

Remigiusz MODRZEWSKI, Piotr WODZIŃSKI

Katedra Aparatury Procesowej Wydział Inżynierii Procesowej i Ochrony Środowiska,
Politechnika Łódzka, Łódź

PROCES PRZESIEWANIA W PRZESIEWACZU ZATACZAJĄCO-KRĄŻĄCYM

Streszczenie. Niniejsza praca jest kolejną publikacją, opracowaną w Politechnice Łódzkiej, która dotyczy przesiewaczy o przestrzennym ruchu sit. Przesiewacze o przestrzennym ruchu sit (zwane także przesiewaczami swobodnie drgającymi), są właśnie maszynami, w których stworzone zostały stosunkowo najlepsze warunki do segregacji warstwy na sicie. W pracy przedstawiono badania ruchu i procesu w przesiewaczach Z-K.

SCREENING IN A WOBBLING-ROTARY SCREEN

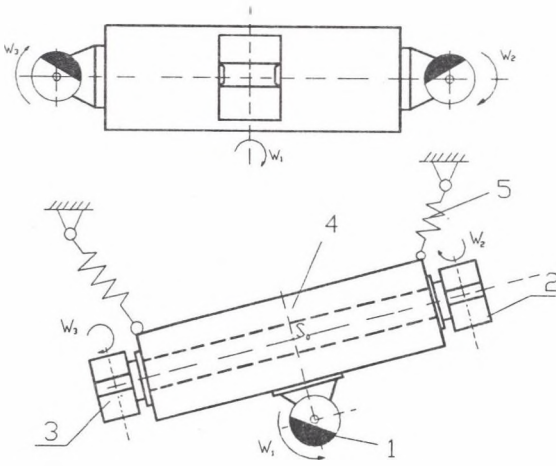
Summary. The paper is dealing with spatial sieve motion. It was stated that these machines have been designed mainly for screening of fine or very fine materials. Screens with spatial motion (called also freely vibrating screens) are the machines in which relatively good conditions of layer segregation on the screen have been created. The present study concerns the investigation of motion and process carried out in the wobbling-rotary screens.

1. Wprowadzenie

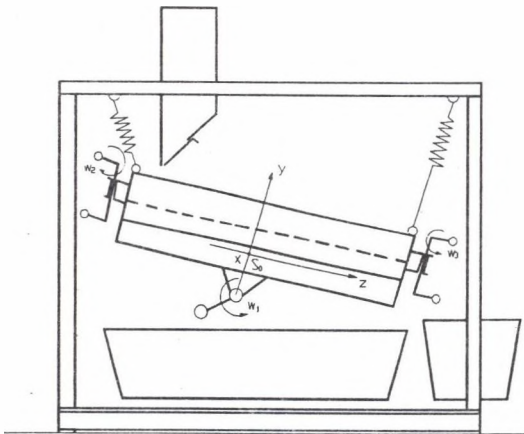
Niniejsza praca jest kolejnym ogniwem w "łańcuchu" publikacji pochodzących z Politechniki Łódzkiej, a dotyczących przesiewaczy o przestrzennym ruchu sit. Najwcześniejsze z nich to prace [3,4 i 5] oraz referat tych samych autorów z I Międzynarodowej Konferencji Przeróbki Kopalni - Zakopane 1995.

Przedmiotem badań jest przesiewacz zataczająco-krążący (PZ-K), który pokazano na rys. 1. Maszyna złożona jest z prostopadłościennego rzeszota (tak jak ma to miejsce w zdecydowanej większości przesiewaczy produkowanych i istniejących) [1,2,6], zawieszona sprężysto, oraz z 3 wibratorów napędowych. Są to wibratory rotacyjne, przy czym w maszynach zbu-

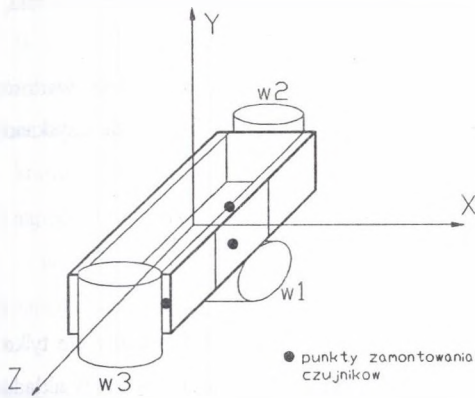
dowanych są to silniki niewyważone. Konstrukcja maszyny pozwala na zastosowanie wszystkich znanych dotąd rozwiązań poszczególnych elementów składowych przesiewacza, np. zawiesznień, sit, mocowania sit etc. Natomiast na rys.2 pokazano schemat PZ-K doświadczalnego, zbudowanego i badanego na Politechnice Łódzkiej.



