

WPŁYW WIELKOŚCI CZĄSTEK ROZDROBNIONEJ PSZENICY NA PARAMETRY PROCESU ZAGĘSZCZANIA

Stanisław Skonecki, Janusz Laskowski

Katedra Eksploatacji Maszyn Przemysłu Spożywczego, Uniwersytet Przyrodniczy w Lublinie

Streszczenie. Przedstawiono wyniki badań nad określeniem wpływu średniego wymiaru cząstek na parametry procesu ciśnieniowego zagęszczania oraz na wskaźnik podatności materiału na zagęszczanie rozdrobnionych ziaren dwu odmian pszenicy Juma i Maltanka. Wyniki wykazały, że parametry zagęszczania zależą zarówno od średniego wymiaru cząstek, wilgotności jak i odmiany pszenicy. Gęstość materiału w matrycy i aglomeratu była największa dla średniego wymiaru cząstki około 1,4 mm, a dalsze zwiększenie wymiaru cząstek wpływa na zmniejszenie gęstości aglomeratu. Stwierdzono, że ze wzrostem stopnia rozdrobnienia i wilgotności maleje praca zagęszczania oraz współczynnik charakteryzujący podatność materiału na zagęszczanie. Zwiększenie średniego wymiaru cząstki powoduje zmniejszenie podatności materiału na zagęszczanie oraz pogorszenie jakości uzyskanego aglomeratu.

Słowa kluczowe: aglomerowanie, pszenica, średni wymiar cząstek, parametry zagęszczania materiału

Wstęp

Ocena procesu ciśnieniowego zagęszczania surowców paszowych umożliwia określenie ich podatności na granulowanie. Parametry procesu i jakość uzyskanego aglomeratu zależą od właściwości fizycznych i chemicznych przetwarzanego surowca oraz od przyjętych warunków technologicznych [Hejft 2002; Kulig i in. 2001; Laskowski i in. 2005]. We wcześniejszych pracach określono między innymi wpływ wilgotności [Laskowski i Skonecki 1997], temperatury [Skonecki 2004], warunków zagęszczania [Skonecki i Laskowski 2006a, 2006b], zawartości tłuszczu [Laskowski i in. 2003], stopnia rozdrobnienia [Kulig i in. 2001] czy też cech mechanicznych ziarna [Skonecki i in. 2003] na parametry aglomerowania, podatność materiału na zagęszczanie i jakość aglomeratu.

Celem niniejszego opracowania jest określenie wpływu średniego wymiaru cząstek (stopnia rozdrobnienia materiału) na parametry zagęszczania oraz na podatność na zagęszczanie ziarna pszenicy.

Materiał i metodyka badań

Eksperyment przeprowadzono dla ziarna dwu odmian pszenicy Juma i Maltanka. Ziarna rozdrabniano na rozdrabniaczu bijakowym H III/3 pięcioma sposobami (stosowano sita o różnych średnicach otworów, w tym wariant bez sita). W ten sposób dla każdej odmiany pszenicy uzyskano pięć próbek materiału badawczego.

Dla rozdrobnionych próbek pszenicy określono średni wymiar cząstek. Pomiarzy wykonano zgodnie z PN-89/R-64798 przy wykorzystaniu przesiewacza laboratoryjnego typu SZ-1 (stosowano zestaw sit o wymiarach oczek: 0,095; 0,18; 0,315; 0,5; 0,8; 1,0; 1,2; 1,6; 2,0 i 3,2 mm, masa próbki 100 g, czas przesiewania 5 min.). Średni wymiar cząstek próbek pszenicy odmiany Juma wyniósł 0,62; 1,11; 1,40; 1,69; 1,99 mm, a odmiany Maltanka 0,63; 1,05; 1,37; 1,65; 1,96 mm. Badania procesu zagęszczania przeprowadzono dla próbek pszenicy o wilgotności 10, 12, 14, 16 i 18% (+/-0,2%). Wilgotność określano metodą suszarkową zgodnie z PN-76/R-64752. Daną wilgotność uzyskiwano poprzez suszenie lub dodanie wody do próbki materiału.

