

INNOWACYJNA TECHNOLOGIA ODWADNIANIA UROBKU WYDOBYWANEGO SPOD LUSTRA WODY KOPARKAMI SSĄCYMI

INNOVATIVE TECHNOLOGY OF DEWATERING OUTPUT EXCAVATED FROM UNDERWATER WITH SUCTION EXCAVATORS

Zbigniew Schmidt, Tadeusz Kurkowiak – Poltegor-Instytut IGO, Wrocław

W artykule opisano proces zmiany gęstości hydromieszanki wodno-żwirowo-piaskowej dla powstrzymania utraty drobnych frakcji piaskowych w procesie odwadniania urobku z jednoczesnym usuwaniem części organicznych i ilastych.

W eksploatacji surowców okruchowych spod lustra wody koparkami ssącymi, odstawa zawiesiny wody z urobkiem odbywa się hydrotransportem tłocznym. Przed przeróbką właściwą hydromieszanka musi być odwodniona. Często jednak urządzenia wydobywcze w zależności od warunków urabiania, zmieniają skład hydromieszanki i prędkość jej przepływu, a wówczas urządzenia odwadniające zmieniają wielkość ziarna podziałowego, skutkiem czego jest utrata części piasków drobno- i średnioziarnistych, odprowadzanych do osadnika odpadów.

W artykule opisano metodę hydrokorekcji gęstości zawiesiny dla powstrzymania utraty drobnych frakcji piaskowych, z równoczesną separacją ziaren niepożądanych w produkcji końcowym.

The paper presents influence of changes in density of hydro-mixture consisting of water, gravel and sand on restraining losses of fine sand fractions in the process of output dewatering with simultaneous elimination of organic and clayey particles.

In the process of sand and gravel exploitation from underwater with suction excavators, a slurry of water and sand is pumped through a hydro transport conduit. Hydro-mixture must be dewatered before main processing. Depending on exploitation conditions, excavating machines often change the composition of hydro-mixture. Then dewatering machines become unsuitable. This situation results in losing fine and medium sands, because they are transported to residue sediments.

Methodology of hydro-correction of slurry density in order to restrain fine sand losses with simultaneous separation of undesirable grains is presented in the paper.

Wstęp

Urabianie złóż zawodnionych, hydrotransport i przeróbka urobku wymagają dla właściwego ich przebiegu odpowiedniej ilości wody, która z częściami stałymi (piasek, żwir, otoczaki, mułki, gliny, ily, części organiczne) tworzy hydromieszankę.

Urabianie koparką ssącą jest procesem rozluźniania górotworu za pomocą spulchniacza i zassania wytworzonej hydromieszanki do komory głowicy pompy, po czym następuje tłoczenie jej rurociągami do węzła odwadniania z klasyfikacją ziarnową [1].

Gęstość hydromieszanki w otoczeniu głowicy rurociągu ssawnego pompy, ustala praca spulchniacza. Jej wielkość może być zmienna w zależności od zwięzłości górotworu, uziarnienia i składu mineralnego urobku oraz przez zmiany parametrów koparki w trakcie urabiania.

Urządzeniami odwadniającymi, stosowanymi w przypadku transportu i przeróbki surowców okruchowych w ośrodku wodnym są zazwyczaj: odwadniacze kołowe podciśnieniowe, odwadniacze kołowo-wstęgowe, przesiewacze odwadniające, przenośniki taśmowe odwadniające lub też zestawy odwadniaczy kołowych z hydrocyklonami i sitami. Przesiewacze mają wówczas pokłady sitowe z ujemnym kątem nachylenia. Odwadnianie jest procesem rozdzielczym i zwykle łączy się z klasyfikacją ziarnową.

