

## THE PRESSURE AGGLOMERATION OF THE PLANT MATERIALS – THE TECHNOLOGICAL AND TECHNICAL INNOVATIONS. PART 1

### Summary

*The aim of the work is to carry out the investigations into introducing the innovation in the process of pellets and briquettes production from plants material. The complexity and the variety of questions appearing while the pelleting and briquetting process cause that the technical and technological innovations consist in solving the processing details. For example: during the investigations into briquetting process of the volumetric fodders with straw using the matrix with diameter of the hole of about 28 mm, the increase in average size of particles of cut straw from 10 to 40 mm caused the decrease in density of briquettes of about 22 kg/m<sup>3</sup> (about 2%), and also the reduction of power consumption of about 0,002 kWh/kg (about 2%); however the decrease of value of relation between matrix hole diameter and their length from 0,35 to 0,2 causes the increase in the density of briquette of about 90 kg/m<sup>3</sup> (about 8%) and the augmentation of individual power consumption of about 0,018 kWh/kg (approx. 18%).*

**Key words:** plant raw materials; bulky feeds; straw; pellets; briquettes; pressure agglomeration; innovations; physical properties; energy consumption; laboratory experimentation

## CIŚNIENIOWA AGLOMERACJA MATERIAŁÓW ROŚLINNYCH – INNOWACJE TECHNOLOGICZNO-TECHNICZNE. CZĘŚĆ I

### Streszczenie

*Celem pracy są badania nad wprowadzaniem innowacji w procesie wytwarzania granulatu (peletu) i brykietów z surowców pochodzenia roślinnego. Złożoność i różnorodność zagadnień występujących podczas granulowania (peletowania) i brykietowania, sprawia, że innowacje techniczno-technologiczne polegają na rozwiązywaniu szczegółów procesowych. W badaniach nad brykietowaniem pasz objętościowych z udziałem słomy przy użyciu matrycy o średnicy otworów 28 mm zwiększenie średniej wielkości cząstek pociętej słomy z 10 mm do 40 mm spowodowało spadek gęstości brykietów o około 22 kg/m<sup>3</sup> (ok. 2%), a także spadek energochłonności jednostkowej o około 0,002 kWh/kg (ok. 2%); natomiast spadek wartości stosunku średnicy otworów do ich długości z 0,35 do 0,2 powoduje wzrost gęstości brykietu o około 90 kg/m<sup>3</sup> (ok. 8%) oraz wzrost energochłonności jednostkowej o około 0,018 kWh/kg (ok. 18%).*

**Słowa kluczowe:** surowce roślinne; pasze objętościowe; słoma; granulaty; brykiety; aglomeracja ciśnieniowa; innowacje; właściwości fizyczne; energochłonność; badania laboratoryjne

### 1. Wprowadzenie

Granulowanie (peletowanie), brykietowanie są formami ciśnieniowej aglomeracji, czyli procesu, w którym sypki materiał pod działaniem sił zewnętrznych i wewnętrznych uzyskuje stałą, określoną formę geometryczną. Proces znajduje szerokie zastosowanie m.in. w produkcji pasz oraz ekologicznego paliwa stałego z odpadowych materiałów roślinnych.

Schemat wytwarzania granulatu (peletu) czy też brykietów przebiega według schematu przedstawionego na rys. 1.

Granulowanie (peletowanie) i brykietowanie poza licznymi zaletami posiada wady, takie jak:

- wysoką energochłonność procesu,
- szybkie zużywanie się układu roboczego (w porównaniu z innymi układami) przy jednoczesnych dość wysokich kosztach jego wytworzenia.

