

Wpływ elementów zgarniających w granulatorze talerzowym na przebieg procesu

Roman HEJFT, Tomasz LESZCZUK – Zakład Techniki Rolno-Spożywczej, Politechnika Białostocka, Białystok

Prosimy cytować jako: CHEMIK 2012, **66**, 5, 370-375

Wstęp

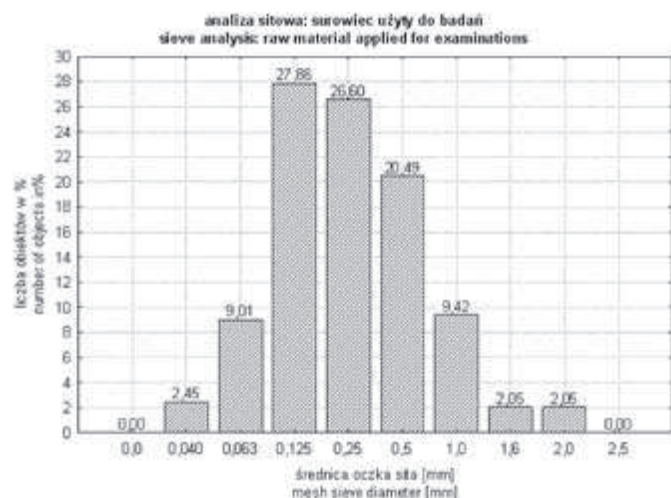
Jedną z często stosowanych metod wytwarzania granulatu jest becznieniowa granulacja [2÷4, 10]. Proces może przebiegać według dwóch mechanizmów, tj. gdy cząsteczki pylistego produktu łączą się ze sobą bez udziału innego materiału, lub gdy siły wiążące cząstki są przenoszone przez mostki materiałowe utworzone z substancji łączącej. [4÷7]. Substancją łączącą najczęściej jest woda [4]. W czasie ruchu przesypowego nawilżanego wsadu występują wzajemne oddziaływania pomiędzy ciałem stałym a cieczą oraz powietrzem. Obecność dodatkowej fazy pomiędzy cząsteczkami ciała stałego powoduje powstawanie cząstek materiału o większej gramaturze. Proces ten realizuje się w nachylonych granulatorach talerzowych [2÷8, 10]. Technika ta służy m.in. do otrzymywania granulowanych nawozów rolniczych o określonych wymiarach, kształtach i właściwościach [1, 5].

Cel pracy

Celem pracy jest ocena wpływu elementów zgarniających w granulatorze talerzowym na czas trwania i wydajność procesu oraz jakość granulatu.

Materiał badawczy

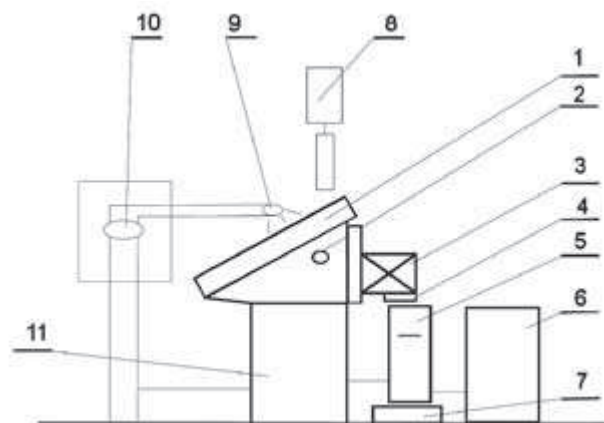
W badaniach użyto surowiec pylisty, pochodzący z firmy produkującej nawozy rolnicze. Średni wymiar ziaren w wykorzystywanym materiale badawczym wynosił $d_z = 0,52$ mm. Skład ziarnowy surowca określono za pomocą analizy sitowej przeprowadzonej w sposób mechaniczny, co przedstawiono na Rysunku 1. Wilgotność początkowa surowca poddanego granulacji wynosiła 2,8%.



