

Sławomir OBIDZIŃSKI

e-mail: obislaw@pb.edu.pl

Zakład Techniki Rolno-Spożywczej, Wydział Mechaniczny, Politechnika Białostocka, Białystok

Badania procesu zagęszczania odpadów tytoniowych

Wstęp

Przemysł rolno-spożywczy i inne gałęzie przemysłu przetwarzające materiały roślinne, generują olbrzymie ilości odpadów poprodukcyjnych: łuska gryki powstająca przy produkcji kaszy, wytloki rzepakowe powstające przy produkcji oleju rzepakowego, wycierka ziemniaczana pozostająca po produkcji skrobi, miąższ owoców powstający przy produkcji soków owocowych, i wiele innych.

Jednym z odpadów przemysłowych pochodzenia organicznego zaliczanych do grupy odpadów uciążliwych należą m.in. odpady tytoniowe, powstałe w różnych procesach cyklu produkcyjnego tytoniu i papierosów. Odpady te mają różną konsystencję – zależnie od miejsc ich powstawania [1]. Najczęściej w ich skład wchodzi resztki liści tytoniu jako skrawki rośliny, wiórki, czy pył o zróżnicowanej ziarnistości (od kilkunastu μm do 1 mm) [2].

W Polsce istnieje kilka fabryk papierosów (m.in. *British-American Tobacco* w Augustowie) i we wszystkich z nich istnieje problem zagospodarowania pyłów tytoniowych. Do niedawna odpady tytoniowe w postaci pyłu oraz łodyg, uważane były za całkowicie bezużyteczne i wyrzucane były w dużych ilościach, wynoszących kilkanaście i więcej ton na dobę, przez co zajmowały duże obszary wokół zakładów tytoniowych. Odpady te częściowo niszczone na hałdach, przeważnie przez ich spalanie, w celu zapobieżenia rozprzestrzeniania pyłu przez wiatr oraz w celu zmniejszenia stale narastających ilości tych odpadów [1].

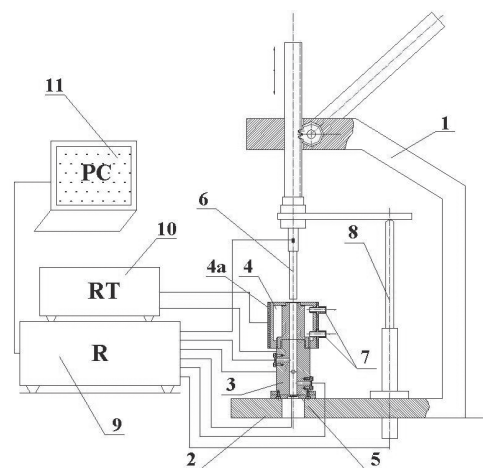
Odpady tytoniowe charakteryzują się dużą przydatnością do użytkowania przyrodniczego i mogą być zagospodarowywane w różny sposób [3–5]. Najtańszym sposobem zagospodarowania odpadów tytoniowych jest stosowanie ich jako nawozu, gdyż przyrodnicze wykorzystanie odpadów organicznych jest w pełni uzasadnione ekonomicznie i niesie za sobą wiele pozytywnych zmian w środowisku [2], zwiększa plony zbóż [4], wpływa pozytywnie na właściwości gleby na których uprawiane są warzywa [6]. Innym sposobem zagospodarowania odpadów tytoniowych jest ich wykorzystanie jako komponentu do produkcji lekkich betonów konstrukcyjnych [7].

Charakterystyczną cechą odpadów tytoniowych jest ich niska wilgotność. Właściwość ta powoduje, że do ich przeróbki celowe jest stosowanie procesów biologicznych lub termicznych [2]. Ze względu na mały ciężar objętościowy tych odpadów przy równoczesnym ich rozdrobieniu nie nadają się one do bezpośredniego spalania przemysłowego, nawet z dodatkami paliwa stałego, na przykład w paleniskach kotłowych. Pył tytoniowy, jak każdy pył organiczny, jest również niebezpieczny dla zdrowia ludzi. Wdychanie go może prowadzić do powstawania chorób alergicznych i schorzeń immunotoksycznych [2]. Dlatego też zakłady tytoniowe wprowadziły proces zagęszczania (brykietowania, granulowania) pyłów tytoniowych zmniejszając w ten sposób objętość powstających odpadów [8].