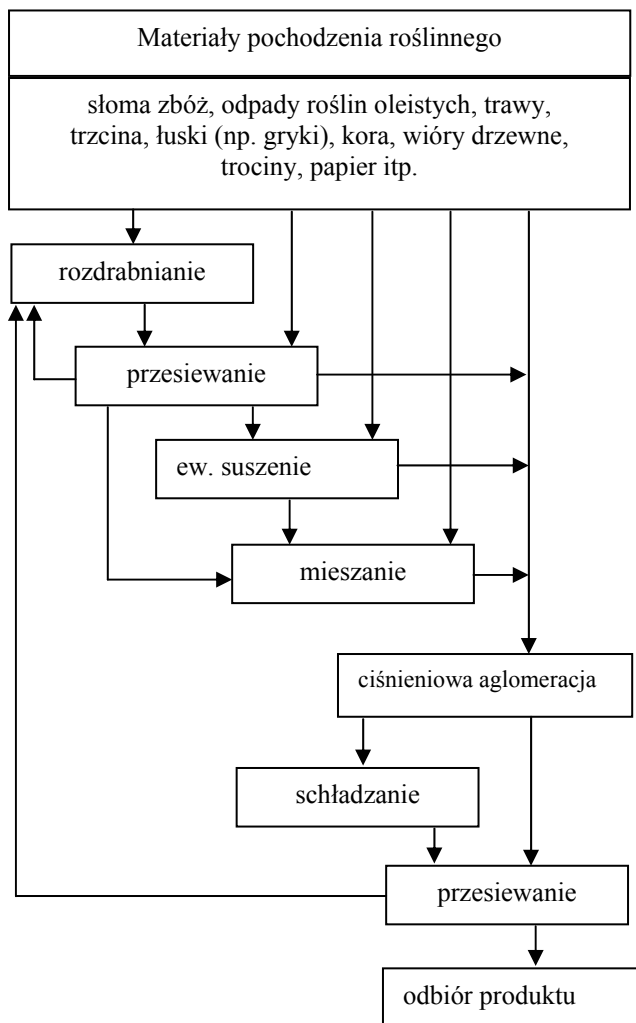
Proces ciśnieniowej aglomeracji materiałów roślinnych jest znany od dziesiątek lat, jednak ciągle wymaga badań, gdyż postęp techniczno-technologiczny zależy od innowacji wdrażanych w wytwórnictwie zarówno w obszarze budowy i eksploatacji maszyn, inżynierii procesowej, jak i modyfikacji cech materiałowych różnorodnych przetwarzanych surowców roślinnych.

Prace naukowo-badawcze realizowane od ponad trzydziestu lat w Katedrze Maszyn i Urządzeń Przemysłu Spożywczego (obecnie Zakład Techniki Rolno-Spożywczej) Politechniki Białostockiej opierają się na założeniu, że uniwersalne urządzenia granulująco-brykietujące materiały roślinne zastosowane w nieskomplikowanych liniach technologicznych o niewielkiej wydajności, produkujących pasze przemysłowe i/lub ekologiczne paliwa stałe (np. z odpadów), znajdują szerokie zastosowanie w średnich i dużych gospodarstwach rolnych oraz małych i średnich zakładach drzewnych i leśnych.

### 2. Cel pracy

Celem pracy są badania nad wprowadzaniem innowacji w procesie wytwarzania granulatu (peletu) i brykietów z surowców pochodzenia roślinnego.

Złożoność i różnorodność zagadnień występujących podczas granulowania (peletowania) i brykietowania, w układach roboczych o różnej konstrukcji, wraz ze zmiennością właściwości fizycznych, chemicznych i biologicznych materiałów poddawanych procesowi sprawia, że innowacje techniczno-technologiczne polegają na rozwiązywaniu szczegółów procesowych.



Rys. 1. Schemat wytwarzania granulatu (peletu) i brykietów  
 Fig. 1. The schema of the pellets (briquettes) production