Rys. 1. Rozkład granulometryczny surowca poddanego granulacji, uzyskany za pomocą analizy sitowej

Opis stanowiska

Badania granulacji przeprowadzono w granulatorze talerzowym. Schemat stanowiska przedstawiono na Rysunku 2.



Rys. 2. Schemat stanowiska badawczego do granulacji talerzowej: 1 – wymienny talerz granulacyjny; 2 – mechanizm zębaty; 3 – silnik elektryczny z przekładnią pasową; 4 – przemiennik częstotliwości; 5 – zbiornik cieczy nawilżającej; 6 – sprężarka; 7 – waga; 8 – dozownik surowca; 9 – dysza rozpyłowa; 10 – rotametr; 11 – konstrukcja nośna

Talerz granulacyjny 1 napędzany jest za pomocą silnika elektrycznego poprzez przekładnię pasową 3. Przekazanie napędu z przekładni pasowej na talerz granulacyjny realizowano za pomocą mechanizmu zębatego 2. Do ustalenia stałej prędkości obrotowej talerza służył przemiennik częstotliwości 4. Ilość pobranej cieczy nawilżającej wskazywał wyświetlacz wagi 7, na której znajdował się zbiornik cieczy nawilżającej 5. Ciecz nawilżającą podawano w przewodach gumowych przy naciśnięciu wytwarzanym przez sprężarkę 6. Surowiec dozowano w dolnej części talerza za pomocą dozownika 8, a nawilżano za pomocą dyszy rozpyłowej pneumatycznej 9 w górnej jego części. Obrotowy ruch talerza zapewniał dostarczenie cieczy na powierzchnię przesypującego się w nim złoża materiału sypkiego. Stałe natężenie dopływu cieczy ustalono za pomocą rotametry 10. Talerz granulacyjny wraz z oprzyrządowaniem mocowany jest na konstrukcji nośnej 11.

Metodyka badań

Badania granulacji przeprowadzono w granulatorze talerzowym o średnicy $d = 0,5$ m, wysokości obrzeża $h = 0,165$ m, przy stałej prędkości obrotowej talerza $n = 53$ obr/min, przy stałej masie granulowanego wsadu $m = 1,84$ kg, co odpowiada $\phi = 5\%$ stopniowi wypełnienia talerza. Prędkość obrotowa talerza została dobrana na podstawie badań wstępnych. Kąt pochylenia talerza względem poziomu wynosił $\alpha = 50^\circ$.

Jako ciecz zwilżającą zastosowano wodę destylowaną o temperaturze 17°C , podawaną do złoża granulującego za pomocą dyszy ciśnieniowej firmy Danfoss. Stopień nawilżania określono jako stosunek masy granulowanego wsadu do masy dodanej cieczy zwilżającej oraz liczby obrotów talerza w czasie nawilżania [9]. Surowiec nawilżano do uzyskania założonego stopnia nawilżania $ln = 0,0021$.

Granulację prowadzono bez łopatki, z łopatką nr 1, z łopatką nr 2 oraz z łopatką nr 1 i nr 2. Parametry łopatki nr 1: szerokość $b_1 = 0,143$ m, wysokość $h_1 = 0,094$ m i odpowiednio łopatki nr 2,

$b_2 = 0,200$ m, $h_2 = 0,107$ m, Kąt pochylenia łopatki w granulatorze wyniósł $\beta = 50^\circ$. Określono go za pomocą podziałki na dnie talerza granulacyjnego. Pojedyncza łopatka nr 1 i nr 2 została umieszczona w odległości 0,2 m, zaś łopatka nr 1 i nr 2 – odpowiednio w odległości 0,35 m i 0,2 m od prawego obrzeża talerza.

Parametry procesowe i konstrukcyjne zapewniały przesypowy charakter ruchu złoża w talerzu.

W trakcie trwania procesu granulacji wyróżniono następujące etapy: wstępny etap nawilżania materiału, początkowy etap granulacji, końcowy etap nawilżania, etap granulacji po zakończeniu nawilżania. Po nawilżaniu proces prowadzono przy stałej wilgotności materiału w granulatorze.

