

*przesiewanie, sprawność przesiewania,
przesiewacze zataczające*

Wojciech POĆWIARDOWSKI*
Piotr WODZIŃSKI**

PRZESIEWANIE SUROWCÓW MINERALNYCH NA PRZESIEWACZU ZATACZAJĄCYM

Niniejsza praca dotyczy tzw. przesiewaczy zataczających. Są to maszyny złożone z okrągłych kasetonów sitowych, które ułożone jeden nad drugim, stanowiące rzeszoto maszyny. Sita w przesiewaczach zataczających wykonują precesyjny ruch „pijanej beczki”. Jest to ruch złożony, przestrzenny i dlatego maszyny te są przeznaczone szczególnie do przesiewania materiałów drobno i bardzo drobno uziarnionych. Autorzy niniejszego opracowania zajmują się przesiewaczami napędzanymi dwoma symetrycznymi, zsynchronizowanymi motowibratorami rotacyjnymi. Napęd ten jest stosunkowo prosty i pozwala na osiągnięcie dobrych właściwości procesowych maszyny przesiewającej. Badania tego przesiewacza są wykonywane z użyciem kruszywa mineralnego (piasku kwarcowego). Celem pracy było zaprezentowanie studium konstrukcyjnego przesiewaczy zataczających, jak i wyników badań procesowych tych maszyn.

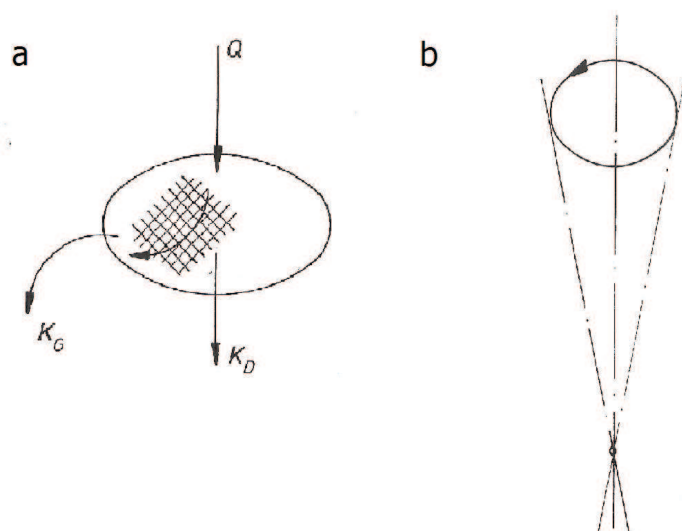
1. WSTĘP

Przesiewacze rotacyjne są maszynami przeznaczonymi do realizacji procesów klasyfikacji sitowej materiałów ziarnistych. Chodzi tutaj przede wszystkim o drobno- i bardzo drobnouziarnione mieszaniny ziarniste, które z racji swego uziarnienia nie mogą być przesiewane na sitach innych, znanych przesiewaczy. Maszyny te wykonują złożony, przestrzenny ruch rotacyjny, będący ruchem tzw. „pijanej beczki”. Główny opór procesu przesiewania leży po stronie warstwy, a nie po stronie sita. Dotyczy to przesiewania grubowarstwowego, które ma miejsce w przypadku klasyfikacji materiałów o bardzo drobnym uziarnieniu. W przypadku przesiewania materiałów średnio- i grubouziarnionych, można prowadzić proces cienkowarstwowy, w którym znaczenie oporu warstwy zostaje zminimalizowane.

* Uniwersytet Technologiczno-Przyrodniczy w Bydgoszczy, Wydział Technologii i Inżynierii Chemicznej, ul. Seminaryjna 3, 85-326 Bydgoszcz, wojciech.pocwiardowski@utp.edu.pl

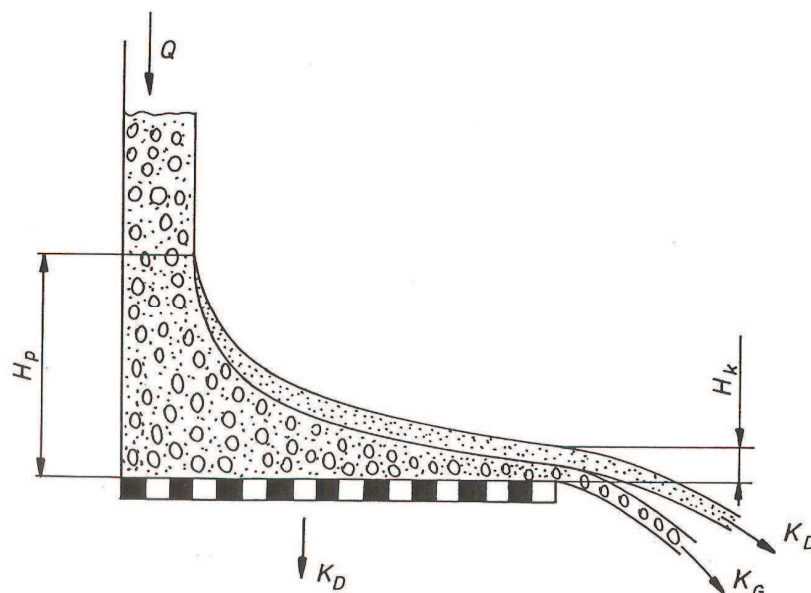
** Politechnika Łódzka, Wydział Inżynierii Procesowej i Ochrony Środowiska, 90-924 Łódź, ul. Wólczańska 175, wodzinsk@wipos.p.lodz.pl

