

SCREENING OF THE GRANULAR MATERIALS ON THE VIBRATIONAL SIEVES WITH PNEUMATIC AID

Summary

Screening of granular materials on the sieves is one of the basic operations realized in agricultural machinery. The screening process can be intensified by optimal selection of construction parameters of the separator as well as by the introduction of the water and air streams. In this work the possibility of increase of the screening intensity by applying the air flow directed from the top to bottom side of the sieve was experimentally approved. However, increasing of the vibrational acceleration of the sieve surface is needed in such case.

PNEUMATYCZNE WSPOMAGANIE SORTOWANIA MIESZANIN ZIARNISTYCH NA SITACH DRGAJĄCYCH

Streszczenie

Rozdzielanie mieszanin materiałów ziarnistych poprzez przesiewanie na sitach jest jedną z podstawowych operacji technologicznych realizowanych m. in. przez maszyny rolnicze. Proces przesiewania można przyspieszyć poprzez optymalny dobór parametrów konstrukcyjnych przesiewacza, a także przez wprowadzenie wspomagających strumieni wody lub powietrza. W pracy wykazano na drodze eksperymentalnej, na przykładzie kruszywa mineralnego, że istnieje możliwość znacznego zwiększenia intensywności przesiewania na sicie drgającym przez zastosowanie przedmuchiwanie sita strumieniem powietrza skierowanym z górnej na dolną stronę sita. Wymaga to jednak równoczesnego zwiększenia przyspieszenia ruchu drgającego sita.

Wprowadzenie

Separacja materiałów ziarnistych na sitach drgających jest jednym z podstawowych procesów realizowanych w wielu gałęziach przemysłu. Proces ten występuje m. in. w maszynach rolniczych, w maszynach dla przemysłu spożywczego i chemicznego, w przemyśle materiałów budowlanych i wielu innych. Jako mieszaniny rozdzielane mogą występować ziarna minerałów i skał okruchowych, substancje chemiczne, ziarna roślinne itp. Ogólne prawidłowości rządzące procesem przesiewania są podobne w każdej z dziedzin zastosowania maszyn przesiewających. O ich specyfice decydują jedynie właściwości przesiewanego materiału i stawiane przesiewaczom wymagania odnośnie m. in. Wydajności, czy dokładności separacji składników. Niniejsza praca dotyczy przesiewania mieszanin złożonych z ziaren skalnych, jednak zaobserwowane prawidłowości mogą być z powodzeniem wykorzystywane również w konstrukcji maszyn rolniczych, mogących przesiewać nie tylko materiały roślinne, ale także i ziarna gruntu.

Przesiewanie mieszanin ziarnistych przez sito zachodzi pod działaniem sił masowych, głównie sił grawitacji. Aby mogło ono zachodzić w sposób ciągły, materiał na sicie musi się stale poruszać, inaczej dochodzi do szybkiego zatkania otworów przez grubsze ziarna a nawet ziarna drobne tworzące nad otworami sita sklepienia. Proces przesiewania zachodzi jednak z ograniczoną, zwykle niedostateczną prędkością, stąd, aby zyskać wymaganą wydajność przesiewacza, należy zwiększać powierzchnie sit. Badaczy procesu przesiewania zawsze interesowało pytanie: jak zwiększyć intensywność przesiewania? Ma to kapitalne znaczenie ekonomiczne, gdyż bardziej intensywne przesiewanie pozwala ograniczyć powierzchnie sit a tym samym rozmiary maszyn i ich obciążenia dynamiczne.

W literaturze można napotkać wiele propozycji w tym zakresie, które sprowadzają się do następujących kierunków poszukiwań:

- optymalizacja trajektorii i częstotliwości drgań rzeszota;
- optymalizacja kształtu powierzchni sita (sita schodkowe);
- optymalizacja kształtu otworów sita i zwiększanie jego prześwitu;
- piętrowe układy sit;
- wspomaganie płynowe (wodne lub pneumatyczne).

