

ENERGOCHŁONNOŚĆ JEDNO I DWUETAPOWEGO ROZDRABNIANIA ZIARNA W GNIOTOWNIKU

Streszczenie

W pracy zaprezentowano wyniki badań porównawczych jedno i dwuetapowego zgniatania ziarna w gniotowniku. Wielkościami porównywanymi była jednostkowa energia zgniatania. Przeprowadzone testy wykazały, że bardziej korzystne jest zgniatanie ziarna w procesie dwuetapowym. W stosunku do rozdrabniania jednoetapowego zużycie energii jednostkowej było o 20% mniejsze. Określono również wpływ szczeliny roboczej gniotownika oraz prędkości obwodowej walców na zużycie energii jednostkowej charakteryzującej proces.

Słowa kluczowe: ziarno zbóż, rozdrabnianie, gniotownik, proces dwuetapowy, energia zgniatania,

Wstęp

W produkcji mieszanek paszowych rozdrabnianie należy do jednych z najbardziej energochłonnych operacji. Zdaniem Grochowicza [Grochowicz 1996] stanowi ona 30 – 70% energii zużytej w całym procesie przygotowania paszy. Z tego też względu prowadzone są intensywne badania mające na celu obniżenia nakładów związanych z tym procesem. Zużycie energii zależy głównie od rodzaju zastosowanej konstrukcji urządzenia. Z uwagi na prostą budowę i eksploatację oraz wysoką wydajność najczęściej wykorzystywane są rozdrabniacze bijakowe. Urządzenia te jednak z pośród wszystkich rozdrabniaczy charakteryzują się największą energochłonnością [Dmitrewski 1978]. Zdaniem wielu badaczy [Golec i in. 1983, Riewienko 1988] zmniejszenie nakładów energii związanej z rozdrabnianiem można uzyskać poprzez prowadzenie procesu rozdrabniania w systemie dwuetapowym. Badania prowadzone przez Golca i innych [Golec i in. 1983] wykazały, że wydajność może wzrosnąć w ten sposób o 78- 243%, a energochłonność ulegnie wtedy zmniejszeniu o 12 – 32%.

Niezależnie od stosowania w przemyśle paszowym rozdrabniaczy bijakowych coraz częściej w liniach rozdrabniania ziarna zauważa się rozdrabniacze walcowe. Za stosowaniem tych urządzeń przemawiają przesłanki racjonalne- mniejsze zużycie energii jednostkowej. Przykładowo, w porównaniu do rozdrabniaczy bijakowych, walcowe pozwalają na zaoszczędzenie 37% energii przy rozdrabnianiu ziarna pszenicy, a nawet 57% w przypadku jęczmienia [Grochowicz, Zawiślak 2000] Można domniemywać, że zastosowanie rozdrabniania dwuetapowego w przypadku tych urządzeń także spowoduje spadek energochłonności procesu.

Cel pracy

Celem pracy było określenie wpływu rozdrabniania jedno oraz dwuetapowego ziarna zbóż na poziom zużycia energii jednostkowej gniotownika. Jednocześnie chciano określić charakter wpływu prędkości roboczej walców rozdrabniacza na zapotrzebowanie energii gniecenia.

Materiał i metodyka

W badaniach wykorzystano dwie odmiany pszenicy ozimej: *Symfor* i *Zyta*, pochodzące ze zbiorów w roku 2001. Wyselekcjonowany na sitach Vogla materiał, posiadał zbliżony kształt i wymiary oraz podobną masę. Różnica w masie badanych ziarniaków każdej z odmian nie mogła być większa niż $\pm 5\%$ średniej masy wyjściowej próbki. Masa poszczególnych ziaren

określano z dokładnością do 10^{-4} g. Ostatecznie zakwalifikowany do badań materiał pozbawiony był zewnętrznych uszkodzeń mechanicznych. Wilgotność ziarna badanych odmian pszenicy wynosiła 12,1%.