Przesiewacze zataczające mogą być wyposażone w różnorakie urządzenia do oczyszczania sit. Usuwanie zakleszczonych w otworach sita ziaren jest ważną cechą. Usuwanie zablokowania sita nie zawsze daje się skutecznie zredukować w innych przesiewaczach. W omawianych maszynach można stosować ultradźwiękowe lub pneumatyczne urządzenia oczyszczające, obok znanych już pierścieni i gumowych kul oczyszczających, które też są efektywne w odblokowywaniu otworów sitowych.



Rys. 1. Przesiewacz zataczający a- schemat procesowy, b- ruch sita
(Q – nadawa, K_G – klasa górna, K_D – klasa dolna) [6]

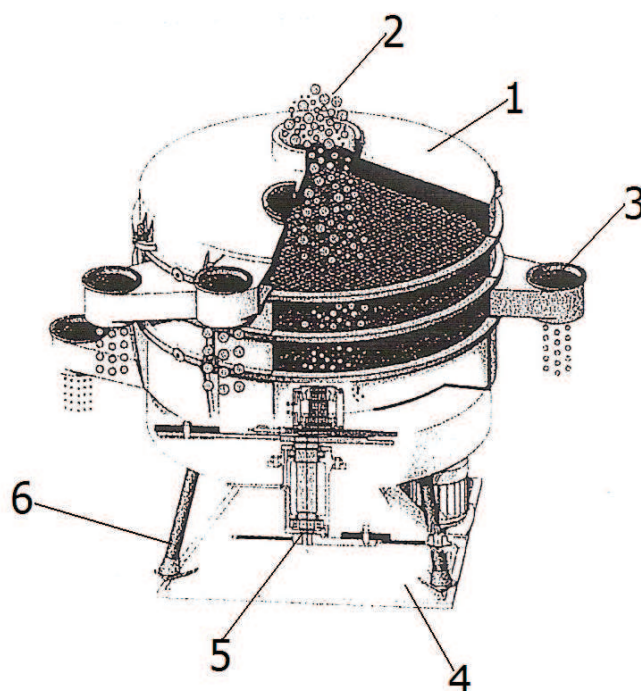
Fig. 1. Sieves' tracks in rotary screen a- sieving process, b- sieve's movement
(Q – feeding material, K_G – upper degree, K_D – lower degree)



Rys. 2. Warstwa ziarnista na sicie przesiewacza zataczającego
(układ grubości warstwy na długości promienia sita) [6]

Fig. 2. Granular layer in a crank screen's sieve (layer thickness by a radius of a sieve)

Schemat procesu na przesiewaczu rotacyjnym został przedstawiony na rys. 1a, natomiast precesyjny ruch sita pokazano na rys. 1b. Na rysunku 2 przedstawiono przekrój przez warstwę ziarnistą na długości połowy sita (promienia sita), przesianą na kołowym sicie zataczającym. Nadawa o nadłożeniu Q dopływa do sita centralnie od góry i porusza się wzdłuż sita ruchem spiralnym, w kierunku promieniowym, tzn. od środka do obrzeża sita. Jeżeli założymy, że w nadawie są ziarna duże (staczająca się klasa górna) i małe (klasa dolna) to z sita spada cała klasa górna i część klasy dolnej, która pozostała w produkcie nadsitowym, co stanowi o sprawności przesiewania [3]. Schemat przesiewacza zataczającego przedstawiono na rys. 3.