Do badań zagęszczania wykorzystano prasę hydrauliczną typu ZD 40 oraz zespół prasujący z matrycą zamkniętą o średnicy cylindra 25 mm [Laskowski i in. 1995; Laskowski i Skonecki 1997]. Warunki badań zagęszczania były następujące: masa próbki materiału 0,02 kg, temperatura cylindra 20°C, prędkość przemieszczenia tłoka 0,3 mm·s⁻¹, maksymalny nacisk jednostkowy tłoka 200 MPa. Zagęszczanie prowadzono każdorazowo w trzech powtórzeniach.

Podczas badań rejestrowano krzywą zagęszczania, której opis przedstawiono w pracy [Laskowski i Skonecki 2001]. Wyznaczano: maksymalną gęstość surowca w matrycy ρ_c , gęstość aglomeratu po wyjęciu z matrycy ρ_k i po 24 h przechowywania ρ_{kl} , pracę zagęszczania L_c oraz współczynnik charakteryzujący podatności materiału na zagęszczanie k_c , obliczany z wzoru $k_c = (L_c \cdot m^{-1}) \cdot (\rho_c - \rho_n)^{-1}$, gdzie: m – masa próbki, ρ_n – gęstość początkowa (nasypowa) materiału.

Dla każdej odmiany pszenicy określono zależności pomiędzy badanymi cechami Y (gęstościami ρ_c , ρ_k , ρ_{kl} ; pracą zagęszczania L_c oraz współczynnikiem k_c) od średniego wymiaru cząstek d_s i wilgotności w . Stosowano równanie o ogólnej postaci:

$$Y = a + b \cdot d_s + c \cdot d_s^2 + d \cdot w + e \cdot w^2 + f \cdot d_s \cdot w \quad (1)$$

Obliczenia wykonano przy wykorzystaniu programu komputerowego SAS Enterprise Guide 3.0. Oceniono: istotność współczynników równania regresji (test t-studenta) oraz istotność równania regresji (przyjęto poziom istotności 0,05). Nieistotne zmienne eliminowano z równania.

Wyniki badań i ich analiza

Obliczone zależności regresyjne podano w tabeli 1. Dane zawarte w tabeli 1 przedstawiają istotne współczynniki równań regresji i współczynniki determinacji R^2 . Przykładowe zależności badanych cech od średniego wymiaru cząstek d_s dla poszczególnych wilgotności w przedstawiono na rys. 1 (odmiana Juma) i na rys. 2 (odmiana Maltanka).

Tabela. 1. Współczynniki równań regresji zależności badanych cech od średniego wymiaru cząstek d_s i wilgotności w surowca
 Table 1. Coefficients in regression equations describing relations between examined features and mean particle size d_s or material moisture content w

