

- [3] Balešević-Tubić Svetlana, Milošević Mirjana, Zlokolica Marija, Nikolić Zorica, Vujaković Milka: Uticaj uslova skladištenja na biohemijske promene u semenu uljanih biljnih vrsta. Procesna tehnika i energetika u poljoprivredi, (1999)3: s.20-24
- [4] Hrustić Milica, Vidić M, Jocković Đ: Soja, Institut za ratarstvo i povrtarstvo, Novi Sad i "Sojaprotein", Bečej (1998).

- [5] Hrustić, Milica, Balešević-Tubić Svetlana, Tatić M: Proizvodnja semena soje: Milošević, Mirjana, Malešević M. (red.): Semenarstvo, Naučni institut za ratarstvo i povrtarstvo, Novi Sad, (2004) vol. II:552-583.

Primljeno: 24.03.2006.

Prihvaćeno: 26.03.2006.

Bibliid: 1450-5029 (2006) 10; 3-4; p.140-143
UDK: 664.854(497.11)

Stručni rad
Paper

DINAMIKA BRIKETIRANJA PREDGREJANE TRSKE ZAVOJNOM PRESOM DYNAMICS OF PRE-HEATED REED BRIQUETTING BY HELICAL PRESS

Spec Veselin MULIĆ*, Mr Goran JANJIĆ**, Bela BALINT***

*Viša tehnička škola, 23000 Zrenjanin, Đ. Stratimirovića 23

** Tehnička škola, 23000 Zrenjanin, Stevice Jovanovića 50

*** Tehnički fakultet Mihajlo Pupin, 23000 Zrenjanin, Đ. Đakovića bb

REZIME

U radu je prikazan matematički model briketiranja trske u zavojnoj presi, neupravljani objekat, sa simboličko funkcionalnom šemom i opisom procesa. Izloženi su: dijagram objekta i procesa kao i strukturni dijagram prese sa veličinama sistema. Detaljno su saopštena iskustva briketiranja različitih biomasa i trske uz prethodno predgrevanje. Računarskim i inženjerskim alatima određeni su analitički izrazi funkcionalnih zavisnosti karakteristika briketirane trske datih u brojnim dijagramima savremene literature.

Ključne reči: model, presa, predgrevanje, trska

SUMMARY

The paper presents a mathematical model of reed briquetting in a helical press, a non-operated object, with a symbolic functional diagram and description of the process and the structural diagram of the press with the system sizes. Experiences in briquetting various biomasses and reed with prior pre-heating have been reported in detail. Analytical expressions of functional reed briquettes dependence given in numerous diagrams in contemporary literature have been determined by applying computer and engineering tools.

Key words: model, press, pre-heating, reed.