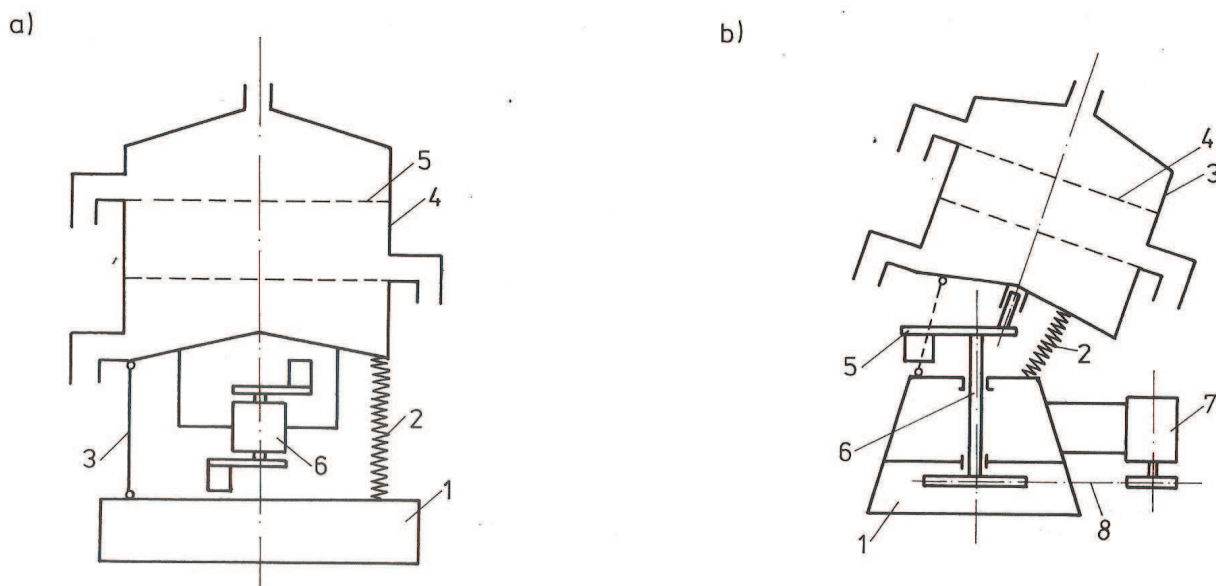


Rys. 3. Przesiewacz zataczający (1 – kasetony sitowe, 2 – otwór centralny, 3 – wysypy boczne, 4 – rama, 5 – układ napędowy, 6 – zawieszenie sprężyste)

Fig. 3. Rotary crank screen (1 – coffer sieves, 2 – central opening, 3 – side outlets, 4 – frame, 5 – propulsive system, 6 – spring suspension)

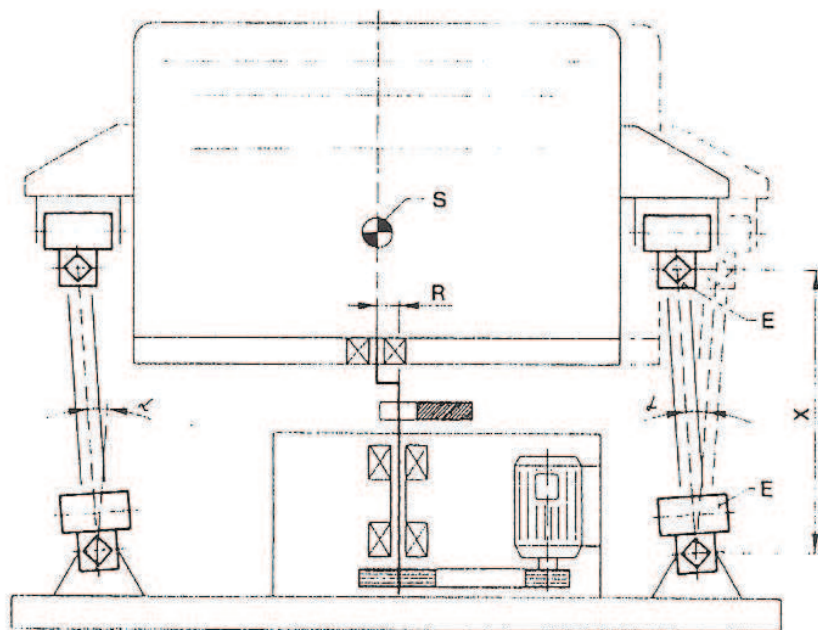
2. UKŁADY NAPĘDOWE PRZESIEWACZY ZATACZAJĄCYCH

Przesiewacze zataczające posiadają 3 podstawowe układy napędowe. Dwa pierwsze z nich zostały schematycznie pokazane na rys. 4. Na rysunku 4a przedstawiono przesiewacz zataczający napędzany doczepnym motowibratorem rotacyjnym. Na podstawie, opisanej jako 1, zamocowane jest zawieszenie sprężyste 2 oraz elastyczne 3. Na zawieszeniu usytuowane są kasetony 4 z sitami 5. Napęd stanowi monowibrator rotacyjny 6 umieszczony pod rzeszotem centralnie w osi maszyny, posiadający masy niewyważone przesunięte o 180° .

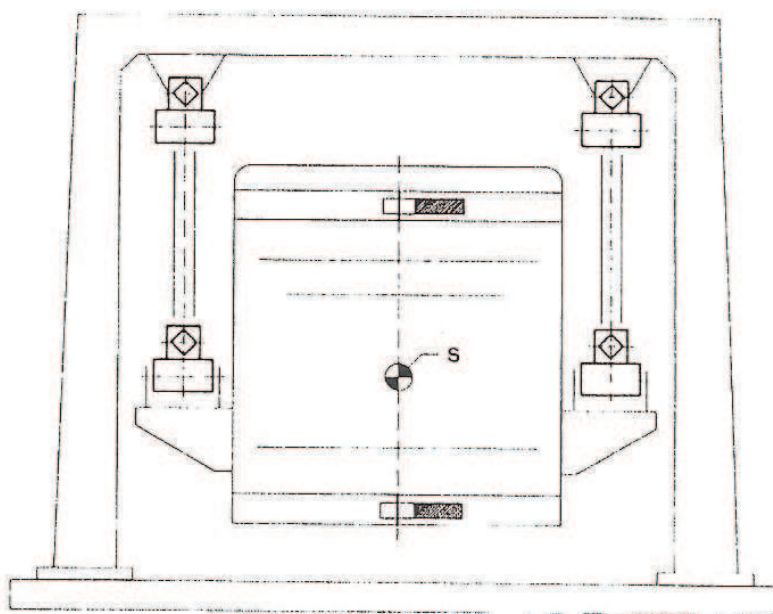


Rys. 4. Dwa rodzaje napędu przesiewaczy zataczających
Fig. 4. Two kinds of crank screen's drive

