

TADEUSZ GLUBA  
ANDRZEJ OBRANIAK

Wydział Inżynierii Procesowej i Ochrony Środowiska, Politechnika Łódzka, Łódź

# Ocena właściwości produktu mokrej granulacji talerzowej

## Wstęp

W procesie granulacji przesypowej (talerzowej, bębnowej) formowanie zarodków i ich dalsze narastanie odbywa się w ruchomym złożu materiału drobnoziarnistego, do którego dostarczana jest ciecz wiążąca [1–3]. Zjawiska decydujące o powstawaniu, wzroście i zmianie właściwości tworzonych aglomeratów zależą od właściwości mediów biorących udział w procesie jak i warunków jego prowadzenia, a w szczególności warunków nawilżania złoża [4–5]. Dotychczas przeprowadzone badania wykazały, że sposób dostarczania cieczy wiążącej może determinować przebieg procesu, zarówno na etapie nawilżania, jak i dalszej granulacji [6–7].

W pracy podjęto próbę oceny wpływu warunków dostarczania cieczy wiążącej do złoża, na zmianę gęstości nasypowej podczas procesu granulacji talerzowej.

## Cel pracy

Celem badań było określenie wpływu warunków nawilżania złoża na zmianę jego gęstości nasypowej podczas mokrej granulacji talerzowej.

## Aparatura i metodyka pomiarów

Proces aglomeracji prowadzono w granulatorze talerzowym. Talerz granulatora o średnicy 0,7 m napędzany był silnikiem elektrycznym za pośrednictwem przekładni pasowej i sprzęgła. Do ustawiania prędkości obrotowej talerza zastosowano falownik a do jej kontroli obrotomierz. Znajdujące się w granulatorze złożo ziarniste nawilżano za pomocą zraszacza hydraulicznego. Ciecz zwilżającą (wodę destylowaną) ze zbiornika zainstalowanego 2,5 m ponad poziomem dysz dostarczano kropłowo na przesypującą się w talerzu warstwę złoża ziarnistego (w dolnej części talerza), aż do otrzymania określonej, założonej wilgotności. Natężenie dopływu cieczy ustalano każdorazowo za pomocą rotametry. Aby zapewnić stałe ciśnienie podawanej cieczy przez cały czas trwania próby utrzymywano stały poziom cieczy w zbiorniku.

Proces granulacji prowadzono w sposób okresowy w granulatorze talerzowym o średnicy  $D = 0,7$  m, wysokości obrzeża  $H = 0,147$  m i kącie nachylenia osi do poziomu  $\alpha = 50^\circ$ , przy stałej prędkości obrotowej równej  $0,165 \text{ s}^{-1}$  i stałym objętościowym stopniu wypełnienia talerza  $\varphi = 0,05$ .

Jako modelowy materiał badawczy zastosowano mączkę dolomitową P10, a jako ciecz wiążącą wodę destylowaną. Na przesypującą się w talerzu złożo drobnoziarniste podawano ciecz wiążącą za pomocą zraszacza hydraulicznego pracującego przy ustalonych parametrach. Stosowano różną liczbę końcówek zraszających (2, 4, 6 lub 8 szt.), przy stałym ob-

jętościowym natężeniu przepływu cieczy przez każdą z nich równym  $Q = 0,792 \cdot 10^{-3} \text{ m}^3/\text{h}$ .

Stosowano różne, ustalone objętości cieczy wiążącej, co dawało różne wilgotności granulowanego materiału. Po zakończeniu nawilżania prowadzono dalej proces granulacji bez nawilżania, który kontynuowano przez ustalony czas.

