

Roman HEJFT

e-mail: rhj@pb.edu.pl

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

Granulowanie i brykietowanie słomy

Wstęp

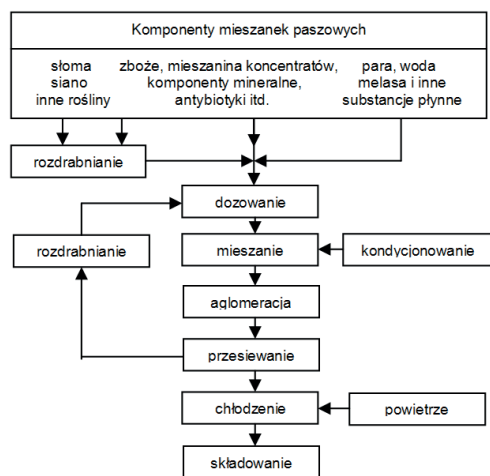
Ciśnieniowa aglomeracja materiałów pochodzenia roślinnego (granulowanie, brykietowanie) jest procesem w którym rozdrobniony materiał, pod działaniem sił zewnętrznych i wewnętrznych, ulega zagęszczeniu, a otrzymany produkt (aglomerat) uzyskuje określoną, stałą formę geometryczną.

Produkt granulowania (granulat) w porównaniu do brykietowania (brykiety) charakteryzuje się przede wszystkim mniejszymi wymiarami geometrycznymi. Granulowanie i brykietowanie materiałów roślinnych znalazło powszechne zastosowanie w produkcji pasz przemysłowych oraz ekologicznego paliwa stałego.

Trudności związane z prowadzeniem procesu ciśnieniowej aglomeracji powodują, iż granulowanie i brykietowanie jest obiektem badań wielu ośrodków naukowych i przemysłowych.

Granulowanie i brykietowanie słomy do celów paszowych

Wytwarzanie pasz aglomerowanych (granulowanych, brykietowanych) przebiega przeważnie według schematu przedstawionego na rys. 1.



Rys. 1. Schemat wytwarzania pasz aglomerowanych [2]

Kolejność operacji przesiewania i chłodzenia może być przez producenta pasz przestawiona po zabiegu aglomeracji. Powinno się w niej uwzględnić trwałość aglomeratu. Jeśli podczas przesiewania następuje znaczna zmiana wymiarów aglomeratu, należy tę operację poprzedzić procesem chłodzenia (zwiększa się trwałość aglomeratu).

Szacowana wartość koncentracji energii w słomie, po jej odpowiednim przygotowaniu może osiągać do 50% energii ziarna zbóż.

Zwiększenie koncentracji przyswajalnej energii odbywa się poprzez rozluźnienie (rozdrobnienie) kompleksu ligninowo-celulozowego w słomie [1]. Można to realizować metodami chemicznymi np. ługowaniem związkami sodu, poprzez wapnowanie, amoniakowanie, metodami biologicznymi np. dodawaniem do słomy enzymów lub drobnoustrojów, metodami fizycznymi np. poprzez działanie pary (parowanie słomy), działaniem energii promieniowania gamma, a także poprzez obróbkę mechaniczną.

Ponieważ granulowanie pasz realizowane jest w granulatorach rotacyjnych z pierścieniowymi matrycami lub matrycami płaskimi, to na-

stepuje dodatkowe rozdrobnienie słomy podczas jej przetłaczania przez otwory matrycy.

W przypadku brykietowania, o ile proces realizowany jest w brykietarkach tłokowych, nie następuje dodatkowe rozdrobnienie słomy. Należy zaznaczyć, że brykietowanie mieszanek paszowych z udziałem słomy może być realizowane w prasach rotacyjnych (podobnie jak granulowanie, jednak przy użyciu matryc o większych – zgodnie z wymogami żywieniowymi – otworach).

Przykładowa receptura paszy objętościowej w postaci mieszanki uzupełniającej dla owiec [1] jest następująca:

– słoma	40%
– susz z buraków cukrowych	10%
– pszenica	20%
– jęczmień	20%
– śruta poekstrakcyjna sojowa	5%
– mocznik	2%
– mieszanka mineralna	2%
– prefiks witaminowy	1%

Poniżej wg pracy [2] przedstawiono dla prototypowego urządzenia granulująco-brykietującego SB-3 o niewielkiej wydajności (ok. 200 kg/h dla mieszanek z udziałem słomy) odpowiednie zależności do obliczania:

– gęstości aglomeratu ρ :

$$\rho = 1079,6 - 16,54U - 3,42P + 4,48L - 1,16S - 0,73L_t + 1,44\beta \quad (1)$$

– zapotrzebowania na moc N :

$$N = 22,23 - 0,327U - 0,181P + 0,144L - 0,0138S - 0,011L_t + 0,052\beta + 1,188S_s - 0,0448R_{R1} \quad (2)$$

– mocy jednostkowej w układzie roboczym N_i :

$$N_i = 139 - 2U - 1,4P + 0,9L - 0,09S - 0,068L_t + 0,33\beta + 7,45S_s - 0,28R_{R1} \cdot 10^{-3} \quad (3)$$

gdzie:

P – współczynnik prześwitu matrycy; $24,5\% \leq P \leq 30,5\%$,

L – długość otworów (o średnicy $D = 28$ mm) w matrycy; $80 \text{ mm} \leq L \leq 100 \text{ mm}$,

R_{R1} – średnica rolki zagęszczającej; $200 \text{ mm} \leq R_{R1} \leq 250 \text{ mm}$,

β – kąt wejścia do otworu; $0^\circ \leq \beta \leq 30^\circ$,

S_s – szczelina pomiędzy matrycą a rolką zagęszczającą; $0,5 \text{ mm} \leq S_s \leq 1,5 \text{ mm}$,

U – wilgotność mieszanki paszowej; $12\% \leq U \leq 18\%$,

S – procentowa zawartość słomy; $15\% \leq S \leq 45\%$,

L_t – wielkość cząstek ciętej słomy; $10 \text{ mm} \leq L_t \leq 40 \text{ mm}$

Granulowanie i brykietowanie słomy do celów energetycznych

Porównując wartość opałową słomy (15–17 MJ/kg – przy wilgotności około 10%, słoma szara ma wyższą wartość niż słoma żółta – świeża) do wartości opałowej węgla kamiennego (około 25 MJ/kg) można stwierdzić, że jest to bardzo cenny materiał opałowy.

Wartość opałowa słomy zmniejsza się znacznie wraz ze wzrostem wilgotności. Ze względu na podwyższoną emisję zanieczyszczeń w spalinach górna granica wilgotności słomy nie powinna przekraczać 20%. Granica ta umożliwi realizację procesu brykietowania pociętej słomy. W trakcie brykietowania wilgotność materiału spada o 3–5%. Spalanie

słomy, w różnych jej postaciach, jest znacznie korzystniejsze (ze względów ekologicznych) niż spalanie węgla, czy oleju opałowego (brak lub tylko nieznaczna ilość SO_2 oraz znacznie mniejsza emisja N_2O_5 , pyłów, CO_2 itp.).

Brykietowanie słomy (w brykieciarkach tłokowych) w warunkach przemysłowych realizowane jest od kilkunastu lat. W ostatnich latach zaczynają powstawać wytwórnie granulatu ze słomy. Granulat (pellet) o średnicy 5–8 mm jest paliwem w pełni przystosowanym do pieców automatyzowanych zarówno w skali gospodarstwa domowego jak i warunkach przemysłowych.

W praktyce przemysłowej jakość technologiczna brykietów (granulatu) określana jest między innymi poprzez tzw. wytrzymałość kinetyczną Pdx (odporność na ścieranie):

$$Pdx = A + BS \quad (4)$$

- dla brykietów otrzymanych przy naciskach prasujących 170 MPa
 $A = 99,4$; $B = -0,2$; $15\% < S < 70\%$;
- dla brykietów otrzymanych przy naciskach prasujących 110 MPa
 $A = 97,7$; $B = -0,3$; $15\% < S < 70\%$;
- dla brykietów otrzymanych przy naciskach prasujących 80 MPa
 $A = 93,4$; $B = -0,37$; $15\% < S < 70\%$;

Badania zależności wytrzymałości kinetycznej od udziału procentowego S rozdrobnionej słomy w materiale poddanym ciśnieniowej aglomeracji przeprowadzone na brykietach walcowych o średnicy 50 mm wykazały, że wraz z jej wzrostem spada wytrzymałość brykietu (brykiet łatwiej się kruszy):

Brykiety badano w komorze pomiarowej testera o wymiarach 300 mm × 300 mm × 450 mm (wykonanej z kątowników i pokrytej siatką o oczkach 12,5 mm × 12,5 mm). Do komory załadowano 10 losowo wybranych brykietów o zbliżonej masie ($\pm 10\%$). Test wykonywano w ciągu trzech minut z prędkością 13 obr/min. Wytrzymałość kinetyczną brykietów określano jako stosunek masy pozostałych po teście w komorze brykietów do masy początkowej brykietów, wyrażonej w procentach [2].

Granulowanie (pelletowanie) słomy, między innymi ze względu na małe, w porównaniu do brykietów, wymiary jest procesem trudniejszym od brykietowania.