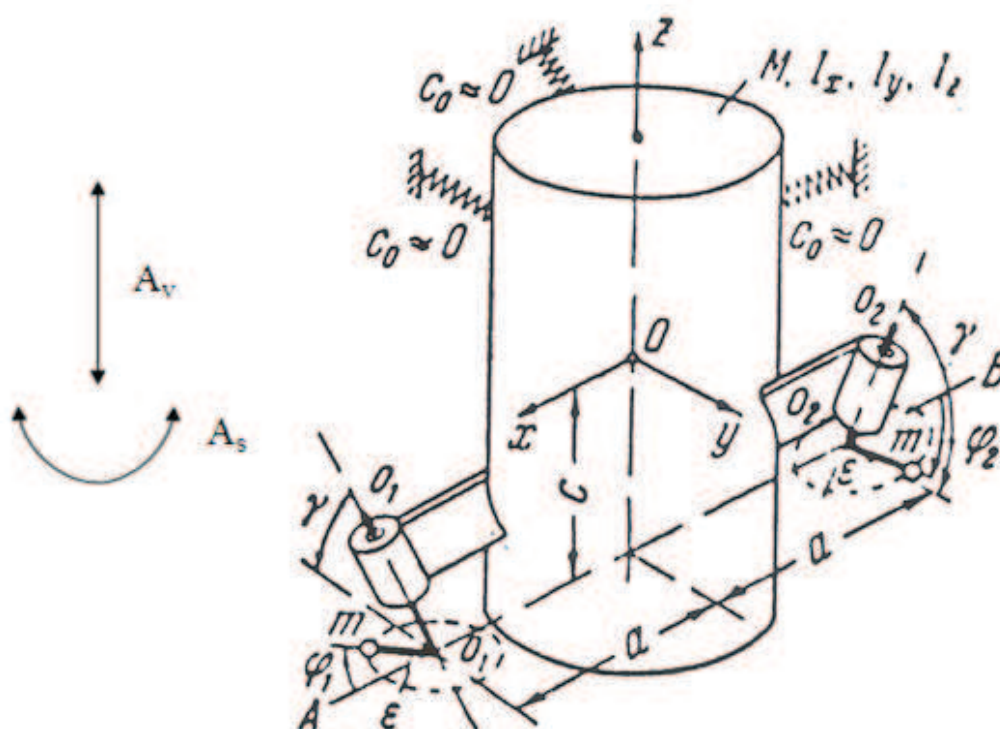
Drugi rodzaj napędu przesiewacza rotacyjnego pokazano na rys. 4b. Jest to napęd korbowy. Głównym elementem napędowym jest korba 5 z przeciwmasą, służącą do dynamicznego zrównoważenia maszyny. Całość opiera się na ramie 1 i zawieszeniu sprężystym 2. Kasetony 3 z sitami 4 wprawione są w ruch „pijanej beczki” za pomocą napędu korbowego. Inny schemat przesiewacza zataczającego z napędem korbowym przedstawiono na rys. 5, a rotacyjnym centralnym na rys. 6.



Rys. 5. Przesiewacz zataczający z napędem korbowym
Fig. 5. A screen with crank drive



Rys. 6. Przesiewacz zataczający z napędem rotacyjnym odśrodkowym
Fig. 6. A crank screen with centrifugal rotary drive