### 3. Modyfikacja cech materiałowych surowców roślinnych

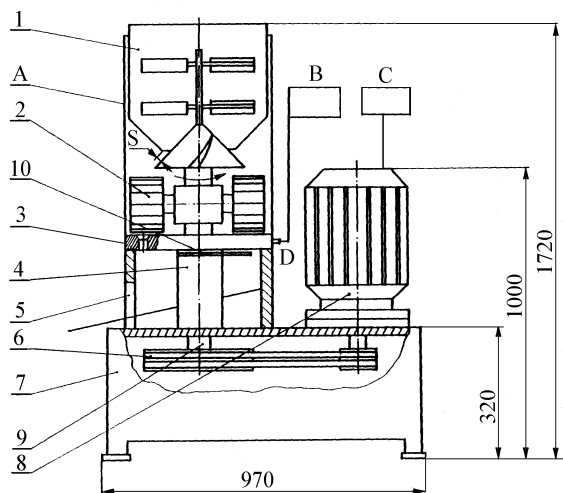
Cechy materiałowe surowców pochodzenia roślinnego mają istotny wpływ na przebieg procesu ciśnieniowej aglomeracji, w tym również na jakość otrzymanego produktu i energochłonność jednostkową. Biorąc także pod uwagę, że w wielu przypadkach granulowaniu (peletowaniu) i brykietowaniu poddawana jest mieszanina różnych surowców roślinnych, wynika potrzeba ich odpowiedniego przygotowania.

Gęstość granulatu (brykietów) charakteryzuje między innymi odporność produktu na rozkruszanie i zależy od wiązań międzycząsteczkowych powstałych podczas ciśnieniowego zagęszczania, na co wpływ mają właściwości chemiczno-biologiczne biomasy (m.in. naturalne substancje lepiące, np. skrobia, cukry), a także fizyczne (np. rozkład granulometryczny).

W badaniach nad brykietowaniem pasz objętościowych z udziałem słomy, realizowanych na stanowisku badawczym SB-3 (rys. 2) [1] (w skład którego wchodził granulator z układem roboczym: płaska nieruchoma matryca-rolki zagęszczające) przy użyciu matrycy o średnicy otworów 28 mm, zwiększenie średniej wielkości cząstek pociętej słomy z 10 mm do 40 mm spowodowało spadek gęstości brykietów o około 22 kg/m<sup>3</sup> (tj. około 2%), a także spadek energochłonności jednostkowej o około 0,002 kWh/kg (tj. około 2%).

Zwiększenie procentowej zawartości pociętej słomy w mieszance paszowej poddanej brykietowaniu z 15% do 45% (pozostałe komponenty to rozdrobnione zboże, susz z traw, rozdrobnione wysłodki buraczane) spowodowało spadek gęstości o około 35 kg/m<sup>3</sup> (ok. 3,5%), a także spadek energochłonności jednostkowej o około 0,0027 kWh/kg (ok. 3%).

Istotny jest wpływ wilgotności materiału poddanego ciśnieniowej aglomeracji. Zwiększenie wilgotności z 12% do 18% powodowało spadek gęstości o około 100 kg/m<sup>3</sup> (ok. 10%), a także spadek energochłonności jednostkowej o około 0,0084 kWh/kg (ok. 8,5%).



Rys. 2. Schemat budowy granulatora (brykieciarki) z płaską matrycą [1]: A - uniwersalne urządzenie granulujące-brykietujące, B - rejestrator temperatury, C - rejestrator poboru mocy, D - termoelement, 1- dozownik (bezstopniowa regulacja), 2- rolki zagęszczające, 3- nieruchoma płaska matryca, 4- obudowa wału napędowego, 5- wysyp aglomeratu, 6- przekładnia pasowa, 7- podstawa, 8- silnik elektryczny, 9- wał napędowy, 10- nóż obcinający; b) widok uniwersalnego urządzenia granulującego-brykietującego (zdjęty dozownik): dane techniczne; moc - 15 kW, prędkość zespołu rolek - 210 obr/min, wymiary - 970 mm x 600 mm x 1720 mm, szerokość rolki - 102 mm

Fig. 2. The schema of structure of the pelleting-briquetting device with flat matrix [1]: A - the universal pelleting-briquetting device, B - record-keeper of temperature, C - record-keeper of power consumption, D - thermocouple, 1- feeder (with non-gradual control), 2- compacting rolls, 3- the stationary flat matrix, 4- casing of the driving shaft, 5- pour out of the agglomerate, 6- transmission belt, 7- basis, 8- electric engine, 9- the driving shaft, 10- cutting knife; b) the view of the universal pelleting-briquetting device (without feeder): technical data; the power -15 kW, the speed of the rolls complex - 210 rpm, the dimensions - 970 mm x 600 mm x 1720 mm, the width of the roll - 102 mm

