

# Badania właściwości transportowych i granulacyjnych pulp superfosfatowych

Sebastian SCHAB, Andrzej BISKUPSKI, Mieczysław BOROWIK, Michał DAWIDOWICZ – Instytut Nawozów Sztucznych, Puławy

Prosimy cytować jako: CHEMIK 2012, 66, 5, 396-405

## Wstęp

W procesie wytwarzania nawozów fosforowych i wieloskładnikowych, składnik główny lub jeden z komponentów wchodzących w skład mieszanki NPK poddawanej granulacji może występować w postaci pulpy. Pulpa, jest to najczęściej zawiesina soli nieorganicznych, w roztworze nasyconym tych soli, która w kontakcie z zawrotem (podziarno i rozdrobnione nadziarno) lub z zawrotem i mieszaniną świeżej nadawy w postaci sypkiej ulega krystalizacji z wytworzeniem zarodków granul produktu, jak również powiększaniem granul już wytworzonych i będących w obiegu. Poznanie właściwości fizykochemicznych danej pulpy jest niezbędne, jeżeli proces granulacji ma być prowadzony z odpowiednią wydajnością w dłuższym czasie. W badaniach należy wziąć pod uwagę to, że często pulpa może zmieniać swoje właściwości fizykochemiczne podczas długotrwałego przechowywania i mogą pojawić się problemy z jej dozowaniem, czy zmianą składu chemicznego.

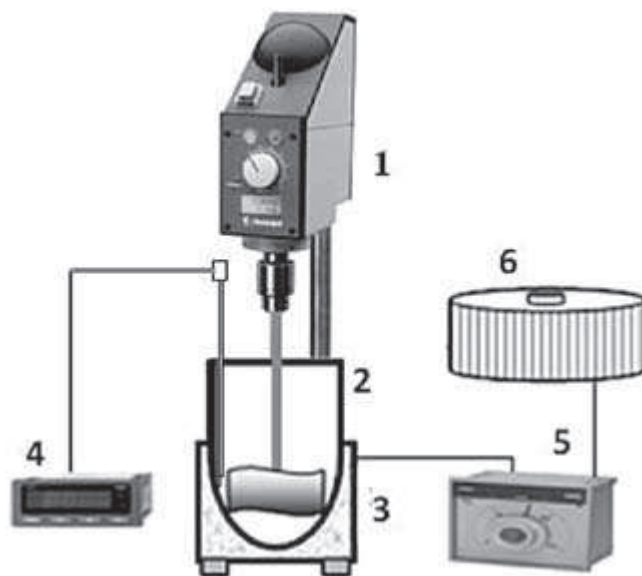
Pulpę przygotowuje się w reaktorach różnego typu, zaopatrzonych w mieszadło, które utrzymuje zawiesinę w ruchu oraz płaszcz chłodniczo-grzewczy, który ma za zadanie utrzymywanie temperatury na odpowiednim poziomie. W pracy dotyczącej procesów mieszania zaprezentowano stanowisko do pomiaru mocy mieszania w mieszalnikach wibracyjnych [1].

Podjęto próbę wykorzystania takiego zestawu badawczego do oceny własności pulp procesowych. Na podstawie danych zawartych w literaturze można stwierdzić, że pomiar mocy mieszania, jak również same procesy mieszania, są zagadnieniami bardzo złożonymi i zależą od wielu parametrów, takich jak: rodzaj substancji poddawanej mieszaniu, geometria mieszalnika, rodzaj mieszadła itp. [2]. W naszym przypadku mamy do czynienia z niejednorodnymi mieszaninami, składającymi się z cząstek stałych zawieszonych w roztworze nasyconym składników pulpy. Dodatkowo pulpy mają na ogół tendencje do zmiany swoich własności fizykochemicznych w czasie i w zależności od temperatury. Z uwagi na to, że wartości liczbowe mocy, momentu obrotowego wału oraz prędkości obrotowej są ze sobą ściśle związane, przyjęto, że układ pomiarowy zestawu laboratoryjnego do badań zmian konsystencji, może działać w oparciu o pomiar momentu obrotowego mieszadła. Wartość momentu obrotowego w danej chwili wyznaczano z różnicy wskazań odczytywanych pod obciążeniem oraz na biegu jałowym przy tych samych obrotach mieszadła [3]. Taka metoda pomiarów nie charakteryzuje się wysoką dokładnością, ale według naszych doświadczeń jest wystarczająca dla tego typu badanych układów.

W pracy przedstawiono wyniki badań nad zależnością konsystencji pulp: TSP, MSP oraz USP od zawartości wody, temperatury i stosunku fosfor – czynnik roztwarzający, w oparciu o pomiary momentu obrotowego mieszania, w zaprojektowanym do tego celu zestawie. Na podstawie uzyskanych wyników, dla każdej z prób sporządzono wykresy zależności zmiany momentu obrotowego i temperatury w czasie oraz określono niezbędną zawartość wody dla zapewnienia odpowiedniej konsystencji pulpy. Dla wybranych pulp przeprowadzono próby ich granulacji w skali laboratoryjnej.

