

*Kęska Włodzimierz, Stefan Feder, Konrad Włodarczyk
Instytut Maszyn Roboczych i Pojazdów Samochodowych
Politechnika w Poznaniu*

WSTĘPNE WYNIKI BADAŃ NAD PNEUMATYCZNĄ INTENSYFIKACJĄ PROCESU SORTOWANIA MIESZANIN ZIARNISTYCH NA SICIE WIBRACYJNYM

Streszczenie

Jedną z metod przyspieszenia separacji ziarna na sicie wibracyjnym jest zastosowanie przedmuchu powietrza z górnej do dolnej strony sita. Wstępne badania przeprowadzone na specjalnym stanowisku laboratoryjnym w Instytucie Maszyn Roboczych i Pojazdów Samochodowych Politechniki Poznańskiej wykazały, że w przypadku, gdy częstotliwość sita była niska, przepływające powietrze zmniejszało intensywność separacji. Natomiast, gdy częstotliwość sita była wyższa, przepływające powietrze przyspieszało migrację ziarna przez warstwę materiału i przesiewanie było efektywniejsze, w porównaniu z przesiewaniem bez udziału powietrza.

Słowa kluczowe: sita, sortowanie, separacja, ziarna, kruszywo

Wprowadzenie

Separacja składników mieszanin ziarnistych na sitach jest jednym z podstawowych składników wielu procesów technologicznych w różnych dziedzinach gospodarki, m.in. w rolnictwie. Wyjaśnienie przebiegu tych procesów i ich optymalizacja mogą i powinny się opierać na jednolitych podstawach teoretycznych.

Procesy sortowania mieszanin ziarnistych na sitach wibracyjnych przebiegają z ograniczoną intensywnością. Przesiewanie jest procesem o charakterze losowym. Przesiewanie ziaren przez sito zachodzi jedynie z pewnym prawdopodobieństwem. Ziarno, aby przejść przez otwór sita musi najpierw penetrować przez warstwę ziaren nie mieszczących się w otworach sita. W zależności od grubości tej warstwy dane ziarno może nie zdążyć przejść przez warstwę nadziarna przed zejściem z powierzchni sita. Nawet przy kontakcie z powierzchnią sita, ziarno nie zawsze trafia do jego otworu, gdyż położenie punktu kontaktu ziarna z powierzchnią sita ma charakter całkowicie przypadkowy. Zbyt duża składowa styczna ruchu ziarna względem powierzchni sita może również uniemożliwić przejście ziarna przez jego otwór.

Poszukuje się zatem różnych sposobów zintensyfikowania tego procesu, m. in. przez optymalizację konstrukcji sit, optymalizację doboru parametrów ich ruchu oraz zastosowanie specjalnych ruchów kosza sitowego. W przypadku sortowania kruszyw mineralnych często stosowany jest strumień wody przepływającej z górnej na dolną stronę sita.[Wodziński 1981,

Sztaba 1993] Zastosowanie wody nie jest jednak możliwe w przypadku ziaren roślinnych. Podobnie jak strumień wody może działać też strumień powietrza przedmuchiwanego z górnej na dolną stronę sita. Powietrze to porywając ziarna drobne, kieruje je w stronę otworów sita a także ułatwia ich przemieszczanie w kierunku powierzchni sita przez warstwę nadziarna - w przypadku sortowania grubej warstwy mieszaniny. Oczywiście taki strumień powietrza utrudnia odrywanie mieszaniny ziaren od sita, stąd konieczne jest zwiększenie intensywności drgań sita. Większość dotychczasowych badań w zakresie separacji wibropneumatycznej koncentrowała się na układach stosowanych w kombajnach zbożowych, kiedy powietrze przedmuchiwa sito skośnie od dołu i służy do wydmuchiwania lekkich zanieczyszczeń [Feder 2002]. Mało jest natomiast informacji o tym, jak działa strumień powietrza przepływającego w kierunku odwrotnym, czyli z górnej na dolną stronę sita.