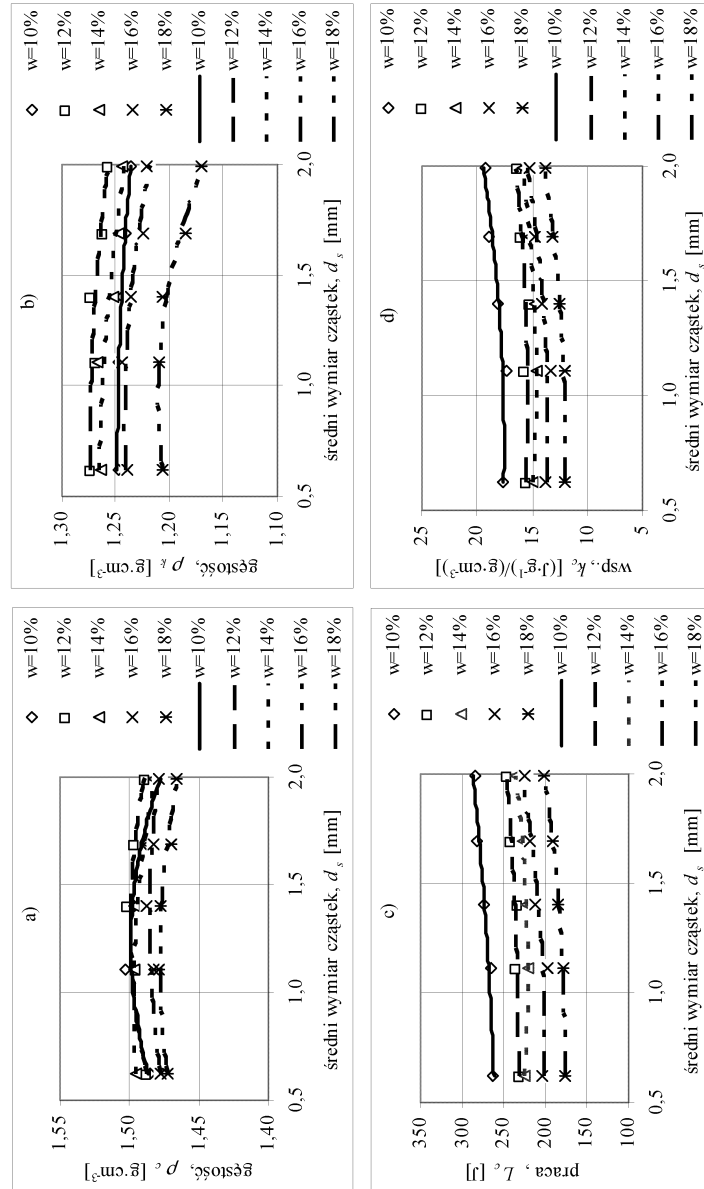
Odmiana pszenicy	Cecha	Współczynniki równania						R^2
		a	b	c	d	e	f	
Juma	ρ_c	1,385	0,052	-0,021	0,014	-0,00057		0,870
	ρ_k	0,845	0,0561	-0,017	0,062	-0,00236	-0,0021	0,963
	ρ_{kl}	0,827	0,156	-0,034	0,050	-0,00207	-0,0045	0,948
	L_c	356,2		5,766	-10,07			0,954
	k_c	30,499	-2,375	1,318	-1,516	0,03163		0,953
Maltanka	ρ_c	1,463	0,136	-0,052		-0,00028		0,879
	ρ_k	1,036	0,049	-0,023	0,038	-0,00164		0,978
	ρ_{kl}	1,178	0,149	-0,056		-0,00067		0,910
	L_c	665,3	-70,88	15,46	-47,698	0,9214	5,8849	0,983
	k_c	43,889	-7,855	2,076	-3,004	0,05909	0,4267	0,968

Źródło: obliczenia własne autorów

Z wyników badań (tabela 1; rys. 1 a, b; rys. 2 a, b) można stwierdzić, że charakter zmian gęstości w zależności od średniego wymiaru cząstki jest podobny dla badanych surowców. Gęstość materiału w komorze zagęszczania ρ_c oraz gęstość aglomeratu ρ_k i ρ_{kl} rośnie wraz ze zwiększeniem wymiaru cząstki do około 1,4 mm, a przy dalszym wzroście d_s gęstości te maleją. Gęstości ρ_c , ρ_k i ρ_{kl} dla każdego stopnia rozdrobnienia były największe dla surowców o wilgotności 12%. Ze zwiększeniem wilgotności materiału analizowane gęstości maleją. Największą gęstość w komorze zagęszczania $\rho_c = 1,522 \text{ g}\cdot\text{cm}^{-3}$ uzyskano dla pszenicy odmiany Maltanka (średni wymiar cząstek $d_s = 1,37 \text{ mm}$, wilgotność $w=12\%$), a najmniejszą $\rho_c = 1,447 \text{ g}\cdot\text{cm}^{-3}$ dla tej odmiany ($d_s = 1,96 \text{ mm}$, wilgotność $w=18\%$). Gęstość aglomeratu ρ_k była także większa dla odmiany Maltanka i zawierała się w przedziale od $1,278 \text{ g}\cdot\text{cm}^{-3}$ ($d_s = 1,37 \text{ mm}$, $w=12\%$) do $1,189 \text{ g}\cdot\text{cm}^{-3}$ ($d_s = 1,96 \text{ mm}$, $w=18\%$). Aglomeraty w czasie przechowywania ulegały dalszemu swobodnemu rozprężaniu. Gęstość aglomeratu pszenicy odmiany Maltanka po 24 godz. przechowywania ρ_{kl} wynosiła od $1,205 \text{ g}\cdot\text{cm}^{-3}$ ($d_s = 1,37 \text{ mm}$, $w=12\%$) do $1,024 \text{ g}\cdot\text{cm}^{-3}$ ($d_s = 1,96 \text{ mm}$, $w=18\%$).