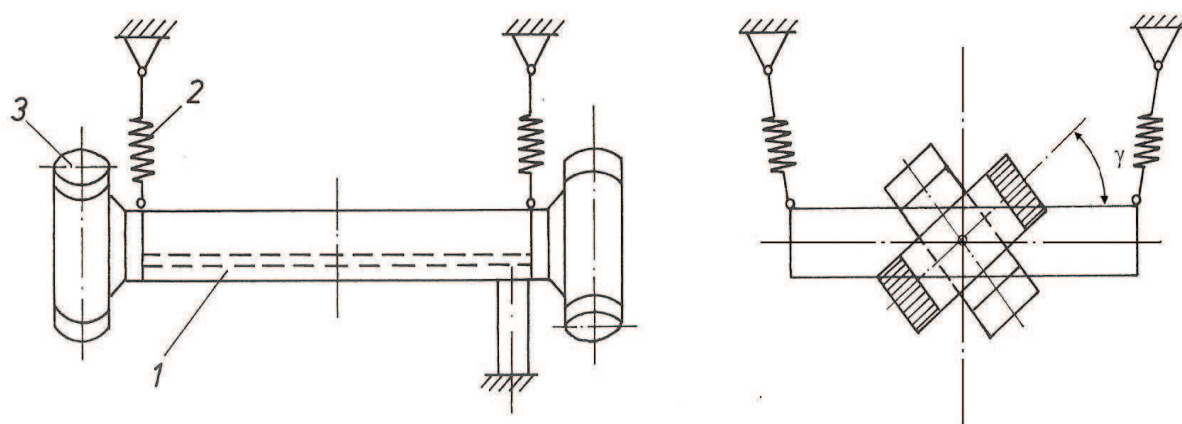


Rys. 7. Przesiewacz zataczający napędzany dwoma zsynchronizowanymi monowibratorami rotacyjnymi
Fig. 7. A screen driven by two synchronized rotary motovibrators

Trzeci rodzaj napędu przesiewaczy zataczających, polega na zastosowaniu dwóch motowibratorów rotacyjnych, pracujących w warunkach wzajemnej samo synchroni-

zacji przeciwbieżnej (rys 7). Osie tych wibratorów nachylone są do poziomu (do płaszczyzny sita) pod kątem γ , a korzystna wartość tego kąta powinna wynosić 45° . Przedstawiony układ napędowy wymusza złożone drgania rzeszota (zestawu kasetonów sitowych), które można rozpatrywać jako złożone z dwóch elementarnych ruchów drgających. Pierwszy to pionowy ruch drgający o amplitudzie A_v , a drugi ruch stanowią drgania skrętne o amplitudzie kątowej A_s , lub liniowej A_{sl} [1].

Podobnie pracujący przesiewacz zataczający, ale w wersji podwieszonego rzeszota przedstawiono na rys. 8. Motowibratory rotacyjne napędzają maszyny umieszczone są symetrycznie po obu stronach okrągłego rzeszota, wiszącego na stalowych sprężynach śrubowych.

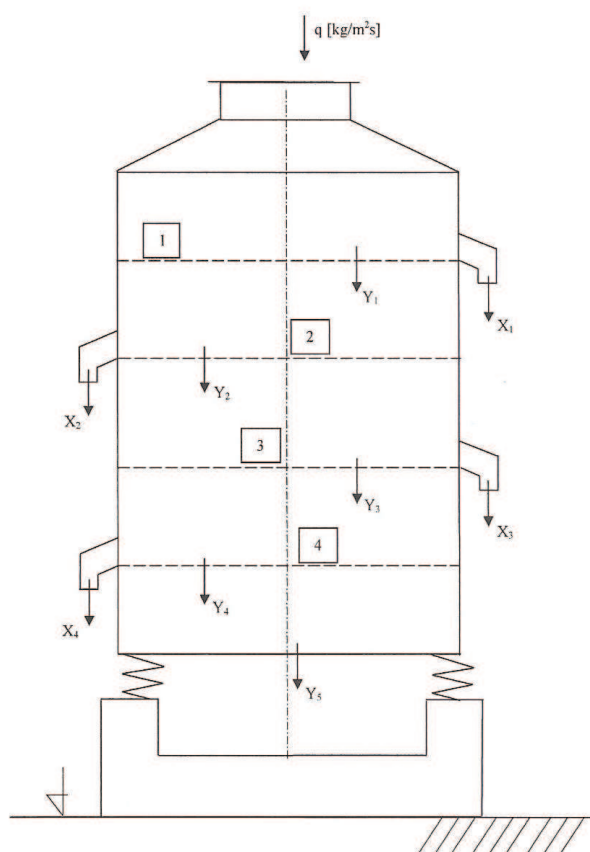


Rys. 8. Przesiewacz zataczający napędzany dwoma motowibratorami rotacyjnymi [5]

Fig. 8. A crank screen driven by two synchronized rotary motovibrators [5]

3. PRZESIEWACZ ZATACZAJĄCY NAPĘDZANY DWOMA MOTOWIBRATORAMI ROTACYJNYMI

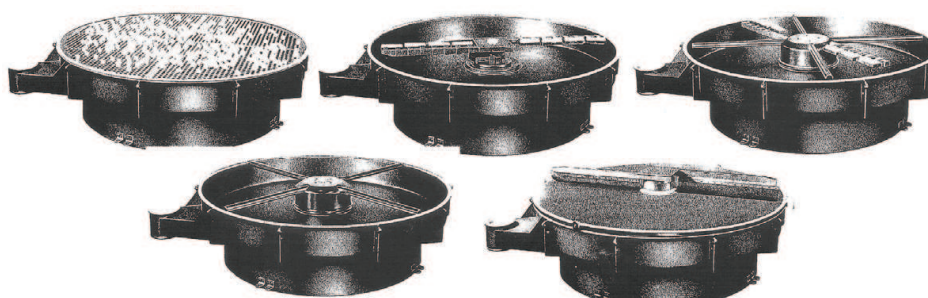
Proces przesiewania materiałów ziarnistych (kruszyw mineralnych) na przesiewaczu zataczającym, o dowolnym układzie napędowym, przedstawiono na rys. 9. Nadawa jest podawana centralnie na najwyższe sito (o największych wymiarach otworów) z natężeniem dopływu q [$\text{kg}\cdot\text{h}^{-1}\cdot\text{m}^{-2}$]. Produkty nadsitowe $X_1, X_2\dots$ odbierane są rynkami bocznymi, a podsitowe (z wyjątkiem ostatniego, najniższego) $Y_1, Y_2\dots$ stanowią nadawę na kolejne, coraz to niżej położone sito.