Słoma, trociny itp., w odróżnieniu od rozdrobnionego ziarna zboża, należą do materiałów „trudnych” zarówno do granulowania (peletowania), jak i brykietowania, co sprawia że energochłonność procesu może dochodzić nawet od 60 do 100 kWh na tonę produktu. Stąd też liczne poszukiwania sposobów ułatwiających proces, m.in. poprzez zniszczenie struktury kompleksu ligninowo-celulozowego, co istotnie ułatwia przebieg procesu.

Przed procesem ciśnieniowej aglomeracji należy wydobyc w słomie „naturalne lepiszcza” przez rozbitcie systemu kompleksu ligninowo-celulozowego, co można uzyskać metodami chemicznymi (np. ługowanie związkami sodu, wapnowanie, amoniakowanie), metodami biologicznymi (np. dodawanie enzymów lub drobnoustrojów), metodami fizycznymi (np. działanie pary) lub przez rozgniatanie mechaniczne. Badania z użyciem natrysku roztworu 2,5% NaOH do pociętej słomy w ilości około 3%, wykazywały polepszenie jakości (trwałości) brykietów, jednak ze względu na dodatkowe prace nad ługowaniem słomy (ługowanie, mieszanie, kondycjonowanie) zdecydowano, że do celów energetycznych dodatkiem lepiszczowym będą odpady młyńskie. Ich dodatek w połączeniu z rozdrabnianiem słomy w układzie roboczym płaska matryca-rolki zagęszczające, przy wilgotności materiału około 15% i jego temperaturze 70-80°C, powodował żelatynizację skrobi zawartej w odpadach młyńskich. Spełniał więc rolę lepiszcza ekologicznego i zmniejszał energochłonność jednostkową obciążenia pomiędzy matrycą a rolkami zagęszczającymi.

#### 4. Modernizacja układu roboczego – płaska matryca

Do podstawowych parametrów matryc zaliczyć należy:

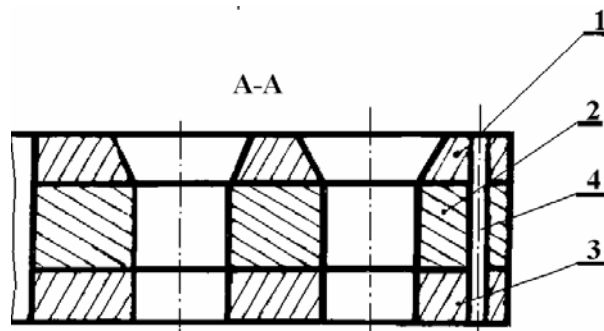
- współczynnik prześwietu matrycy – stosunek powierzchni otworów do powierzchni roboczej matrycy,
- średnicę i długość otworów w matrycy. Stosunek tych wielkości może wahać się w granicach od 0,1 do 0,5 (zależnie od cech materiałowych surowca poddanego procesowi ciśnieniowej aglomeracji oraz od wymagań jakościowych otrzymanego produktu),
- geometrię wejścia do otworów w matrycy.

Wyniki badań nad wpływem wymienionych parametrów na gęstość otrzymanego produktu (brykietów o średnicy 28 mm, z 45% udziałem słomy) oraz energochłonność jednostkową procesu wykazały, że zmiana współczynnika prześwietu matrycy z 0,24 do wartości 0,3 powoduje spadek gęstości o około 21 kg/m<sup>3</sup> (ok. 2%) oraz spadek energochłonności jednostkowej o około 0,008 kWh/kg (ok. 8%). Natomiast spadek wartości stosunku średnicy otworów do ich długości z 0,35 do 0,2 powoduje wzrost gęstości brykietu o około 90 kg/m<sup>3</sup> (ok. 8%) oraz wzrost energochłonności jednostkowej o około 0,018 kWh/kg (ok. 18%).