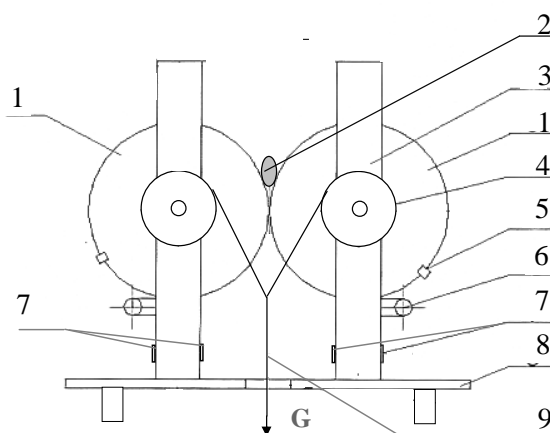
Właściwości fizyko – chemiczne ziarna określono zgodnie z metodyką przedstawioną w pracy Niemca i innych [Niemiec i in. 2003]. Wybrane właściwości fizyko – chemiczne badanych odmian pszenicy przedstawiono w tabeli 1.

Tab. 1. Wybrane cechy fizyko – chemiczne ziarna pszenicy
Table 1. Selected physico-chemical properties of wheat grain

Lp.	Odmiana	q [kg/m ³]	MTZ [mg]	Szklistość [%]	Białko [%]	Włókno [%]	Popiół [%]	Tłuszcz [%]
1.	Symfor	755,52	42,51	24,80	12,23	2,94	1,97	1,93
2.	Zyta	780,56	51,24	90,30	13,8	2,78	2,02	1,77

Zgniatanie ziarna zboża przeprowadzono na stanowisku laboratoryjnym, którego głównym elementem był model gniotownika dwuwalcowego wyposażonego w walce o średnicy 240 mm (rys. 1.). Dokładny opis urządzenia przedstawiono w pracy Niemca i innych [Niemiec i in. 2003].

Badania przeprowadzono dla dwóch wariantów pracy urządzenia. W pierwszym rozdrabniano materiał w układzie jednoetapowym. W drugim zastosowano technologię rozdrabniania ziarna w układzie dwuetapowym, gdzie w pierwszym następowało wstępne zgniatanie materiału (szczelina b_1) i przesiewanie produktu rozdrabniania na sitach o oczkach o średnicy 3 mm. W



Rys. 1. Stanowisko pomiarowe: 1 – walec gniotący, 2 – ziarno, 3 – wspornik pionowy, 4 – tarcza stalowa, 5 – blaszka sygnalizacyjna, 6 – czujnik zbliżeniowy, 7 – tensometry, 8 – podstawa, 9 – nić napędowa, G – obciążenie

Fig. 1. Experimental stand: 1- crushing roller, 2- grain, 3- vertical bracket, 4- steel disc, 5- signaling plate, 6- close – up sensor, 7- extensometers, 8- base, 9-driving thread, G- load

drugim etapie następowało rozdrabnianie właściwe (szczelina b_2) pozostałego na sitach materiału do pożądanej struktury. Stosowaną wartość szczelin tak w procesie jednoetapowego zgniatania (b_1) jak i dwuetapowego (b_1, b_2) przedstawiono w tabeli 2.

Tab. 2. Wartości szczelin roboczych stosowana w jedno (a) i dwuetapowym procesie zgniatania(b)

Table 2. Combination of working gap clearance at first (I) and second (II) stage of grain crushing process

a)		b)						
b1 [mm]		b2 [mm]						
		0,4	0,6	0,8	1,0	1,2	1,4	
0,4		x						
0,6		x	x					
0,8		x	x	x				
1,0		x	x	x	x			
1,2		x	x	x	x	x		
1,4		x	x	x	x	x	x	

W procesie dwuetapowym przestrzegano zawsze zasady, aby wartość szczeliny b_2 była mniejsza lub, co najwyżej równa szczelinie z etapu pierwszego. Prędkość obwodowa walców zmieniana była w zakresie od 1,25 do 4,75 m/s, skokowo, co 0,625 m/s.