## Budowa stanowiska badawczego

Zestaw do oceny konsystencji pulp granulacyjnych przedstawiono na Rysunku 1. Zestaw składa się z mieszadła o regulowanej liczbie obrotów z pomiarem momentu obrotowego, (wyposażonego w układ elektroniczny, który zapewnia zachowanie stałej prędkości obrotów, niezależnie od zmieniającego się obciążenia), reaktora zaopatrzonego w płaszcz grzewczy oraz w czujnik temperatury. Do pomiarów używano końcówki mieszającej łopatkowej (liczba łopatek: 2; średnica 70 mm; kąt skręcenia łopatek 10°).



Rys. 1. Schemat laboratoryjnego zestawu do badania konsystencji pulp  
1 – mieszadło mechaniczne z pomiarem wartości momentu obrotowego oraz regulacją obrotów HEIDOLPH RZR 2052;  
2 – reaktor; 3 – płaszcz grzewczy; 4 – miernik temperatury;  
5 – regulator temperatury; 6 – autotransformator

Badanie konsystencji pulpy opierało się na odczycie wskazań wartości momentu obrotowego mieszadła. Prędkość mieszania wynosiła 200 obr/min. Na podstawie doświadczeń granulacji oraz ocenie wizualnej przyjęto, że moment obrotowy o wartości poniżej 4 Nm, odpowiada właściwej konsystencji pulpy. Każdorazowo w reaktorze przygotowywano ok. 500 g pulpy i mierzono moment obrotowy mieszadła w trakcie procesu rozkładu fosforitu w przeciągu kilku godzin.

## Wyniki badań

### Badania konsystencji wybranych pulp granulacyjnych

W tej części pracy zaprezentowano wyniki badań nad zmianą konsystencji pulp stosowanych do produkcji nawozów fosforowych i wieloskładnikowych. W ramach prac testom poddano pulpy TSP 48, MSP 30 oraz pulpę USP.

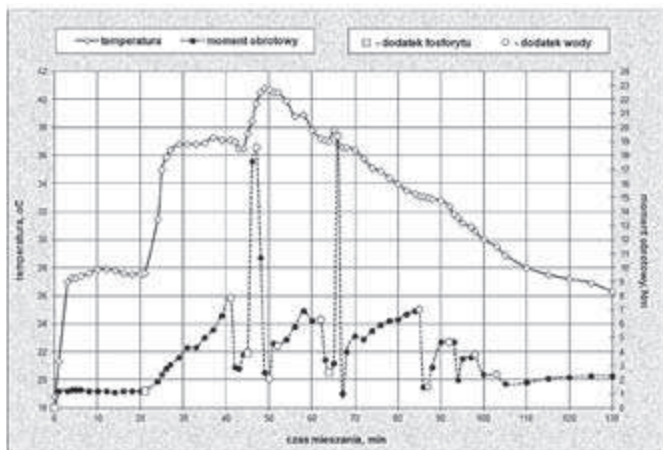
## PULPA TSP

Pulpa TSP 48 umożliwia wytworzenie superfosfatu potrójnego o zawartości 48% wag.  $P_2O_5$ . Pulpę uzyskuje się przez rozkład fosforu kwasem fosforowym. Przewiduje się również dodatek wody w ilości, który zapewni właściwą konsystencję do jej pompowania (transportu) do granuladora. Fosfor dozowano porcjami po 50 g.

Skład pulpy TSP 48:

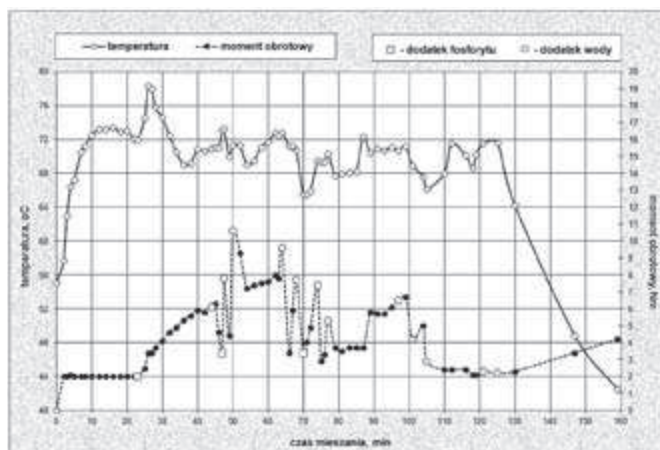
- fosfor „Tunezja” (29%  $P_2O_5$ ) – 200 g
- kwas fosforowy (48%  $P_2O_5$ ) – 250 g.