Poza tym, energetyka zawodowa jest zobowiązana, zgodnie z *Rozporządzeniem Ministra Gospodarki* z 14 sierpnia 2008 [9] przy produkcji tzw. *energii zielonej* wykorzystywać coraz większe ilości biomasy, która nie może pochodzić z produkcji leśnej i przemysłu przetwarzającego jej odpady (aż do poziomu 100% w 2015 r.). W związku z powyższym odpady poprodukcyjne mogą stanowić bogate źródło tzw. *biomasy nieleśnej* i należy przypuszczać, że w najbliższych latach będą cieszyły się coraz większym popytem jako surowiec do produkcji ekologicznego paliwa stałego.

Metodyka badań

Badania przeprowadzono na stanowisku badawczym SS-3 (Rys. 1), częściowo zmodernizowanym na potrzeby prowadzonych badań.



Rys. 1. Stanowisko SS-3: a) schemat stanowiska: 1 – praska, 2 – podstawa, 3 – komora zagęszczania, 4 – element termostatu, 4a – opaska grzejna, 5 – dno komory, 6 – tłok zagęszczający, 7 – króćce, 8 – czujnik przemieszczenia, 9 – rejestrator wielokanałowy, 10 – regulator temperatury, 11 – komputer

W skład stanowiska wchodzi praska ręczna – 1, na której podstawie – 2 zamocowano otwartą komorę zagęszczania – 3 (posiadającą otwór o średnicy 9 mm), do którego zasypywano badany materiał. Komora zagęszczania – 3 jest ogrzewana, dzięki czemu możliwa jest regulacja temperatury procesu. Ogrzewanie komory – 3 może być realizowane za pomocą opaski grzejnej – 4a nałożonej od góry na specjalny element termostatu – 4, lub tylko z wykorzystaniem elementu termostatu – 4, do którego doprowadzono wodę króćcami – 7, z ultratermostatu. Zadana temperatura jest uzyskiwana dzięki regulatorowi temperatury – 10 sprzężonemu z opaską grzejną – 4a. Zagęszczanie materiału odbywało się za pomocą tłoka – 6, z czujnikiem tensometrycznym pozwalające na rejestrację sił działających na tłok.

Sygnały z układu tensometrów naklejonych na tłoku zagęszczającym – 6, tłoczków bocznych oraz z czujnika przemieszczenia – 8 doprowadzono do rejestratora wielokanałowego – 9 typu *Spider* – 8 sprzężonego z komputerem – 11 i zapisywano w postaci plików binarnych, które poddano dalszej obróbce.

Badanie procesu zagęszczania składało się z trzech etapów:

- przygotowanie surowca przed procesem zagęszczania (oczyszczenie odpadów filtrów i bibuły, dowilżanie w celu uzyskania przyjętych wilgotności, przygotowanie próbek o określonej masie, wygrzewanie matrycy i próbek do zadanej temperatury),
- zagęszczanie (granulowanie) przygotowanych próbek materiału (po 20 próbek dla każdego punktu przyjętego planu eksperymentu) w komorze otwartej (o średnicy 9 mm) i rejestracja wyników,
- oznaczenie gęstości otrzymanego granulatu (po opuszczeniu komory przez granulatu określano gęstość otrzymanego granulatu, mierząc suwmiarką wysokość i średnicę piętnastu granul z dokładnością $\pm 0,02$ mm oraz określając ich masę wagą laboratoryjną z dokładnością $\pm 0,001$ g. Gęstość aglomeratu obliczano jako stosunek masy granul do sumy ich objętości.).

W pracy przedstawiono wyniki badań wpływu wilgotności odpadów ($w_1 = 9\%$, $w_2 = 12\%$ i $w_3 = 15\%$) oraz temperatury procesu ($t_1 = 40^\circ\text{C}$, $t_2 = 60^\circ\text{C}$, $t_3 = 80^\circ\text{C}$, $t_4 = 100^\circ\text{C}$) na naciski zagęszczające otrzymane w procesie granulowania i gęstość uzyskanego granulatu.