Określenie energii rozdrabniania dokonano metodą pośrednią, rejestrując zmianę prędkości wirujących walców w procesie zgniatania pojedynczych ziaren przed i po wykonanej pracy i określono zgodnie ze wzorem:

$$L_{zg} = 0,011 \cdot I \cdot (n_p^2 - n_k^2) [J] \quad (1)$$

gdzie:

- I – moment bezwładności wirujących elementów, [kg*m²]
- n_p – prędkość obrotowa początkowa, [1/s]
- n_k – prędkość obrotowa po wykonanej pracy, [1/s]
- D – średnica walców, [m]

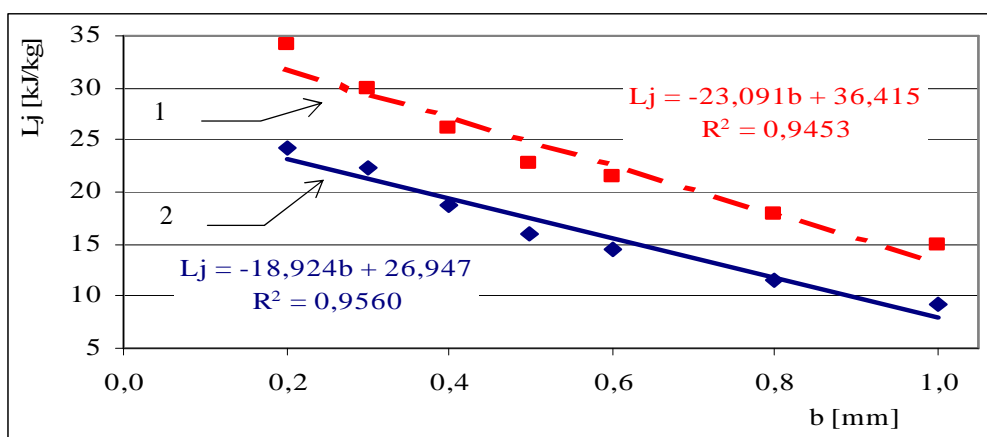
Metodę tą opisano szczegółowo we wcześniejszej pracy autorów [Romański, Niemiec 2003]. Energia do napędu sita odsiewającego nie była uwzględniana, gdyż obciążenie odsiewacza w stosunku do obciążenia rozdrabniacza jest niewielkie. Przykładowo dla porównywalnych wydajności moc napędu odsiewacza bębnowego typu OB Wynosi 0,6 kW a rozdrabniacza walcowego HLW ok. 20 kW.

Pomiar energochłonności rozdrabniania dokonano w stu powtórzeniach dla każdego z rozpatrywanych wariantów. Analizę statystyczną przeprowadzono na komputerze przy wykorzystaniu programu Statgraphics 6.0.

Wyniki badań

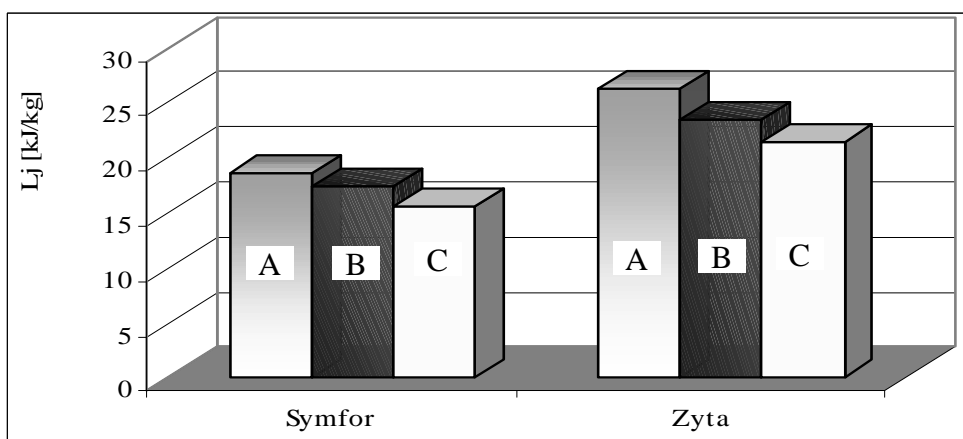
Przeprowadzona analiza wariancji wieloczynnikowej, na poziomie istotności $\alpha = 0,05$, potwierdziła wpływ wielkości szczeliny roboczej gniotownika, prędkości obwodowej walców, odmiany pszenicy oraz wariantu pracy urządzenia na wartość energii zginiatania.