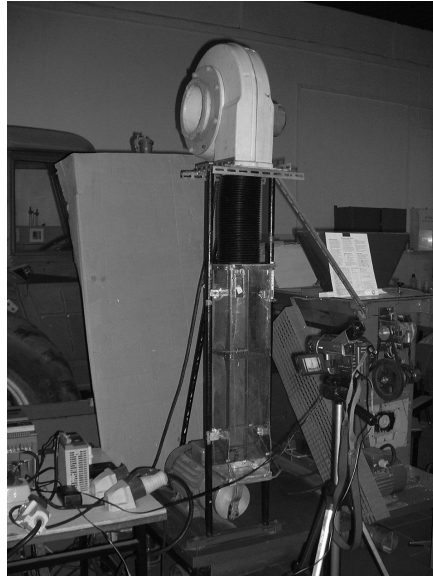
Postawiono hipotezę, że strumień powietrza przepływający przez otwory sita od górnej jego strony, może porywać ziarna drobne i tym sposobem znacznie zwiększać prawdopodobieństwo jego penetracji przez warstwę nadziaren oraz prawdopodobieństwo przejścia podziarna przez otwór sita. Zwiększy się a tym samym intensywność separacji. Zatykanie sita przez ziarna nie przechodzące przez jego otwory przeciwdziała ruch drgający sita i związane z nim siły bezwładności, periodycznie odrywające ziarna od powierzchni sita. Celem pracy było sprawdzenie słuszności tej hipotezy. Aby ją zweryfikować przeprowadzono doświadczenie, polegające na przesiewaniu mieszaniny ziaren przechodzących przez dane sito i nie przechodzących przez nie (zwanych podziarnem i nadziarnem), ułożonych tak, aby ich separacja była maksymalnie utrudniona. Takie warunki występują w grubej warstwie ułożonej w ten sposób, że podziarna, przechodzące przez otwory sita są umieszczone na wierzchu tej warstwy. Jako model materiału ziarnistego zastosowano ziarna kruszywa mineralnego o gęstości $2,85 \text{ g/cm}^3$. Ziarna spotykane w rolnictwie mają gęstość mniejszą. Można w związku z tym oczekiwać, że będą one jeszcze bardziej podatne na działanie sił aerodynamicznych.

Materiały i metody

Jako materiału do badań użyto dwóch frakcje kruszywa mineralnego (żwiru) zwane dalej frakcją podziarna i frakcją nadziarna. Zakres wymiarowy frakcji podziarna wynosił 1-4 mm zakres wymiarowy nadziarna 5-10 mm. W obrębie tych przedziałów rozkład wymiarów ziaren był w przybliżeniu równomierny. Masa każdej z dwóch frakcji wynosiła 400 g. Każdą frakcję żwiru zabarwiono na inny kolor celem łatwego ich rozróżnienia.

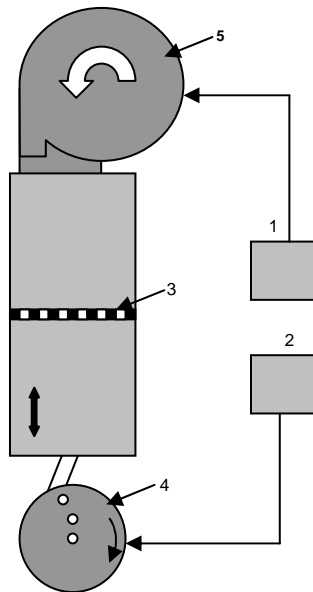
Badania przeprowadzono na specjalnym stanowisku badawczym do badań procesów wibroseparatorcji, przedstawionym na rysunku 1 i 2. W przezroczystej pionowej komorze o wysokości 1 m zamocowano poziome sito. Na sicie tym umieszczano próbkę składającą się z dwóch frakcji ziaren w ten sposób, że warstwa frakcji podziarna była nasypiana na warstwie nadziarna. Komora, umieszczona na pionowych prowadnicach była wprawiana w ruch drgający o regulowanej częstotliwości i amplitudzie za pomocą napędu korbowego z korbowodem o długości 200 mm. Był to ruch w przybliżeniu harmoniczny. Wymuszenie kinematyczne zapewniało stałą nastawioną amplitudę drgań sita. W całym opisanym eksperymencie stosowano jednakową amplitudę drgań komory sitowej $A=5$ mm oraz zmienną w zakresie od 14 do 30 Hz częstotliwość ruchu sita. Strumień powietrza przepływający przez komorę o przekroju 200x200 mm był wytwarzany przez wentylator promieniowy umieszczony nad ruchomą komorą, połączoną z wentylatorem kanałem elastycznym. Wyrównanie profilu prędkości zapewniał wyrównywacz zbudowany z pakietu cienkich rurek z polipropylenu o średnicy 4 mm umieszczony na wlocie kanału. Średnia prędkość przepływu powietrza, zmierzona anemometrem elektronicznym wynosiła 7,34 m/s zaś zanotowana różnica ciśnień po górnej i dolnej stronie sita wynosiła 117,7 Pa. Pomiary te powtórzono trzykrotnie. Dokładność użytych przyrządów pomiarowych mieściła się w granicach 2%. Zastosowano sito blaszane wiercone, o otworach okrągłych kalibru 4 mm. Otwory sita były rozmieszczone trygonalnie w liczbie 350 szt/dm².