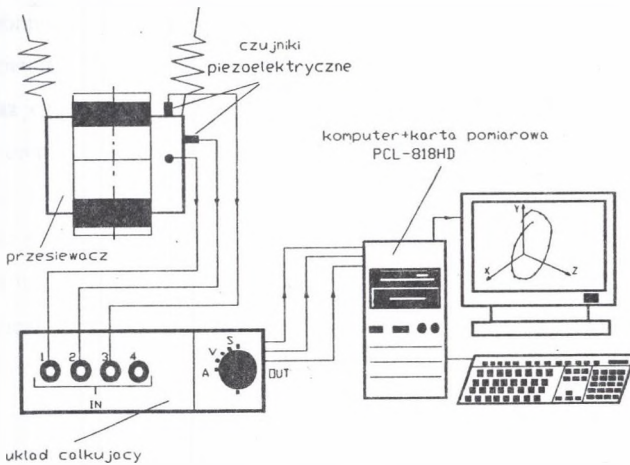
Rys.1. PZ-K
Fig 1. PZ-K



Rys.2. Schemat przesiewacza doświadczalnego Z-K
Fig.2. The scheme of laboratory screener



Rys.3. Oznaczenia do układu współrzędnych
Fig.3. The coordinate system legend



Rys.4. Schemat aparatury pomiarowej
Fig.4. The scheme of control apparatus

Do pomiarów drgań rzeszota (wyznaczenie torów i amplitud ruchu drgającego) użyto układu pomiarowego z 4 czujnikami piezoelektrycznymi. Rozmieszczenie tych czujników, oraz układ współrzędnych 0xyz (układ odniesienia) pokazano na rys.3, a sam system

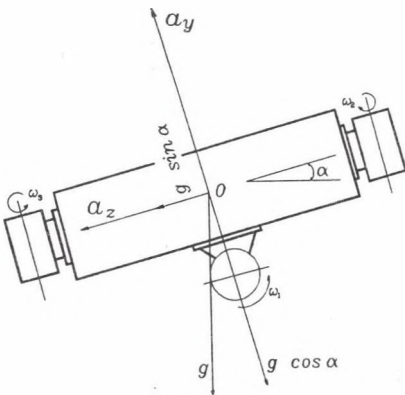
pomiarowy przedstawiono na rys.4. System ten był ponadto sprawdzony za pomocą testografów mechanicznych w celu wyeliminowania ewentualnych zniekształceń sygnału, pochodzących z podwójnego całkowania danych zbieranych z czujników.

Wskaźnik podrzutu przesiewacza był wyznaczany oddzielnie dla osi z i osi y . Jego wartość ogólna jest sumą geometryczną wskaźników składowych (rys.5). W badaniach uzyskano wielkości wskaźnika K w granicach:

$$K = 2.6 - 8.2$$

Ponieważ przesiewacz Z-K jest konstrukcją nową, to niezbędne było określenie nie tylko jego charakterystyk wydajnościowych, ale najpierw zoptymalizowanie warunków pracy układu napędowego. Tak więc badania maszyny składały się z dwóch etapów:

- badań ruchowych,
- badań procesowych.