Badania przeprowadzono przy długości w matrycy $l = 47$ mm i masie zagęszczanej próbki $m_p = 0,5$ g.

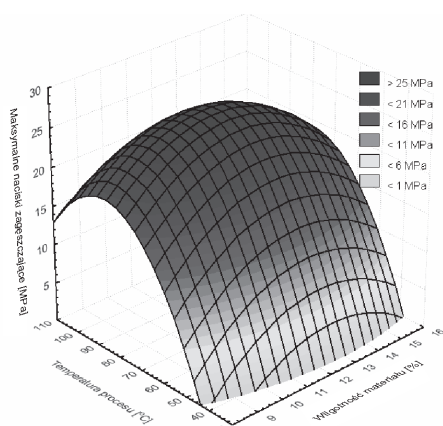
Do badań wykorzystano drobnoziarniste odpady tytoniowe pochodzące z zakładów *British-American Tobacco* w Augustowie. W tych odpadach dominują frakcje o wielkości 0,5 mm, które stanowią ok. 62%, frakcje o wielkości cząstek 1 mm (ok. 16%) i frakcja 0,25 mm (ok. 16%).

Wyniki badań

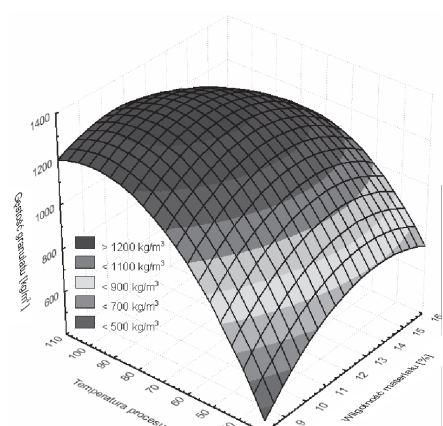
Tab. 1 oraz rys. 2 i 3 przedstawiają wyniki badań wpływu badanych parametrów na gęstość granulatu oraz wartości maksymalnych nacisków zagęszczających otrzymanych w procesie granulowania odpadów tytoniowych.

Tab. 1. Wyniki badań wpływu wilgotności i temperatury procesu granulowania na maksymalne naciski zagęszczające otrzymane w trakcie procesu

Temperatura procesu [°C]	Maksymalne naciski zagęszczające [MPa]			Gęstość granulatu [kg/m ³]		
	w = 9%	w = 12%	w = 15%	w = 9%	w = 12%	w = 15%
40	3,54	2,91	1,25	794,29	973,32	884,15
60	10,67	23	21,35	1054,19	1233,23	1201,86
80	21,25	24,33	22,91	1270,42	1302,18	1198,12
100	20,06	23,45	21,03	1298,95	1319,63	1134,72



Rys. 2. Wpływ temperatury procesu i wilgotności na maksymalne naciski zagęszczające otrzymane w procesie granulowania odpadów tytoniowych



Rys. 3. Wpływ temperatury procesu i wilgotności materiału na gęstość granulatu otrzymanego w procesie granulowania odpadów tytoniowych

Na podstawie wyników badań (Tab. 1 i Rys. 2 i 3) stwierdzono, istotny wpływ zarówno temperatury procesu granulowania jak i wilgotności zagęszczanego materiału na wartości maksymalnych nacisków zagęszczających i gęstość otrzymanego granulatu.

Wraz ze zwiększeniem temperatury procesu wzrastają wartości maksymalnych nacisków zagęszczających. Wzrost nacisków wraz ze wzrostem temperatury spowodowany był przywieraniem zagęszczanego materiału do ścianek komory w temperaturze 60 i 80°C, co powo-

dowało wzrost oporów przetwarzania i nacisków zagęszczających. Po przekroczeniu temperatury 70–80°C wartości nacisków nieznacznie spadają (Rys. 2).

Zwiększenie wilgotności w przedziale 9–12% powoduje wzrost maksymalnych nacisków zagęszczających. Dalsze zwiększanie wilgotności wpływa na nieznaczny spadek nacisków zagęszczających (Rys. 2).