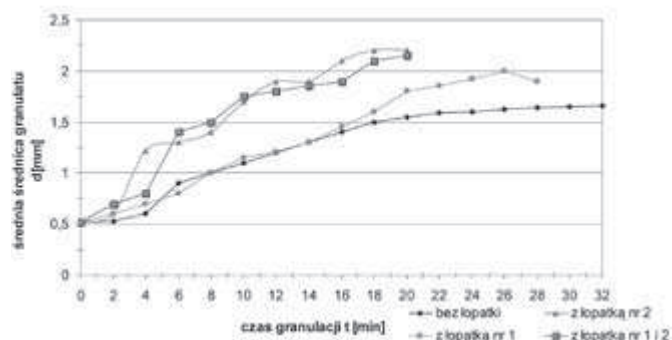
W trakcie trwania procesu pobierano próbki granulatu, począwszy od rozpoczęcia procesu, w odstępach dwuminutowych. Następnie suszono w suszarce laboratoryjnej przez 24 godziny w temperaturze $73 \div 76^\circ\text{C}$ (dobrano na podstawie badań wstępnych).

Za pomocą komputerowej analizy obrazu określano średnią średnicę otrzymanego granulatu. Wyszuszony granulat poddano próbie wytrzymałościowej na ścieranie metodą mechaniczną i pneumatyczną (odpowiednio w aparatach Pfosta oraz testerze Holmena). Pomiary wytrzymałości granul na ściskanie wykonano przy użyciu aparatu Erweka TBH 200 D. Każdorazowo do pomiaru użyto po 20 szt. granul. Wilgotność początkową surowca oraz końcową otrzymanego granulatu określano za pomocą wagosuszarki WPE 300 S firmy Radwag.

Wyniki badań

Wyniki badań przedstawiono na Rysunku 3. We wszystkich czterech przypadkach (granulacja bez łopatek i z łopatkami) można zauważyć wzrost wymiaru granul podczas trwania procesu. W trakcie granulacji skład granulometryczny wsadu zmienia się w wyniku oddziaływań pomiędzy ziarnami surowca. Początkowo tworzą się porowate aglomeraty, zawierające w swojej objętości fazę gazową. W trakcie ruchu przesypowego zauważyć można etapy, w których następuje chwilowe zmniejszanie się wymiarów powstałych cząstek (średnia średnica granulatu). Jednak w skali całego złoża zdecydowaną przewagę mają mechanizmy powodujące powstawanie kolejnych aglomeratów i wzrost ich wielkości podczas trwania granulacji.

Analiza uzyskanych wyników pozwala zauważyć wpływ zastosowania w procesie granulacji łopatek granulacyjnych. Uzyskane wyniki świadczą, że materiał uderzając o łopatkę ulegał dalszemu zagęszczeniu, co prowadziło do szybszego wzrostu średnicy granulatu. Wskutek oddziaływań dynamicznych nastąpił rozrost granul, przez co czas granulacji był krótszy.

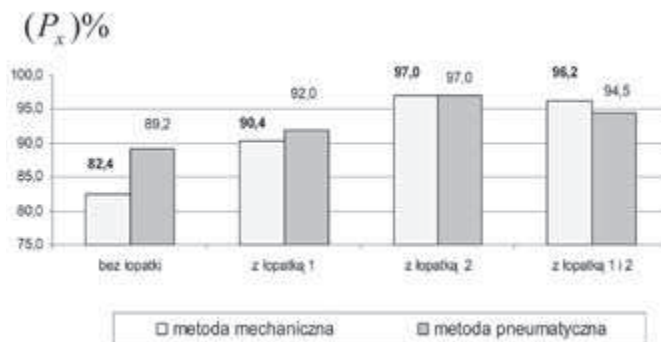


Rys. 3. Wpływ zastosowania łopatki granulacyjnej na całkowity czas procesu granulacji

Zastosowanie łopatki granulacyjnej nr 2 oraz dwóch łopatek (nr 1 i nr 2) spowodowało, że proces koalescencji (łączenia cząstek) przebiegł szybciej. Wyraźniej widać szybki wzrost średnicy granul oraz krótki czas trwania całego procesu, krótszy o 10 minut, w porównaniu do procesu prowadzonego bez użycia łopatki lub z łopatką nr 1.