Wiele z tych sposobów zostało już dokładnie przebadanych. Wyniki takich badań omówiono m.in. w pracy [6]. Badania przesiewania na sieci schodkowym prowadził m. in. Wodziński [7]. Wspomaganie wodne, tzw. przesiewanie mokre, jest bardzo rozpowszechnione w przemyśle kruszyw budowlanych. Nie można jednak tej metody zastosować do przesiewania substancji chemicznych czy materiałów roślinnych wrażliwych na działanie wilgoci.

Zagadnieniem, które do tej pory nie zostało wyczerpująco opracowane naukowo jest wspomaganie procesu separacji mieszanin ziarnistych za pomocą przepływającego powietrza. Jakkolwiek w maszynach rolniczych sita przedmuchiwane strumieniem powietrza stosuje się od dawna m. in. w kombajnach zbożowych, to jednak powietrze nie służy tu do intensyfikacji przesiewania ziarna a jedynie do wydalania lekkich zanieczyszczeń (pył, słoma). Nie stosuje się natomiast strumieni powietrza przedmuchiujących sito zgodnie z kierunkiem sił grawitacji. Celowość wykorzystania takiego przepływu oparta jest na jest na przypuszczeniu, że powietrze będzie porywało ziarna drobne, kierując je w stronę otworów sita. Ziarna grube, jakkolwiek również podlegające sile aerodynamicznej, będą jednak skutecznie odrywane od sita siłami bezwładności związanymi z przyspieszeniami przekazywanymi przez sito. Można przewidywać także niekorzystny efekt dociskania ziaren do powierzchni

sita prowadzący do ich unieruchamiania. Temu efektowi można jednak przeciwdziałać przez zwiększenie przyspieszenia ruchu drgającego sita. W ramach niniejszej pracy starano się znaleźć odpowiedź na pytanie: Czy i w jakich warunkach hipoteza o możliwości zwiększenia intensywności sortowania mieszaniny ziarnistej dzięki zastosowaniu przedmuchu sita z górnej na dolną stronę jest prawdziwa?

Stanowisko doświadczalne, materiał i metody badania

Badania przeprowadzono na specjalnie zaprojektowanym stanowisku badawczym, do badań procesów wibroseparacji z udziałem powietrza, które w znacznym stopniu odwzorowywałyby rzeczywisty proces separacji (rys. 1).

Stanowisko składało się ze stalowej ramy, obciążonej masą 600 kg, na której zamocowano stalowe prowadnice, po których poruszało się rzeszoto. Zastosowano sito o przedstawionym układzie okrągłych otworów o średnicy 4 mm. Rzeszoto wprawiane było w ruch drgający za pomocą napędu korbowego umieszczonego nad sitem z możliwością płynnej regulacji amplitudy. Konstrukcja napędu i rzeszota umożliwiały zmianę kąta pochylenia oraz kierunku drgań sita.

Sito zostało połączone elastycznym rękawem z koszem zsywowym. Od kosza zsywowego powietrze odsysane było za pomocą wentylatora promieniowego. Zastosowano przetwornicę częstotliwości dla płynnej regulacji częstotliwości drgań. Częstotliwość drgań sita zmieniano w zakresie od 1 do 29 Hz. Badania przeprowadzono przy amplitudzie drgań sita 3 i 6 mm.

Precyzyjne dozowanie materiału na powierzchnię sita umożliwiał specjalny przenośnik taśmowy z regulowaną prędkością ruchu taśmy.



Rys. 1. Widok stanowiska badawczego
Fig. 1. View of the laboratory stand

Do badań użyto mieszaniny składającej się z dwóch frakcji kruszywa mineralnego łamanego: frakcja podziarna, przesiewająca się przez sito o średnicy ziaren poniżej 4 mm oraz frakcja nadziarna pozostająca na sicie o średnicy ziaren powyżej 5 mm.

