ZESZYTY NAUKOWE POLITECHNIKI ŚLĄSKIEJ 1979
Seria: GÓRNICTWO z.100 Nr kol. 602

Walter KRAUS
Jan LISOŃ
Jerzy NAWROCKI

ZAGĘSZCZANIE MUŁU WĘGLOWEGO NA PRZESIEWACZU SZYBKODRGAJĄCYM

Streszczenie. W artykule przedstawiono budowę i działanie szybkodrgającego przesiewacza, na którym przeprowadzono próbę zagęszczenia mułu węglowego. Opisano również wpływ kąta nachylenia, skoku oraz obciążenia jednostkowego sita na efekt zagęszczania.

1. WSTĘP

Prowadzenie ruchu obiegów wodno-mułowych w zakładach przeróbki mechanicznej węgla polega na wydzielaniu części stałych z wody i skierowaniu jej jako oczyszczonej do powtórnego użycia. Części stałe wydziela się przez zagęszczanie zawiesin w urządzeniach zagęszczająco-klarujących i odwadnianiu w urządzeniach odwadniających. Zależnie od wielkości ziarn i składu granulometrycznego części stałych zawiesiny stosuje się określoną technologię zagęszczania i odwadniania oraz odpowiednio ściśle dostosowane do niej urządzenia, tak np.: wydzielanie ścierów z wód obciekowych, pochodzących spod przesiewaczy odwadniających produkty wzbogacania, odbywa się w rząpiach klasyfikacyjnych za pomocą kubełkowych podnośników odwadniających. Muły grubo- i średnio uziarnione, osadzające się w rząpiach klasyfikacyjnych, odwadnia się na specjalnie do tego celu przeznaczonych przesiewaczach odwadniających. Ziarna najdrobniejsze, uchodzące przelewem z rząpiów klasyfikacyjnych, zostają zatrzymane w osadnikach mechanicznych lub ewentualnie w hydrocyklonach, a następnie odwadniane na filtrach.

W niniejszym opracowaniu podano informacje o możliwości zastosowania przesiewacza szybkodrgającego do zagęszczenia drobnoziarnistej zawiesiny mułu węglowego o uziarnieniu 0÷1,0 mm. W górnictwie oraz innych przemysłach od szeregu lat stosowane są w niektórych krajach urządzenia wyposażone w bardzo szybkodrgające siatki (50-100 Hz). Na tych urządzeniach prowadzi się z dużą skutecznością zarówno klasyfikację na sucho i mokro, jak i odwadnianie zawiesin przy zastosowaniu sit o otworach od 0,03 ÷ 25 mm.

Na podstawie literatury szczególne zalety tych urządzeń można scharakteryzować następująco:

- wysoki wskaźnik obciążeń powierzchni jednostkowej,
- znacznie większa trwałość siatek, wynikająca z obniżenia wartości sił ścinających i sił tarcia,
- samoczyszczenie sit,
- bardzo niski wskaźnik zużycia energii,
- najwyższa możliwa do uzyskania ostrość rozdziału,
- najniższy rozkrusz materiału.

Dla przykładu, porównując ważniejsze wskaźniki przesiewaczy szybkodrgających ze wskaźnikami krajowych przesiewaczy, stosowanych do podobnych celów, zauważa się różnice na korzyść przesiewaczy szybkodrgających.
Na przykład wskaźnik zużycia energii wyrażony w kW/m^2 pow. sita:

- dla szybkodrgających 0,66 ÷ 0,74,
- dla przesiewaczy WP 1,0 ÷ 1,5

wskaźnik masy urządzenia wyrażony w kg/m^2 pow. sita:

- dla szybkodrgających 460 ÷ 510
- dla przesiewaczy WP 500 ÷ 600

wskaźnik jednostkowego obciążenia t/m^2h przy otworach Ø 2 mm:

- dla szybkodrgających 11 ÷ 12
- dla przesiewaczy wibracyjnych 6 ÷ 7.