Rys. 9. Proces przesiewania na wielopokładowym przesiewaczu zataczającym
 Fig. 9. A screening process by multilayer

4. URZĄDZENIA CZYSZCZĄCE SITA

Przesiewacze rotacyjne przeznaczone są do przesiewania materiałów drobnych i z tego względu przesiewacze wykazują obniżone sprawności poszczególnych sit (od 70 do 100%). Sprawność sita jest uwarunkowana zawartością określonej frakcji materiału modelowego na badanym sicie. Jest to związane z zatykaniem otworów sita przez przesiewany materiał. W przesiewaczach rotacyjnych stosuje się wiele znanych metod oczyszczania otworów sita za pomocą [4]: gumowych kul umieszczanych na sicie, przez oczyszczanie sita sprężonym powietrzem i urządzenia szczotkowe, zgrzeblowe, ultradźwiękowe zamocowane pod sitem (rys. 10). Poprawę sprawności sita uzyskuje się przez zastosowanie urządzeń czyszczących.



Rys. 10. Warianty konstrukcyjne urządzeń do oczyszczania sit
Fig. 10. Construction variants of sieves's cleaning devices

Sprawność przesiewacza wynika z bilansu [2].

Dla pojedynczego sita można napisać: $S = P + R$

gdzie:

S – szybkość podawania [kg/h],

P – szybkość przesypu przez sito [kg/h],

R – szybkość odprowadzania z sita [kg/h].

Stosunek zawartości interesującej nas frakcji, jaka powinna znaleźć się w przesiewie $P \cdot x_p$ do zawartości tej frakcji $S \cdot x_s$, jaka znajduje się w nadawie określa się współczynnikiem sprawności przesiewania η_p .

$$\eta_p = \frac{P \cdot x_p}{S \cdot x_s} = \frac{(x_s - x_r)x_p}{(x_p - x_r)x_s} \quad (1)$$

gdzie:

x_s – zawartość frakcji w surowcu [kg/kg],

x_p – zawartość frakcji w przesiewie [kg/kg],

x_r – zawartość frakcji w odsiewie [kg/kg].

Kalibrator pionowym sita o największych oczkach ułożone są na górze. Materiał przechodzi przez sita od największego sita do najmniejszego sita. Sprawność zatrzymywania w tym przypadku jest zdefiniowana jako stosunek frakcji grubej do sumy ziaren na sicie [3].

$$\eta_z = \frac{X_g}{X_s} \quad (2)$$

5. PRZEPROWADZONE BADANIA

Celem pracy jest określenie sprawności przesiewania poszczególnych sit przesiewacza rotacyjnego z dwoma monowibratorami nachylonymi pod kątem 45° dla wydzielonych frakcji piasku kwarcowego.

Przesiewacz ma kształt walcowej kolumny, składającej się z sześciu elementów – rzeszota. Na metalowej podstawie przesiewacza zamontowano kolumnę sit o średnicy 0,538 m wspartą na 16 sprężynach. Powierzchnia całkowita sita 0,223 m².

Kolumnę montuje się z segmentów, między którymi są umieszczane sita i urządzenia do ich czyszczenia w postaci pierścieni ułożonych na perforowanych blachach. Z powierzchni sita wysypy odprowadzają materiał do króćców przesypowych i dalej do odbieralników frakcji. Na podstawie spoczywa pierwszy segment dolny z lejem stożkowym. Kolumnę zakrywa płaska pokrywa z króćcami o średnicy 2" doprowadzającymi nadawę. Materiał z sita górnego spływa do leja i dalej na środek sita dolnego i pod wpływem drgań rozplywa się po sicie. Frakcja mniejsza od wymiarów sita przechodzi przez sito a frakcja grubsza jest przesuwana razem z dopływającym materiałem ziarnistym do otworu przesypowego i dalej do odbieralnika frakcji. Segment dolny odprowadza najdrobniejszy materiał do otworu przesypowego.

Badania przeprowadzono na kruszywie kwarcowym (piasek kwarcowy firmy KREISEL). Do analizy sitowej i badań wydajności przesiewania materiału użyto drucianych sit plecionych. Analizę sitową wykonano na zestawie sit laboratoryjnych przy pomocy wytrząsarki.