Wyniki testu przedstawiono na wykresie zmian momentu obrotowego mieszania i temperatury w trakcie prowadzenia rozkładu (Rys. 2). Jak wynika z danych uzyskanych w wyniku rozkładu, dodatek pierwszej porcji fosforu nie powodował zmiany momentu obrotowego. W wyniku zadozowania drugiej porcji fosforu temperatura wzrosła do 37°C. Po ok. 20 minutach od dodatku fosforu, w celu obniżenia momentu obrotowego, dolano do reaktora 15 g wody, wpłynęło to na obniżenie jego wartości z 8 Nm do 2 Nm. Kolejna porcja fosforu spowodowała gwałtowny przyrost momentu obrotowego do poziomu 18,5 Nm i trudności z mieszaniem pulpy. Konieczny w tym momencie dodatek wody, upłynął pulpe i tym samym moc mieszania ponownie spadła do ok. 2 Nm. Druga porcja wody w ilości 15 g była niewystarczająca, zauważono dalsze zagęszczanie się pulpy (wzrost mocy mieszania), dlatego wprowadzono do układu dodatkową ilość wody. Po zadozowaniu trzeciej porcji fosforu temperatura w reaktorze wynosiła ok. 41°C. Wprowadzenie czwartej porcji fosforu nie powodowało wzrostu temperatury, natomiast zaobserwowano ponowne zagęszczanie się pulpy i aby temu zapobiec dodano wodę w łącznej ilości 30 g. Moment obrotowy mieszadła obniżył się do poziomu ok. 2,5 Nm i pulpe uznano za pompowalną. Łącznie w procesie otrzymywania pulpy TSP w wyniku rozkładu fosforu kwasem fosforowym wprowadzono 100 g wody, całkowita zawartość wody w pulpie wyniosła ok. 41% wag., a temperatura nie przekroczyła 41°C.



Rys. 2. Zmiany momentu obrotowego i temperatury podczas wytwarzania pulpy TSP 48 (próbna 1)

Kolejny test polegał na wytworzeniu pulpy TSP poprzez rozkład fosforu kwasem fosforowym o temperaturze 55°C. Fosfor dozowano również w czterech porcjach po 50 g. Zmiany momentu obrotowego i temperatury w trakcie rozkładu przedstawiono na Rysunku 3. Udział masowy wody w pulpie, podobnie jak w próbie 1, wynosił ok. 41% wag. W końcowej części procesu (po 130 minutach) zaprzestano ogrzewania pulpy, w celu określenia wpływu temperatury w układzie na zmiany konsystencji pulpy. Jak widać z krzywej zmian momentu obrotowego i temperatury, po ok. 30 minutach od wyłączenia ogrzewania, temperatura w reaktorze obniżyła się z 64°C do 42°C, a wartość momentu obrotowego wzrosła o ok. 2 Nm, z czego wynika, że wraz ze spadkiem temperatury w układzie następuje gęstnienie wytworzonej pulpy w takim stopniu, że nie nadaje się ona do transportu.



Rys. 3. Zmiany momentu obrotowego i temperatury podczas wytwarzania pulpy TSP 48 (próbna 2)

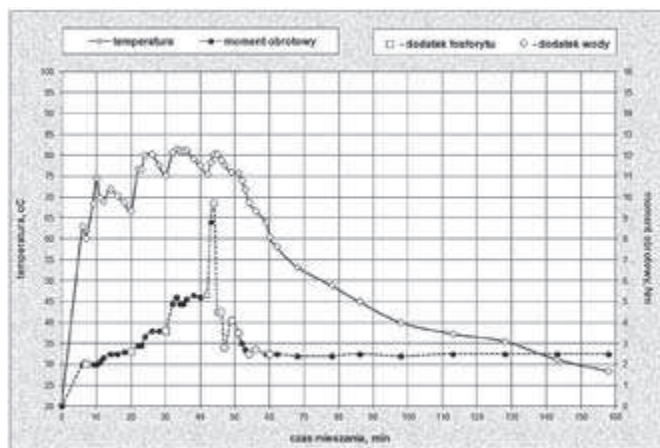
## PULPA MSP 30

Pulpa MSP 30 umożliwia wytworzenie superfosfatu o zawartości 30% wag.  $P_2O_5$ . Pulpę uzyskuje się w wyniku rozkładu fosforu mieszaniem kwasu fosforowego i siarkowego. Przewiduje się również dodatek wody w ilości, która umożliwi jej pompowanie (transportowanie). Fosfor dozowano porcjami po ok. 82 g w odstępach czasowych ok. 10-12 minut. Zmiany momentu obrotowego i temperatury w trakcie wytwarzania pulpy MSP 30 zamieszczono na Rysunku 4.

Skład pulpy MSP 30:

- fosfor „Tunezja” (29%  $P_2O_5$ ) – 247 g
- kwas fosforowy (48%  $P_2O_5$ ) – 110,2 g
- kwas siarkowy (95%  $H_2SO_4$ ) – 137,9 g.