Zwiększenie wilgotności zagęszczanego materiału i temperatury procesu wpływa na wzrost gęstości otrzymanego granulatu (Rys. 3). Największą gęstość granulatu (ok. 1320 kg/m³) uzyskano przy wilgotności 12% i temperaturze 100°C. Wzrost gęstości spowodowany był zmianami zachodzącymi w materiale w wyniku oddziaływania temperatury. Jedynie przy wilgotności materiału 15%, po przekroczeniu temp. 60°C nastąpił spadek gęstości otrzymanego granulatu. Spadek ten spowodowany był przywieraniem zagęszczanego materiału do ścianek komory i tłoka, i ubytkami na powierzchni otrzymanych granul. Ich powierzchnia była niejednorodna, postrzępiona.

Przeprowadzone badania pozwoliły na stwierdzenie, że badane odpady tytoniowe są materiałem o wysokiej podatności na zagęszczanie. Uzyskane wartości nacisków są niższe od analogicznych wartości przy zagęszczaniu pasz [9].

Z punktu widzenia energochłonności procesu i gęstości otrzymanego granulatu, preferowaną temperaturą, przy której należy prowadzić proces zagęszczania odpadów tytoniowych jest temperatura powyżej 70°C (po jej przekroczeniu następuje spadek wartości maksymalnych nacisków zagęszczających i dalszy wzrost gęstości otrzymanego granulatu).

Badania pokazały, że najkorzystniejszą wilgotnością jest wilgotność 12%. Przy wilgotności tej uzyskano najlepszy jakościowo granulat o największej gęstości oraz gładkiej, błyszczącej powierzchni granul, pomimo nieznacznie większych wartości nacisków zagęszczających. Przy tej wilgotności w żadnej temperaturze nie wystąpił negatywny efekt przywierania zagęszczanego materiału do ścianek komory i tłoka.

Wnioski

1. Temperatury procesu granulowania jak i wilgotności zagęszczanego materiału mają istotny wpływ na wartości maksymalnych nacisków zagęszczających i gęstość otrzymanego granulatu.
2. Najkorzystniejszą temperaturą procesu zagęszczania odpadów tytoniowych – z punktu widzenia energochłonności procesu i gęstości otrzymanego granulatu – jest temperatura powyżej 70°C.
3. Najlepszy jakościowo granulat uzyskano przy wilgotności 12%.
4. Odpady tytoniowe mogą stanowić w przyszłości bogate źródło tzw. *biomasy nieleśnej*. Można przypuszczać, że w najbliższych latach odpady tytoniowe będą cieszyły się coraz większym popytem jako surowiec do produkcji ekologicznego paliwa stałego.

LITERATURA

- [1] A. Piotrowska-Cyplik, P. Cyplik, Z. Czarnecki: Journal of Research and Applications in Agricultural Engineering, 51 (3) (2006).
- [2] A. Piotrowska-Cyplik, P. Cyplik, W. Białas, Z. Czarnecki: Acta Agrophisica, 12 (2) (2008).
- [3] F. Briski, N. Horgas, M. Vukovic, Z. Gomzi: Clean Techn. Environ. Policy 5, nr 3-4, 295 (2003).
- [4] A. R. Brohi, M. R. Karaman: Tr. J. of Agriculture and Forestry 22 (1998).
- [5] K. K. Meher, A. M. Panchwagh., S. Rangrass, K. G. Gollakota: Environ. Pollut. 90, 2 (1995).
- [6] M. Çerçioğlu, B. Okur, S. Delibacak, A. R. Ongun: Inter.Meeting on Soil Fertility Land Management and Agroclimatology. Turkey, 2008.
- [7] T. Öztürk, M. Bayrak: Agricultural Engineering International: the CIGR EJournal 7 (2005).
- [8] T. Piecuch, T. Dąbrowski, Z. Harabin, J. Waluś: Ochrona Powietrza i Problem Odpadów 6 (1997).
- [9] Dziennik Ustaw Nr 156. Poz. 969. Rozp. Ministra Gospodarki z 14.08. 2008.
- [10] S. Obidziński: Inżynieria Rolnicza 50, nr 8, 339 (2003).

Pracę wykonano w ramach pracy statutowej S/WM/2/2010.