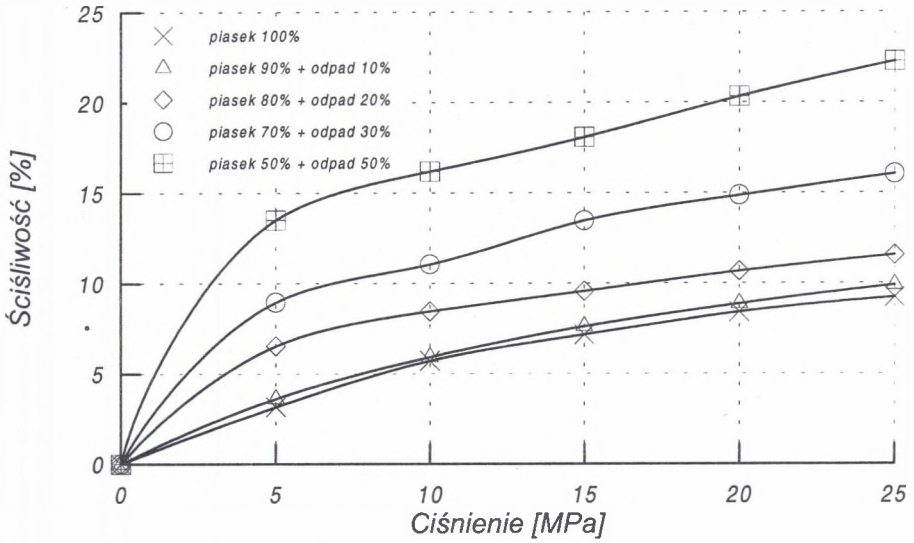
Rys. 11. Ścisliwość poszczególnych rodzajów piasku podsadzowego

Fig. 11. Compressibility of different sorts of backfill sands



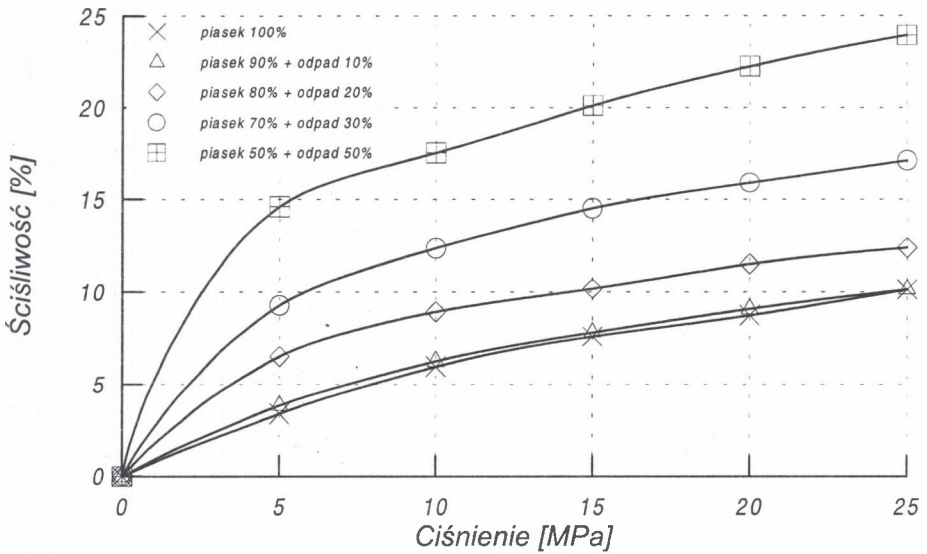
Rys. 12. Ścisliwość mieszanin podsadzowych z udziałem piasku I i odpadu flotacji

Fig. 12. Compressibility of mixtures made of sand I and flotation tailings



Rys. 13. Ścisłość mieszanin podsadzkowych z udziałem piasku II i odpadu flotacji

Fig. 13. Compressibility of mixtures made of sand II and flotation tailings



Rys. 14. Ścisłość mieszanin podsadzkowych z udziałem piasku III i odpadu flotacji

Fig. 14. Compressibility of mixtures made of sand I and flotation tailings

5. Analiza wyników badań

Parametry wody podsadzkowej odprowadzanej z podsadzanego wyrobiska, a w szczególności gęstość wody oraz koncentracja części stałych zależą od rodzaju i składu materiału podsadzkowego oraz udziału frakcji drobnych. Przy podsadzaniu piaskiem gęstość wody odprowadzanej przez tamę wykonaną z płótna podsadzkowego zmieniała się od 1033 kg/m^3 dla piasku I do 1044 kg/m^3 dla piasku III, a zawartość części stałych w wodzie wynosiła od 57 do 77 g/dm^3 i zwiększała się wraz ze wzrostem udziału frakcji poniżej 0.1 mm w piasku. Natomiast gęstość wody odpływającej przez okno w tamie podsadzkowej zawierała się w przedziale od 1043 kg/m^3 dla piasku I do 1085 kg/m^3 dla piasku III. Zawartość części stałych w wodzie podsadzkowej wynosiła od 74 do 148 g/dm^3 i była wyższa o 30 do 92% od zawartości części stałych w wodzie odprowadzanej przez tamę. Udział frakcji poniżej 0.1 mm w fazie stałej odprowadzanej przez tamę i okno w tamie zmieniał się w zależności od rodzaju piasku od 24.6 do 52.3% i od 39.6 do 75.5% .