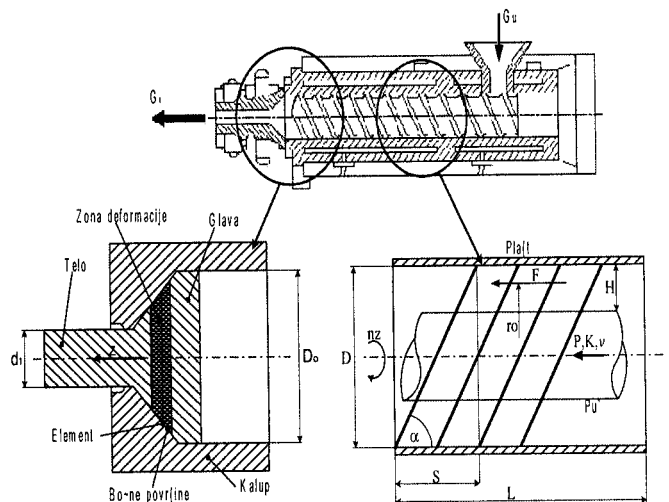
UVOD

Na slici (sl. 1) prikazana je simboličkofunkcionalna šema ekstrudera sa detaljima transportera i mlaznice. Nasipna masa granulisanе trske iz seckalice ulazi u nasipni koš sa protokom G_u . Prostor između površina plašta, vratila i zavojnice ispunjava biomasa krećući se po zakonima pužnog transportera ka mlaznici. Protok biomase kroz pužnicu je K , a brzina kretanja joj je v , dok je snaga elektromotora koji obrće vratilo P . Formiranjem glave, prečnika D_o , u kalupu sabijena biomasa biva istosmerno istisnuta o bočne površine u zoni deformisanja i tako nastaje telo prečnika d_i , tj. briket. Izlazna veličina objekta, ekstrudera, je gustina briкета $\rho_b = x_i(t)$, a poremećaj je gustina nasipne mase granulisanе trske $\rho_{nm} = z(t)$, dok je upravljanje broj obrtaja vratila transportera $n = u(t)$. Ekstruder kao objekat upravljanja ima procesni deo u mlaznici, dok je upravljački organ pužnica. U tabeli (tab. 1) svrstane su brojne vrednosti prostih karakteristika ekstrudera, dok izvedene karakteristike i formule po kojima se izračunavaju nisu dati zbog obima rada. Pored naziva opisanih karakteristika prikazane su i njihove dimenzije, sve prema slici (sl. 1).

MATERIJAL

Slika (sl. 1) pokazuje tipičan pužni ekstruder. Pužni ekstruderi obično nemaju mnogo akumulirane biomase koja se briketira, [4]. Puž mehaničkim radom prenosi granulisanu trsku od nasipnog koša do mlaznice kroz komoru alata. Snaga

izgubljena na trenje granula između sebe i o zidove puža i omotača komore služi kao toplotni izvor. Nije lako proračunati kolika se toplota razvija neefikasnošću puža pa je najčešće potrebna dodatna toplota i/ili hlađenje duž zida punog ekstrudera. Biomasa obično prolazi faze, tehnološke operacije, prerade od ulaza do izlaza iz ekstrudera. Najčešće su to mehaničke operacije: transport, sabijanje i na kraju istiskivanje kroz mlaznicu. Puževi su različitih oblika i dužina u zavisnosti koje sve mehaničke operacije ostvaruju.



Sl. 1. Simboličko-funkcionalna šema ekstrudera

Tabela 1. Geometrijske i radne karakteristike procesa

| | Naziv veličine | Oznaka | Dim. | Vrednost |
|----|---|----------------|----------------|----------|
| 1 | Prečnik zavojnice | D | m | 0.15 |
| 2 | Poluprečnik na kome dejstvuje sila F | r _o | m | 0.056 |
| 3 | Ugao nagiba zavojnice na mestu dejstva sile F | a | ° | 15 |
| 4 | Ugao trenja materijala o površinu zavojnice | ρ | ° | 35 |
| 5 | Ugao nagiba zavojnice | α | ° | 14 |
| 6 | Dužina horizontalne projekcije transportera | L | m | 0.5 |
| 7 | Korak zavojnice | S | m | 0.12 |
| 8 | Prečnik briketa | d ₁ | m | 0.09 |
| 9 | Površina poprečnog preseka briketa | A ₁ | m ² | 0.00636 |
| 10 | Poluprečnik otpreska biomase | R _o | m | 0.1 |

Izlazni maseni protok će biti definisan sledećim izrazom, [3]:

$$G_i = a_e e^{-a_\rho \rho_b} \rho_b \quad (1)$$

kada su a_e, a_ρ koeficijenti proporcionalnosti.

Za ekstrudovanu biomasu usvaja se granulirana trska. S obzirom da se kod sistema javlja dejstvo akumulacije važi jednačina (2),

$$\frac{dm}{dt} = G_u - G_i \quad (2)$$

gde su G_u i G_i ulazni i izlazni maseni protoci biomase, briketa sledstveno.

Pretpostavka 1. Pretpostavljajući da su omotač i pužnica dovoljno kruti promene u zapremini alata pod uticajem pritiska su dovoljno male da sa mogu zanemariti.