Wszystkie próby przesiewania powtarzane 15 -krotnie dla różnych częstotliwości zmienianych w zakresie od 14 do 30 Hz. Jako miarę intensywności przesiewania przyjęto masę ziarna przesianego przez sito w określonym czasie tj. 15 sekund. Doświadczenie przebiegało w ten sposób, że po 15 sekundach od uruchomienia stanowiska proces separacji przerywano i ważono masę przesianej frakcji podziarna. Teoretycznie, wartość tej masy powinna dążyć z upływem czasu do wartości masy podziarna w badanej próbce. Ziarna ważono na wadze elektronicznej z dokładnością 1g.



Rys. 1. Widok stanowiska do badań procesów wibroseparatoracji z udziałem przepływającego powietrza

Fig.1. View of the laboratory stand used for investigating of grain vibration with the aid of air flow



Rys. 2. Schemat stanowiska badawczego

1,2-przetwornica, 3-sito, 4-napęd, 5- wentylator

Fig.2. Scheme of research stand

1,2-generator,3-sieve, 4-propulsion, 5-ventilator



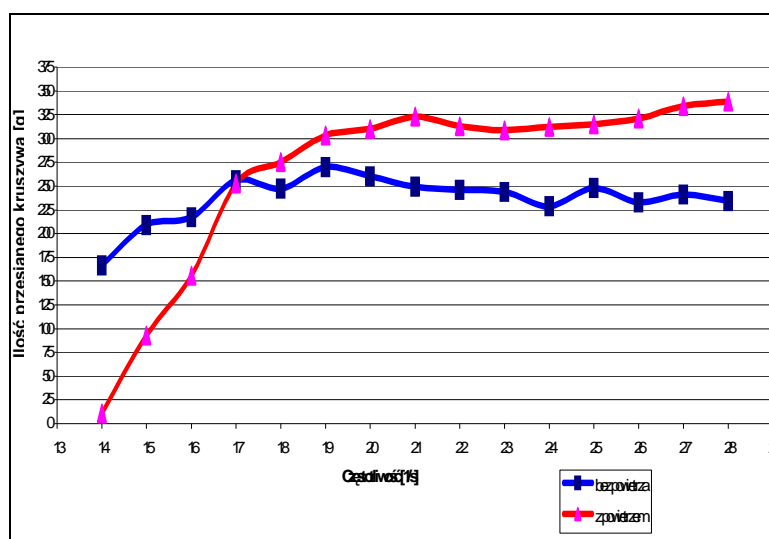
Rys. 3. Kruszywo zastosowane do badań

Fig.3. Aggregate used for research

Wyniki badań

W wyniku realizacji tych eksperymentów uzyskano dwie krzywe zależności masy przesianego ziarna od częstotliwości drgań: jedną dotyczącą przypadku bez wspomagania pneumatycznego, drugą dla przypadku ze wspomaganie pneumatycznym. Zależności te przedstawiono na rys. 4. Wykresy przedstawiają jedynie surowe, nie obrabione statystycznie wyniki pomiarów połączone linią łamaną. Jakkolwiek łatwo można dopasować do tych danych krzywe regresji nieliniowej oraz ocenić statystyczną istotność zaobserwowanych różnic parametrów tych krzywych, różnice przebiegów tych dwóch zależności są na tyle jednoznaczne, że już tak zaprezentowane wyniki ponad wszelką wątpliwość przekonują o słuszności postawionej hipotezy. Jak to widać na wykresach, początkowo, przy małej częstotliwości drgań separacja przebiega szybciej dla wariantu bez udziału powietrza (krzywa 1). Wynika to z tego, że powietrze przytrzymywało nadziarna przy otworach sita, w ten sposób je blokując. Przy częstotliwości ok. 17 Hz, co odpowiada amplitudzie przyspieszenia komory sitowej 57 m/s^2 następuje odwrócenie tej relacji. Separacja zaczyna przebiegać intensywniej na sicie przedmuchiwany powietrzem i stale poprawia się w miarę wzrostu częstotliwości. Separacja bez przedmuchu powietrza na odwrót, pogarsza się wraz ze wzrostem częstotliwości ruchu sita. Fakty te można łatwo wytłumaczyć tym, że 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. Częstotliwość kontaktów materiału z sitem zmniejsza się. Dodatkowo, w tym przypadku nieruchome powietrze hamuje opadanie materiału na sito. Przy zastosowaniu przedmuchu sita, prędkość opadania materiału nas sito wzrasta, dzięki czemu częstość kontaktu ziarna z powierzchnią sita zwiększa się wraz ze wzrostem częstotliwości drgań sita. Mała wydajność