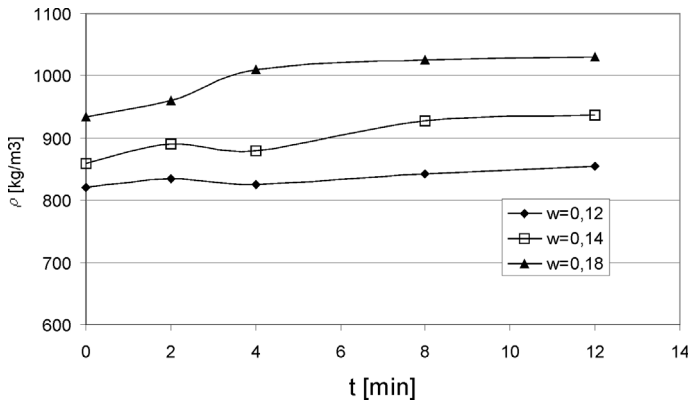
W określonych momentach czasowych pobierano z talerza reprezentatywne próbki wsadu, na podstawie których określano gęstość nasypową przetwarzanego złoża. Pierwszą próbkę pobierano bezpośrednio po zakończeniu nawilżania, a kolejne w ustalonych momentach drugiego etapu granulacji.

Wilgotność końcową, obliczaną jako stosunek masy cieczy ( $m_c$ ) do masy wsadu ( $m_w$ ) zmieniano się w granicach od 0,10 do 0,20 kg wody/kg suchego materiału. Intensywność nawilżania ( $I_n$ ) określano jako stosunek wilgotności końcowej do czasu nawilżania ( $t_n$ ).

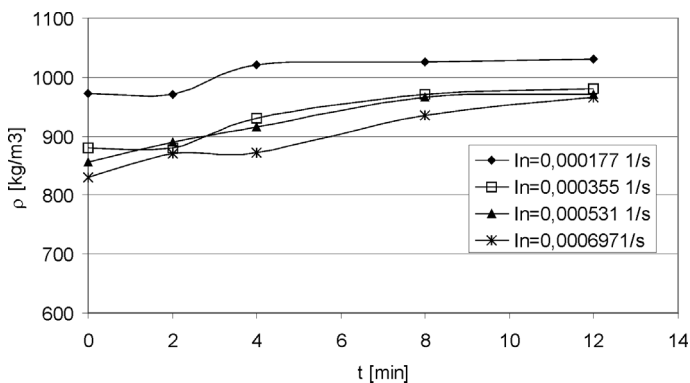
## Wyniki

Gęstość nasypową granulowanego złoża określano jako stosunek masy próbki usypanej do cylindra pomiarowego do objętości zajętej przez badany materiał. Pierwszą próbkę do oznaczenia gęstości nasypowej pobierano bezpośrednio po etapie nawilżania, a następne po 2, 4, 8 i 12 minutach granulacji.

Na rys. 1. przedstawiono przykładowo wpływ wilgotności końcowej złoża na zmiany gęstości nasypowej w czasie prowadzenia procesu granulacji, dla stałej intensywności nawilżania materiału. Analiza uzyskanych wyników pozwala dla przebadanego zakresu zmian parametrów zauważyć wpływ wilgotności złoża uzyskanej po nawilżaniu na wartość gęstości nasypowej. Większa wilgotność złoża przyspiesza proces aglomeracji w wyniku wcześniejszego i skuteczniejszego zarodkowania, co rzutuje na wydłużenie dalszego etapu, podczas którego, w wyniku oddziaływań dynamicznych następuje zagęszczenie granul i w efekcie wzrost ich gęstości. Potwierdza to widoczny dla wszystkich wilgotności wzrost wartości gęstości nasypowej z czasem granulacji. Ogólna tendencja wynikająca z prezentowanych zależności wskazuje dla wszystkich stosowanych wilgotności (Rys. 1) oraz wszystkich wartości intensywności nawilżania (Rys. 2) na zagęszczenie granul wraz z przebiegiem procesu. Wzrost wilgotności końcowej i czasu procesu stwarza więc lepsze warunki do powstawania granul, w których ziarna surowca są bardziej zagęszczone. Granulki zmniejszają swoją całkowitą objętość, przez co zwiększa się gęstość nasypowa takiego materiału. Zagęszczone granulki, o mniejszym rozmiarze, podczas badania gęstości nasypowej, mogą lepiej wypełniać przestrzeń utwo-