Rys.5. Wskaźnik podrzutu PZ-K

Fig.5. The toss coefficient

4. Badania ruchowe PZ-K

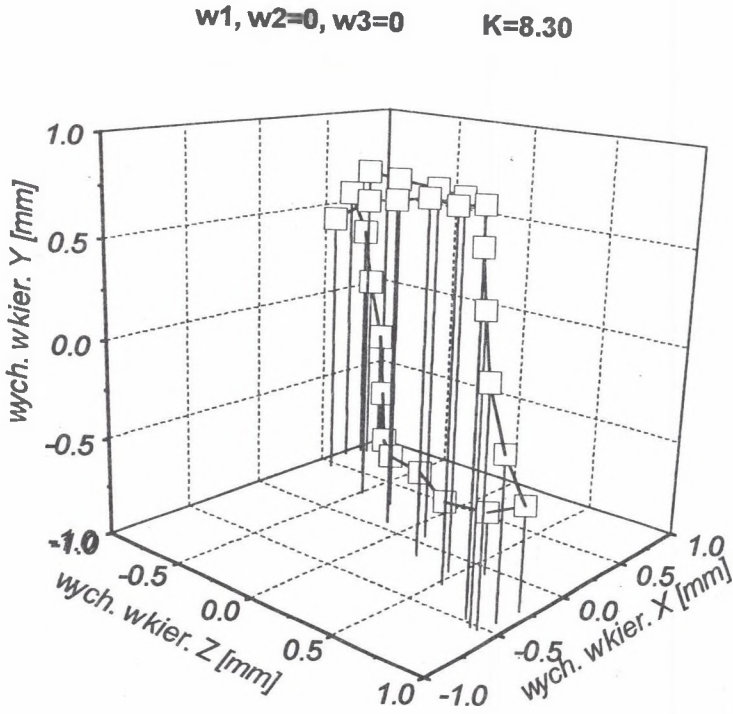
W niniejszym rozdziale pracy zostaną przedstawione niektóre wyniki badań ruchowych przesiewacza. Stosowano różne rodzaje napędu maszyny, a mianowicie:

- a) napęd tylko wibratorem centralnym 1 (taki napęd mamy w znanych przesiewaczach krążących) - $\omega_2 = 0$, $\omega_3 = 0$, $\omega_1 \neq 0$,
- b) napęd tylko wibratorami skrajnymi, przy wyłączonym wibratorsze centralnym
- $\omega_1 = 0$, $\omega_2 = \omega_3 \neq 0$,
- c) napęd przestrzenny za pomocą wszystkich wibratorów - $\omega_1 \neq 0$, $\omega_2 \neq 0$, $\omega_3 \neq 0$.

Prędkość obrotowa wałów niewyważonych we wszystkich przypadkach była jednakowa i wynosiła 1400 min^{-1} . Regulowano natomiast siłę wymuszającą wibratorów, rozumianą jako siłę odśrodkową, wywoływaną przez dany silnik niewyważony. Regulacja ta polegała na zmianie ustawienia względem siebie mas niewyważonych mocowanych na obu końcach wału silnika. W ten sposób otrzymano różne amplitudy drgań rzeszota.

Opracowane wyniki badań przedstawiono na rys.6-11, przy czym są to tylko niektóre, wybrane, nieliczne przypadki. Cały zebrany do tej pory materiał doświadczalny jest obszerny i technicznie niemożliwy do pokazania w tym opracowaniu. Tor drgań środka masy rzeszota oraz jego gabaryty (amplitudy) zostały pokazane na rysunkach aksonometrycznych, które mają tę cechę charakterystyczną, że płaszczyzna pozioma Ozx jest jednocześnie płaszczyzną sita. Jest to typowy rzut aksonometryczny prostokątnego układu odniesienia (trzy rzutnie wzajemnie prostopadłe). Zastosowano tutaj aksonometrię prostokątną, izometrię uproszczoną. Na każdej z osi układu oznaczono punkt 0, traktując oś układu jako typową oś liczbową. Dzięki temu przedstawiono obustronne wychylenia (po obu stronach punktu 0) sita w przesiewaczu.