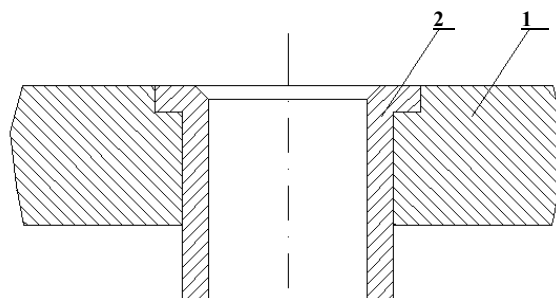
Stożkowe wejście do otworu (o kącie 30° pomiędzy tworzącą a powierzchnią matrycy), w porównaniu do otworu bez zfazowania, zwiększa gęstość produktu o ok. 43 kg/m<sup>3</sup> (4%) oraz energochłonność jednostkową o ok. 0,01 kWh/kg (8%).

Wyniki badań wskazują na konieczność dokładnego dopasowania parametrów geometrycznych otworów w matrycy do cech materiałowych wytwarzanego produktu. Urządzenie granulująco-brykietujące, w przypadku przetwarzania różnorodnych surowców, powinno być wyposażone w szereg matryc. Niedogodność tę można zminimalizować poprzez zastosowanie matryc składanych (rys. 3). Przy otworach o większych średnicach (powyżej 25-30 mm) można stosować wymienne tuleje (rys. 4), jednak ich stosowanie zmniejsza współczynnik prześwietu matrycy.

Praca wykonana w ramach projektu (grantu) MNiSW N N504 488239 (G/WM/4/2010).



Rys. 3. Płaska matryca do urządzenia granulująco-brykietującego [2]: 1- płyta górna, 2- płyta środkowa, 3- płyta dolna, 4- element ustalający  
Fig. 3. The flat matrix for the pelleting-briquetting device [2]: 1- upper plate, 2- central plate, 3- plate bottom, 4- positioning element



Rys. 4. Schemat matrycy z wymiennymi tulejami: 1- matryca, 2- wymienna tuleja  
Fig. 4. The schema of the matrix with replaceable funnels: 1- matrix, 2- replaceable funnels

#### 5. Podsumowanie

Złożoność i różnorodność zagadnień występujących podczas granulowania (peletowania) i brykietowania, w układach roboczych o różnej konstrukcji, wraz ze zmiennością właściwości fizycznych, chemicznych i biologicznych materiałów poddawanych procesowi, sprawia, że innowacje techniczno-technologiczne polegają na rozwiązywaniu szczegółów procesowych.

Badania z użyciem natrysku roztworu 2,5% NaOH do pociętej słomy w ilości około 3%, wykazywały polepszenie jakości (trwałości) brykietów, jednak ze względu na dodatkowe prace nad ługowaniem (ługowanie, mieszanie, kondycjonowanie) słomy zdecydowano, że do celów energetycznych dodatkiem lepiszczowym będą odpady młyńskie. Ich dodatek w połączeniu z rozdrabnianiem słomy w układzie roboczym płaska matryca-rolki zagęszczające, przy wilgotności materiału około 15% i jego temperaturze około 70-80°C, powodował żelatynizację skrobi zawartej w odpadach młyńskich, a tym samym spełniał rolę ekologicznego lepiszcza, zmniejszał energochłonność jednostkową obciążenia pomiędzy matrycą a rolkami zagęszczającymi.

Urządzenia granulująco-brykietujące, w przypadku przetwarzania różnorodnych surowców, powinny być wyposażone w szereg matryc. Niedogodność tę można mierze zminimalizować poprzez zastosowanie matryc składanych.

#### 6. Bibliografia

- [1] Hejft R.: Ciśnieniowa aglomeracja materiałów roślinnych. Biblioteka Problemów Eksploatacji. Radom, Białystok 2002.
- [2] Hejft R.: Płaska matryca do urządzenia granulująco-brykietującego. Wzór użytkowy nr 53575.