Próbkę do badań rozkładano równomiernie na taśmie przenośnika. Masa porcji nadawy wynosiła w zależności od wykonywanego doświadczenia od 7 do 8 kg. Intensywność przesiewania określano mierząc masę przesianych w każdej próbie ziaren. Próby przesiewania wykonywano dla różnych częstotliwości, amplitud i kątów nachylenia sita zmienianych według ustalonego programu badań. Zmieniano

także proporcje składników mieszaniny. Każde doświadczenie wykonywano dwukrotnie: raz bez przepływu powietrza (próba kontrolna) i drugi raz stosując przedmuch sita powietrzem. Intensywność tego przedmuchu wynikała z różnicy ciśnienia pomiędzy dolną i górną stroną sita, którą mierzono mikromanometrem bateryjnym pochylnym. Wyniki pomiarów podciśnienia pod sitem przedstawiono w tab. 1.

Tab. 1. Wyniki pomiarów podciśnienia w komorze pod sitem

Table 1. Results of the vacuum measurements in the chamber under sieve

	Wartość podciśnienia [Pa]		
	Sito	Skrzynia zasypowa	Kanał łączący
I – Sito całkowicie odsłonięte	4,87	4,87	73,00
II – Sito przysłonięte w 50%	4,87	4,87	87,60
III – Sito zasłonięte	121,65 (Pomiar na jedynym odsłoniętym otworze)	131,4	141,12

Duży wzrost podciśnienia spowodowany zatknięciem sita należy uznać tu za efekt niekorzystny, sprzyjający zatkananiu sita. Można go jednak łatwo wyeliminować konstrukcyjnie.

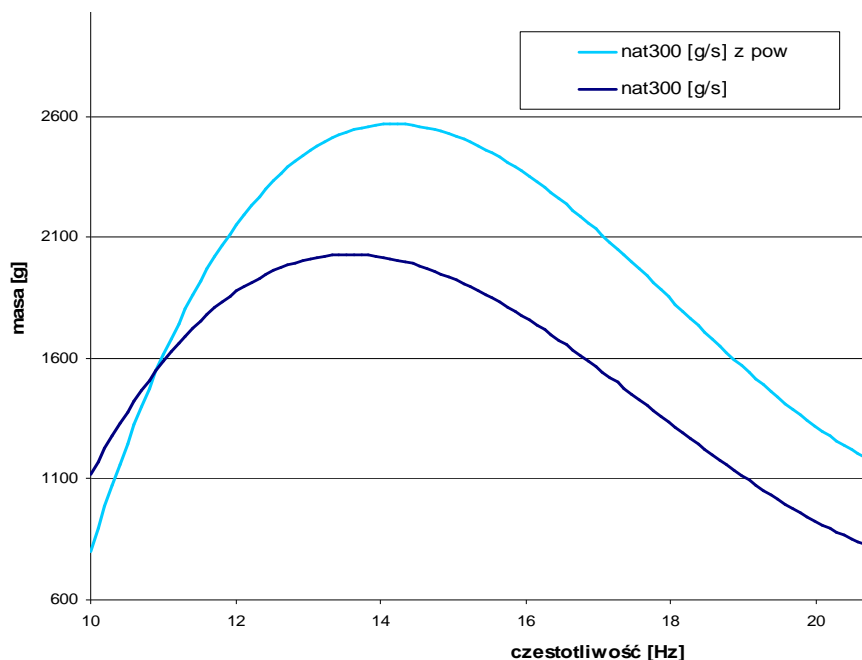
Wyniki badań

W wyniku realizacji tych pomiarów uzyskano obszerny zbiór danych pozwalających określić wpływ częstotliwości, amplitudy i kierunku drgań sita, kąta nachylenia sita oraz składu granulometrycznego mieszaniny ziarnistej na wartość masy przesianego podziarna, a tym samym intensywność procesu przesiewania, dla przypadku bez wspomaganie pneumatycznego i ze wspomaganie pneumatycznym. Ze względu na kluczowe znaczenie przyspieszenia drgań sita wynikającego z częstotliwości, wyniki badań zobrazowano na wykresach przedstawiających wpływ częstotliwości na masę przesiewanego podziarna, dla różnych kombinacji wartości pozostałych czynników. Krzywe na wykresach uzyskano stosując aproksymację danych doświadczalnych wielomianem 3 stopnia, za pomocą standardowych procedur arkusza kalkulacyjnego EXCELL. Poniżej pokazano wybrane wykresy uzyskane dla kilku wybranych kombinacji wartości czynników.