O jakości zgranulowanego materiału świadczy nie tylko średni wymiar otrzymanych cząstek, ale także jego wytrzymałość, określona

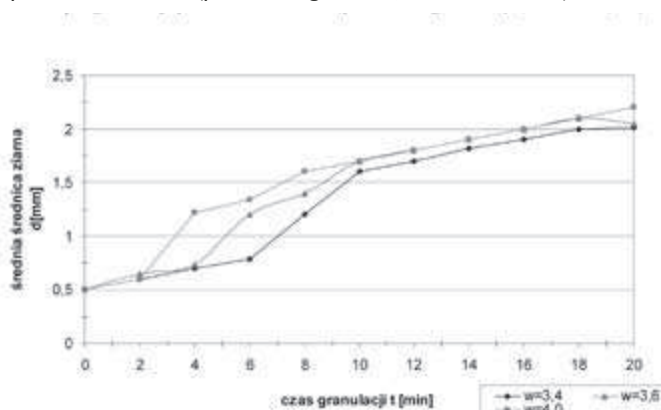
metodą mechaniczną i pneumatyczną. Na Rysunku 4 przedstawiono wartości wytrzymałości na ścieranie otrzymanych granulatów wyznaczonych dwiema metodami.



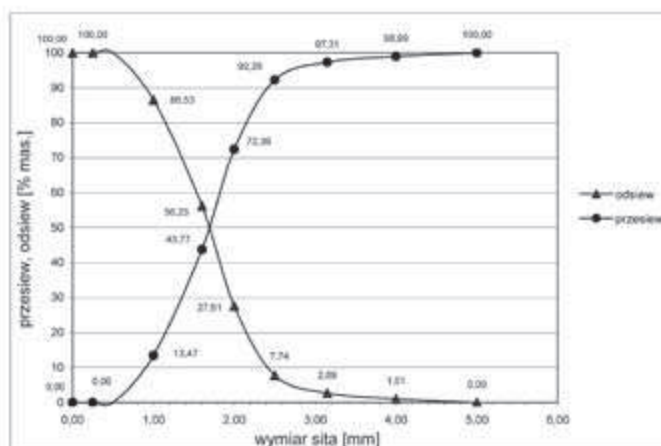
Rys. 4. Wytrzymałość na ścieranie granulatów wytworzonych w warunkach laboratoryjnych

Największą podatnością na ścieranie (najmniejszą wytrzymałością) charakteryzuje się granulat otrzymany bez łopatki granulacyjnej. Zastosowanie łopatki (nr 1 lub nr 2) decyduje o większej odporności na ścieranie wytworzonego granulatu. Granulat uzyskany za pomocą łopatki nr 2 posiada większą wytrzymałość niż granulat uzyskany podczas granulacji z łopatką nr 1. W tym przypadku duże znaczenie odegrała powierzchnia robocza łopatki granulacyjnej nr 2, która wynosi $S_2 = 0,0214$ m². Jest ona większa od powierzchni łopatki nr 1 ($S_1 = 0,013$ m²).