Tabela 1

Charakterystyka materiału

| Średnica oczka sita, a | Średnia średnica frakcji sitowej, d_{sr} | Masa ziaren na sicie | Zawartość frakcji, x | Sumaryczne zatrzymanie na sicie, R | Sumaryczny przesiew na sicie, Q |
|--------------------------|--|----------------------|------------------------|--------------------------------------|-----------------------------------|
| [mm] | [mm] | [kg] | [% mas.] | [%] | [%] |
| 1,000 | 0,89 | 0,0000 | 0,00 | 0,00 | 100,00 |
| 0,800 | 0,66 | 0,0532 | 5,32 | 5,32 | 94,68 |
| 0,550 | 0,47 | 0,3322 | 33,22 | 38,54 | 61,46 |
| 0,400 | 0,40 | 0,4466 | 44,66 | 83,20 | 16,80 |
| 0,319 | 0,28 | 0,0440 | 4,40 | 87,60 | 12,40 |
| 0,200 | 0,16 | 0,1240 | 12,40 | 100,00 | 0,00 |
| | razem | 1,0000 | 100,00 | | |

Średnia średnica frakcji sitowej była obliczana jako

$$d_{sr} = \sqrt[2]{a_2 \cdot a_1}$$

gdzie:

- a_1 – wymiar sita górnego, mm
- a_2 – wymiar sita dolnego, mm
- d_{sr} – średnia średnica frakcji sitowej, mm

6. METODYKA BADAŃ, WYNIKI

Materiał przesiewano przez sita o różnej średnicy otworów sit: 1,000, 0,800, 0,550, 0,400, 0,319, 0,200 mm. Na pierwsze sito przesiewacza wsypywano porcję rozsianego wcześniej na frakcje materiału w ilości ok. 15 kg i po czasie τ równym 0,5 godziny zatrzymywano aparat. Ważono masę piasku, która przeszła przez sito.

Tabela 2

Charakterystyka przesianego piasku

| Średnica oczka sita, a | Średnia średnica frakcji sitowej, d_{sr} | Masa ziaren na sicie | Zawartość frakcji, x | Sumaryczne zatrzymanie na sicie, R | Sumaryczny przesiew na sicie, Q |
|--------------------------|--|----------------------|------------------------|--------------------------------------|-----------------------------------|
| [mm] | [mm] | [kg] | [% mas.] | [%] | [%] |
| 1,000 | 0,89 | 0,000 | 0,00 | 0,00 | 100,00 |
| 0,800 | 0,66 | 0,009 | 0,06 | 0,06 | 99,94 |
| 0,550 | 0,47 | 5,110 | 33,21 | 33,26 | 66,74 |
| 0,400 | 0,40 | 2,730 | 17,74 | 51,00 | 49,00 |
| 0,319 | 0,28 | 2,140 | 13,91 | 64,91 | 35,09 |
| 0,200 | 0,16 | 5,400 | 35,09 | 100,00 | 0,00 |
| | razem | 15,389 | 100,0 | | |

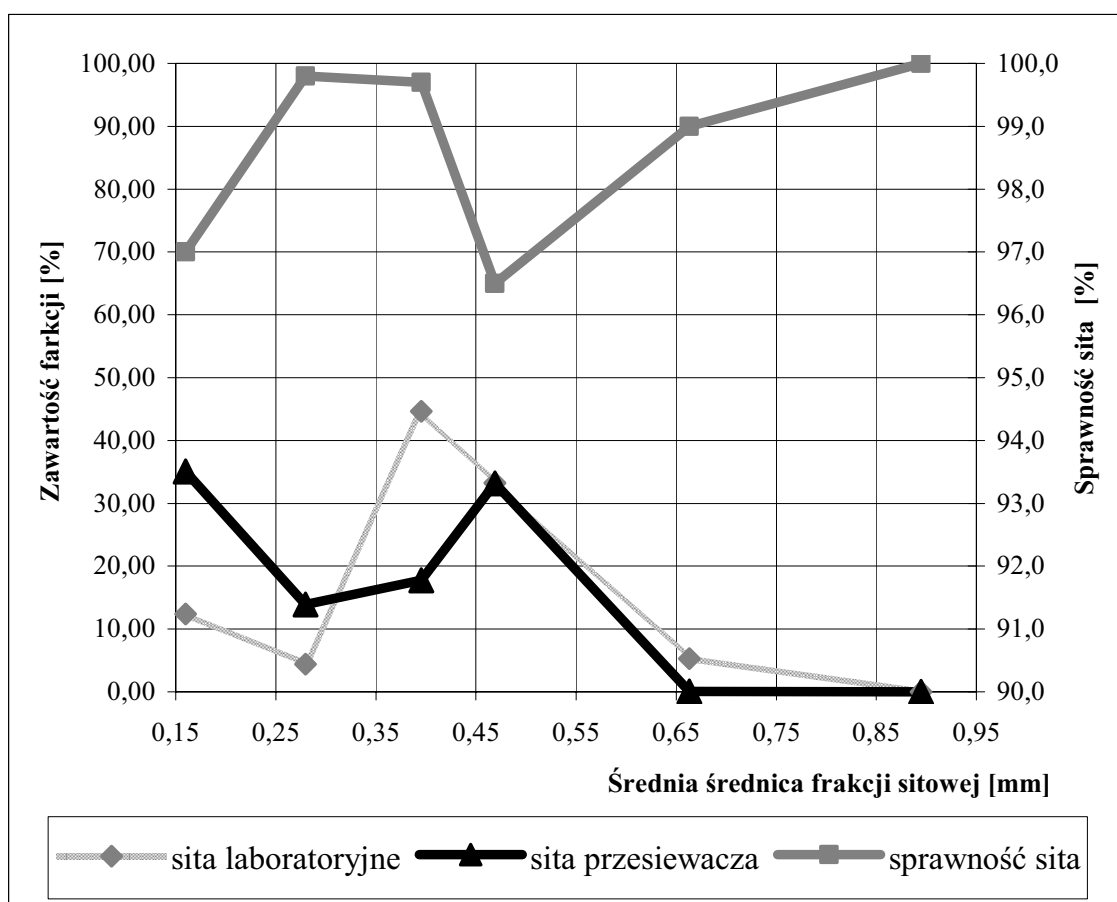
Na podstawie uzyskanych wyników przesiewania określano sprawność sita przy pomocy analizy sitowej. Uzyskane frakcje z kalibratora badawczego przesiewano na odpowiednich sitach laboratoryjnych, określając zawartość frakcji grubej do sumy piasku kwarcowego na sicie. Do przesiewania pobierano próbkę 100 g nasion. Wyniki zestawiono w tabeli 3.