W pierwszym etapie do reaktora wprowadzono roztwory kwasu fosforowego oraz kwasu siarkowego, co spowodowało wzrost temperatury do 63°C. W dalszym etapie wytwarzania pulpy (rozkład surowca fosforowego) temperatura utrzymywała się na poziomie 70-80°C bez dodatkowego ogrzewania. W trakcie doświadczenia do układu wprowadzono porcjami dodatkowo 150 g wody. Całkowita zawartość wody w pulpie wynosiła ok. 32% wag. Użyta ilość wody zapewniła utrzymanie właściwej konsystencji oraz stałych warunków mieszania, również po obniżeniu temperatury pulpy do 28°C.

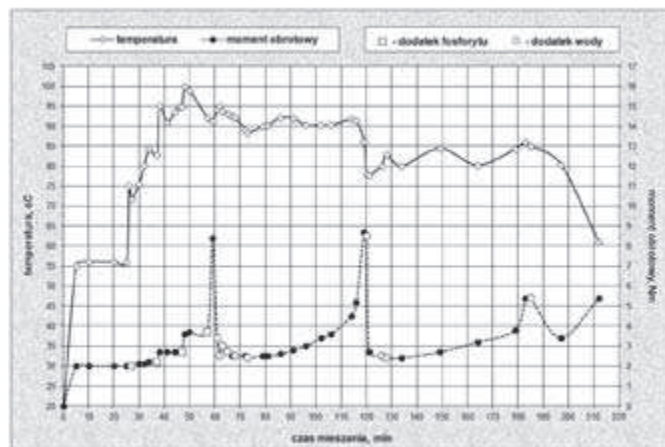


Rys. 4. Zmiany momentu obrotowego i temperatury podczas wytwarzania pulpy MSP 30 (próbna 1)

Kolejny test polegał na wytworzeniu pulpy MSP z tą różnicą, że temperatura, w której prowadzono rozkład, wynosiła początkowo 90°C, a następnie obniżona została na 80°C. Wyniki testu zamieszczono na Rysunku 5. Po zmieszaniu roztworów kwasu fosforowego i siarkowego temperatura w reaktorze wzrosła do 55°C. Następnie dogrzano reaktor oraz rozpoczęto dozowanie porcjami fosforu. Ze względu na utrzymanie wysokiej temperatury, w reaktorze następowały straty wody



w pulpie na skutek parowania. W trakcie procesu wprowadzono dodatkowo 250 g wody. Teoretycznie całkowita zawartość wody w układzie wynosiła ok. 46%, jednak uwzględniając straty parowania, jej udział był niższy. Na wykresie można zauważyć, że po upływnieniu pulpy (75 oraz 130 minuta) następowała ok. 15-minutowa stabilizacja mocy mieszania, po tym czasie uwidaczniała się wzrostowa tendencja momentu obrotowego związana z odparowaniem wody. W odniesieniu do poprzedniej próby, w celu utrzymania odpowiedniej konsystencji pulpy, z uwagi na wysoką temperaturę reakcji wprowadzono dodatkowo 14% wody.



Rys. 5. Zmiany momentu obrotowego i temperatury podczas wytwarzania pulpy MSP 30 (próba 2)

#### PULPA USP

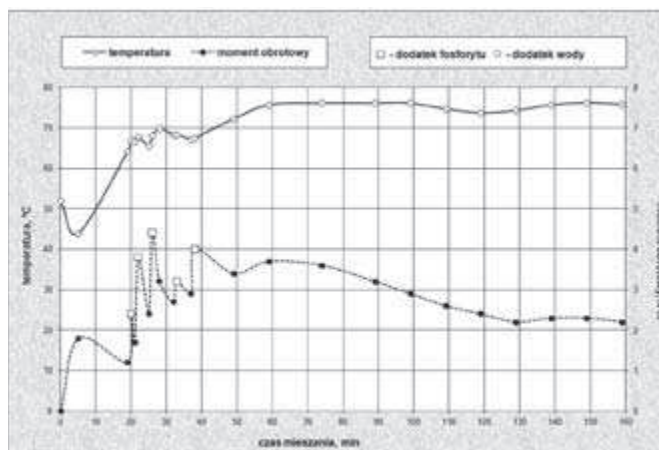
Pulpa USP umożliwia wytworzenie nawozu o zawartości 21% wag. N, oraz 10% wag.  $P_2O_5$ . Pulpę uzyskuje się w wyniku rozkładu fosforu roztworem mocznika w kwasie siarkowym w stosunku molowym 3,6:1 oraz po dodatku wody w ilości niezbędnej do uzyskania odpowiedniej konsystencji. Wprowadzanie wody miało miejsce we wstępnym etapie przygotowania roztworu reakcyjnego. Z uwagi na właściwości pulpy USP, dodatek niewielkiej ilości wody do tężejącej pulpy w trakcie rozkładu, przynosił odwrotny do zamierzonego efekt i powodował pogorszenie konsystencji (zjawisko to związane jest z wiązaniem wody w strukturę krystaliczną siarczanu wapnia zawartego w pulpie). W pracy przedstawiono wyniki badania zmian konsystencji podczas wytwarzania pulpy USP przy udziale wody, wynoszącym odpowiednio 16% wag. (próba 1) i 18% wag. (próba 2).