Wymiar ziarna podziałowego takiej klasyfikacji zależy od szybkości przepływu zawiesiny przez wannę przesiewacza, od gęstości zawiesiny a więc i od poszczególnych frakcji piasków. Odwadniacze kołowe używane w kraju, zazwyczaj nie są dobrze

dobrane do możliwości wydobywczych koparek ssących, z którymi współpracują. Efektem tego jest zbyt szybki przepływ hydromieszanki przez wannę odwadniacza, powodujący zwiększenie wymiaru ziarna podziałowego i zmniejszenie udziału frakcji drobnych w głównym produkcie piaskowym.

Dla poprawienia procesu rozdziału frakcji piaskowych podczas odwadniania urobku, autorzy opracowali metodę regulacji gęstości hydromieszanki podczas jej transportu do urządzeń odwadniających, pod nazwą **hydrokorekcji** [3]. Proces ten można zastosować w poniższych układach technologicznych.

Wariant I

Urabianie koparką ssącą refulującą wyposażoną alternatywnie w:

- 1) spulchniacz hydrauliczny
- 2) spulchniacz frezujący
- 3) koło wieloczerpakowe

Dostawa do przeróbki odbywa się hydrotransportem tłocznym [1].

Klasyfikacja wstępna z odwadnianiem jest realizowana na odwadniaczu kołowym podciśnieniowym – typ do kruszywa grubego od 0 do 350 mm. Klasyfikacja ziarnowa dotyczy części organicznych, rozmytej gliny i łu oraz od bardzo drobnych do średnioziarnionych piasków.

Wariant II

Urabianie i dostawa urobku do przeróbki wstępnej na lądzie taka sama jak w wariantcie I.

Odwadnianie jest realizowane na początku pokładów sitowych przesiewacza odwadniającego o ujemnym nachyleniu rzeszota (zwykle – 3 – 5%), po czym na dalszej powierzchni sit w kierunku transportu materiału, następuje klasyfikacja ziarnowa żwirów, piasków i otoczków z natryskiem wody technologicznej (dodawanej). Pulpa z odwodnienia oraz piasek z klasyfikacji są kierowane hydrotransportem grawitacyjnym do odwadniacza kołowego podciśnieniowego (w wersji dla piasku), lub odwadniacza z zainstalowanym sitem odwadniającym, lub też z klasyfikacją w hydrocyklonach.

Hydrokorekcja zawsze powinna się odbyć w końcowej części rurociągu tłocznego dla obu wariantów oraz przed odwadnianiem piasku dla wariantu II czyli w jednym lub dwóch miejscach [3].

Badania laboratoryjne zjawisk w hydrotransportie tłocznym hydromieszanin z ciałem stałym drobnouziarnionym.

Dla imitacji i obserwacji zjawisk zachodzących w transporcie tłocznym hydromieszaniny, zaprojektowano i zbudowano urządzenie laboratoryjne, do badań hydrodynamicznego rozdziału zawieszin dwufazowych (pod nazwą separator HRZ) [2]. Widok ogólny przedstawia fotografia 1.

Główną część aparatury stanowi komora rozdziału zawieszin, wykonana ze szkła kwarcowego. Do obserwacji zjawisk zachodzących podczas hydrotransportu tłocznego, użyto zawieszin o różnych gęstościach ze średniouziarnionymi minerałami. Obserwacje prowadzono z różnymi prędkościami przepływu zawieszin. Schemat zamkniętego obiegu zawieszin przedstawia rysunek 1.