Rys. 1. Zmiany gęstości nasypowej w czasie procesu granulacji dla stałej intensywności nawilżania  $I = 1,77 \cdot 10^{-4}$  [1/s]



Rys. 2. Zmiany gęstości nasypowej w czasie procesu granulacji dla stałej wilgotności końcowej  $w = 0,16$  [kg/kg]

rzne między większymi aglomeratami, przez co dodatkowo wpływać na gęstość nasypową złoża.

Wpływ intensywności nawilżania na zmiany gęstości nasypowej przedstawiono na rys. 2. Przedstawione zależności wykazują, że gęstość nasypowa przetwarzanego wsadu zależy od intensywności dostarczania cieczy w czasie nawilżania. Wzrost intensywności nawilżania wpływa na obniżenie gęstości nasypowej granulowanego wsadu.

Większa intensywność nawilżania powoduje dla tych samych czasów granulacji powstawanie aglomeratów o większych rozmiarach, co skutkuje zwiększeniem przestrzeni między-

granulkowych w badanym złożu. Duża intensywność nawilżania powoduje również wzrost wilgotności na powierzchni powstających granул, co skutkuje zazwyczaj ich zlepianiem się ze sobą w większe aglomeraty (koalescencja). Te duże aglomeraty powstałe w wyniku specyficznego mechanizmu wzrostu zawierają w swym wnętrzu duże przestrzenie wypełnione powietrzem, co wpływa znacząco na wartość gęstości nasypowej otrzymanego granulatu.

Do opisu wpływu badanych wielkości (wilgotności końcowej  $w$ , intensywności nawilżania  $I_n$  i czasu granulacji  $t$ ) na wartość gęstości nasypowej granulowanego złoża zaproponowano następujące równanie potęgowe:

$$\rho = 944,5 w^{0,18} I_n^{-0,04} t^{0,1} \quad (1)$$

Współczynnik korelacji dla tego modelu wynosił  $R = 0,93$ .

### Wnioski

Stwierdzono istotny wpływ ilości dodanej cieczy wiążącej (wilgotności wsadu) oraz intensywności nawilżania na przebieg procesu, zarówno w okresie nawilżania jak i dalszej granulacji.

1. Wartość gęstości nasypowej rośnie ze wzrostem wilgotności uzyskanej na etapie nawilżania.
2. Wartość gęstości nasypowej nieznacznie maleje ze wzrostem intensywności nawilżania.
3. Zmiany gęstości nasypowej złoża w procesie granulacji talerzowej można opisać równaniem potęgowym.

### LITERATURA

1. D.M. Newitt, J.M. Conway-Jone: Trans. Inst. Chem. Eng. **36**, 422 (1958).
2. P.C. Kapur, D.W. Fuerstenau: Ind. Eng. Process Design Develop. **5**, 5 (1966).
3. P.B. Linkson, J.R. Glastonbury, G.J. Duffy: Trans. Inst. Chem. Eng. **51**, 251 (1973).
4. A. Heim, T. Gluba, A. Obraniak: Fizykochemiczne problemy mineralurgii, **34**, 67 (2000).
5. A. Heim, T. Gluba, A. Obraniak, M. Błaszczak, E. Gawot-Młynarczyk: Physicochemical Problems of Mineral Processing, **40**, 237, (2006).
6. A. Heim, T. Gluba, A. Obraniak, M. Błaszczak, E. Gawot-Młynarczyk: Przemysł Chemiczny **87**, nr 2, 150 (2008).
7. A. Heim, A. Obraniak, T. Gluba: Przemysł Chemiczny, **87**, nr 2, 154 (2008).

Praca wykonana w ramach projektu badawczego Nr N N209 096135.