Zasadnicze czynniki procesu odwadniania (zagęszczania) można ująć następująco:

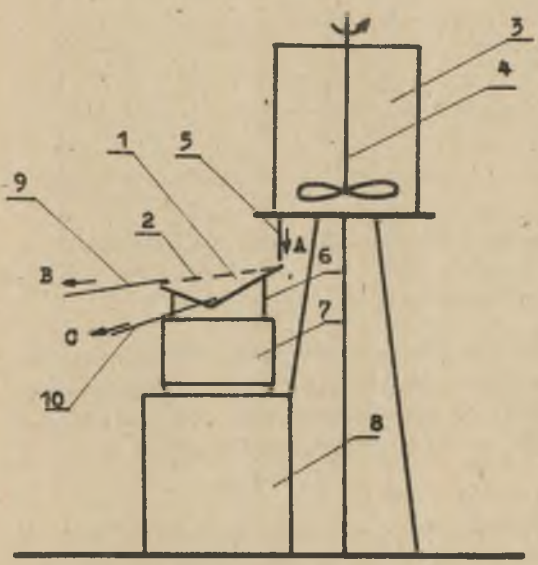
- parametry przesiewacza: amplituda wahań, częstość wahań, nachylenie sita, nachylenie wahaczy, czas odwadniania, rodzaj sita,
- parametry nadawy: zagęszczenie części stałych, ilość podawana w czasie, temperatura, własności termodynamiczne,
- parametry części stałych: stopień niejednorodności, skład ziarnowy, gęstość, kształt ziarn, własności powierzchniowe, chropowatość powierzchni,
- parametry cieczy: lepkość, napięcie powierzchniowe, gęstość.

Ze względu na ograniczenie objętości niniejszej publikacji podano informacyjnie wpływ tylko wybranych czynników na efekt zagęszczania.

2. OPIS STANOWISKA BADAWCZEGO

Kierując się poznanymi na podstawie literatury zaletami przesiewaczy szybkodrgających autorzy skonstruowali urządzenie i instalację doświadczalną przedstawioną na rys. 1. oraz przeprowadzili na niej próby zagęszczania drobnoziarnistej zawiesiny mułu węglowego. Ze zbiornika (3) wyposażonego w mieszadło (4) nadawa (A) kierowana jest przez nadawczą dyszę (5) na przesiewacz (1) z sitem (2) o otworach 0,03 mm. Przesiewacz (1) zamocowany jest do wibratora elektromagnetycznego (7), który z kolei umieszczony jest na konstrukcji, w której znajduje się szafka sterująca (8) wibratorem (regulacja zakresu skoku).

Z przesiewacza za pomocą rynien (9) i (10) odbierany jest odpowiednio materiał zagęszczony (B) oraz odsącz (C). Przesiewacz ma możliwość regulacji kąta nachylenia sita poprzez zestaw dźwigni (6). Instylacja doświadczalna posiada również możliwość zmiany obciążenia przesiewacza przez zmianę wielkości dyszy nadawczej (5) oraz zmiany wielkości skoku przesiewacza na drodze elektrycznej pokrętłami szafki sterującej (8) wibratorem (7).



A - nadawa
B - produkt odwodniony
C - odsacz

1 - przesiewacz
2 - sito
3 - zbiornik
4 - mieszadło
5 - dysza nadawcza
6 - dźwignia do regulacji kata nachylenia przesiewacza
7 - wibrator
8 - pulpit sterujący
9,10 - rynna

Rys.1. Schemat stanowiska badawczego z przesiewaczem

3. CHARAKTERYSTYKA MATERIAŁU UŻYTEGO DO PRÓB

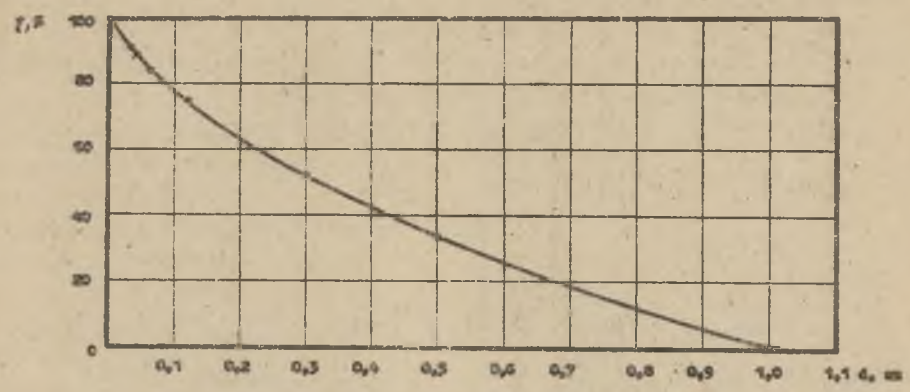
Materiał do prób przygotowano w ten sposób, że z węgla surowego kierowanego do płuczki jednej z kopalń wydzielono klasę ziarnową o uziarnieniu 0-1 mm, której skład ziarnowy ilustruje tabela (1) oraz rys. 2.