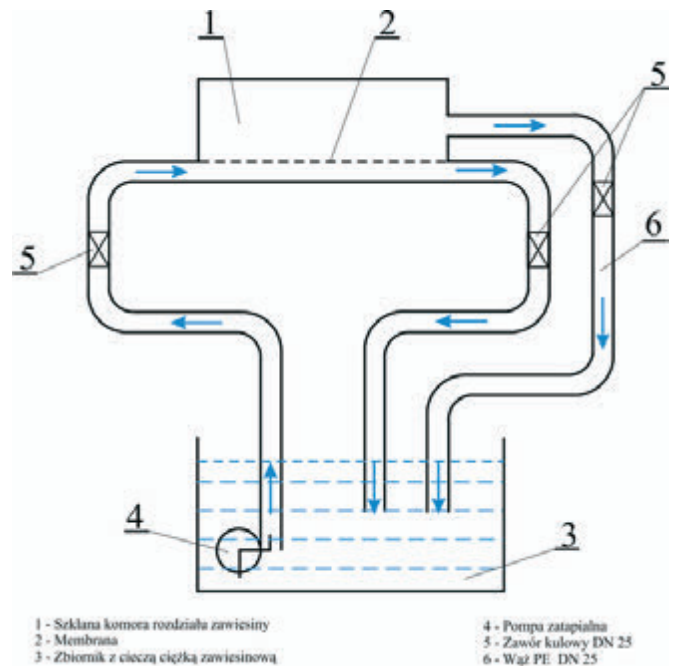
Charakterystyka techniczna separatora HRZ:

- wymiary zewnętrzne 500x715x520 mm
- wymiary wnętrza komory rozdziału 103x341x55 mm
- pompa zatapialna GARDENA typ 6000SP 1 szt.

W oparciu o zaobserwowane zjawiska podczas doświadczeń z separatorem HRZ, skonstruowano urządzenie przemysłowe do zmiany gęstości zawiesziny w czasie jej transportu rurociągiem tłocznym, pod nazwą separator HM przedstawiony na rysunku 2 oraz zainstalowany w linii przemysłowej na fotografii 3.



Fot. 1. Widok separatora HRZ
Fot 1. View on the HRZ separator



Rys. 1. Schemat obiegu zawiesziny w separatorze HRZ
Fig 1. Scheme of slurry circulation in the HRZ separator

Próby przemysłowe

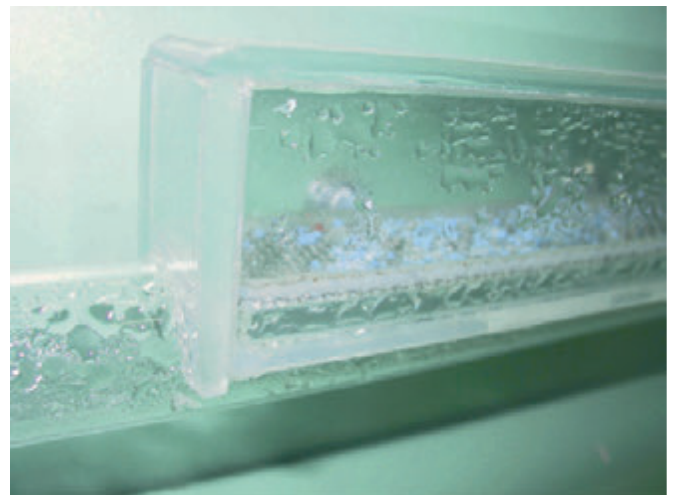
Charakterystyka kopaliny

Kopalinę stanowiły piaski podsadzkowe, o średnim złożowym składzie granulometrycznym i właściwościach fizyko-mechanicznych według poniższego:

Badania procesu odwodnienia urobku bez możliwości zmiany gęstości hydromieszaniny

Ocena optyczna pracy ciągu: zaobserwowano bardzo burzliwe napełnianie odwadniacza. Zdecydowanie podniósł się poziom pulpy w klarownikach. Pulpa wypełniała rynienki i przestrzenie międzyrynienkowe klarowników na całej ich powierzchni, znacznie powyżej krawędzi rynienek (fot. 4), a kubelki koła czerpakowego odwadniacza wypełnione były piaskiem w małym zakresie.

Pobrano próbki zawieszin w różnych miejscach odwadniacza i wykonano bilans godzinny przepływu mas w procesie odwadniania. Wyniki przedstawia rysunek 3.