Skład pulpy:

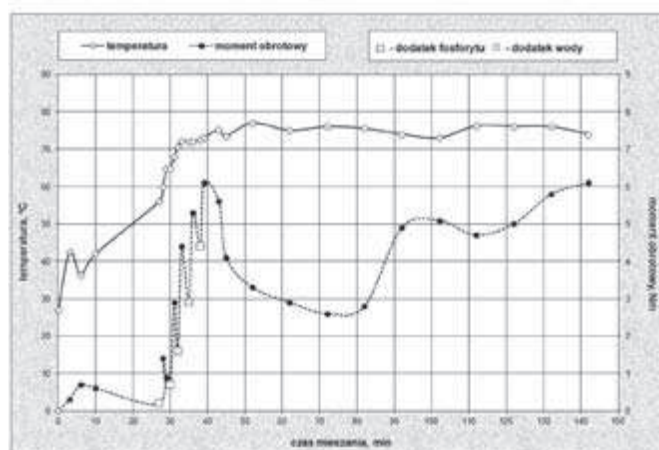
- mocznik – 187,1 g
- kwas siarkowy 95% – 90,5 g
- fosfor „Maroko” (31%  $P_2O_5$ ) – 127,1 g
- woda – 71,5 g (próba 1)
- woda – 88 g (próba 2).

Na wstępie przygotowano roztwór wodny kwasu siarkowego z mocznikiem. Otrzymany roztwór po podgrzaniu do 65°C używano do drugiego etapu przygotowania pulpy – rozkładu mlewa fosforowego. Fosfor dozowano w 5 porcjach w odstępie 3-5 minut. Rejestrowano temperaturę oraz moment obrotowy mieszadła. Wyniki z przeprowadzonych prób przedstawiono na Rysunkach 6 i 7.

W obu próbach proces rozkładu przebiegał stabilnie, każdorazowo przy wprowadzeniu świeżej porcji fosforu obserwowano chwilowy skokowy wzrost momentu obrotowego o 1-2 Nm. Pulpę po zadozowaniu całej ilości fosforu utrzymywano w temperaturze ok. 75°C. W próbie 1 po 80 minutach obserwowano wzrost momentu obrotowego (powyżej 6 Nm) i gęstnienie pulpy. Pomimo płynnej konsystencji, przy udziale wody na poziomie 16% wag. mogłyby wystąpić trudności z jej podawaniem. Dla próby 2, w której udział wody w pulpie wynosił 18% wag., nie występował efekt zatężania i moment obrotowy mieszadła po 2h prowadzenia procesu spadł poniżej 2 Nm. Pulpa zachowała pompowność i rzadką konsystencję.



Rys. 6. Zmiany momentu obrotowego i temperatury podczas wytwarzania pulpy USP (próba 1)



Rys. 7. Zmiany momentu obrotowego i temperatury podczas wytwarzania pulpy USP (próba 2)

#### Wyniki badań procesu granulacji w skali laboratoryjnej

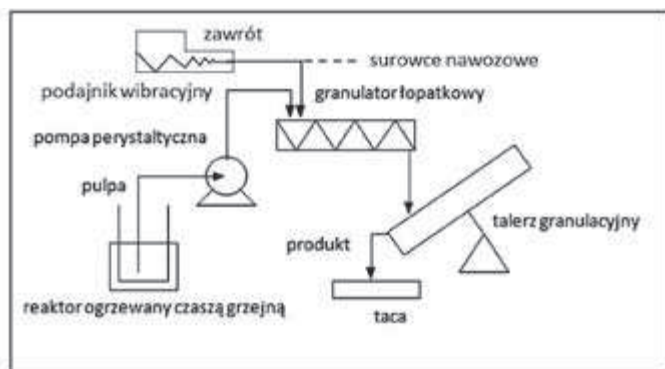
We wszystkich metodach granulacji, tworzenie granul odbywa się w wyniku zagęszczania struktury substancji, uwarunkowanej siłami działającymi pomiędzy cząstkami lub kryształami. W granulacji z użyciem pulpy, granulacja przebiega na mokro, gdzie lepiszczem jest faza cieczą. W tym typie granulacji, główną rolę odgrywają siły kapilarne [4].

Warunkiem prawidłowego prowadzenia procesu granulacji w skali przemysłowej jest osiągnięcie i utrzymanie stałych wartości parametrów procesowych. Optymalna konsystencja pulpy, uwzględniająca właściwości transportowe oraz granulacyjne, pozwala na osiągnięcie wysokiej jakości produktu oraz uzyskanie wysokiej wydajności. Z punktu widzenia uzyskania maksymalnej wydajności procesu granulacji, a co za tym idzie poprawy wskaźników ekonomicznych produkcji, pożądane jest uzyskanie pulpy granulacyjnej o możliwie niskiej zawartości wody zachowując przy tym jej dobre właściwości granulacyjne. Właściwe warunki granulacji można uzyskać poprzez odpowiedni dobór stosunku pomiędzy pulpą granulacyjną dostarczaną do granulatora a strumieniem zawrotu.