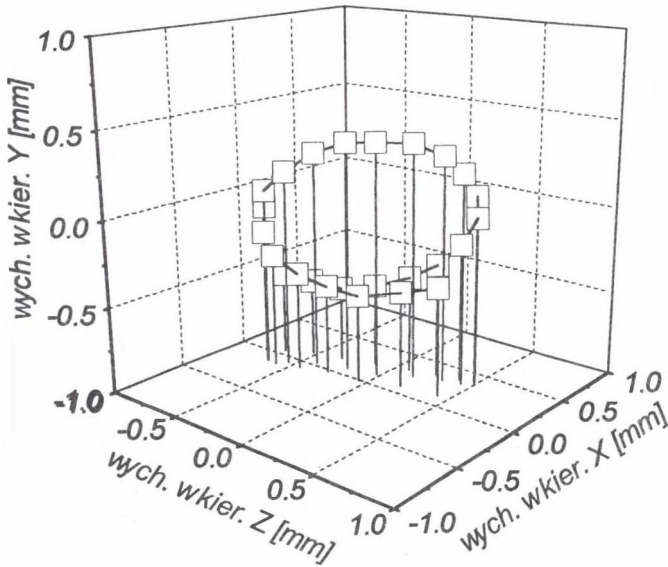
Na rys.6 i 7 pokazano tor sita, gdy działa tylko wibrator centralny, a przesiewacz jest typowym przesiewaczem o ruchu krążącym - płaskim. Uzyskane wykresy różnią się znacznie, a są one dla różnych wskaźników podrzutu. Jedynie w przypadku pokazanym na rys.7 możemy mówić o ruchu kołowym lub bliskim kołowemu.



Rys.6.

Fig.6.

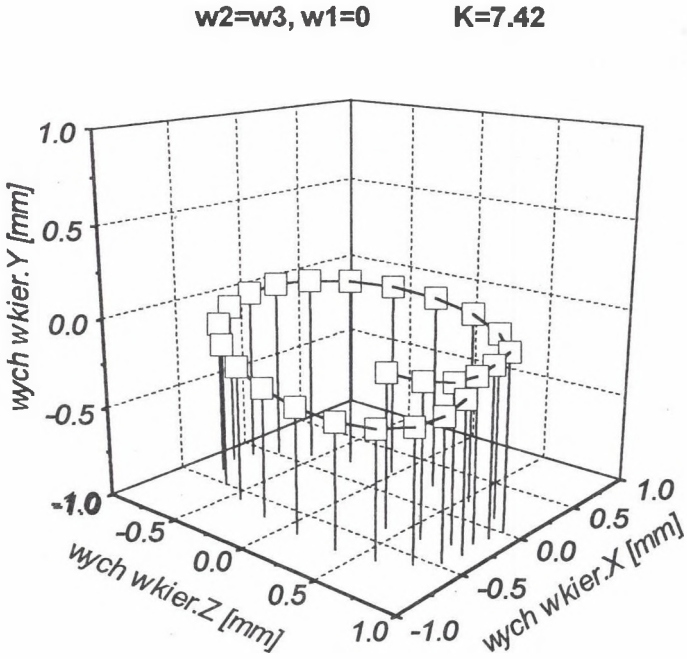
$$w_2=0, w_3=0, w_1 \quad K=4.99$$



Rys.7.

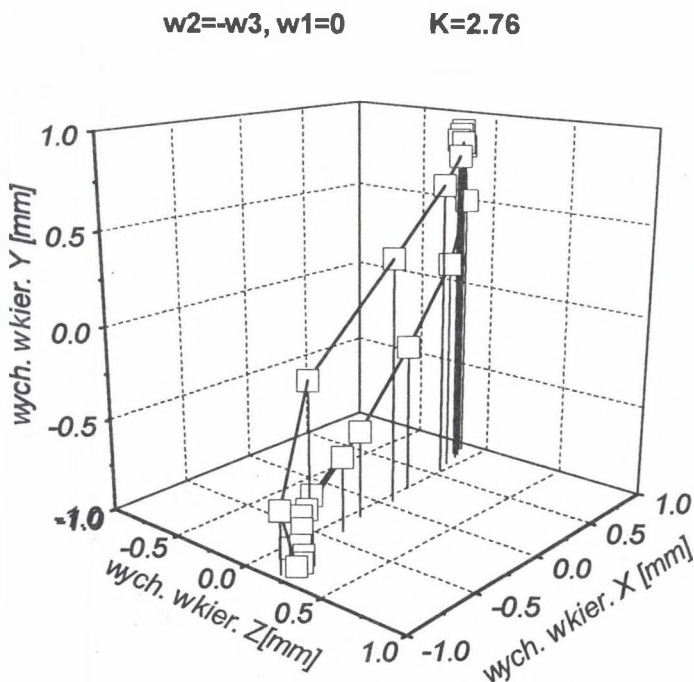
Fig.7.

