

Tadeusz GLUBA

e-mail: tadeusz.gluba@p.lodz.pl

Katedra Aparatury Procesowej, Wydział Inżynierii Procesowej i Ochrony Środowiska Politechniki Łódzkiej, Łódź

Wpływ warunków podawania cieczy wiążącej na właściwości złoża otrzymanego w procesie granulacji talerzowej

Wstęp

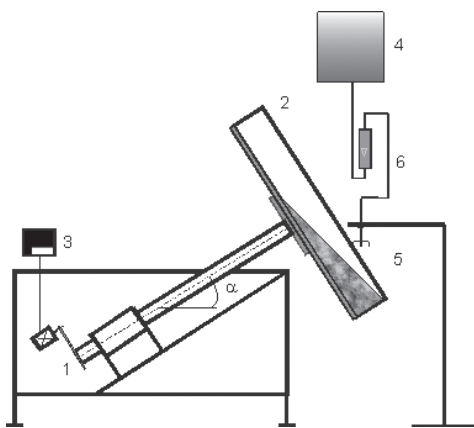
Powstawanie i wzrost aglomeratów jest złożonym procesem, w którym decydującą rolę odgrywa kombinacja trzech rodzajów mechanizmów: nawilżania i nukleacji, zagęszczania i koalescencji oraz ściernia i kruszenia [Ennis i Litster, 1997; Tardos i in., 1997; Iveson i in., 2001; Litster i Ennis, 2004].

Najistotniejszym etapem granulacji, od którego zależy dalszy przebieg procesu jest nawilżanie materiału proszkowego i wywołana nim nukleacja. Jest to etap, w którym ciecz wiążąca doprowadzana jest do kontaktu z suchym proszkiem i równocześnie rozprowadzana wewnątrz materiału, co skutkuje formowaniem wstępnych zarodków granул. Rozkład wielkości tych zarodków zależy od warunków panujących w złożu na tym etapie procesu [Wauters i in., 2002; Obraniak i Gluba, 2012]. Warunki podawania cieczy wiążącej mają w konsekwencji istotny wpływ na właściwości produktu wytworzonego w procesie mokrej granulacji [Gluba, 2002; Hapgood i in., 2003; Gluba, 2003].

Celem pracy jest ocena wpływu warunków nawilżania złoża drobnopiękniściego na powstawanie i wzrost aglomeratów na etapie nawilżania w procesie granulacji talerzowej.

Aparatura i metodyka badań

Badania doświadczalne prowadzono na aparaturze, której schemat przedstawiono na rys. 1.

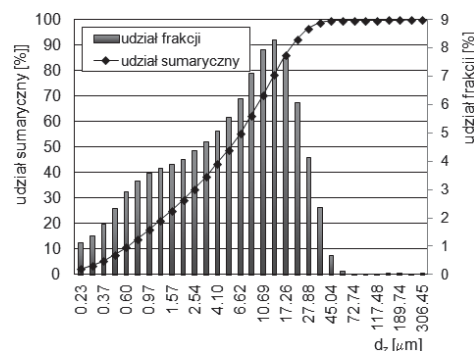


Rys. 1. Schemat stanowiska doświadczalnego: 1 – motoreduktor, 2 – talerz granulacyjny, 3 – falownik, 4 – zbiornik z wodą, 5 – zraszacz hydrauliczny z dyszami, 6 – rotametr, α – kąt nachylenia osi talerza do poziomu

Talerz – 2 o średnicy $D = 0,5\text{ m}$ i wysokości obrzeża $H = 0,10\text{ m}$, napędzany był motoreduktorem – 1 za pośrednictwem przekładni pasowej i sprężki. Do ustawiania prędkości obrotowej talerza zastosowano falownik – 3, a do jej kontroli obrotomierz. Przesypujące się w granulatore złoże ziarniste nawilżano cieczą dostarczaną ze zbiornika – 4 za pomocą zraszacza hydraulicznego zakończonego dyszami – 5. Natężenie przepływu cieczy ustalano każdorazowo za pomocą rotametrów – 6. Stosowano trzy różne natężenia dostarczania cieczy wiążącej do złoża w zależności od liczby użytych dysz (1, 2, 3). Natężenie przepływu dla jednej dyszy wynosiło $Q_d = 0,05\text{ g/s}$.

Jako modelowy surowiec drobnopiękniściego zastosowano mączkę dolomitową z Kopalni Surowców Mineralnych Piotrowice, a jako cieczy wiążącej użyto wody destylowanej. Skład granulometryczny materiału,

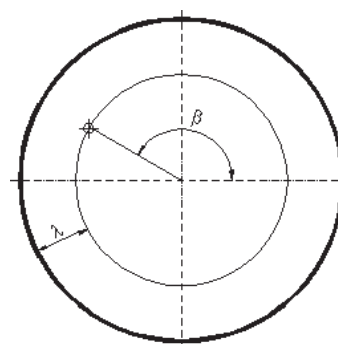
wyznaczony za pomocą laserowego analizatora wielkości ziaren *Analysette 22* przedstawiono na rys. 2.