Fot. 2. Separator HRZ – komora rozdziału podczas pracy
Fot. 2. HRZ Separator- distribution chamber during operation

Tab. 1. Skład ziarnowy surowca złożowego wg PN-EN 933-1:2000

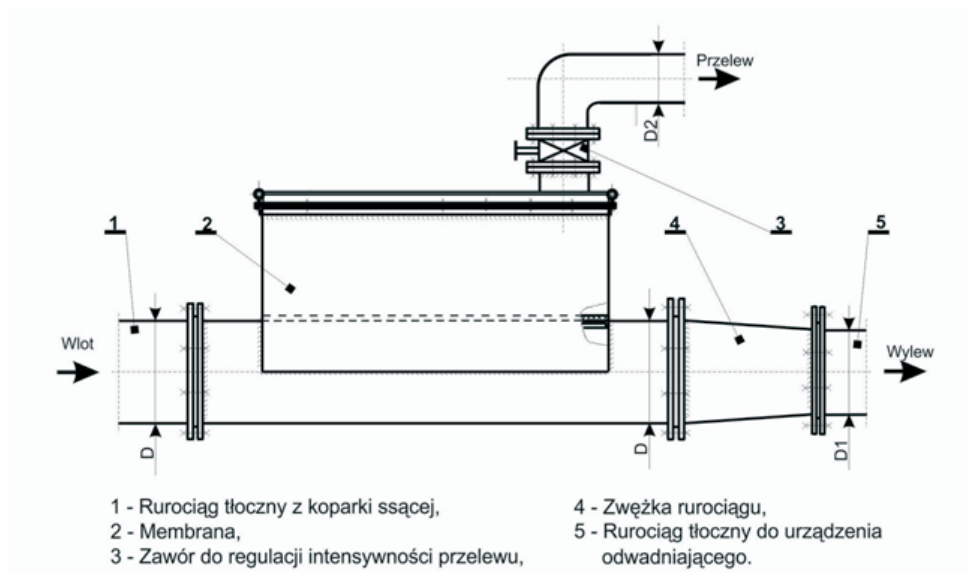
Tab. 1. Grain composition of excavated material

Lp.	Nr sita mm	Przechodzi		Pozostaje	
		g	%	g	%
1	60	2000,0	100,00	-	-
2	31,6	1889,2	94,46	110,8	5,54
3	1	1818,2	90,91	71,0	3,55
4	0,5	1533,4	76,67	284,8	14,24
5	0,25	749,2	37,48	784,2	39,21
6	0,1	104,0	5,20	645,2	32,26
7	<0,1	-	-	104,0	5,20
				Σ 2000,0	Σ 100,0

Tab. 2. Cechy fizykomechaniczne surowca złożowego

Tab. 2. Physical and chemical properties of excavated material

Lp.	Cechy	Badania wg	Wartości	Klasa	
1	Zawartość ziaren < 0,1 mm	%	PN-93/G-11010	5,20	Iw
2	Największy wymiar ziaren	mm	PN-93/G-11010	<60	I
3	Ścisłość przy ciśnieniu 15 MPa	%	PN-93/G-11010	7,40	II
4	Wodoprzepuszczalność	cm/s	PN-93/G-11010	0,0104	I
5	Gęstość nasypowa	kg/dm ³	PN-EN 1097-3:2000	1,522	I
6	Zawartość widocznych części roślinnych		PN-93/G-11010	Nie zawiera	I
7	Wilgotność	%	PN-EN 1097-5:2001	1,80	-



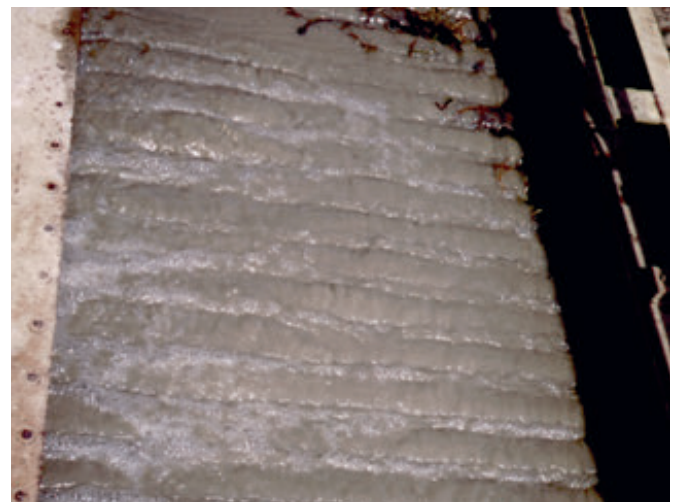
Rys. 2. Urządzenie do usuwania nadmiaru wody – separator HM