Na rys.8 i 9 pokazano tory drgań sita dla przypadków napędu maszyny wibratorami skrajnymi 2 i 3. W pierwszym przypadku mamy synchronizację współbieżną, a w drugim - przeciwbieżną. Zgodnie z teorią samosynchronizacji dynamicznej w przypadku pierwszym (rys.8) powinniśmy otrzymać tor kołowy w płaszczyźnie sita, co w pewnym przybliżeniu uzyskano. W drugim przypadku (rys.9) powinniśmy uzyskać tor liniowy, płaski, co też uzyskano, z pewnym zniekształceniem toru, szczególnie w zakresie braku jego płaskości.



Rys. 8.

Fig. 8.

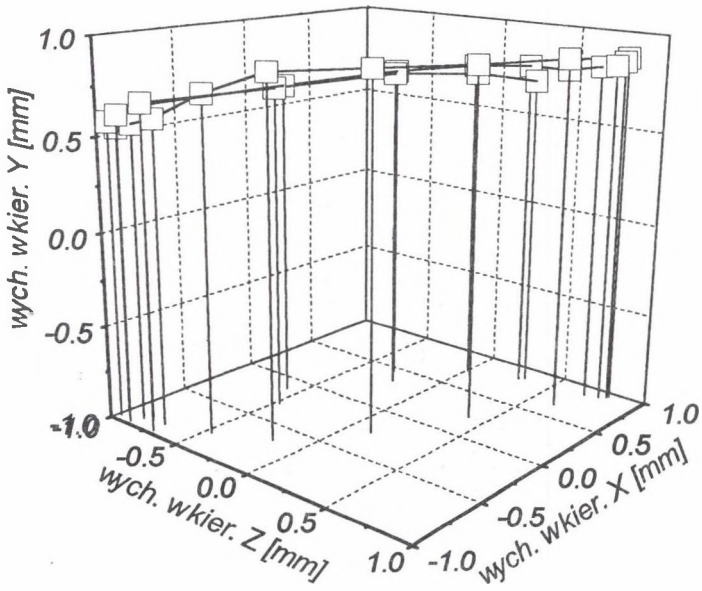


Rys.9.

Fig.9.

I wreszcie rys. 10 i 11 przedstawiają obraz ruchu drgającego sita, gdy działają wszystkie trzy wibratory. W jednym przypadku obroty wibratorów skrajnych są zgodne (synchronizacja współbieżna), a w drugim przeciwnie (rys.11) - synchronizacja przeciwbieżna. Tutaj mamy do czynienia z typowo przestrzennymi, nieliniowymi drganiami przesiewacza, co uwidacznia złożoność ruchu drgającego przesiewacza Z-K

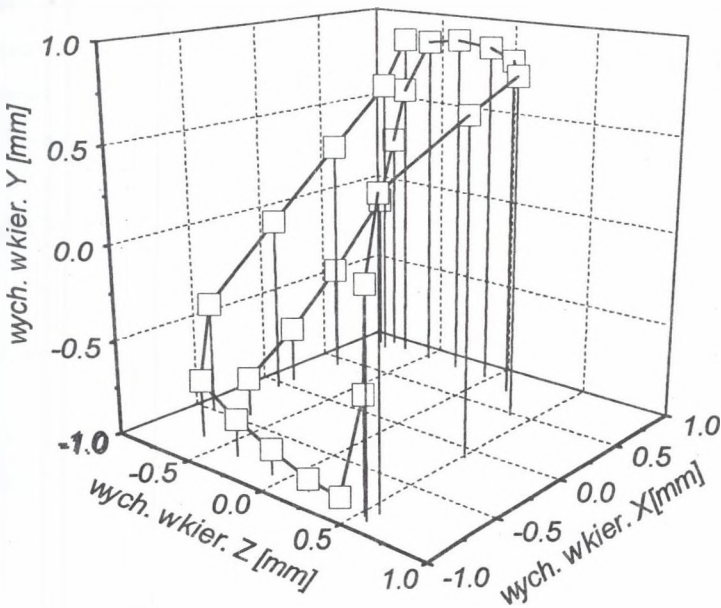
$$w_2=w_3, w_1 \quad K=7.74$$



Rys. 10

Fig. 10

$$w_2 = -w_3, w_1 \quad K = 6.60$$



Rys.11.