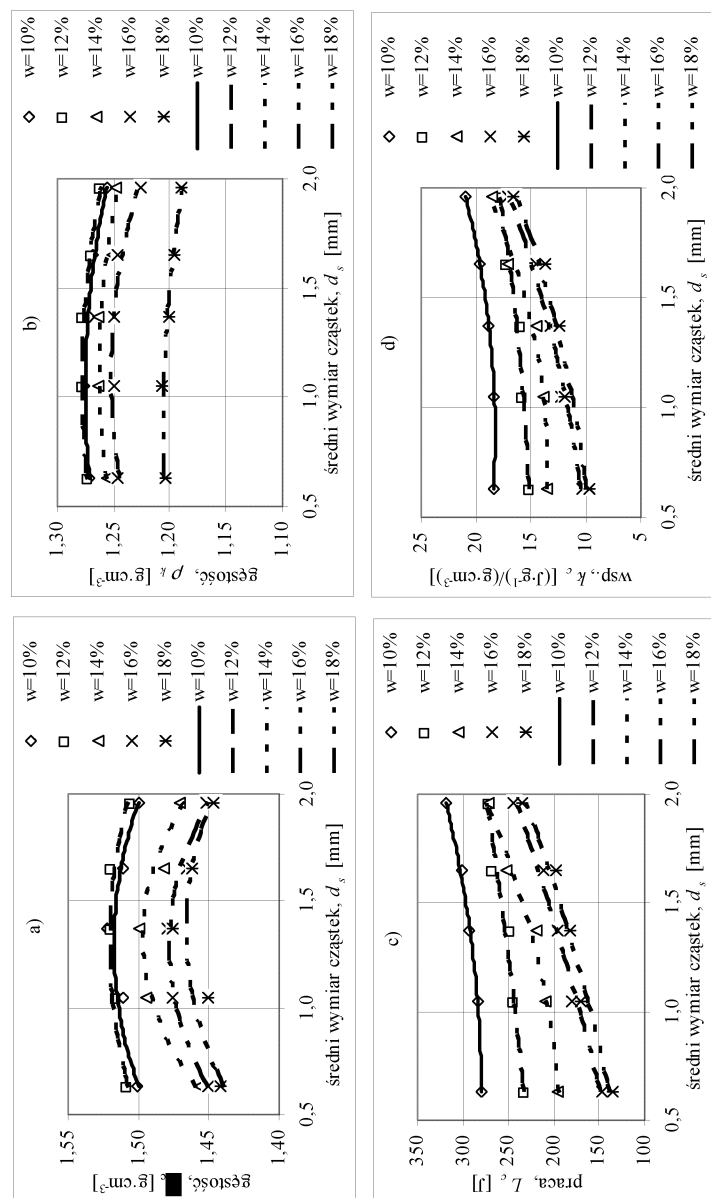
Zależności pomiędzy pracą zagęszczania L_c a średnim wymiarem cząstek d_s i wilgotnością w (tabela 1; rys. 1 c; rys. 2 c) wskazują, że praca zagęszczania rośnie ze zwiększeniem średniego wymiaru cząstek i maleje ze wzrostem wilgotności dla każdej odmiany pszenicy. Wartości pracy zagęszczania były największe dla pszenicy odmiany Maltanka o wilgotności 10% i wynosiły od 280 J ($d_s = 1,37 \text{ mm}$) do 319 J ($d_s = 1,96 \text{ mm}$). Dla pszenicy Juma o wilgotności 10% praca zagęszczania rosła ze zwiększeniem średniego wymiaru cząstek od 263 J do 285 J.

Wartość pracy zagęszczania dla surowców o wilgotności 18% wynosiła dla pszenicy Juma od 177 J do 201 J, pszenicy Maltanka od 136 J do 234 J. Ogólnie można stwierdzić, że praca L_c maleje wraz ze wzrostem stopnia rozdrobnienia pszenicy.