Tabela 1

SKŁAD ZIARNOWY MUŁU WĘGLOWEGO O UZIARNIENIU +1,02-0 mm

Klasa ziarnowa d. mm	Wychód γ. %	
	γ	$\Sigma\gamma$
+ 1,02	0,01	0,01
1,02 - 0,5	33,70	33,71
0,5 - 0,3	18,48	52,19
0,3 - 0,12	22,58	74,77
0,12 - 0,06	9,02	83,79
0,06 - 0,042	5,34	89,13
0,042- 0,033	1,55	90,68
- 0,033	9,32	100,00

Przez odpowiedni dobór masowego udziału części stałych i wody otrzymano po wymieszaniu zawiesinę o żądanym zagęszczeniu (100 g/l), którego rzeczywistą wartość sprawdzano doświadczalnie. Analizując skład ziarnowy w odnie -



Rys.2. Krzywa składu ziarnowego mułu węglowego

sieniu do wielkości otworów sita 0,125 mm w materiale stwierdzono, że udział klasy poniżej 0,125 mm wynosi ok. 25%. Na uwagę zasługuje niewielkie zagęszczenie nadawy 100 g/l charakterystyczne dla wód płuczkowych, których zagęszczenie waha się w granicach 50-150 g/l.

4. METODYKA BADAŃ

Uprzednio przygotowaną mieszaninę części stałych i wody kierowano do zbiornika nadawczego, w którym mieszano ją przez ok. 15 minut. Po upływie tego czasu i ustaleniu parametrów pracy urządzenia dyszą nadawczą zawiesinę kierowano na przesiewacz wibracyjny. Zmiennymi parametrami były:

- skok przesiewacza od 1,2 ÷ 1,8 mm
- kąt pochylenia sita 5° ÷ 20°
- obciążenie jednostkowe powierzchni sita na dwóch poziomach

$$q = 0,32\ t/m^2h$$
$$q = 0,55\ t/m^2h.$$

Częstość drgań przesiewacza ustalono na poziomie 50 Hz. Obciążenie jednostkowe powierzchni sita regulowanego średnicą otworu dyszy nadawczej dn; Ø 4 mm i Ø 5 mm.

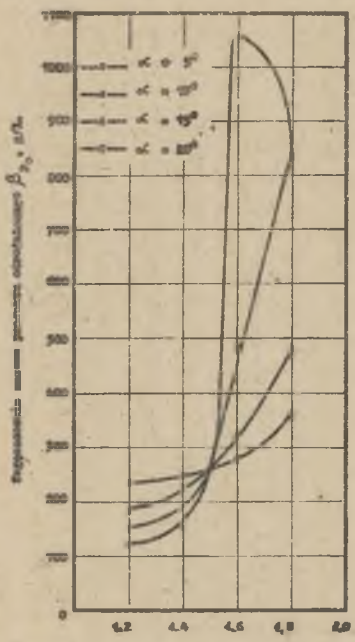
Proces zagęszczania na tym urządzeniu opisywano przy użyciu następujących parametrów:

- zagęszczenie masowe produktu obwodnionego β_{po},
- zagęszczenie masowe odsączu β_o ,
- przepływ objętościowy produktu odwodnionego Vp,
- przepływ objętościowy odsączu Vo.

Pomierzone wartości ww parametrów stanowią średnie wartości z czterech prób.

5. WYNIKI DOŚWIADCZEŃ I ICH INTERPRETACJA

Rezultaty doświadczeń zestawiono w odpowiedniej tablicy 2 i zilustrowano graficznie na wykresach rys. 3,4,5,6,7,8,9,10.



Rys.3. Wpływ skoku i kąta nachylenia sita α na zagęszczenie masowe produktu odwodnionego β_{po} dla obciążenia jednostkowego pow. q = 0,32 t/m^{2}h

Na podstawie rezultatów pomiarów i graficznych zależności, ujmujących wpływ badanych czynników na wartości poszczególnych parametrów wyjściowych stwierdzono, że wzrost wartości skoku s przesiewacza wywołuje obniżenie zagęszczenia odsączu β_o i objętościowego przepływu produktu zagęszczonego Vpo, a podwyższenie zagęszczenia produktu odwodnionego β po i przepływu objętościowego odsączu V_o. Proces ten można tłumaczyć tym, że wzrost skoku powoduje silniejsze rozluzowanie materiału na sicie, co pozwala na zniszczenie półsztywnej struktury mułu, w trakcie czego następuje uwolnienie wody z przestrzeni międzyziarnowych.