W pracy przedstawiono wyniki pomiarów średniej wytrzymałości granul na zgniatanie oraz analizy sitowej granulatów uzyskiwanych w wyniku procesu granulacji w skali laboratoryjnej przy użyciu pulp TSP oraz USP. Próby granulacji przeprowadzono w laboratoryjnej instalacji do granulacji nawozów wieloskładnikowych (Rys. 8.)

Zestaw granulacyjny składał się z granulatora łopatkowego, talerza granulacyjnego, reaktora z mieszadłem, pompy perystaltycznej oraz podajnika wibracyjnego. Próby prowadzono w sposób okresowy. W procesie granulacji wymienionych nawozów do granulatora wprowadzano zawrót oraz surowiec – pulpę nawozową, spełniającą dodatkowo rolę

lepiszczą. Zawrót stanowiła odpowiednio przygotowana porcja nawo-  
zu zawierająca ok. 60-65% produktu właściwego (średnica pomiędzy  
2-5 mm) oraz 35-40% podziarna (frakcja poniżej – 2 mm).



Rys. 8. Schemat laboratoryjnej instalacji do granulacji nawozów

Przygotowaną mieszkankę zawrotu podawano do granulatora łopatkowego, jednocześnie dozując gorącą pulpę (ok. 80°C) przy użyciu pompy perystaltycznej. Pulpy granulacyjne, różniące się od siebie zawartością wody, wytwarzano w zestawie do badań ich konsystencji (Rys. 1). W zależności od własności pulpy regulowano ilość podawanego zawrotu. Każdorazowo do procesu granulacji używano po 500 g wytworzonej pulpy. Stosunek pulpy do zawrotu wynosił od 1:5 do 1:9, przy czym nie dopuszczano do zalepiania się granulatora. Otrzymane granule były następnie suszone w suszarni komorowej z obiegiem powietrza przez 30 minut w temperaturze 90°C. Po wysuszeniu pozostawiano granulaty do wystudzenia. Następnie wydzielano frakcję od 2 do 5 mm, oznaczano wytrzymałość granul i przeprowadzano analizę sitową określając średnicę zastępczą, statystyczny rozmiar granul (SGN), oraz współczynnik jednorodności (UI) [5]. Wyniki przeprowadzonych pomiarów zestawiono w Tablicach 2 i 3.

Tablica 1

**Pulpy granulacyjne stosowane w procesie granulacji**

Lp.	Rodzaj próbki	Zawartość wody, % wag.	Stosunek pulpa : zawrót
1.	Próba 1 – Pulpa USP	22	1:6
2.	Próba 2 – Pulpa USP	20	1:5,2
3.	Próba 3 – Pulpa USP	18	1:4,5
4.	Próba 4 – Pulpa TSP	40	1:9
5.	Próba 5 – Pulpa TSP	35	1:8

Tablica 2

**Wytrzymałość na ściskanie granul nawozów uzyskanych w trakcie prób laboratoryjnych**

Lp.	Rodzaj próbki	Średni rozmiar badanych granul, mm	Średnia wytrzymałość, N/gran.
1.	Próba 1 – Pulpa USP zawartość 22% wag. H <sub>2</sub> O	3,91	24,2
2.	Próba 2 – Pulpa USP zawartość 20% wag. H <sub>2</sub> O	4,05	23,7
3.	Próba 3 – Pulpa USP zawartość 18% wag. H <sub>2</sub> O	3,98	25,6
4.	Próba 4 – Pulpa TSP zawartość 40% wag. H <sub>2</sub> O	3,79	29,8
5.	Próba 5 – Pulpa TSP zawartość 35% wag. H <sub>2</sub> O	3,40	31,6

**Wskaźniki charakteryzujące uziarnienie nawozów uzyskanych w trakcie prób laboratoryjnych**

Lp.	Rodzaj próbki	Udział masy frakcji zatrzymanej na sicie, % mas.						Średnica zastępcza, mm	SGN	UI
		5,00	4,00	3,15	2,50	2,00	<2,00			
1	Próba 1 – USP	5,28	17,25	35,12	26,86	13,43	2,07	3,36	333,5	48,34
2	Próba 2 – USP	3,13	25,00	38,54	22,92	8,33	2,08	3,46	351,8	49,86
3	Próba 3 – USP	5,66	37,74	33,02	14,15	7,55	1,89	3,69	383,0	49,66
4	Próba 4 – TSP	4,64	18,84	22,23	33,57	17,95	2,77	3,25	306,7	47,32
5	Próba 5 – TSP	5,37	38,11	25,41	9,77	16,61	4,73	3,51	378,2	45,24