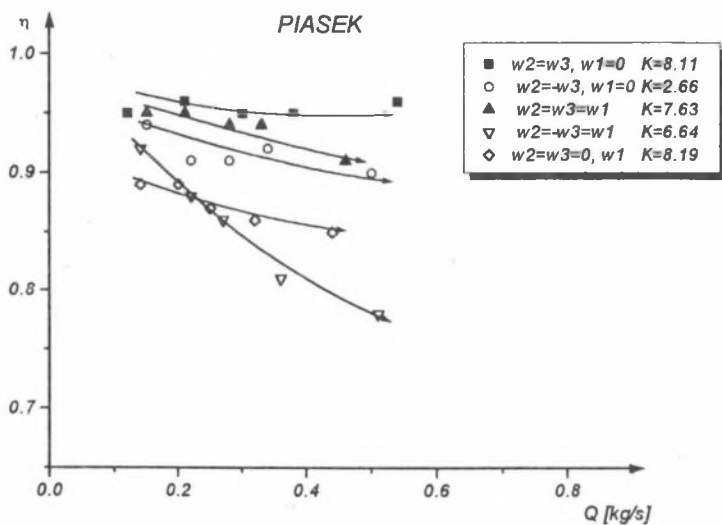
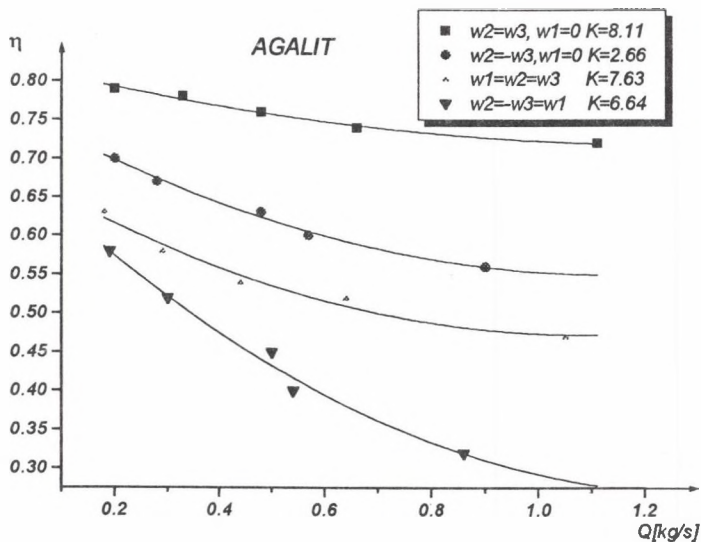
Fig 11.

5. Badania procesowe przesiewacza

Na Politechnice Łódzkiej wykonano wiele badań procesowych PZ-K i są one nadal prowadzone. W niniejszym opracowaniu zostaną przedstawione tylko zbiorcze wykresy stanowiące opracowanie wyników badań procesowych. Materiałami badanymi były:

- agalit (mieszanina ziaren kulistych),
- piasek (mieszanina ziaren nieregularnych).

Wyżej wymienione materiały ziarniste stanowią tzw. materiały modelowe, tzn. takie, do których można "przybliżyć" (ze względu na kształt ziarna) wiele innych materiałów rzeczywistych, spotykanych w praktyce.



Badane materiały posiadały uziarnienie od 0.01 mm do 2.00 mm. Do przesiewania użyto sita tkanego, stalowego o otworach kwadratowych $l = 0.63$ mm. Badania prowadzono w sposób klasyczny dla procesu przesiewania, natomiast sprawność procesu η określano metodą analizy sitowej. Wyniki badań pokazano w postaci funkcji $\eta = \eta(Q)$ dla:

- agalitu - rys. 12,
- piasku - rys. 13.

Biorąc pod uwagę, że rzeczywista powierzchnia sita przesiewacza laboratoryjnego wynosi ok 0.33 m^2 , wydajność jednostkowa q [$\text{kg}/\text{m}^2\text{s}$] jest (w sensie wartości bezwzględnych) trzykrotnie większa od wydajności przepustowej przesiewacza Q [kg/s].