Na rysunku 2 przedstawiono zależność jednostkowego zużycia energii jednostkowej L_j od wielkości szczeliny roboczej b . Wynika z niej, że wraz ze wzrostem wartości szczeliny roboczej gniotownika następuje liniowy spadek zużycia energii pobieranej przez urządzenie, niezależnie od odmiany rozdrabnianej pszenicy. Zwiększenie szczeliny roboczej z 0,2 mm do 1,0 mm powoduje spadek zużycia energii gniecenia aż o 55 – 60%. Należy również zauważyć, że ziarno pszenicy odmiany o wyższej szklistości (*Zyta*) w stosunku do odmiany o niższej szklistości (*Symfor*) charakteryzuje się wyższym zapotrzebowaniem na energię rozdrabniania w całym zakresie badanych wielkości szczelin. Różnica w poziomie zużycia energii jednostkowej dochodzi do 38%.



Rys. 2. Zależność jednostkowej energii zginiatania L_j w procesie jednoetapowego rozdrabniania: 1 – ziarno pszenicy *Zyta*, 2 – ziarno pszenicy *Symfor*

Fig. 2. Energy consumption per unit (L_j) in single – stage crushing process: 1- wheat grain *Zyta* cv., 2- wheat grain *Symfor* cv



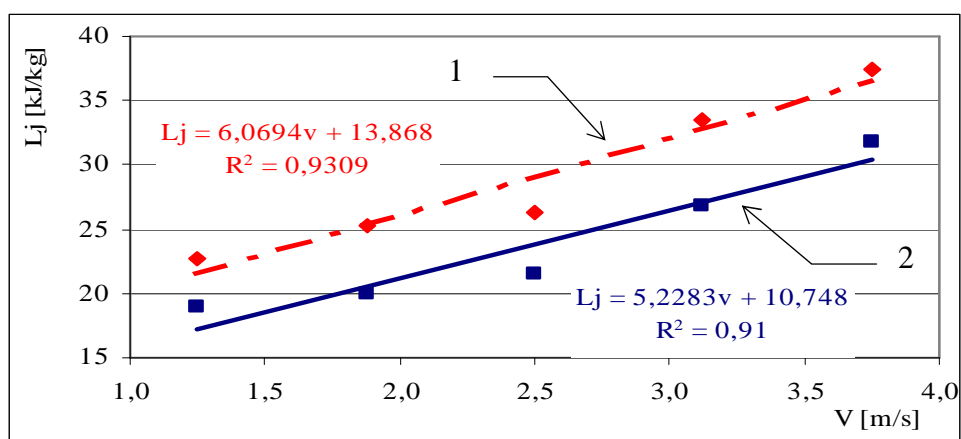
Rys. 3. Energia jednostkowa zgniatania L_j w procesie jedno i dwuetapowym: A – proces jednoetapowy ($b=0,4$ mm), B – proces dwuetapowy ($b=1,4/0,4$ mm), C – proces dwuetapowy ($b=1,0/0,4$ mm)

Fig. 3. Energy consumption per unit (L_j) in single – stage and two – stages crushing process: A- single – stage crushing ($b=0.4$ mm), B – two – stages process ($b=1.4/0.4$ mm), C- two – stage process ($b=1.0/0.4$ mm)

Wyniki badań wpływu wariantu pracy urządzenia, jedno czy dwuetapowy proces rozdrabniania ziarna, na energię jednostkową gniecenia L_j przedstawiono na rysunku 3. Z analizy histogramu wynika, że stosowanie technologii dwuetapowego rozdrabniania ziarna zbóż w stosunku do jednoetapowego przyczynia się do obniżenia jednostkowego zużycia energii. Rozdrabnianie ziarna pszenicy *Zyta* w układzie jednoetapowym wymaga zużycia energii na poziomie około 26 kJ/kg, gdy tymczasem rozdrabnianie tej samej odmiany w układzie dwuetapowym pochłania tylko około 22 kJ/kg. Oznacza to zmniejszenie energochłonności o blisko 20%.

Należy również zauważyć, że poziom zużycia energii zależy także od zastosowanej kombinacji szczelin roboczych etapu pierwszego i drugiego. Przedstawione wyniki pozwalają stwierdzić, że pomimo zastosowania w etapie drugim w obu przypadkach tej samej szczeliny ($b=0,4$ mm) zużycie energii było różne. Uzależnione było ono od wielkości szczeliny roboczej etapu pierwszego. Różnica w zużyciu energii dochodziła do 11%, na korzyść układu z kombinacją szczelin $b=1,0/0,4$ mm.