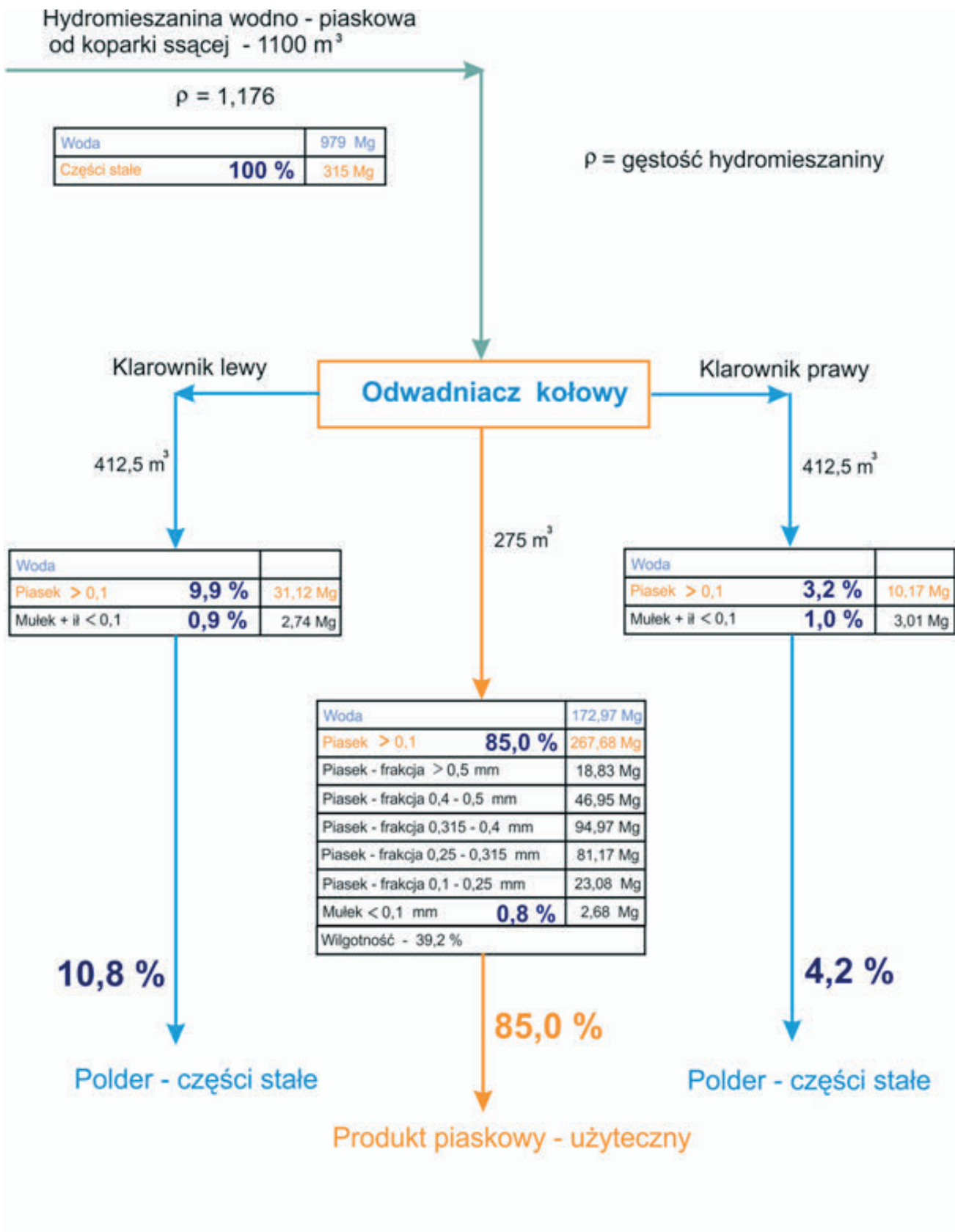
Fig. 2. Surplus water removal device- HM separator