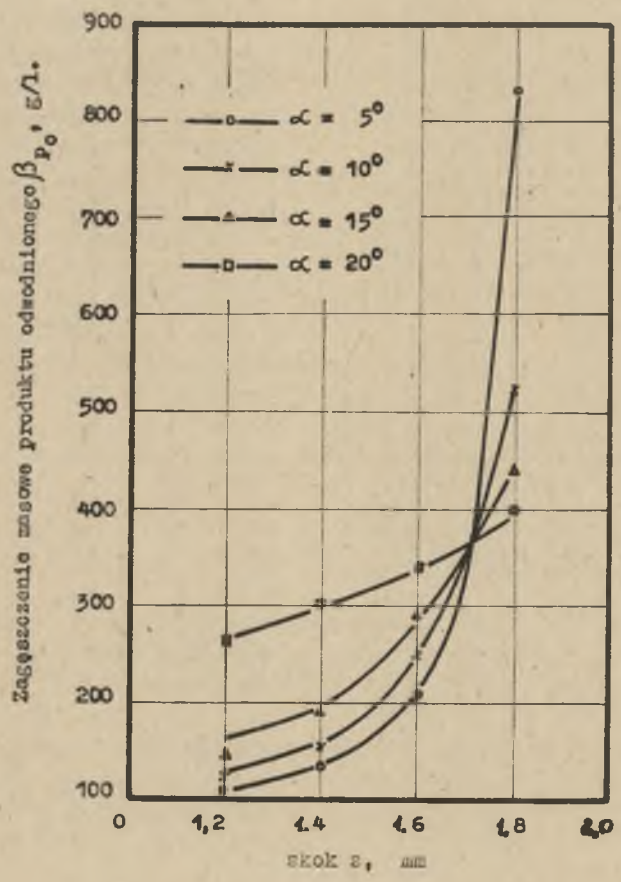
Dla małych wartości skoku zmniejszanie kąta nachylenia sita powoduje spadek zagęszczenia masowego produktu odwodnionego β po i przepływu objętościowego odsączu Vo; dla s = 1,2 mm i q = 0,32 t/m^{2}h przy α = 20° zagęszczenie βpo = 125,5 g/l, Vo = 0,019 m^3/h.

Zwiększenie kąta pochylenia sita przy niskich skokach powoduje zwiększenie się prędkości strugi materiału na sicie. W związku z tym, grubość powstającej na nim warstwy jest coraz cieńsza tak, że przesiewacz zdolny jest odprowadzić więcej cieczy z jej kapilar aniżeli wtedy, gdy przedłuża się czas procesu odwadniania.

Zmniejszenie kąta natomiast wywołuje spiętrzenie się materiału na sicie, a rozluzowanie warstwy przy tych poziomach skoków jest nie wystarczające. Dlatego dla zakresu niskich wartości skoków otrzymano tym gorsze wyniki zagęszczania, im mniejszy kąt pochylenia sita.

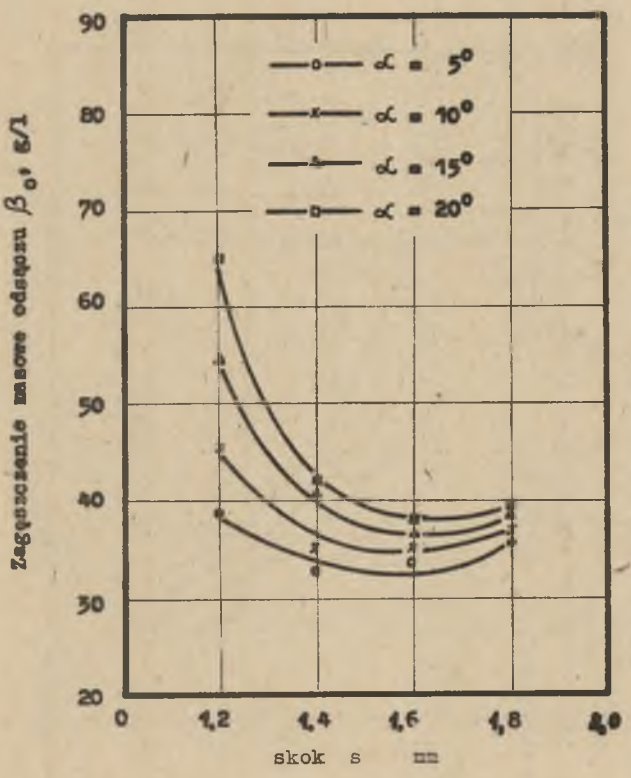
Wzrost kąta pochylenia sita przy dużych wartościach skoków s powyżej 1,5 mm wywołuje spadek β po i Vo; dla s = 1,8 mm, q = 0,32 t/m^{2}h, α = 5° zagęszczenie βpo wynosi 838 g/l, natomiast przy α = 20°, β po = 365,06 g/l.