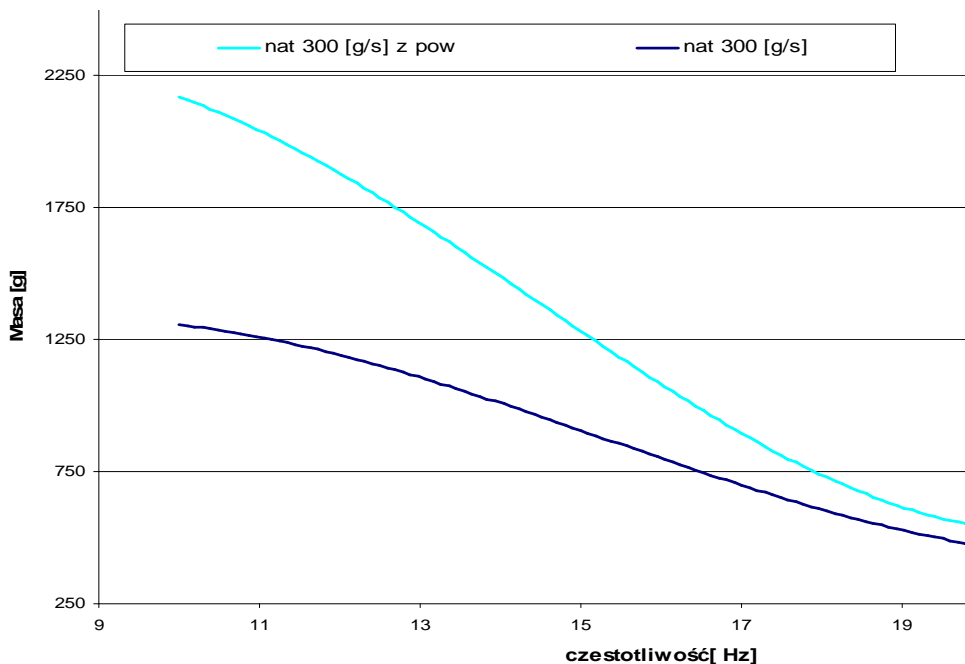
Jak widać na wykresie, początkowo przy małej częstotliwości drgań separacja przebiega szybciej dla wariantu bez udziału powietrza. Wynika to z tego, że powietrze przetrzymywało nadziarna przy otworach sita, w ten sposób je blokując. Przy częstotliwości około 11 Hz następuje odwrócenie tej relacji. Separacja zaczyna przebiegać intensywniej na sicie z odsysaniem powietrza, i w miarę wzrostu częstotliwości rośnie osiągając maksimum przy częstotliwości 14 Hz. Po przekroczeniu częstotliwości 14 Hz ilość przesianego kruszywa maleje wraz ze wzrostem częstotli-

wości. Spadek masy przesianego ziarna przy wzroście częstotliwości drgań może wynikać ze skrócenia czasu przebywania ziarna na sicie i można mu przeciwdziałać zmniejszając kąt nachylenia sita. Przy dużej prędkości sita podrzuty materiał są wysokie i w związku z tym prawdopodobieństwo wpadnięcia ziarna w otwór sita dla wariantu bez udziału powietrza zmniejsza się. Przy zastosowaniu prze-