procesu separacji wynika w tym przypadku ze skrajnie trudnych warunków przesiewania założonych w programie tego eksperymentu.



Rys.4. Zależność masy przesianego ziarna od częstotliwości drgań dla przypadku bez wspomagania pneumatycznego i ze wspomaganiem pneumatycznym.

Fig. 4. Dependence of the grain mass separated on the sieve from vibration frequency in the two cases: with and out of pneumatic aid

Wnioski i zalecenia

Zastosowanie przedmuchu powietrza z górnej na dolną stronę sita rozdzielającego mieszaninę ziarnistą na frakcje podziarna i nadziarna pozwala, przy dostatecznie dużej częstotliwości drgań sita, istotnie zwiększyć intensywność separacji. Uzyskano zatem potwierdzenie postawionej hipotezy. W aspekcie użytkowym pozwoli to zwiększyć wydajność urządzeń do sortowania różnych mieszanin ziarnistych.

Przedstawione badania miały charakter badań rozpoznawczych, stąd dotyczą one stosunkowo wąskiego zakresu parametrów procesu separacji na sitach. Potwierdzenie postawionej hipotezy uzasadnia jednak celowość podjęcia dalszych, bardziej szczegółowych badań, których celem byłoby zbudowanie modelu matematycznego takiego procesu, a w szczególności wyjaśnienie związków pomiędzy prędkością powietrza, amplitudą i częstotliwością drgań sita, kątami jego nachylenia i kierunkiem drgań, a także składem granulometrycznym mieszaniny - na intensywność przesiewania i wydajność. Taki model pozwoliłby określić optymalne zakresy parametrów procesu sortowania dla rozmaitych

mieszanin ziarnistych spotykanych w rolnictwie, przemyśle spożywczym, budowlanym i chemicznym..

Bibliografia

Feder S., Kęska W., Kośmicki Z. 2002. Metoda symulacyjnego badania ruchu warstwy ziarna na powierzchni sita. Zeszyty Problemowe Postępów Nauk Rolniczych, Warszawa, z.486, część II, 325-331.

Sztaba K. 1993. Przesiewanie. Śląskie Wydawnictwo Techniczne, Katowice.

Wodziński P. 1981. Odsiewanie materiałów ziarnistych.. Zeszyty Naukowe Politechniki Łódzkiej, s. Rozprawy naukowe, Łódź, nr 40.

RESULTS OF PRELIMINARY STUDIES ON INTENSIFICATION OF GRAIN SORTING PROCESS ON A VIBRATION SIEVE BY MEANS OF AIR FLOW

Summary

One of the methods for acceleration of small grain separation on a vibration sieve is application of downward acting air flow. The tests processed on the special laboratory stand at the Institute of Machines and Motor Vehicles, Poznań University of Technology pointed out that when the sieve vibration frequency was low, air flow diminished the separation intensity. When the sieve frequency (and motion acceleration) was higher, the air flow accelerated the grain migration through the grain mixture layer and sieve holes, so the separation was more effective than without the air flow.

Key words: sieve, sorting, separation of grain, aggregate