Wpływ prędkości obwodowej walców v na energię jednostkową zgniatania ziarna L_j przedstawiono na rysunku 4. Przedstawione zależności mają charakter liniowy. Wynika z nich, że energia jednostkowa w sposób istotny zależy od prędkości obwodowej walców, niezależnie czy ziarno rozdrabniane jest w procesie jedno czy dwuetapowym. Wzrost tej prędkości z 1,25 m/s do 3,75 m/s powoduje wzrost zużycia energii rozdrabniania o 40 %.



Rys. 4. Zależność jednostkowej energii rozdrabniania L_j ziarna pszenicy *Zyta* w procesie jedno i dwuetapowym w funkcji prędkości roboczej walców gniotownika v : 1 – proces jednoetapowy ($b=0,4$ mm), 2 – proces dwuetapowy ($b=1,0/0,4$ mm)

Fig. 4. Energy consumption per unit (L_j) at crushing wheat gain *Zyta* cv., in single – stage and two – stages crushing process, in function of working velocity of crushing rollers (V): 1- single – stage process ($b=0.4$ mm), 2- two – stage process ($b=1.0/0.4$ mm)

Wnioski

1. Proces zgniatania ziarna w gniotowniku przeprowadzony dwuetapowo jest w stosunku do jednoetapowego mniej energochłonny. Przykładowo przy stosowaniu szczeliny końcowej 0,4 mm, zgniatanie dwuetapowe charakteryzowało się 20% oszczędnością energii wtedy gdy zestaw szczelin wynosił 1,0/0,4 mm.
2. Zużycie energii jednostkowej rozdrabniania rośnie liniowo wraz ze wzrostem prędkości obwodowej walców. Wzrost tej prędkości z 1,25 [m/s] do 3,75 [m/s] powoduje wzrost zużycia energii rozdrabniania o 40 %.
3. Wielkość szczeliny roboczej wpływa w sposób istotny na poziom zużycia energii gniecienia w procesie jednoetapowego zgniatania. Przy szczelinach roboczych 0,2 mm i 1,0 mm wynosi ona odpowiednio 24,24 [kJ/kg] i 9,32 [kJ/kg], tj. o 60% mniej.

Bibliografia

Golec S. Kwiatkowski M. Zawiślak K. 1983. Wpływ dwustopniowego rozdrabniania na energochłonność procesu i jakość otrzymywanej śruty. Biul. Inf. Przem. Pasz. 1: 28-38.

Grochowicz J. 1996. Technologia produkcji mieszanek paszowych. PWRiL. Warszawa.

Dmitrewski J. 1978. Mechanizacja przygotowania pasz, PWRiL. Warszawa.

Grochowicz J. Zawiślak K. 2000. Badania porównawcze energochłonności rozdrabniania nasion w mlewniku walcowym i rozdrabniaczu bijakowym. Post. Tech. Przetw. Spoż. 1: 5- 6.

Niemiec A., Romański L., Stopa R. 2003.: Energochłonność dynamicznego zgniatania ziarna w modelu gniotownika. Inż. Rol. Nr 8; 323 – 330.

Riewienko I.I. 1988. Efektywnost odno- i dwuchstadihnobo izmielczenija Kordow. Tech.w Selk. Choz. 5: 28-30.

Romański L., Niemiec A. 2003.: Nowa metoda badania energochłonności dynamicznego zgniatania ziarna pomiędzy walcami. Inż. Rol. Nr 8; 359 – 365.

GRINDING OF GRAIN IN A CRUSHING MILL AT ONE – AND TWO STAGE PROCESS

Summary

Paper presents the results of comparative studies of one – and two – stage crushing of grain in a crushing mill. Specific energy consumption at crushing was a value to be compared. The study showed much more efficient crushing of grain two – stage process. In comparison to single – stage crushing the energy consumption per unit was by 20% lower. The effects of working gap clearance in crushing mill as well as the rollers' tangential velocity on specific energy consumption at crushing were also determined.

Key words: cereal grain, grinding, crushing mill, two – stage crushing process, energy consumption.

Recenzent – Roman Hejft