Pretpostavka 2. Zanemaruje se promena zapremine i usled promene temperature. Zapremina alata V_o smatra se konstantom.

Uvrštavanjem izraza za masu

$$V_o \rho_b = m \quad (3)$$

bilansna jednačina mase dobija izgled, [1]:

$$V_o \frac{d\rho_b}{dt} = G_u - G_i \quad (4)$$

Ulazni protok seckane trske G_u je funkcija gustine nasipne granulirane trske ρ_{nm} i broja obrtaja n puža transportera, dok je K_k koeficijent proporcionalnosti, [2].

$$G_u = K_k n \rho_{nm} \quad (5)$$

Zamenom jednačina (1), (2), u jednačinu (4) dobija se nelinearni matematički model u totalnim veličinama:

$$\dot{\rho} = \frac{K_k \cdot n \cdot \rho_{nm}}{V_o - a_e \cdot e^{-a_\rho \cdot \rho} \cdot \rho} = f(n, \rho, \rho_{nm}) \quad (6)$$

Jednačina (6) važi za svaki pa i nominalni radni režim. Formule, dimenzije i brojne vrednosti konstanti nalaze se u tabeli (tab. 2):

$$0 = \frac{K_k \cdot n_N \cdot \rho_{nmN}}{V_o - a_e \cdot e^{-a_\rho \cdot \rho_z} \cdot \rho_z} \quad (7)$$

Tabela 2. Formule, dimenzije i brojne vrednosti konstanti

| Konstante | | | | |
|-----------|----------------|--|-----------------------|-----------|
| | Oznaka | Formula | Dim. | Vrednost |
| 1 | K _F | $\frac{1410 \cdot D^2 \cdot S \cdot \psi \cdot \beta \cdot k \cdot (L\omega_o \pm H)}{367 \cdot (a + \rho) \cdot r_o \cdot \pi}$ | (m ³ /°) | 0.009 |
| 2 | K _σ | $\frac{4K_F}{d_1^2 \pi}$ | (m/°) | 14.1 |
| 3 | a _z | $\frac{R_o \cdot K_\sigma}{2k}$ | (m ³ /° N) | 0.00001 |
| 4 | a _p | $\frac{K_\sigma}{2k}$ | (m ² /° N) | 0.0001 |
| 5 | a _e | A ₁ · a _z | (m ³ /° N) | 0.0000001 |
| 6 | K _k | 47 · D ² · S · ψ · β | m ³ | 0.006 |

Tabela 3 Radne karakteristike objekta - Nominalni režim

| | Naziv veličine | Oznaka | Dimenzija | Vrednost |
|---|----------------------|------------------|-------------------|----------|
| 1 | Broj obrtaja puža | n _N | o/min | 27 |
| 2 | Gustina briketa | ρ _{bz} | kg/m ³ | 1200 |
| 3 | Gustina nasipne mase | ρ _{nmN} | kg/m ³ | 300 |

Korišćenjem Ljapunovljeve transformacije koordinata definišu se relativna odstupanja sledećih veličina objekta:

$$\overline{\Delta n} = u(t), \overline{\Delta \rho_b} = x_i(t), \overline{\Delta \rho_{nm}} = z(t) \quad (8)$$

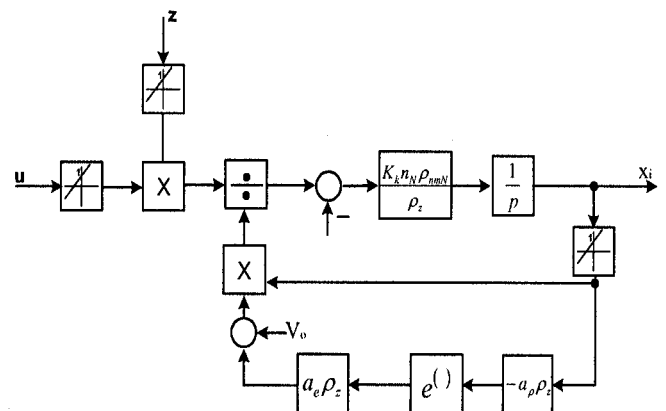
Uvrštavanjem relativnih odstupanja u jednačinu (6)