Zanieczyszczenie wody podsadzkowej odprowadzanej z podsadzonego wyrobiska w przypadku stosowania mieszanin piasku i odpadów flotacji zwiększa się wraz ze wzrostem udziału odpadów. I tak gęstość wody odprowadzanej przez płótno podsadzkowe w zależności od rodzaju piasku i udziału odpadów flotacji zmieniała się od 1045 do 1089 kg/m^3 dla piasku I, od 1050 do 1102 kg/m^3 dla piasku II i od 1047 do 1113 kg/m^3 dla piasku III. Zawartość części stałych w wodzie podsadzkowej wynosiła odpowiednio od 76 do 188 g/dm^3 . Udział frakcji poniżej 0.1 mm w materiale odpływającym z wodą zmieniał się w zakresie od 47.4 do 82.3% . Natomiast woda podsadzkowa odprowadzana przez okno w tamie podsadzkowej zmieniała gęstość w przedziale od 1055 do 1108 kg/m^3 dla piasku I, od 1086 do 1123 kg/m^3 dla piasku II i od 1090 do 1126 kg/m^3 dla piasku III. Zawartość części stałych w wodzie podsadzkowej zmieniała się w przedziale od 94 do 210 g/dm^3 . Udział frakcji poniżej 0.1 mm był zawarty w przedziale od 48.2 do 89.4% .

Na podstawie przeprowadzonej analizy parametrów wody podsadzkowej odpływającej z podsadzonego wyrobiska można stwierdzić, że dla uzyskania parametrów wody na poziomie odpowiadającym mieszaninie podsadzkowej wykonanej z piasku III, udział odpadów flotacji

w mieszaninie z piaskiem w zależności od jego rodzaju może maksymalnie wynosić 15% dla piasku I i 10% dla piasku II.

Ścisłość badanych mieszanin podsadzkowych przy ciśnieniu normowym 15 MPa w zależności od rodzaju i składu materiału podsadzkowego zmieniała się w zakresie:

- dla mieszanin utworzonych z piasku od 4.78% dla piasku I do 7.59% dla piasku III,
- dla mieszanin utworzonych z piasku i odpadów flotacji od 5.11 do 17.64% dla piasku I, od 7.62 do 18.08% dla piasku II oraz od 7.82% do 20.12% dla piasku III.

Mieszaniny podsadzkowe zawierające do 30% odpadów flotacji spełniają pod względem ścisłości wymagania normy PN-93/G-11010 dla III klasy materiałów podsadzkowych, dla których dopuszczalna ścisłość wynosi 15%.

6. Wnioski

Na podstawie przeprowadzonych badań wpływu odpadów flotacji na własności podsadzki hydraulicznej, w tym ścisłość i zanieczyszczenie wody odprowadzanej z podsadzki, można sformułować następujące wnioski:

1. Użyte do badań materiały podsadzkowe spełniają wymagania normy PN 93/G-11010 pod względem zawartości drobnych frakcji ziarnowych poniżej 0.1 mm.
2. Stosowanie odpadów flotacji jako składnika materiału podsadzkowego powoduje wzrost zanieczyszczenia wody podsadzkowej odpływającej przez płótno podsadzkowe i okno w tamie w stosunku do podsadzki wykonanej z piasku. Dla zachowania parametrów wody podsadzkowej odprowadzanej z podsadzki na poziomie odpowiadającym mieszaninie podsadzkowej wykonanej z piasku III, udział odpadów flotacji w mieszaninie w zależności od rodzaju użytego piasku może wynosić: około 15% dla piasku I i 10% dla piasku II.
3. Biorąc pod uwagę wymagania normy podsadzkowej w zakresie ścisłości, należy stwierdzić, że dla uzyskania materiału podsadzkowego klasy III, udział odpadów flotacji w mieszaninie z piaskiem nie powinien przekraczać 30%.

4. Z przeprowadzonych badań wynika, że część odpadów flotacji ze wzbogacania rud miedzi, a zwłaszcza ich frakcja piaskowa może znaleźć zastosowanie w podsadce hydraulicznej, ograniczając zużycie piasku.

Literatura

1. Adamek R.: Podsadzanie wyrobisk górniczych. Wydawnictwo Śląsk, Katowice 1980.
2. Barrett A.J., Blight G.E.: The Assessment of Backfill Materials for Use in Tabular Stopes, MINEFILL 93. Johannesburg, SAIMM, 1993. Pp 25-32.
3. Lamos A.W.: An Assessment of Ultrafine Aggregate Components on the Properties of Mine Backfills, MINEFILL 93. Johannesburg, SAIMM, 1993. Pp. 173-179.
4. PN-93/G-11010: Materiały do podsadzki hydraulicznej. Wymagania i badania.

Recenzent: Dr inż. Jacek Kamiński

Wpłynęło do Redakcji w 7.11.1997 r.

Abstract

The flotation tailings that are creating during processing of copper ore implicate considerable environmental impacts due to their large amounts (about 20 mln tones per annum) and dumping at the surface ponds. Some part of these tailings, especially the sand fraction (see Figure 1), may be applied in hydraulic backfill under the condition that its addition will not decrease quality of backfill and increase contamination of backfill water. The paper presents results of laboratory tests of usefulness of copper tailings as a component of hydraulic backfill mixture (see Table 1). The laboratory stand for modeling of backfill paddock is presented in Fig.2. Obtained results show that addition of tailings in a mixture increases contamination of the eluate from backfill paddocks in comparison to a mixture prepared from typical sand. To obtain the properties of backfill made from sand type III, tailings content in a mixture should not exceed

15% for sand type I and 10% for sand type II, see Figures 3 - 10. Taking under consideration the requirements of hydraulic backfill standard [4] for compressibility of backfill, the content of tailing should not exceed 30%, see Figures 11, 12, 13, and 14.