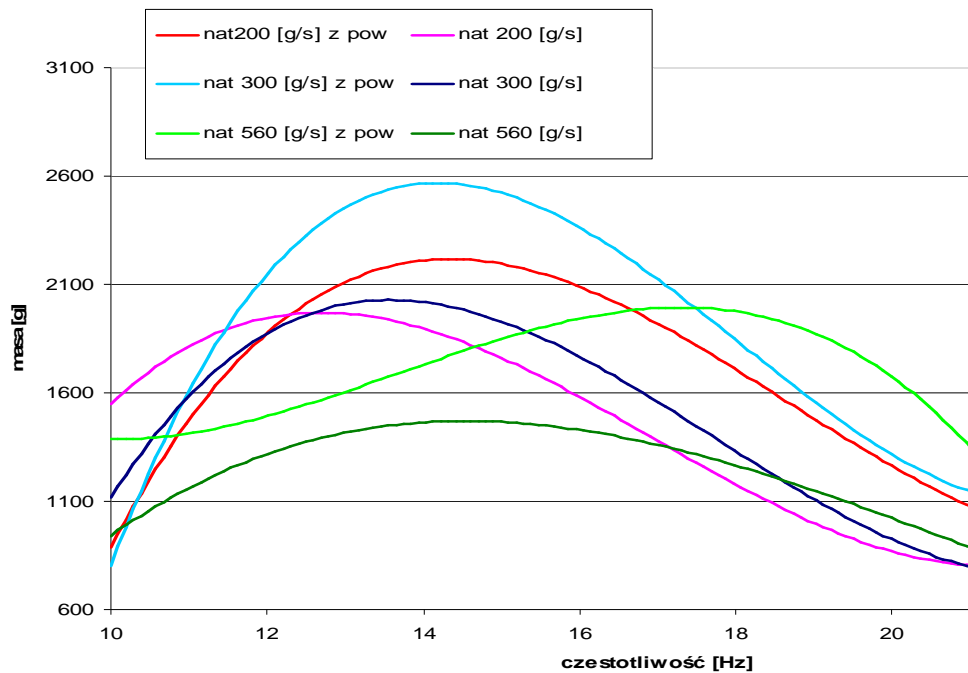
dmuchu sita, prędkość opadania materiału nas sito wzrasta, dzięki czemu częstość kontaktu ziarna z powierzchnią sita zwiększa się wraz ze wzrostem częstotliwości drgań sita. W każdym przypadku widać jednak korzystny efekt działania strumienia powietrza. Podobne prawidłowości uzyskano dla innych wartości amplitudy drgań sita i zróżnicowanych natężeń zasilania. Przedstawiono je na rys. 3 i 4.



Rys. 2. Zależność masy przesianego kruszywa od częstotliwości przy natężeniu zasilania nadawą 300 [gs⁻¹] i amplitudzie 3 [mm] Mieszanka 50% nadziarna, 50% podziarna. Kąt pochylenia sita 15°. Kierunek drgań prostopadły do powierzchni sita.
 Fig. 2. Impact of the sieve frequency on the mass of grain passed through the sieve. Amplitude 3 [mm] Material flow ratio 300[gs⁻¹], passing grain ratio 50%, sieve inclination angle 15 deg