$$n = n_N(1 + u), \rho_b = \rho_{bz}(1 + x_i), \rho_{nm} = \rho_{nmN}(1 + z) \quad (9)$$

i oduzimanjem jednačine (7) od nje dobija se nelinearni matematički model u relativnim odstupanjima:

$$\dot{x}_i = \frac{K_k \cdot n_N \cdot \rho_{nmN}}{\rho_{bz}} \left[\frac{(1+u)(1+z)}{V_o - a_e \rho_{bz} e^{-a_\rho \rho_{bz}(1+x_i)} \cdot (1+x_i)} - \frac{1}{V_o - a_e e^{-a_\rho \rho_{bz}} \cdot \rho_{bz}} \right] \quad (10)$$

Blok dijagram nelinearnog matematičkog modela ekstrudera u relativnim odstupanjima dat je na slici (sl. 2):



Sl. 2. Blok dijagram nelinearnog matematičkog modela ekstrudera

Za veličine stanja usvajaju se:

$$x_u = x = x_1 \quad (11)$$

Vektorska diferencijalna jednačina stanja, funkcija f je nelinearna. Jednačina izlaza nelinearnog matematičkog modela objekta je:

$$\dot{x} = f(x, y, z); \quad x_i = x; \quad x = x_1; \quad u = u_1; \quad z = z_1 \quad (12)$$

Pretpostavka 3. Relativna odstupanja svih veličina dovoljno su mala, tako da se funkcija f može zameniti nultim i prvim članom Maklorenovog reda.

Posledica. Prihvatanje ove pretpostavke omogućava linearizaciju funkcije f , pa su koeficijenti linearizacije dati izrazom (3), a formule, dimenzije i vrednosti u tabeli (tab. 4).

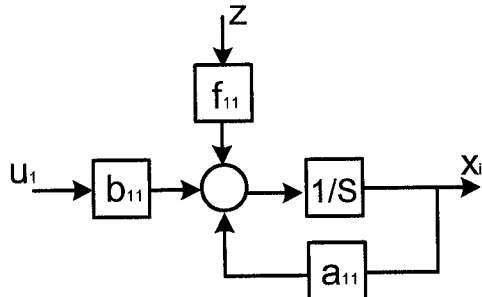
Tabela 4. Parcijalni izvodi

| | Oznaka | Izraz | Dim. | Vred. |
|---|---|--|--------------------------------------|---------|
| 1 | $a_{11} = \left(\frac{\partial f}{\partial x_i} \right)_N$ | $\frac{K_K \cdot n_N \cdot \rho_{nmN} \cdot (1 - a_\rho \cdot \rho_{bz})}{\rho_{bz}}$ | $\frac{m^4 \cdot kg^2}{N^2 \cdot s}$ | 0.001 |
| 2 | $b_{11} = \left(\frac{\partial f}{\partial u} \right)_N$ | $\frac{K_k \cdot n_N \cdot \rho_{nmN}}{\rho_{bz} \cdot (V_o - a_e \cdot \rho_{bz} \cdot e^{-a_\rho \cdot \rho_{bz}})}$ | $\frac{m}{^\circ N \cdot s}$ | 0.00001 |
| 3 | $f_{11} = \left(\frac{\partial f}{\partial z} \right)_N$ | $\frac{K_k \cdot n_N \cdot \rho_{nmN}}{\rho_{bz} \cdot (V_o - a_e \cdot \rho_{bz} \cdot e^{-a_\rho \cdot \rho_{bz}})}$ | $\frac{m}{^\circ N \cdot s}$ | 0.00001 |

Linearizovana diferencijalna jednačina stanja i algebarska jednačina izlaza su:

$$\dot{x}_1 = a_{11} \cdot x_1 + b_{11} \cdot u_1 + f_{11} z_1; \quad x_i = x_1 \quad (13)$$

a odgovarajući blok dijagram prikazan je na slici (sl. 3).