Fot. 3. Węzeł odwadniania z separatorem HM (hydrodynamicznym membranowym)

Fot. 3. Dewatering device with HM separator (hydrodynamic membrane separation)

Fot. 4. Widok klarownika odwadniacza podczas pracy bez hydrokorekcji
Fot. 4. Clarifying tank of the dehydrator operating with no hydro-correction



Rys. 3. Bilans godzinny przepływu mas na instalacji odwadniania piasku bez hydrokorekcji
 Fig 3. Hourly Flow of substances through sand dewatering installation with no hydro-correction

Wnioski z bilansu

Proces odwadniania na istniejącym układzie technologicznym wymagał modernizacji. Straty z tytułu niewłaściwej pracy linii wydobywczo-przeróbczej wynosiły około 15%, wliczając w to frakcje < 0,1 mm, nie powodujące przekroczenia normy na podziarno w końcowym produkcie gatunku I piasku

podszadkowego.

Nadmiar wody wprowadzonej do odwadniacza powoduje, że jego praca nie przynosi pożądanych efektów. W komorach osadczyczych (klarownikach) następuje burzliwy przepływ zawieszyny, który nie pozwala na swobodne osadzanie się ziaren piasku. Ten burzliwy przepływ jest przyczyną znacz-

nego podwyższenia wielkości ziarna podziałowego piasku i powoduje znaczące straty frakcji $>0,1$ mm, wydane przelewem odwadniacza do osadnika odpadu.

Badania procesu odwadniania urobku z hydrokorekcją regulowaną

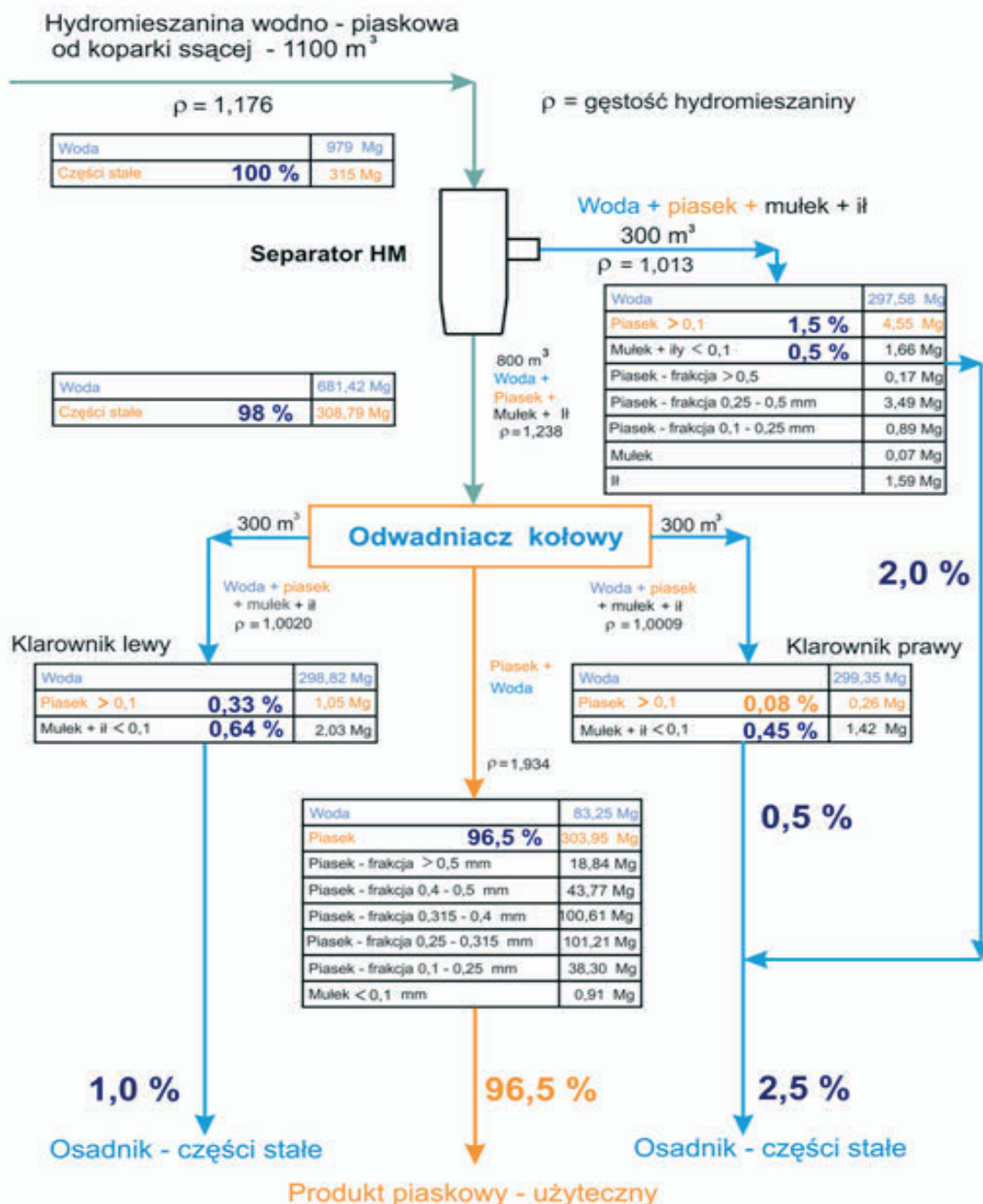
Opis wykonania instalacji do kontrolowanej zmiany gęstości