6. Podsumowanie

Analiza wyników badań ruchowych PZ-K prowadzi do wniosku, że nawet wyniki badań układu napędowego z działającym tylko wibratorem centralnym ($\omega_1 \neq 0$) nie pokrywają się w pełni ze znanymi dotąd poglądami na temat przesiewaczy krążących (napędzanych jednym wibratorem rotacyjnym). Wydaje się, że na taki stan rzeczy składa się wiele czynników: niedokładność wykonania konstrukcji, nierównomierność stałej sprężystości elementów podatnych itd. Ponadto ważną rolę odgrywa tutaj wielkość wskaźnika podrzutu. Im maszyna posiada większą dynamikę (większe K), tym więcej dodatkowych "zakłóceń" pojawia się w ruchu drgającym przesiewacza.

W przypadku zastosowania samego napędu zataczającego ($\omega_2 = \omega_3$, $\omega_1 = 0$) sytuację mamy podobną, z tym że możliwe okazuje się uzyskanie zarówno samosynchronizacji współbieżnej, jak i przeciwbieżnej. Również i tutaj mamy do czynienia z drganiami "dodatkowymi", będącymi wynikiem zniekształceń torów drgań przewidywanych teoretycznie. Jednak zniekształcenia te mogą być niekiedy tak znaczne, iż całkowicie będą one zmieniać planowany tor drgań. Odnosi się wrażenie, że "wielkość" owego zniekształcenia zależna jest od wskaźnika podrzutu: im większe K , tym bardziej tor w ruchu drgającym sita odbiega swym kształtem od teoretycznie wyznaczonego.

W przypadku pracy całego napędu zataczającego i krążącego mamy do czynienia z istotnym zniekształceniem ruchu płaskiego aż do uzyskania nieliniowych drgań przestrzennych. Zwraca uwagę fakt, iż rodzaj samosynchronizacji wibratorów skrajnych nie ma tutaj zasadniczego znaczenia, aczkolwiek jest ono niepomijalne. Wniosek generalny jest

taki, że konieczne są dalsze badania w tym zakresie, a także badania innych przesiewaczy o ruchu przestrzennym (jest ich 10 różnych rodzajów).

Podobne uwagi można sformułować na podstawie wykonanych badań procesowych. Widać wyraźnie, iż przesiewacz o ruchu przestrzennym ma zdecydowanie wyższe skuteczne wydajności jednostkowe w porównaniu z klasycznym przesiewaczem krążącym.

LITERATURA

1. Banaszewski T.: Przesiewacze. Śląskie Wyd. Techn., Katowice 1990.
2. Dietrych J.: Teoria i budowa przesiewaczy. WGH, Katowice 1962.
3. Wodziński P.: Tendencies in Screen Design. Powder Handling&Processing, 4/93.
4. Modrzewski R., Wodziński P.: Research on a Circling-and-Revolving Screen. Powder Handling & Processing, 4/95.
5. Marynowski K., Wodziński P.: Screen with Spatial Sieve Motion. Powder Handling & Processing, 2/95.
6. Sztaba K.: Przesiewanie. Śląskie Wyd. Techn., Katowice 1993.

Recenzent: Dr inż. Lucjusz Anders

Wpłynęło do Redakcji 3.10. 1996 r.

Abstract

The paper is a next one in the series of studies carried out at the Technical University of Lodz which deal with screens with spatial sieve motion. It was stated that these machines have been designed mainly for screening of fine or very fine materials. This does not mean, however, that the idea of spatial drive cannot be transposed onto coarse particle screening. The main aim of the application of the spatial drive in screens was to achieve an intensive segregation of a screened layer which, in parallel, moves along the sieve. In this way a desired throughput of the screen was reached. The intensive segregation of material consisting in a separation of the granular bed on the sieve is a prerequisite to reach appropriate process

efficiency at an assumed output. It is known that the main resistance in the screening process is on the side of a material layer and not the sieve. It means that this is not the throughput of mesh which determines the process run but the ability of the screen to induce layer segregation being most important from the point of view a maximum available process efficiency.

Screens with spatial motion (called also freely vibrating screens) are the machines in which relatively good conditions of layer segregation on the screen have been created. Additionally, these are the screens with rectangular riddles which allow almost all design elements known and applied in the modern screens to be used.

The present study concerns the investigation of motion and process carried out in the wobbling-rotary screens.