Zjawisko to można tłumaczyć tym, że dla badanego zakresu skoków powyżej 1,5 mm zachodzi korzystne dla procesu odwadniania współdziałanie tego parametru z kątem pochylenia sita.



Rys. 4. Wpływ skoku i kąta nachylenia sita α na zagęszczenie masowe produktu odwodnionego β_{po} dla obciążenia jednostkowego powierzchni q = 0,55 t/m2h

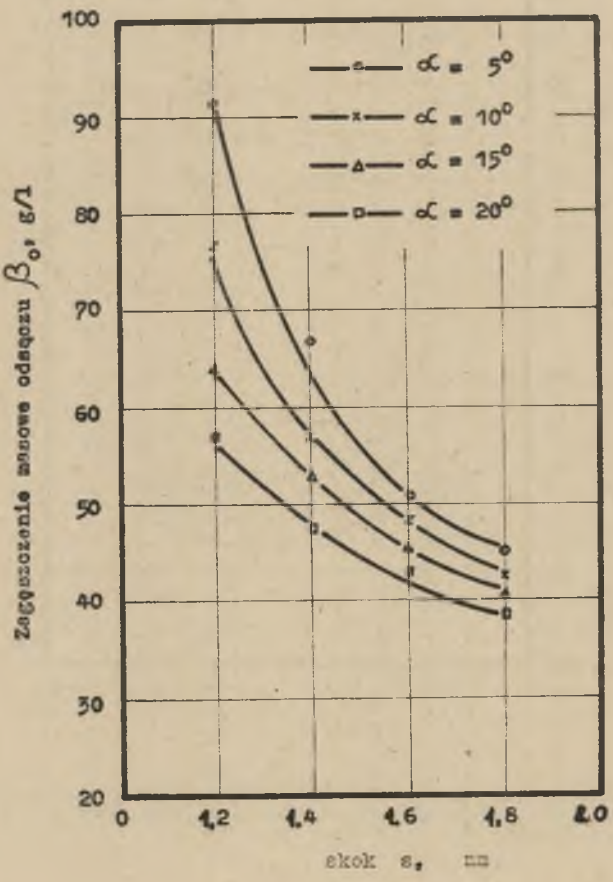
Silne rozluzowanie materiału na sicie, zachodzące przy stosowaniu wysokich skoków i przedłużaniu czasu odwadniania przez zmniejszenie kąta nachylenia sita, zwiększa ilość odprowadzonej do odsączu wody.



Rys. 5. Wpływ skoku i kąta nachylenia sita α na zagęszczenie masowe odsączu β_o dla obciążenia jednostkowego powierzchni q = 0,32 t/m²h

Należy zwrócić uwagę na fakt, że dla pewnej wartości skoku przy danym obciążeniu jednostkowym sita zagęszczenie masowe i przepływ objętościowy produktu zagęszczonego oraz przepływ objętościowy odsączu (β_{po}, V_{po} i V_o)

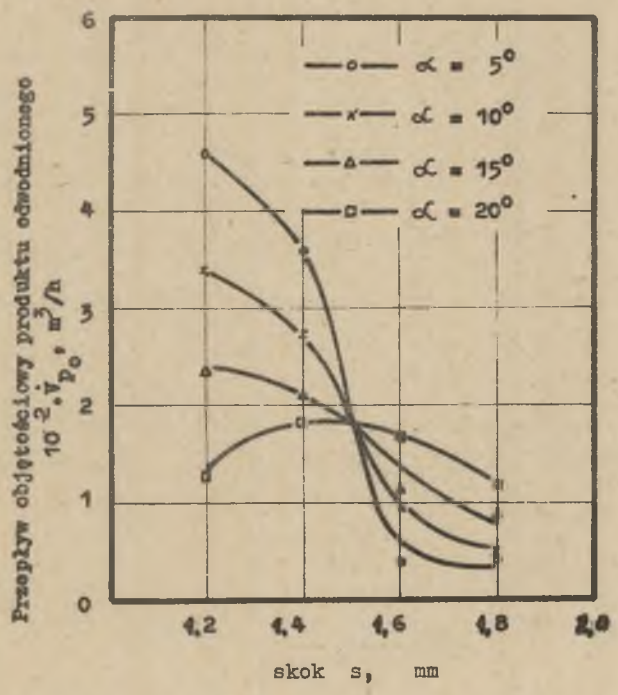
są jednakowej wartości. Przecięcie się krzywych w punkcie $s = 1,5$ mm dla $q = 0,32$ t/m^{2}h oraz $x_o = 1,7$ mm dla $q = 0,55$ t/m^{2}h tłumaczy się równowagą wpływu pochodzącego od parametru kąta pochylenia sita i od parametru jego skoku na proces odwadniania.