Modernizacja ciągu opisanego powyżej polegała na zastąpieniu części rurociągu tłoczego \varnothing 300 mm od koparki do odwadniacza, rurociągiem \varnothing 250 mm oraz połączeniu tych

rurociągów separatorem HM dla odprowadzenia nadmiernej ilości wody do osadnika.

Usunięcie nadmiernej ilości wody w trakcie hydrotransportu ma powodować odpowiednie zagęszczenie nadawy, przed urządzeniem odwadniającym.

Po modernizacji układ technologiczny przedstawiał się następująco: koparka ssąca SE 50 – 15 urabiała złożę zalegającego piasku pod wodą i tłoczyła hydromieszaninę (woda + piasek + mułk + il) rurociągiem \varnothing 300 mm do separatora HM, w którym została wydzielona z niej zawiesina o bardzo małej gęstości, odprowadzona następnie przelewem separatora t.j. rurociągiem \varnothing 150 do osadnika.



Rys. 4. Bilans godzinny przepływu mas z hydrokorekcją – zasuwą przelewu separatora HM całkowicie otwartą
Fig 4. Hourly flow of substances with hydro-correction (HM separator overflow gate valve entirely open)



Fot. 5. Widok klarownika odwadniacza podczas pracy z zasuwą przelewu separatora HM całkowicie otwartą

Fot 5. Clarifying tank of the dehydrator with HM separator overflow gate valve

Hydromieszanka o podwyższonej gęstości była tłoczona od separatora poprzez zwężkę symetryczną (zmniejszającą średnicę rurociągu tłocznego do \varnothing 250 mm) dalej rurociągiem \varnothing 250 mm na odwadniacz kołowy podciśnieniowy typu E 300 FS. Pozostała część ciągu technologicznego była nie zmieniona. Separator HM poprzez wmontowaną klinową zasuwę hydrauliczną na rurociągu przelewu \varnothing 150 zapewniał możliwość regulacji zrzuca ilości nadmiaru wody.