Rys. 2. Skład granulometryczny surowca

Badania prowadzono przy ustalonych wartościach prędkości obrotowej talerza $n = 0,167\text{ s}^{-1}$, kąta nachylenia jego osi do poziomu $\alpha = 48^\circ$ i objętościowego wypełnienia talerza surowcem $\varphi = 5\%$ (masa wsadu $m_w = 1\text{ kg}$).

- W czasie badań zmieniano następujące parametry:
- wilgotność końcową granulowanego złoża w , w zakresie od 0,10 do 0,16 kg wody/kg suchego materiału.
 - intensywność nawilżania, określaną jako stosunek uzyskanej wilgotności końcowej w [-] do czasu nawilżania t_n [s]; $I = w/t_n$ [1/s]
 - położenie zraszacza hydraulicznego względem talerza, określane za pomocą kąta β , zdefiniowane na rys. 3.



⊕ położenie zraszacza
Rys. 3. Położenie zraszacza hydraulicznego

Dla każdego kąta β (150° , 180° i 220°) stosowano ustaloną wysokość położenia wylotu dysz nad powierzchnią złoża $h = 0,12\text{ m}$ i stałą odległość zraszacza od obrzeża talerza $\lambda = 0,095\text{ m}$.

Wyniki badań

Wpływ badanych parametrów nawilżania surowca proszkowego na skład ziarnowy złoża otrzymanego określano bezpośrednio po zakończeniu dozowania cieczy wiążącej. Do opisu składów granulometrycznych złoża zastosowano momenty statystyczne:

- moment zerowy pierwszego rzędu (średni rozmiar granул):

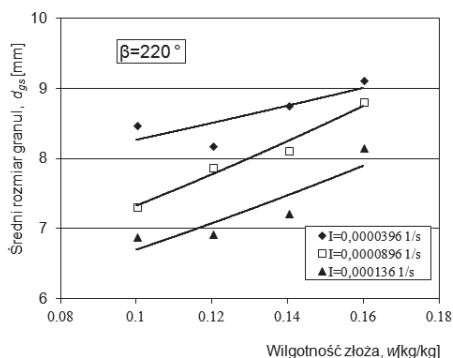
$$m_1 = d_{gs} = \sum_{i=1}^n x_i d_{gsi} \quad (1)$$

gdzie:

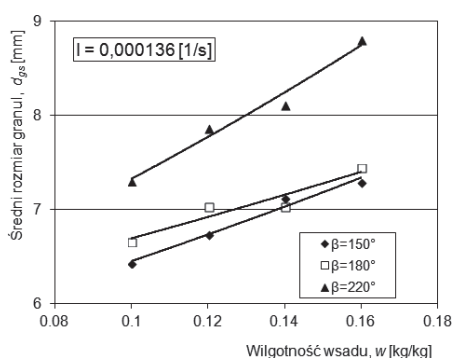
- x_i – udział masowy ziaren i -tej klasy
- d_{gsi} – średnia średnica ziaren i -tej klasy
- współczynnik zmienności – stosunek odchylenia standardowego do średniego rozmiaru granул

$$\frac{\sigma}{d_{gs}} = \sqrt{\frac{\sum_{i=1}^n x_i (d_{gsi} - d_{gs})^2}{d_{gs}^2}} \quad (2)$$

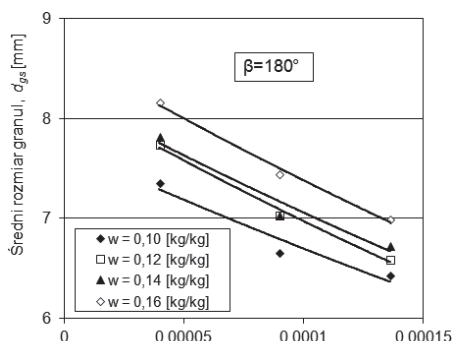
Na rys. 4-6 przedstawiono przykładowo wpływ badanych parametrów nawilżania złoża na średni rozmiar granul otrzymanych po zakończeniu dostarczania cieczy wiążącej.



Rys. 4. Zależność średniego rozmiaru granul od wilgotności złoża dla różnych intensywności nawilżania, przy ustalonym położeniu zraszacza



Rys. 5. Zależność średniego rozmiaru granul od wilgotności wsadu dla różnych położen zraszacza, przy ustalonej intensywności nawilżania



Rys. 6. Zależność średniego rozmiaru granul od intensywności nawilżania dla różnych wilgotności złoża, przy ustalonym położeniu zraszacza

Wpływ wilgotności końcowej wsadu w i intensywności podawania cieczy wiążącej I na średni rozmiar granul uzyskanych przy określonym położeniu zraszacza (kącie β) opisano równaniami potęgowymi postaci:

$$d_{gs} = Aw^a I^b \quad (3)$$

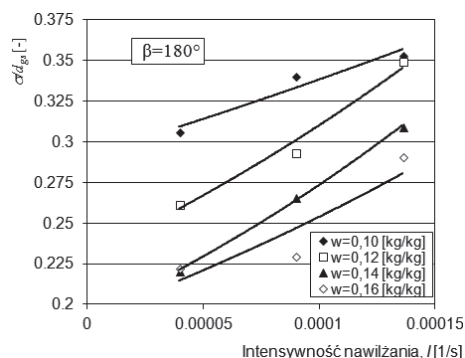
Wartości stałej A i wykładników potęg w równaniu (3) oraz współczynników korelacji dla różnych kątów β zestawiono w tab. 1.