Rys. 6. Wpływ skoku i kąta nachylenia sita α na zagęszczenie masowe odsaczu β_o dla obciążenia jednostkowego powierzchni $q = 0,55$ t/m^{2}h

Nadto, odpowiednie przesunięcie punktów równowagi dla różnych obciążeń jednostkowych przesiewacza uzasadnia fakt, że im większa grubość powstałej warstwy materiału na sicie, tym wymagane jest stosowanie większych skoków, aby uzyskać skuteczne odprowadzenie wody z przestrzeni międzyziarnowych;

dla $q = 0,32\ t/m^2h$ $s = 1,5$ mm,
dla $q = 0,55\ t/m^2h$ $s = 1,2$ mm.



Rys. 7. Wpływ skoku i kąta nachylenia sita α na przepływ objętościowy produktu odwodnionego Vpo dla obciążenia jednostkowego powierzchni $q = 0,32\ t/m^2h$

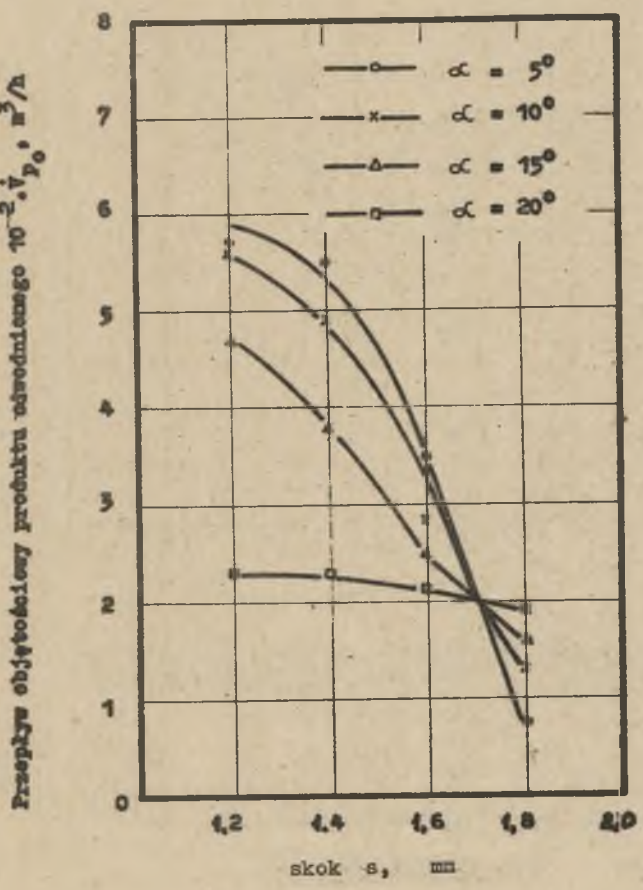
Dla obciążenia jednostkowego powierzchni sita $q = 0,32\ t/m^2h$, ze wzrostem kąta pochylenia sita, zagęszczenie masowe odsączu β_o rośnie, natomiast dla $q = 0,55\ t/m^2h$ zachodzi zjawisko odwrotne. Fakt ten tłumaczyć można tym, że dla odpowiednio grubych warstw materiału zwiększenie kąta

Tabela 2

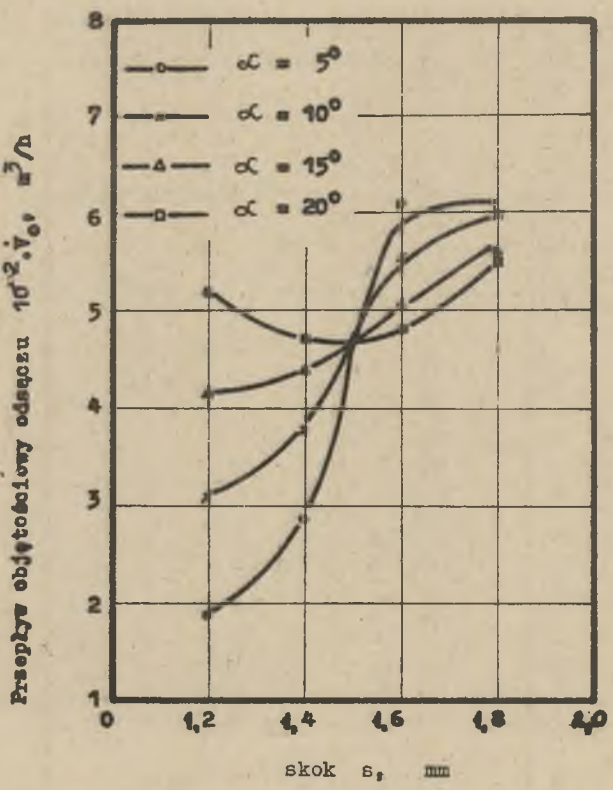
WPŁYW KĄTA NACHYLENIA SITA α, AMPLITUDY DRGAŃ I OBCIĄŻENIA JEDNOSTKOWEGO POWIERZCHNI SITA q NA ZAGĘSZCZENIE MASOWE I PRZEPŁYW OBJĘTOŚCIOWY PRODUKTÓW PRZESIEWACZA ODWADNIAJĄCEGO