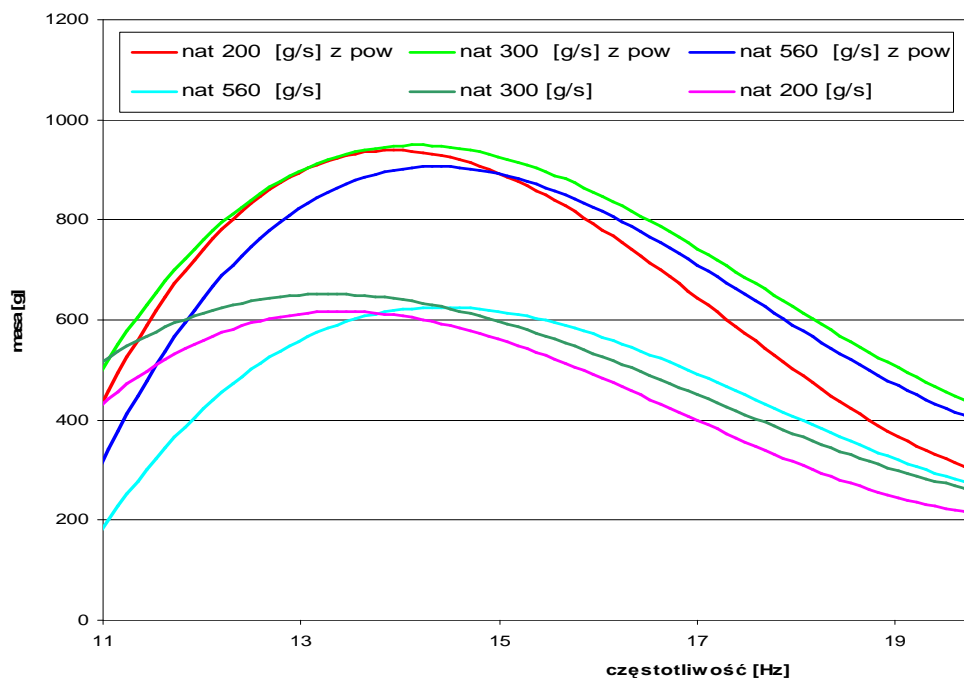


Rys. 3. Zależność masy przesianego kruszywa od częstotliwości przy natężeniu zasilania nadawą 300 [g/s] i amplitudzie 6 [mm]
 Fig. 3. Impact of the sieve frequency on the mass of grain passed through the sieve. Amplitude 6 [mm] Material flow ratio 300[gs⁻¹], passing grain ratio 50%, sieve inclination angle 15 deg



Rys. 4. Zależność masy przesianego kruszywa od częstotliwości przy różnych wartościach natężenia zasilania nadawą i amplitudzie 3 [mm]

Fig. 4. Impact of the sieve frequency on the mass of grain passed through the sieve by different material flow rates. Amplitude 3 [mm], passing grain ratio 50%, sieve inclination angle 15 deg



Rys. 5. Zależność masy przesianego kruszywa od częstotliwości przy różnych wartościach natężenia zasilania nadawą i amplitudzie 3 [mm]. Udział podziarna 20%

Fig. 5. Impact of the sieve frequency on the mass of grain passed through the sieve. Amplitude 3 [mm] Material flow ratio 300[gs^{-1}], passing grain ratio 20%, sieve inclination angle 15 deg

Kolejna seria doświadczeń dotyczyła zmienionej proporcji składu ziarnowego mieszaniny, w której udział podziarna wynosił 20%. Uzyskane stąd wyniki przedstawiono na rys. 5.

Widać że zachodzą tu te same prawidłowości jak omówione powyżej.

Wnioski

Przeprowadzone badania doświadczalne upoważniają do sformułowania następujących wniosków:

1. Istnieje możliwość zwiększenia intensywności przesiewania na sicie wibracyjnym poprzez wytworzenie na jego dolnej stronie podciśnienia i tym samym spowodowanie przepływu powietrza z górnej na dolną stronę sita.
2. Zastosowanie przedmuchu powietrza z górnej na dolną stronę sita, jako sposobu intensyfikacji przesiewania, wymaga zwiększenia przyspieszenia ruchu sita poprzez zwiększenia amplitudy lub częstotliwości jego drgań.
3. Znaczna liczba czynników determinujących proces przesiewania, które wykazują złożone interakcje, powoduje, że pełne eksperymentalne wyjaśnienie ich wpływu na przebieg procesu przesiewania nie jest ze względów

ekonomicznych możliwe. Istnieje potrzeba rozwijania modeli matematycznych lepiej wyjaśniających proces separacji wibropneumatycznej.

Literatura

- [1] Banaszewski T., Przesiewacze. Wydawnictwo Śląsk, Katowice 1990.
- [2] Brach I. i inni, Maszyny budowlane. Wydawnictwo Arkady, Warszawa 1974.
- [3] Dietrych J., Teoria i budowa przesiewaczy. Wydawnictwo Górniczo – Hutnicze, Katowice 1962.
- [4] Sztaba K., Przesiewanie. Śląskie Wydawnictwo Techniczne, Katowice 1993.
- [5] Wodziński P., Odsiewanie materiałów ziarnistych. Zeszyty Naukowe Politechniki Łódzkiej, Rozprawy naukowe nr. 40, Łódź 1981,
- [6] Wodziński P., Intensyfikacja procesu przesiewania. Zeszyty Naukowe Politechniki Łódzkiej.
- [7] Wodziński P. Andrzejczak P., Przesiewanie na sicie schodkowym przy zastosowaniu różnych rozwiązań konstrukcyjnych powierzchni sitowych. Zeszyty Naukowe Politechniki Łódzkiej.
- [8] Polskie Normy i Normy Branżowe – wybór.