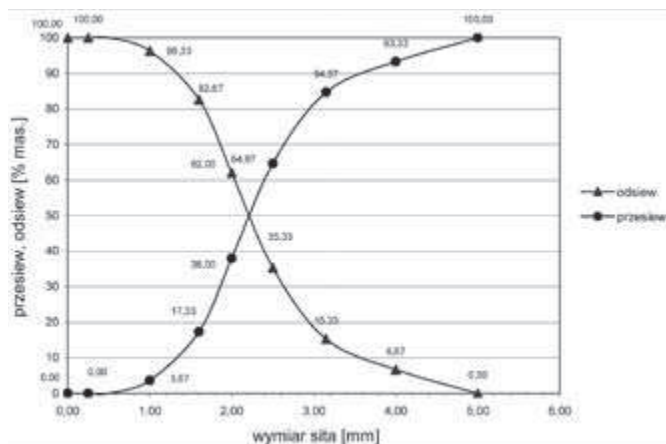
Na Rysunku 5 przedstawiono zmiany średniego rozmiaru granul dla różnej wilgotności wsadu. Zauważono, że wzrost wilgotności surowca skutkuje szybszym przyrostem ich wymiaru na etapie granulacji podczas nawilżania (próbą z wilgotnością 3,6% oraz 4,0%).



Rys. 5. Zmiana średniej średnicy dla różnej wilgotności wsadu. Proces granulacji z łopatką nr 2



Rys. 6. Krzywa rozkładu ziarnowego granulatu uzyskanego bez łopatki



Rys. 7. Krzywa uziarnienia granulatu uzyskanego z łopatką nr 2

Na Rysunkach 6 i 7 przedstawiono krzywe rozkładu ziarnowego granulatu uzyskanych bez łopatki oraz z łopatką nr 2. Średnica zastępcza otrzymanego granulatu wynosiła $d_z = 1,68$ mm dla granulatu otrzymanego bez łopatki oraz $d_z = 2,37$ mm dla granulatu z łopatką nr 2.

Na podstawie analizy sitowej przeprowadzonej w sposób mechaniczny dla prób granulacji wykonanej bez łopatki i z łopatką nr 2, otrzymano produkt, w którym udział granulek z zakresu $1,6 \div 2,5$ mm wyniósł – dla granulatu bez łopatki 53,54% oraz granulatu z łopatką nr 2, 67,33%.

W Tabelicy I przedstawiono wyniki pomiarów wytrzymałości granul na ściskanie i ich średnic przeprowadzonych za pomocą aparatu Erweka TBH 200 D.

Tabelica I

Wytrzymałość granulatów wytworzonych w warunkach laboratoryjnych

Numer próby	Średnia średnica granulatu, mm	Wytrzymałość, N
Bez łopatki	1,66	13,23
Z łopatką 1	1,92	22,05
Z łopatką 2	2,39	30,87
Z łopatką 1 i 2	2,21	20,07

Badania wykazały, że największą wytrzymałość na ściskanie posiada granulaty otrzymane podczas granulacji z łopatką nr 2. Również średni wymiar granulatu jest tutaj dominujący i wynosi $d_z = 2,39$ mm (przy surowcu wyjściowym $d_z = 0,52$ mm). W tym przypadku duże znaczenie odegrała powierzchnia robocza łopatki granulacyjnej (podobnie jak przy wyznaczaniu wytrzymałości na ścieranie). Należy zwrócić uwagę również na mniejszą wytrzymałość granulatu otrzymanego z dwoma elementami zgarniającymi (łopatką nr 1 i nr 2) niż z wykorzystaniem tylko łopatki nr 2.

Wnioski

1. Użycie elementów zgarniających w układzie roboczym skraca czas granulacji.
2. Powierzchnia robocza łopatki granulacyjnej ma istotny wpływ na parametry jakościowe otrzymanych granulatów. Granulaty otrzymane przy użyciu łopatki granulacyjnej o większej powierzchni roboczej wykazują lepsze własności wytrzymałościowe niż otrzymane bez łopatki.
3. Zastosowanie łopatki granulacyjnej w procesie granulacji zwiększa udział określonej frakcji w granulowanym materiale.