Kąt nachylenia α (°)	Skok s (mm)	Zagęszczenie masowe β, g/l		Przepływ objętościowy V, m^3/h	
		β_{po}	β_o	V_{po}	V_o
OBCIĄŻENIE JEDNOSTKOWE POWIERZCHNI SITA q = 0,32 t/m^2h					
5	1,2	125,15	38,81	0,0463	0,0190
	1,4	153,56	32,85	0,0363	0,0290
	1,6	1060,30	34,00	0,0042	0,0611
	1,8	838,00	36,02	0.0052	0,0601
10	1,2	149,60	45,67	0,0341	0,0312
	1,4	189,32	34,92	0,0275	0,0378
	1,6	480,61	35,04	0,0095	0,0558
	1,8	835,25	37,25	0,0051	0,0502
15	1,2	180,47	54,93	0,0234	0,0419
	1,4	224,04	40,73	0,0211	0,0442
	1,6	322,40	36,94	0,0144	0,0509
	1,8	480,40	38,62	0.0090	0,0562
20	1,2	240,23	65,13	0,0130	0,0523
	1,4	246,90	42,07	0,0185	0,0468
	1,6	274,95	37,99	0,0171	0,0482
	1,8	365,06	39,40	0.0122	0,0531
OBCIĄŻENIE JEDNOSTKOWE POWIERZCHNI SITA q = 0,55 t/m^2h					
5	1,2	108,04	91,55	0,0571	0,0544
	1,4	134,31	66,89	0,0548	0,0567
	1,6	210,26	50,00	0,0348	0,0767
	1,8	833,42	46,20	0,0076	0,1039
10	1,2	122,50	77,00	0,0564	0,0551
	1,4	154,31	57,74	0,0488	0,0627
	1,6	251,98	48,46	0,0282	0,0833
	1,8	524,97	42,68	0,0133	0,0982
15	1,2	147,76	64,71	0,0474	0,0641
	1,4	190,46	53,17	0,0380	0,0735
	1,6	289,42	46,23	0,0247	0,0868
	1,8	440,93	42,20	0,0162	0,0953
20	1,2	262,92	57,10	0,0232	0,0883
	1,4	304,47	47,50	0,0228	0,0887
	1,6	337,50	43,06	0,0216	0,0899
	1,8	400,00	38,83	0,0189	0,0926

pochylenia sita obniża czas przebywania na nim materiału i przez to, ze względu na stawiany ziarnom mniejszym od otworu sita opór, przy przechodzeniu przez warstwę, zmniejsza się ilość ziarn, które przedostają się kapilarami wraz z cieczą w tym samym czasie do powierzchni sita i dalej do odsączu.



Rys. 8. Wpływ skoku i kąta nachylenia sita α na przepływ objętościowy produktu odwodnionego V_{po} dla obciążenia jednostkowego powierzchni $q = 0,55$ t/m²h