Próby granulacji przeprowadzone w zestawie laboratoryjnym pozwalają na stwierdzenie, że możliwe jest wprowadzanie zmian w węźle przygotowawczym pulpy, polegających na obniżeniu zawartości wody, nie zaburzając przebiegu procesu granulacji. W takich przypadkach należy ograniczyć wielkość zawrotu w układzie granulacyjnym. Wytrzymałość uzyskanych granulatów wynosiła od 23,7-25,6 N/granulę dla nawozu USP oraz 29,8-31,6 N/granulę dla nawozu TSP. Wyniki przeprowadzonej analizy sitowej świadczą, że zmniejszanie udziału wody w pulpie wywołuje tendencję do tworzenia się granul o większej średnicy i o nieco gorszym kształcie. Niemniej średnica zastępcza uzyskanych granulatów była właściwa i zawierała się w przedziale 3-4 mm. Podsumowując, wyniki badań wytrzymałości i uziarnienia dla poszczególnych próbek granulatów różnią się nieznacznie, co pozwala stwierdzić, że zmniejszony udział wody w pulpach nie powoduje pogorszenia własności fizykochemicznych granulatów.

**Podsumowanie**

Celem niniejszej pracy było określenie zależności konsystencji pulp pochodzących z produkcji nawozów fosforowych i wieloskładnikowych od zawartości wody oraz od temperatury, a także ocena ich zdolności granulacyjnej. Badania wykonano przy użyciu zestawu laboratoryjnego umożliwiającego pomiar momentu obrotowego mieszania pulp oraz temperatury. Na podstawie uzyskanych wyników można stwierdzić, że zaproponowany układ może być wykorzystany do tego typu badań. W wyniku przeprowadzanych doświadczeń można podjąć próbę oceny wpływu zawartości wody i temperatury na własności poszczególnych pulp.

Wyniki badań uzyskane podczas otrzymywania pulpy TSP 48 wskazują na konieczność zastosowania dodatku wody podczas rozkładu, w ilości ok. 40% wag. Ta ilość pozwala na utrzymanie płynności pulpy w reaktorze i uniknięcie ewentualnych trudności ruchowych podczas jej transportu do granulatora. Ogrzewanie mieszaniny uzyskanej w wyniku rozkładu fosforytu kwasem fosforowym wydaje się korzystne, gdyż powoduje dodatkowe upłynnienie się pulpy. Wręcz ze spadkiem temperatury uzyskanej pulpy, ulega ona powolnemu zagęszczaniu się, dlatego wymagane jest również ciągłe jej mieszanie.

Podczas wytwarzania pulpy MSP 30, bez dodatkowego ogrzewania zastosowano dodatek ok. 32% wag. wody. Ilość ta była wystarczająca do uzyskania wymaganej konsystencji pulpy. Pulpa po ochłodzeniu nie ulegała nagłemu zateżeniu. Podczas uzyskiwania pulpy o takim samym składzie, lecz z ogrzewaniem do temperatury 80-90°C, zastosowano dodatek ok. 46% wag. wody. Tak uzyskana pulpa wykazywała wyraźną tendencję do zagęszczania się w podwyższonej temperaturze, jak również po jej obniżeniu.

Wytwarzanie pulpy USP, ze względu na skokowe zwiększanie oporów mieszania w trakcie dozowania fosforytu do roztworu mocznika

w kwasie siarkowym wymaga szczególnej ostrożności. Mlewo fosforowe należy dozować małymi porcjami. Wprowadzenie jednorazowo zbyt dużej ilości, mogłoby spowodować utratę płynności pulpy i zaklejenie reaktora. Dla pulpy USP uzyskano stabilne warunki mieszania, a także granulacji przy zawartości ok. 18% wag. wody w pulpie.

Podczas poszczególnych prób granulacji można było zauważyć korzystny wpływ zmniejszonego udziału wody w pulpie na wielkość zawrotu. Można więc stwierdzić, że obniżenie zawartości wody w pulpie powoduje zmniejszenie ilości wody niezbędnej do odparowania oraz zmniejszenie ilości energii niezbędnej do zapewnienia pracy obiegu zawrotu niewymiarowego produktu, co przekłada się na obniżenie ilości energii zużywanej w procesie.

W wyniku przeprowadzonych badań stwierdzono, że granule wilgotnego TSP i USP wykazują różne własności. W przypadku nawozu USP stwierdzono znacznie słabszą tendencję do sklejanania się granulek ze sobą, niż w przypadku nawozu typu TSP.

Dwuetapeowy system granulacji, czyli wstępne zmieszanie surowców w granulatorze łopatkowym i następnie nadanie właściwego kształtu granulom w talerzu, pozwoliło na uzyskanie gładkich granulek o kształcie zbliżonym do kuli. Własności fizykochemiczne uzyskanych granulacji (wielkość granulek i ich wytrzymałość) kształtowały się na średnim poziomie dla badanych nawozów. Zmniejszanie udziału wody w pulpie w badanym zakresie powoduje niewielkie zwiększenie średnicy granulek oraz pogorszenie ich kształtu, niemniej jednak nie zaburza to przebiegu procesu granulacji i nie powoduje pogorszenia wytrzymałości granulek.

