

ANDRZEJ OBRANIAK
TADEUSZ GLUBA
TOMASZ OLEJNIK

Wydział Inżynierii Procesowej i Ochrony Środowiska, Politechnika Łódzka, Łódź

Badanie wpływu sposobu dozowania cieczy nawilżającej na zmiany gęstości nasypowej granulatu

Wstęp

Proces mokrej granulacji przesypowej można realizować stosując różne sposoby nawilżania przetwarzanego złoża. Ciecz można dostarczać strugą, kropłowo: za pomocą dysz pneumatycznych gwarantujących rozpad strugi na krople o rozmiarach od kilku do kilkuset mikrometrów lub za pomocą nawilżaczy, gdzie wielkość kropli wynika z równowagi sił ciężkości i sił kapilarnych.

Jednym z podstawowych parametrów, opisujących właściwości ziarnistych materiałów granulowanych jest gęstość nasypowa [1]. Wartość tego parametru uzależniona jest zarówno od właściwości surowca (gęstości, składu ziarnowego), zagęszczenia ziaren w utworzonych granulach (porowatości granulek), jak również od uzyskanego składu granulometrycznego, który ma wpływ na objętość przestrzeni międzygranulkowych. W trakcie granulacji gęstość nasypowa przetwarzanego złoża ulega zmianom, na co bezpośredni wpływ mają oprócz właściwości surowca warunki, w jakich prowadzony jest proces, a w szczególności warunki nawilżania. Dotychczasowe badania wpływu warunków nawilżania na zmiany gęstości nasypowej granulowanego złoża koncentrowały się na określeniu wpływu czasu nawilżania, wilgotności, wielkości kropli oraz napięcia powierzchniowego cieczy zwilżającej. Analizując bębnową granulację dolomitu, mączki kwarcowej i nawozu wieloskładnikowego Heim [2] oraz Gluba [3] stwierdzili spadek wartości gęstości nasypowej na etapie nawilżania za pomocą dysz pneumatycznych. Ponadto w pracach tych dla wszystkich przebadanych materiałów oraz dla całego zakresu zmian wilgotności końcowej złoża, niezależnie od rozmiarów kropli cieczy nawilżającej zauważono liniowy wzrost gęstości nasypowej na etapie granulacji po nawilżaniu. Natomiast podczas bębnowej granulacji bentonitu odlewniczego (przy zastosowaniu nawilżania kropłowego) Obraniak [4] opisał zmiany gęstości nasypowej w trakcie nawilżania malejącą funkcją liniową postaci:

$$\rho_n = -At + \rho_{ns} \quad (1)$$

gdzie:

- A – stała uzależniona od średnicy bębna, stopnia jego wypełnienia i prędkości obrotowej,
- ρ_{ns} – gęstość nasypowa surowca.

Mimo, że proces prowadzono do całkowitego zgranulowania złoża, dla żadnej z przeprowadzonych prób nie zauważono zakresu, w którym nastąpiłby przyrost gęstości nasypowej.

Przyczyną tak odmiennego charakteru zmian badanego parametru mogła być zmiana sposobu nawilżania (kroplami 3–4 mm), prowadzenie nawilżania przez cały czas procesu granulacji a także charakterystyczne właściwości surowca

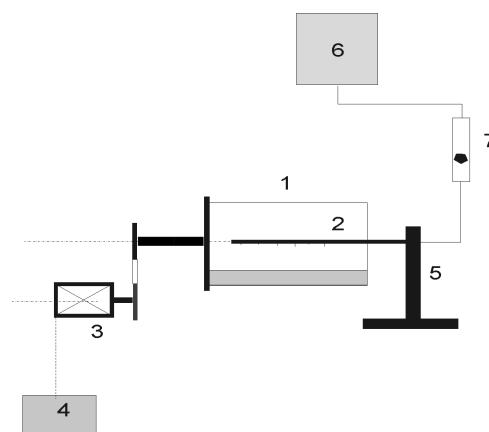
(bentonit). W celu wyjaśnienia tego zjawiska postanowiono porównać wpływ różnych, wybranych sposobów nawilżania na zmiany gęstości nasypowej złoża podczas granulacji bębnowej bentonitu, dolomitu i mączki kwarcowej.