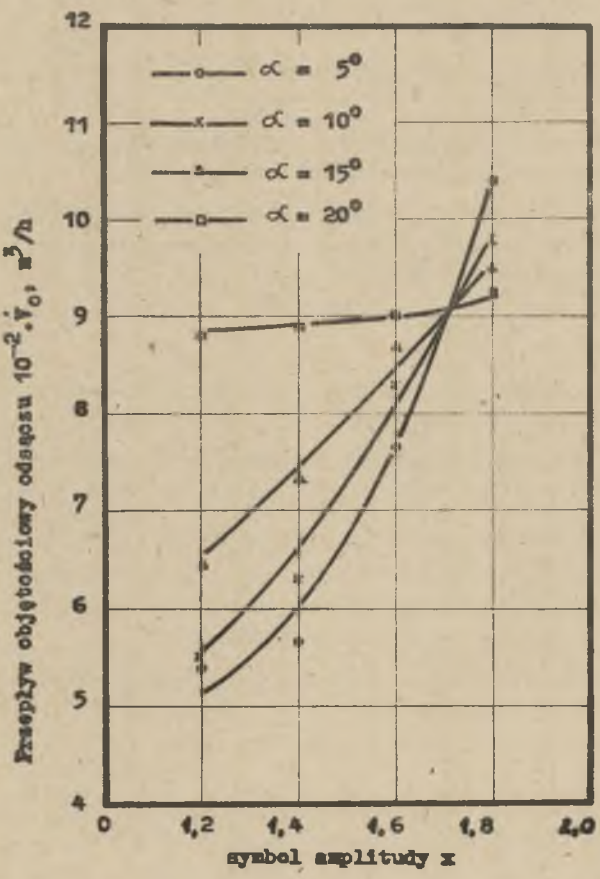


Rys. 9. Wpływ skoku i kąta nachylenia sita α na przepływ objętościowy odsączu V_o dla obciążenia jednostkowego powierzchni $q = 0,32\ t/m^2h$

Ze zwiększeniem obciążenia maleje zagęszczenie masowe produktu odwodnionego β po a rośnie β_o, V_o i V_{po}, co tłumaczyć należy wzrostem grubości warstwy na sicie, a więc gorszą przepuszczalnością dla wody.

Reasumując otrzymane wyniki badań zagęszczania mułu węglowego na przesiewaczu szybkodrgającym, najlepszy efekt uzyskano przy następujących wielkościach zmiennych parametrów:

- skok przesiewacza $s = 1,6$ mm,
- kąt nachylenia sita $\alpha = 5^o$,
- obciążenie jednostkowe sita $q = 0,32\ t/m^2h$,



Rys. 10. Wpływ skoku i kąta nachylenia sita α na przepływ objętościowy odsączu V_o dla obciążenia jednostkowego powierzchni $q = 0,55\ t/m^2h$

otrzymano wówczas.

- zagęszczenie produktu zagęszczonego $\beta_{po} = 1060,3$ g/l
- zagęszczenie masowe odsączu $\beta_o = 34,8$ g/l
- przepływ objętościowy produktu zagęszczonego $V_{po} = 0,0042\ m^3h$
- przepływ objętościowy odsączu $V_o = 0,0611\ m^3h$.

6. WNIOSKI

- Na przesiewaczu szybkodrgającym można z dużym powodzeniem prowadzić proces zagęszczania drobnoziarnistych zawiesin mułów węglowych, o stosunkowo niedużym zagęszczeniu, uzyskując zagęszczenie produktu odwodnionego 1000 g/l.
- Należy stosować tym większe wartości skoku przesiewacza, im większe jest jego obciążenie.
- Stwierdzono, że zagęszczenia produktu odwodnionego są wyższe, przy mniejszych wartościach kąta pochylenia sita.
- Na podstawie otrzymanych wyników badań należy dążyć do nowoczesnych rozwiązań szybkodrgających urządzeń do zagęszczania, oraz odwadniania mułów węglowych.

LITERATURA

[1] Battaglia A.: Odwadnianie produktów wzbogacania i obiegi wodne płuczek, Wydawnictwo Górniczo-Hutnicze, Katowice 1963

[2] Nawrocki J.: Budowa i eksploatacja maszyn do odwadniania produktów wzbogacania. Skrypty Uczelniane, Pol. Śląska, Gliwice 1975

[3] Nawrocki J.: Budowa i eksploatacja przesiewaczy. Skrypty Uczelniane Pol. Śląska, Gliwice 1975

[4] Sówka J.: Odwadnianie mułów węglowych na przesiewaczu o ruchu liniowym. Zeszyty Naukowe, Pol. Śląska, nr 335, 1972

[5] Sówka J., Sówka R.: Odwadnianie mułów węglowych na przesiewaczu szybkodrgającym. Przegląd Górniczy nr 4, 1979

СГУЩЕНИЕ УГОЛЬНОГО ШЛАМА НА ВИБРАЦИОННОМ ГРОХОТЕ

Резюме

В статье дана конструкция и действие вибрационного грохота, на котором проведено испытание сгущения угольного шлама. Описывается тоже влияние угля наклона, хода, а также нагрузки единичного сита на эффект сгущения.

Coal Slurry Densifying on a Rapid Vibrating Screen.

Summary

The construction and action of a rapid vibrating screen have been presented. The arrangement has been used to densify coal slurry. Inclination, travel and load intensity have also been described as affecting the densifying effect.