Tabela 3

Sprawność sita w przesiewaczu

| Średnica oczka sita, a | Średnia średnica frakcji sitowej, d_{sr} | Zawartość frakcji, x | Sprawność sita, η |
|--------------------------|--|------------------------|------------------------|
| [mm] | [mm] | [% mas.] | [%] |
| 1,000 | 0,89 | 0,00 | 100,0 |
| 0,800 | 0,66 | 0,06 | 99,0 |
| 0,550 | 0,47 | 33,21 | 96,5 |
| 0,400 | 0,40 | 17,74 | 99,7 |
| 0,319 | 0,28 | 13,91 | 99,8 |
| 0,200 | 0,16 | 35,09 | 97,0 |

Wynik oznaczonej sprawności sita w zależności od zawartości procentowej danej frakcji w nadawie przedstawiono na rys. 11.



Rys. 11. Sprawność sit przesiewacza

Fig. 11. Screen sieves' efficiency

W wyniku przeprowadzonych badań można stwierdzić, że sprawność sit badanego przesiewacza rotacyjnego z dwoma monowibratorami uwarunkowana jest procentowa zawartością frakcji na sicie pomimo zastosowania urządzenia do czyszczenia sita.

Wzrost zawartości materiału na sicie spowodował spadek jego sprawności. Największą sprawność odnotowano dla sit: 0,2, 0,319 i 0,8 mm, natomiast najmniejszą dla sita 0,55 mm ze względu na największy udział zawartości materiału badanego na tym sicie.

7. WNIOSKI

- Pomimo zastosowania urządzenia do czyszczenia sita sprawność przesiewania jest limitowana ilością materiału przesiewanego dozowanego na sito.
- Dla przesiewaczy ciągłych zawartość frakcji występującej w największej ilości rzutuje na sprawność sita.

- Największą sprawność uzyskać można w przypadku kiedy materiał przesiewany jest dozowany do przesiewacza z taką samą prędkością z jaką jest odsiewany. W ten sposób ilość materiału na sicie byłaby najmniejsza co zapewni najwyższą sprawność procesu.

LITERATURA

- [1] BLECHMAN I.I., *Synchronizacja dynamicznych systemów*, Moskwa–Leningrad 1976.
- [2] BŁASIŃSKI H., MŁODZIŃSKI B., *Aparatura przemysłu chemicznego*, WNT, Warszawa 1971.
- [3] DOMORADZKI M., WEINER W., KORPAL W., *Badania sprawności przesiewacza wibracyjnego*, XII Ogólnopolska Konferencja Naukowa *Postęp w Inżynierii Żywności*, Suwałki 2004.
- [4] KANZLEITER T., *Die Taumelsiebmaschine. Maschinendynamik und Guttransport*, 3,7, Auber.-Tech., 1971.
- [5] SCHMIDT P., *Taumelsiebmaschinen*, 7, Auber.-Tech., 1966.
- [6] WODZIŃSKI P., *Przesiewanie i przesiewacze*, Wydawnictwo Politechniki Łódzkiej, Łódź 1997.

MINERALS SCREENING BY ROLLING SCREEN

This paper concerns so called “rolling screens”. These machines consists of circular sieve panels, stacked one above the other, which makes machine’s riddle. Screen’s sieves perform precise movement called “drunk barrel”. It is a complex and spatial movement, therefore these machines are specifically designed for screening fine and very fine grained materials. There are three types of screens drive: crank drive, drive with one rotary motovibrator and drive with two rotary motovibrators, placed symmetrically both sides of the riddle and working in conditions of mutual dynamic self-synchronization. The authors of this paper engage with two symmetrical synchronized rotary motovibrators driven screens. This drive is relatively simple and allows to achieve good process properties of sieve machine. Studies of this screen are performed using minerals (sand). The aim of the work was to present the screen study design and process study results of these machines.