W zależności od stosowanych surowców, jak też warunków ich wytwarzania, pulpy granulacyjne posiadają zróżnicowane własności fizykochemiczne. Przedstawione badania mają charakter pogłębiony i stanowią punkt odniesienia dla dalszych prac mających na celu, zwiększanie efektywności węzła reakcyjnego oraz poprawę ekonomiki produkcji poprzez możliwe zmniejszanie zużycia energii potrzebnej do prowadzenia procesu wytwarzania nawozów granulowanych.

Praca finansowana ze środków Narodowego Centrum Badań i Rozwoju w ramach projektu rozwojowego nr 05005206.

#### Literatura

1. Kocurek J., Gierczycki A., Dzido G.: *Pomiar mocy mieszania w mieszalnikach wibracyjnych*. Przem. Chem. 2004, **83**, 3, 145-147.
2. Kamieński J.: *Mieszanie układów wielofazowych*. WNT, Warszawa 2004.
3. Stręk F.: *Mieszanie i mieszalniki*. WNT, Warszawa 1971.
4. Kłassien P.W., Griszajew I.G.: *Podstawy techniki granulacji*. WNT, Warszawa 1989.
5. Biskupski A., Picher W.: *Metody granulacji stosowane w krajowych wytwórniach nawozów oraz własności uzyskiwanych produktów*. Chemik 2008, **61**, 9, 398-408.
6. Mgr inż. Sebastian SCHAB – ukończył studia na Wydziale Chemicznym Politechniki Rzeszowskiej (2006). Obecnie pracuje w Instytucie Nawozów Sztucznych w Puławach na stanowisku asystenta. Specjalność – technologia nieorganiczna.

Mgr inż. Sebastian SCHAB – ukończył studia na Wydziale Chemicznym Politechniki Rzeszowskiej (2006). Obecnie pracuje w Instytucie Nawozów Sztucznych w Puławach na stanowisku asystenta. Specjalność – technologia nieorganiczna.

Dr inż. Andrzej BISKUPSKI – ukończył studia na Wydziale Chemicznym Politechniki Wrocławskiej (1969). Obecnie pracuje w Instytucie Nawozów Sztucznych w Puławach na stanowisku kierownika Zakładu Nawozów. Specjalność – technologia nieorganiczna.

Dr inż. Mieczysław BOROWIK – ukończył studia na Wydziale Chemicznym Politechniki Wrocławskiej (1986). Obecnie pracuje w Instytucie Nawozów Sztucznych w Puławach na stanowisku adiunkta w Zakładzie Nawozów. Specjalność – technologia nieorganiczna.

Mgr Michał DAWIDOWICZ – ukończył studia wyższe na Wydziale Chemicznym Uniwersytetu Marii Curie-Skłodowskiej (2008). Obecnie pracuje w Instytucie Nawozów Sztucznych w Puławach na stanowisku chemika. Specjalność – technologia nieorganiczna.

## V Ogólnopolskie Sympozjum - nauka i przemysł - metody spektroskopowe w praktyce nowe wyzwania i możliwości Lublin, 12-14 czerwca 2012 r.

V Ogólnopolskie Sympozjum „Nauka i przemysł – metody spektroskopowe w praktyce, nowe wyzwania i możliwości”, odbędzie się w dniach 12-14 czerwca 2012 r. na Wydziale Chemii UMCS w Lublinie. Organizatorzy zapraszają również młodych adeptów nauki – uczestników studiów doktoranckich i koła studenckie do wzięcia udziału w tej konferencji.

Sympozjum stanowić będzie okazję do zaprezentowania dorobku naukowego, nowoczesnych procedur i badań analitycznych prowadzonych w rozmaitych placówkach, jak również zwiedzania wybranych instalacji produkcyjnych w Zakładach Azotowych oraz w Instytucie Nawozów Sztucznych w Puławach.

#### Komitet Organizacyjny

- Prof. dr hab. Zbigniew Hubicki – przewodniczący, UMCS, Lublin
- Prof. dr hab. Edward Rój – INS Puławy – zastępca przewodniczącego
- Mgr Marzena Gęca – sekretarz, UMCS, Lublin
- Mgr Bożena Górecka – członek komitetu, INS, Puławy
- Dr Dorota Kołodyńska – członek komitetu, UMCS, Lublin
- Mgr Alicja Stołecka – członek komitetu, INS, Puławy
- Dr Monika Wawrzekiewicz – członek komitetu, UMCS, Lublin
- Mgr Emil Zięba – członek komitetu, KUL, Lublin

#### Kontakt

Zakład Chemii Nieorganicznej Wydziału Chemii UMCS  
Pl. Marii Curie-Skłodowskiej 2  
20-031 Lublin  
tel. 81 537 57 36 lub 81 537 57 38  
e-mail: npmslublin@gmail.com

Wszelkie informacje związane z sympozjum dostępne są na stronie internetowej:  
<http://www.npms.umcs.lublin>