Słoma należy do materiałów „trudnych” zarówno do granulowania jak i brykietowania, co sprawia, że energochłonność procesu może dochodzić nawet do 100 kWh/tonę produktu. Stąd też liczne poszukiwania sposobów ułatwiających proces. Między innymi przedstawione powyżej sposoby zniszczenia kompleksu ligninowo-celulozowego słomy, mogą istotnie ułatwić przebieg procesu. Istotne jest także podniesienie, poprzez dodanie do słomy np. związków Ca, temperatury topnienia popiołu

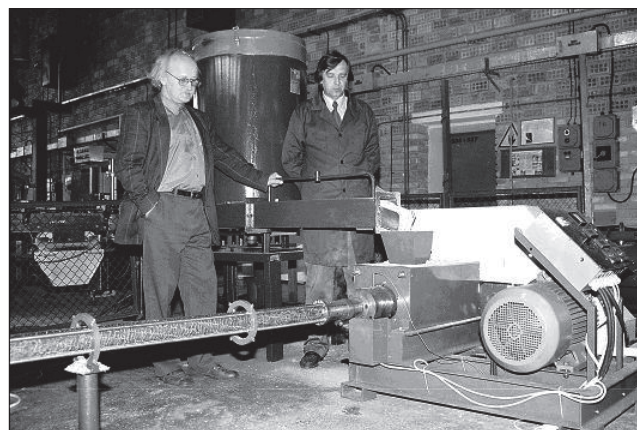
Urządzenia granulująco-brykietujące

Najczęściej spotykane w przemyśle urządzenia do granulowania i brykietowania posiadają układy robocze *pierścieniowa matryca – rolki zagęszczające* oraz *plaska matryca – rolki zagęszczające*. Dotyczy to zarówno średnich i dużych gospodarstw rolnych jak i zakładów przemysłowych.

Uniwersalne urządzenia o niewielkiej wydajności (ok. 100–500 kg/h) znajdują częste zastosowanie w średnich i dużych gospodarstwach rolnych mogących wytwarzać zarówno granulowane i brykietowane pasze jak i ekologiczny opał z roślin (często jest to surowiec odpadowy np. słoma).

Do wytwarzania brykietów opałowych ze słomy bardziej przydatne są brykieciarki tłokowe oraz ślimakowe. Przykład brykieciarki ślimakowej przedstawiono na rys. 2. Wytworzone w brykieciarce cylindryczne brykiety stanowią ekologiczny opał.

Brykieciarka HD-3 przeznaczona jest do wytwarzania brykietów cylindrycznych o średnicy zewnętrznej 70 mm i otworze wewnętrznym



Rys. 2. Widok prototypowej brykieciarki ślimakowej wykonanej w Politechnice Białostockiej [3]

26 mm z odpadowych materiałów roślinnych np. trocin drzewnych, rozdrobnionej słomy, kory.

Wydajność urządzenia wynosi około 100–150 kg/h, przy średnim zapotrzebowaniu na moc około 10 kW.

Złożoność i różnorodność zagadnień występujących podczas ciśnieniowej aglomeracji (granulowania, brykietowania), realizowanej w układach roboczych o różnej konstrukcji sprawia, że rozwiązywanie stawianych problemów stwarza wiele trudności techniczno-technologicznych i eksploatacyjnych. Utrudnieniem jest zmienność właściwości fizycznych, chemicznych i biologicznych materiałów poddawanych granulowaniu (brykietowaniu).

Wysokie obciążenia dynamiczne układów roboczych są powodem krótkiej ich trwałości, przy jednoczesnych wysokich kosztach wytwarzania.

Na podstawie wyników wieloletnich badań nad granulowaniem i brykietowaniem materiałów roślinnych oraz biorąc pod uwagę zapotrzebowanie na urządzenia granulująco-brykietujące przyjęto, że układy robocze:

- *plaska matryca – rolki zagęszczające* są korzystnym rozwiązaniem konstrukcyjnym w uniwersalnych urządzeniach o niewielkiej wydajności (szczególnie do wytwarzania pasz przemysłowych z udziałem słomy, a także granulatu (pelletu) opałowego ze słomy),
- *matryca otwarta – ślimak zagęszczający* są polecanym rozwiązaniem w przypadku produkcji ekologicznych brykietów opałowych ze słomy jak i innych odpadów roślinnych.

Podsumowanie

Słoma zbóż jest cennym surowcem wykorzystywanym zarówno w produkcji pasz jak i ekologicznego paliwa stałego. Najlepszą formą produktów na bazie słomy są granulaty (pellety) i brykiety.

Do granulowania i brykietowania pasz z udziałem słomy oraz granulowania (pelletowania) słomy jako stałego paliwa, polecane są uniwersalne maszyny z układem roboczym *plaska matryca – rolki zagęszczające* natomiast do brykietowania słomy na opał maszyny z układem roboczym *matryca otwarta – ślimak zagęszczający*.

Modyfikacja właściwości słomy (np. fizycznych, chemiczno-biologicznych) poprzez odpowiednią jej obróbkę, polepsza jej podatność na granulowanie i brykietowanie.

LITERATURA

- [1] G. Flachowsky: Granulowanie mieszanki paszowej z udziałem słomy. PWRiL. Warszawa, 1983.
- [2] R. Hejft: Ciśnieniowa aglomeracja materiałów roślinnych. Radom Eksp., 2002.
- [3] R. Hejft, L. Demianiuk: Brykieciarka ślimakowa, zwłaszcza do rozdrobnionych materiałów roślinnych. UP RP PL 198907 Urząd Patentowy, 2008.

Praca wykonana w ramach Pracy Statutowej realizowanej na Wydziale Mechanicznym Politechniki Białostockiej S/WM/2/10.