Cel pracy

Celem badań było określenie wpływu sposobu dozowania cieczy zwilżającej podczas procesu granulacji na gęstość nasypową przetwarzanego złoża.

Aparatura i metodyka pomiarów

Schemat stanowiska badawczego przedstawiono na rys. 1. Bęben – 1 napędzany był motoreduktorem – 3 za pośrednictwem przekładni pasowej i sprzęgła. Płynną zmianę prędkości obrotowej bębna uzyskiwano za pomocą falownika – 4, a jej kontrolę przeprowadzano przy użyciu obrotomierza. Umieszczone w bębnie złoże ziarniste nawilżano kropłowo za pomocą zraszacza – 2, wprowadzonego osiowo do wnętrza aparatu. Zraszacz zamocowano na niezależnym od granulatora statywie – 5. Ciecz zwilżająca była podawana ze zbiornika – 6, umieszczonego na wysokości 2,5 m. od osi bębna a jej natężenie przepływu ustalano za pomocą rotametr – 7. Przez cały czas próby utrzymywano stały poziom cieczy w zbiorniku, co zapewniało stałe ciśnienie podawanej cieczy.



Rys. 1. Schemat stanowiska badawczego: 1 – bęben granulatora, 2 – zraszacz, 3 – motoreduktor, 4 – falownik, 5 – statyw, 6 – zbiornik, 7 – rotametr

Opis badań i analiza wyników

Aby zweryfikować wpływ na zmiany gęstości nasypowej, kropłowego (grawitacyjnego) sposobu nawilżania złoża, gdy czas nawilżania jest tożsamy z czasem granulacji przeprowa-

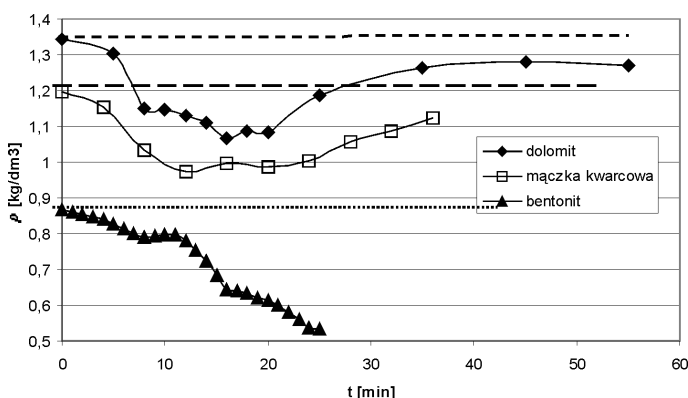
dono dla tych samych warunków nawilżania próby aglomeracji bębnowej dla dolomitu i mączki kwarcowej. Następnie uzyskane krzywe zmian gęstości nasypowej porównano z wynikami otrzymanymi dla granulacji bentonitu (Rys. 2).

W czasie badań złożo drobnoziarniste nawilżano przy stałym natężeniu cieczy, przez czas, który zapewniał uzyskanie założonej wilgotności lub do chwili przewilżenia materiału, co powodowało oblepienie się złoża na ścianie wewnętrznej granulatora. Jako ciecz zwilżającą użyto wodę destylowaną. W stałych odstępach czasu pobierano z bębna próbki do określenia gęstości nasypowej. Gęstość nasypową pobieranej próbki określano na podstawie jej masy m_m i objętości V_c ,

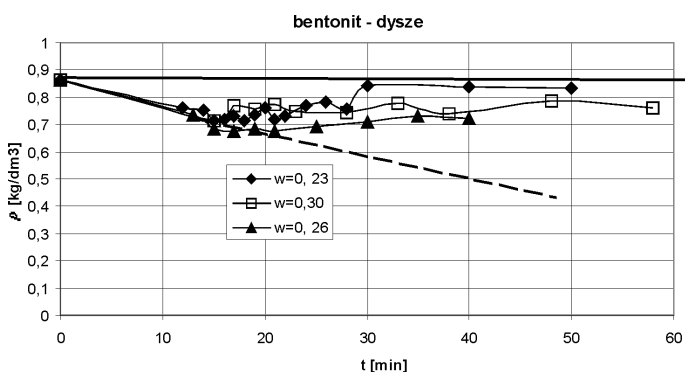
$$\rho_n = \frac{m_g}{V_c} = \frac{m_m - m_c}{V_c} \quad (2)$$

gdzie:

m_g – masa cylindra z próbka,
 m_c – masa cylindra.