Literatura

4. Chohura P., Stępkowska A.: *Nawozy i środki wspomagające do uprawy w polu*. Wydawnictwo Plantpress Sp. z o. o., Kraków 2010.
5. Domoradzki M.: *Rozprawa doktorska: Kinetyka granulacji pyłów w granulatorze talerzowym*. Akademia Techniczno-Rolnicza w Bydgoszczy, Bydgoszcz 1978.
6. Kaźmierczak R.: *Rozprawa doktorska: Nakłady energetyczne w procesie granulacji talerzowej*. Politechnika Łódzka, Łódź 2005.
7. Korpala W.: *Granulowanie materiałów rolno-spożywczych metodą beczniennową*. Rozprawy naukowe Akademii Rolniczej w Lublinie. Wydawnictwo Akademii Rolniczej w Lublinie, Lublin 2005.
8. Kołaczkowski A., Sorich B.: *Granulacja nawozów – teoria i praktyka*. Przemysł Chemiczny 2003, **82/8-9**, 1212-1213.
9. Obraniak A., Gluba T.: *Granulacja nawozu mineralnego w aparacie bębnowym*. Chemik 2008, **9**, 409-413.
10. Obraniak A., Gluba T.: *Kinetyka aglomeracji materiału drobnoziarnistego w granulatorze talerzowym*. Inżynieria i Aparatura Chemiczna 2009, **4**, 46-47.
11. Obraniak A., Gluba T.: *Ocena odporności na ścieranie granulowanego nawozu wieloskładnikowego*. Inżynieria i Aparatura Chemiczna 2009, **0**, 48-49.
12. Obraniak A., Gluba T.: *Badania niektórych warunków granulacji piasków szklarskich*. Fizykochemiczne Problemy Mineralurgii 1996, **30**, 157-165.
13. Zawiaślak K., Sobczak P.: *Zmiany wybranych własności fizycznych granulatu uzyskanego z dodatkiem różnych substancji wiążących*. Inżynieria Rolnicza 2007, **5** (93), 437-444.

Pracę wykonano w ramach pracy własnej nr W/WM/17/2011.

Prof. dr hab. inż. Roman HEJFT – kierownik zakładu Techniki Rolno-Spożywczej na Wydziale Mechanicznym Politechniki Białostockiej. Obszar badań naukowych: ciśnieniowa aglomeracja materiałów roślinnych, konstrukcja i eksploatacja maszyn przemysłu rolno-spożywczego.

Mgr inż. Tomasz LESZCZUK – absolwent Wydziału Mechanicznego Politechniki Białostockiej (1999). Obecnie doktorant na Wydziale Mechanicznym Politechniki Białostockiej. Specjalność: budowa i eksploatacja maszyn. Obszar badań naukowych: konstrukcja i eksploatacja maszyn i urządzeń przemysłu spożywczego, beczniennowa aglomeracja materiałów drobnoziarnistych i pylistych. E-mail: tomasz.leszczuk@wp.pl, tel.: 609-657-102

**Akademia Morska w Szczecinie,
Károly Róbert University College (Hungary)
Leibniz Institute for Baltic Sea Research (Germany)**

Podstawowym celem konferencji jest wymiana doświadczeń osób i instytucji regionu Morza Bałtyckiego zajmujących się zarówno teoretycznymi jak i praktycznymi aspektami związanymi ze zmianami klimatycznymi, gospodarką, istniejącym prawem oraz zagadnieniami społecznymi. Interdyscyplinarna konferencja ma też stanowić platformę przyszłej współpracy instytucji z krajów regionu Morza Bałtyckiego w zakresie międzynarodowych projektów badawczych, szczególnie zmian klimatycznych rozpatrywanych w ujęciu interdyscyplinarnym, jak również być przestrzenią do prowadzenia dialogu na temat wspólnych problemów i pomysłów dotyczących zmian klimatu, ekonomii, finansów, prawa i kwestii społecznych oraz wspieranie powiązań, współpracy i dobrych relacji w regionie. W organizacji tego wydarzenia oprócz Uniwersytetu Szczecińskiego uczestniczą również liczne instytucje o charakterze naukowym, badawczo-rozwojowym oraz praktycznym z Polski i zagranicą. Kontakt: ccelsi2012@wneiz.pl lub tel.: 91 444 1978/ 91 444 2121.

Więcej informacji oraz rejestracja: www.us.szc.pl/ccelsi