Tab. 1. Parametry równania (3)

β [°]	A	a	b	R^2
150	5,5	0,26	-0,08	0,94
180	3,4	0,2	-0,12	0,98
220	4,2	0,3	-0,13	0,96

Badania wykazały, że warunki nawilżania złoża mają również wpływ na jednorodność wymiarową otrzymanych granul.

Na rys. 7 przedstawiono przykładowo wpływ warunków dostarczania cieczy wiążącej na współczynnik zmienności składu ziarnowego wsa-



Rys. 7. Zależność współczynnika zmienności od intensywności nawilżania dla różnych wilgotności złoża, przy ustalonym położeniu zraszacza

du po zakończeniu nawilżania. Podobny charakter zależności uzyskano również dla pozostałych położen zraszacza (kątów β).

Wpływ wilgotności i intensywności nawilżania na właściwości granulowanego wsadu stwierdzono również dla innych surowców drobnodziarnistych, a także innych urządzeń granulujących [Gluba i Obraniak, 2009; Obraniak i Gluba, 2010; Obraniak i Gluba, 2006], co świadczy o bardziej ogólnym charakterze uzyskanych zależności.

Wnioski

Uzyskane wyniki pozwalają wyciągnąć następujące wnioski:

- wzrost wilgotności końcowej złoża prowadzi do powstania aglomeratów o większych wymiarach i o bardziej jednorodnym składzie granulometrycznym.
- wzrost intensywności nawilżania powoduje wytworzenie wsadu o drobniejszych ziarnach, ale o większym rozrzucie wymiarów granul w odniesieniu do wartości średniej.
- miejsce podawania cieczy wiążącej na złożo ma istotny wpływ na wielkość otrzymanych aglomeratów. Wzrost kąta β wpływa na zwiększenie średniego rozmiaru otrzymanych granul.

LITERATURA

- Ennis B.J., Litster J.D., 1997. *Particle size enlargement*, [w:] R. Perry, D. Green (Eds.), *Perry's Chemical Engineers' Handbook*, 7th ed., McGraw-Hill, New York, s. 20.56-20.89.
- Gluba T., 2002. The effect of wetting conditions on the strength of granules; *Physicochemical Problems of Mineral Processing*, **36**, 233-242.
- Gluba T., 2003. The effect of wetting liquid droplet size on the growth of agglomerates during wet drum granulation, *Powder Tech.*, **130**, 219-224. DOI:10.1016/S0032-5910(02)00269-3.
- Gluba T., Obraniak A., 2009. Kinetyka aglomeracji materiału drobnodziarnistego w granulatorze talerzowym, *Inż. Ap. Chem.*, **48**, nr 4, 46-47
- Hapgood K.P., Litster J.D., Smith R., 2003. Nucleation Regime Map for Liquid Bound Granules. *AIChE J.*, **49**, nr 2, 350-361 DOI: 10.1002/aic.690490207.
- Iveson S.M., Litster J.D., Hapgood K., Ennis B.J., 2001. Nucleation, growth and breakage phenomena in agitated wet granulation processes: a review, *Powder Technol.*, **117**, 3-39. DOI: 10.1016/S0032-5910(01)00313-8.
- Litster J.D., Ennis B.J., 2004. *The Science and Engineering of Granulation Processes*. Particle Technology Series. B. Scarlett, Kluwer Academic Publishers, Dordrecht, The Netherlands.
- Obraniak A., Gluba T., 2006. Wpływ szybkości nawilżania na wielkość uzyskanego granulatu, *Inż. Ap. Chem.*, **45**, nr 4s, 121-122
- Obraniak A., Gluba T., 2010. Wpływ parametrów procesowych na efekt okresowej granulacji nawozu Lubofoška, *Inż. Ap. Chem.*, **49**, nr 1, 77-78
- Obraniak A., Gluba T., 2012. A model of agglomerate formation during bed wetting in the process of disc granulation, *Chemical and Process Engineering*, **33**, nr 1, 153-165. DOI:10.2478/v10176-012-0014-1.
- Tardos G.I., Irfan-Khan M., Mort P.R., 1997. Critical Parameters and limiting conditions in binder granulation of fine powders, *Powder Tech.*, **94**, 245-258. DOI:10.1016/S0032-5910(97)03321-4.
- Wauters P.A.L., Jakobsen R.B., Litster J.D., Meesters G.M.H., Scarlett B., 2002. Liquid distribution as a means to describing the granule growth mechanism, *Powder Tech.*, **123**, 166-177. DOI: 10.1016/S0032-5910(01)00446-6

Praca wykonana w ramach działalności statutowej W-10/1/2013/Dz.St.