Slika 3 Blok dijagram linearnog matematičkog modela ekstrudera

Laplasova transformacija jednačine (13) je:

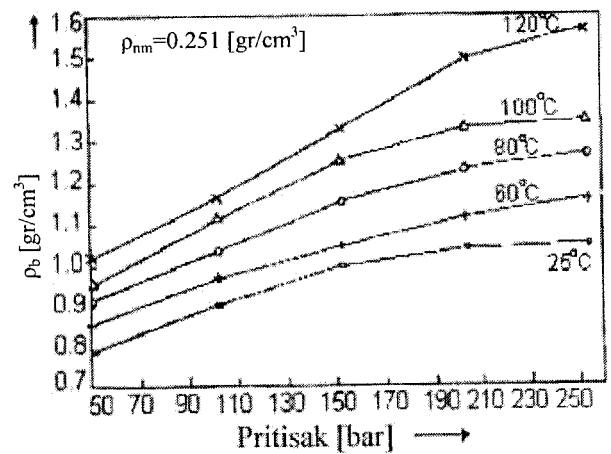
$$X_i = \frac{b_{11}}{s - a_{11}} \cdot U_1 + \frac{f_{11}}{s - a_{11}} Z_1 = |W_1 \quad W_2| \begin{Bmatrix} U_1 \\ Z_1 \end{Bmatrix} \quad (14)$$

a prenosna funkcija je vektor red opisan izrazom (15)

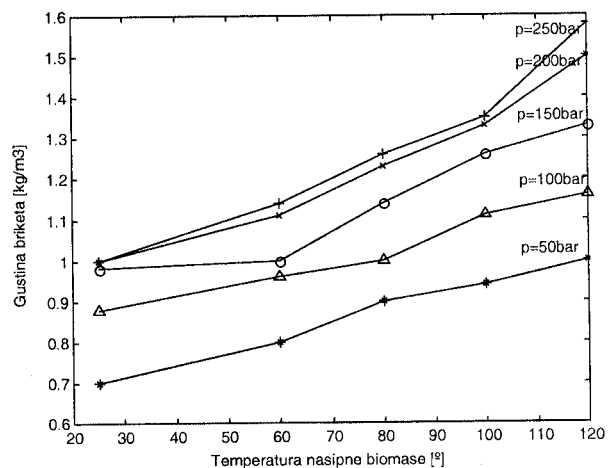
$$W(s) = |W_1(s) \quad W_2(s)| = \begin{Bmatrix} b_{11} & f_{11} \\ s - a_{11} & s - a_{11} \end{Bmatrix} \quad (15)$$

REZULTATI I DISKUSIJA

Na osnovu matematičkog modeliranja ekstruzije granulisane trske očigledno je da briketiranje biomasa, uopšte, prate različiti problemi i zbog toga se koriste različite vrste briketirki zbog čega je teško standardizovati proceduru briketiranja za svaku biomasu, [3]. Razumno je menjati fizičko-hemijske karakteristike različitih biomasa, pa i trske, pri različitim uslovima briketiranja.



Slika 4. Zavisnost gustine biomase od pritiska presovanja na različitim temperaturama, [3]



Slika 5. Promena gustine briketa sa promenom temperature nasipne biomase

Veoma je bitno proučavati dinamičko ponašanje svake biomase koja se može briketirati, na način koji je izložen u radu. Uticaj dobijenih konstanti matematičkim modeliranjem na gustinu briketa zahteva optimizacionu analizu.