Rys. 2. Porównanie zmian gęstości nasypowej granulu podczas procesu z ciągłym kropkowym nawilżaniem złoża dla bentonitu, dolomitu i mączki kwarcowej



Rys. 3. Porównanie zmian gęstości nasypowej granulu podczas procesu z nawilżaniem przez dysze pneumatyczne

Stwierdzono, że w przypadku ciągłego nawilżania złoża w trakcie procesu granulacji charakter zmian gęstości nasypowej dla dolomitu i mączki kwarcowej jest odmienny niż dla

bentonitu i zbliżony do zmian omawianego parametru dla innych warunków nawilżania (wzrost wartości gęstości nasypowej w drugim etapie procesu). Świadczy to o tym, że spadek gęstości nasypowej granulowanego bentonitu, podczas całego procesu granulacji nie potwierdza się dla innych surowców i nie jest konsekwencją przyjętej techniki nawilżania (krople 3–4 mm i czas nawilżania równy czasowi granulacji), ale jest cechą wynikającą prawdopodobnie z właściwości surowca. Uzyskane wyniki porównano z wartościami średniej gęstości nasypowej surowców (poziome linie kreskowe), które ustalono jako średnie arytmetyczne gęstości nasypowej dla materiału luźno usypanego i zagęszczonego.

Dalsze eksperymenty zobrazowane na rys. 4 miały na celu określenie charakteru zmian gęstości nasypowej w trakcie granulacji bentonitu dla procesu, w którym wyodrębniono granulację z nawilżaniem za pomocą dysz pneumatycznych i etap bez nawilżania. Próby przeprowadzono dla trzech wartości wilgotności złoża w uzyskanej w wyniku wprowadzenia określonej masy cieczy do złoża i porównano z przebiegiem zmian gęstości nasypowej dla granulacji przy nawilżaniu kropkowym (linia kreskowa). Stwierdzono w tym przypadku typowy, podobny jak dla innych surowców charakter zmian gęstości nasypowej, z wyraźnie wyodrębnionym etapem spadku wartości, a następnie z jego wzrostem. Analiza przedstawionych wyników pozwala stwierdzić, że w procesie bębnowej granulacji bentonitu zmiana sposobu podawania cieczy polegająca na nawilżaniu złoża przez różne rodzaje nawilżaczy generujących krople o znacznie różniących się rozmiarach oraz wyodrębnieniu etapu granulacji z nawilżaniem i bez nawilżania pozwala w pewnym zakresie sterować wartością gęstości nasypowej uzyskanego produktu.

Wnioski

1. Zmiana sposób nawilżania granulowanego złoża poprzez stosowanie różnych konstrukcji nawilżaczy oraz wyodrębnienie etapu granulacji z nawilżaniem i bez nawilżania ma wpływ na charakter zmian gęstości nasypowej tylko w przypadku przetwarzania niektórych surowców.
2. Niezależnie od przyjętej technologii granulacji i rodzaju przetwarzanego materiału uzyskana końcowa wartość gęstości nasypowej złoża była mniejsza niż średnia gęstość nasypowa surowca.

LITERATURA

1. A. Heim, T. Gluba, A. Obraniak, E. Gawot-Młynarczyk, M. Błaszczuk: Polish Journal of Chemical Technology 8, z.4, 11 (2006).
2. A. Heim, T. Gluba, A. Obraniak, M. Błaszczuk, E. Gawot-Młynarczyk: Przemysł Chemiczny 87, nr 2,150 (2008).
3. T. Gluba, A. Obraniak, E. Gawot-Młynarczyk: Physicochemical Problems of Mineral Processing 38, 177 (2004).
4. A. Obraniak: Praca doktorska, Wydział Inżynierii Proc. i Ochrony Środowiska PŁ, 2002.

Pracę wykonano w ramach projektu badawczego N209 096135.