Regulacja przelewu separatora ma zapewnić właściwą gęstość transportowanej do odwadniacza hydromieszanki zależnie od stanu i jakości urabianego złoża.

Opis badań procesu odwadniania

Badania przeprowadzono na zmianach produkcyjnych, pobierając próbki piasków i hydromieszanki w różnych (charakterystycznych) punktach ciągu technologicznego tzn.:

1. Próbki piasków jako gotowego produktu.
2. Części stałych w hydromieszance odprowadzonych przelewem separatora HM do osadnika.
3. Części stałych w hydromieszance odprowadzanych przelewem odwadniacza do osadnika.

Bilans godzinny przepływów mas w procesie odwadniania przedstawiono na rysunku 4.

Literatura

- [1]. Bęben A., *Maszyny i urządzenia do wydobywania kopalin pospolitych bez użycia materiałów wybuchowych*, Wydawnictwa Uczelniane AGH, Kraków 2008
- [2]. Finkelshteyn Z., Wasyleczko Z., Bojko N.Z., *Hydrodynamiczna filtracja cieczy*. Bezpieczeństwo Pracy i Ochrona Środowiska w Górnictwie 1 (197) 2011
- [3]. Witt A., Schmidt Z., Kurkowiak T., *Badania i opracowanie innowacyjnych urządzeń do regulacji hydromieszanki wodno-żwirowo-piaskowej z funkcją separacji drobnych ziaren mineralnych*, Poltegor Instytut Wrocław 2010

Artykuł recenzował dr inż. Andrzej Witt
Rękopis otrzymano 11.10.2011 r. *2230

Ocena optyczna procesu odwadniania piasku na odwadniaczu podczas produkcji wykazywała ustabilizowany, spokojny przepływ zawieszony w wannie i obu klarownikach. Poziom pulpy w przestrzeniach międzyrynienkowych znajdował się poniżej krawędzi rynienek na ok. 2/3 ich długości. Na pozostałej 1/3 długości pulpa z niewielką ilością drobnych frakcji spokojnie wpływała do rynienek klarowników i dalej rurociągami przelewu odwadniacza do osadnika (fot. 5).

Wnioski z bilansu

1. Po modernizacji ciągu wydobywczego - transportowego zwiększył się odzysk piasku użytecznego o 12,69 % w stosunku do nadawy.
2. Straty piasku podsadzkiowego na osadnik wyniosły 0,49 % w stosunku do nadawy.
3. Pozostałe części stałe odprowadzone do osadnika stanowiły części niepożądane w produkcie końcowym.
4. Produkt końcowy mieścił się w I klasie według normy PN - 93/G 11010 - „Materiały do podsadzki hydraulicznej.”
5. Klarowniki odwadniacza pracowały niejednorodnie, lewy miał stratę piasku $> 0,1$ mm w ilości 0,33 %, a prawy odpowiednio 0,08 %.

Odwadniacz wymagał korekty ustawienia wanny oraz regulacji rynienek w obu klarownikach.

Podsumowanie

Hydrodynamiczna zmiana gęstości mieszaniny wody z urobkiem (piasek, żwir, otoczaki) w trakcie jej transportu tłocznego do zakładu przerobczego jest możliwa. Przyczynia się ona do poprawy procesu odwodnienia urobku przez ograniczenie strat piasków drobno- i średnio-uziarnionych.

Separator hydrodynamiczny membranowy jest urządzeniem bezobsługowym, nie wymagającym zasilania energią. Regulacja intensywności jego przelewu decyduje o wielkości ziarna podziałowego frakcji piaskowych odprowadzanych do osadnika oraz ziaren niepożądanych takich jak: części organiczne, mułki oraz części gliniaste i ilaste.

Praca została wykonana w ramach projektu pt. „Strategie i scenariusze technologiczne zagospodarowania i wykorzystania złóż surowców skalnych” współfinansowanego ze środków Europejskiego Funduszu Rozwoju Regionalnego w ramach Programu Operacyjnego Innowacyjna Gospodarka.