Tokom godina metodi istraživanja briketiranja su standardizovani i danas predstavljaju solidnu osnovu za sintezu regulatora konstantne gustine briketa. Veoma velika motorna snaga je bila potrebna za formiranje trajno velike gustine briketa. Ovo je važno za klipno zavojni i valjajući tip ekstruzione prese. Veliki pritisci zahtevaju veliku motornu energiju i izazivaju veliko habanje delova mašine, (sl. 4). Neke od ranijih studija otkrivaju da je korisno olabavljanje unutrašnjih vlakana u organima i tkivima biljaka koje čine biomasu i očigledno omekšavanje njihove strukture. Rezultat je oslobađanje veza ili lepljivih materija, skrob prelazi u skrobno lepilo, na ili unutar površine što je otkriveno u laboratorijskim eksperimentima. Rad potreban za zgušnjavanje, sabijanje-briketiranje, može biti smanjen predgrevanjem nasipne biomase, (sl. 5).

U tabeli (tab. 5) nalaze se brojne vrednosti koeficijenata aproksimativnih polinoma analitičkih izraza statičkih karakteristika ekstrudera:

$$\rho_b = d_1 \cdot p + d_0; \quad \rho_b = m_1 \cdot t + m_0 \quad (16)$$

Tabela 5 Koeficijenti polinoma

| t[°C] | d ₁ | d ₀ | p[bar] | m ₁ | m ₀ |
|-------|----------------|----------------|--------|----------------|----------------|
| 25 | 0.0014 | 0.7002 | 50 | 0.0032 | 0.6201 |
| 60 | 0.0016 | 0.7579 | 100 | 0.003 | 0.7883 |
| 80 | 0.0019 | 0.825 | 150 | 0.004 | 0.8324 |
| 100 | 0.0022 | 0.8598 | 200 | 0.0052 | 0.8345 |
| 120 | 0.003 | 0.8708 | 250 | 0.0058 | 0.8167 |

ZAKLJUČAK

Matematički model pužnog transportera i istosmernog istiskivanja predstavlja solidnu osnovu za sintezu regulatora briketirke za dobijanje briketa konstatne gustine. Konstante procesa briketiranja trske mogu se odrediti pa su osobine i karakteristike nelinearnog i linearizovanog matematičkog modela dostupne analizi zbog određivanja dinamičkog ponašanja ekstrudera. Predgravanje nasipne biomase tokom briketiranja višestruko je korisno. U radu su saopšteni analitički izrazi zavisnosti gustine briketa od pritiska i temperature tokom briketiranja, sledstveno.

Zbog navedenog očigledno je da gustina briketa tokom briketiranja ispoljava osobinu raspodeljenosti duž pravca briketiranja pored nestacionarnosti.

LITERATURA

- [1] Debeljković, D, Simeunović, G, Mulić, V: Matematički modeli objekata i procesa u sistemima automatskog upravljanja, Mašinski fakultet, Beograd, 2005.
- [2] Dedijer, S: Osnovi transportnih uređaja, Građevinska knjiga, Beograd, 1989.
- [3] Mishra, S. K, Sreedhar, I, Ijer, P. V. R. and Grover, P. D: Effect of preheating on briquetting of different biomass, Food and agriculture organization of the united nations, Bangkok, Aptil, 1996.
- [4] Vujović, V: Obrada Metala deformacijom, Mašinski fakultet, Novi Sad, 1972.
- [5] Vešović, N: Opis procesa oblikovanja istiskivanjem, Diplomski rad, Mašinski fakultet, Beograd, 1984.
- [6] Babić, M, Babić, LJ. Babić: Fizički mehanizam ekstruzije poljoprivrednih proizvoda, PTEP, Novi Sad, Vol.2, 1998.
- [7] Sakač, M, Filipović, S, Ristić, M: Proizvodnja punomasnog sojinog griza postupkom suve ekstruzije, PTEP, Novi Sad, Vol 5, 2001.

Primljeno: 24.03.2006.

Prihvaćeno: 26.03.2006.



Polaznici kursa za rukovaocce sušara u poljoprivred,i Poljoprivredni fakultet Novi Sad, 6-10.02.2006.