Rys. 1. Zależność gęstości ρ_c (a), gęstości aglomeratu ρ_k (b), pracy L_c (c) i współczynnika k_c (d) od średniego wymiaru cząstek d_s dla poszczególnych wilgotności w (pszenica odmiany Juma)

Fig. 1. Dependence of density ρ_c (a), agglomerate density ρ_k (b), work L_c (c) and coefficient k_c (d) on mean size of particles d_s for individual moisture content values w (*Juma* variety wheat)



Rys. 2. Zależność gęstości ρ_c (a), gęstości aglomeratu ρ_k (b), pracy L_c (c) i współczynnika k_c (d) od średniego wymiaru cząstek d_s dla poszczególnych wilgotności w (pszenica odmiany Maltanka)

Fig. 2. Dependence of density ρ_c (a), agglomerate density ρ_k (b), work L_c (c) and coefficient k_c (d) on mean size of particles d_s for individual moisture content values w (Maltanka variety wheat)

Podatność materiału na zagęszczanie określono za pomocą współczynnika k_c . Im mniejsza wartość tego współczynnika, tym jest lepsza podatność materiału na zagęszczanie. Zmiany współczynnika k_c od średniego wymiaru cząstek i wilgotności (tabela 1; rys. 1 d; rys. 2 d) są podobne do zmiany pracy zagęszczania. Współczynnik k_c rośnie ze zwiększeniem średniego wymiaru cząstek i maleje ze wzrostem wilgotności dla badanych odmian pszenicy. Wartości tego współczynnika były największe dla pszenicy odmiany Maltanka o wilgotności 10% (od 18,4 do 21 $\text{J}\cdot\text{g}^{-1}\cdot\text{g}\cdot\text{cm}^{-3-1}$), a najmniejsze dla tego surowca o wilgotności 18% (od 9 do 16,6 $\text{J}\cdot\text{g}^{-1}\cdot\text{g}\cdot\text{cm}^{-3-1}$). Dla pszenicy Juma o wilgotności 10% ze zwiększeniem średniego wymiaru cząstek współczynnik k_c zmienia się od 17,7 $\text{J}\cdot\text{g}^{-1}\cdot(\text{g}\cdot\text{cm}^{-3})^{-1}$ do 19,3 $\text{J}\cdot\text{g}^{-1}\cdot(\text{g}\cdot\text{cm}^{-3})^{-1}$. Wartość współczynnika k_c dla pszenicy Juma o wilgotności 18% wynosi od 12,1 $\text{J}\cdot\text{g}^{-1}\cdot(\text{g}\cdot\text{cm}^{-3})^{-1}$ do 13,9 $\text{J}\cdot\text{g}^{-1}\cdot(\text{g}\cdot\text{cm}^{-3})^{-1}$. Z badań wynika, że lepsza jest podatność na zagęszczanie surowca o większym stopniu rozdrobnienia. Wyniki badań potwierdzają zależności uzyskane dla śruty zbożowej [Kulig i in. 2001].

Wnioski

1. Wyniki badań wykazały, że analizowane parametry zależą zarówno od średniego wymiaru cząstek, wilgotności jak i odmiany pszenicy.
2. Wartość gęstości materiału w matrycy i aglomeratu była największa dla średniego wymiaru cząstek około 1,4 mm dla przyjętego zakresu wilgotności i odmian pszenicy. Dalsze zwiększenie wymiaru cząstek wpływa na zmniejszenie gęstości aglomeratu.
3. Stwierdzono, że ze wzrostem stopnia rozdrobnienia i wilgotności maleje praca zagęszczania oraz współczynnik charakteryzujący podatność materiału na zagęszczanie.
4. Zwiększenie średniego wymiaru cząstek powoduje zmniejszenie podatności materiału na zagęszczanie oraz pogorszenie jakości uzyskanego aglomeratu.

Bibliografia

- Hejft R. 2002. Ciśnieniowa aglomeracja materiałów roślinnych. Politechnika Białostocka, Wyd. i Zakład Poligrafii Instytutu Technologii Eksploatacji w Radomiu. ISBN 8372042519.
- Kulig R., Laskowski J., Skonecki S. 2001. Wpływ stopnia rozdrobnienia na parametry zagęszczania śruty zbożowej. Inżynieria Rolnicza. Nr 2(22). s. 153-158.
- Laskowski J., Łysiak G., Skonecki S. 2005. Mechanical properties of granular agro-materials and food powders for industrial practice. Part II. Material properties in grinding and agglomeration. Centre of Excellence for Applied Physics in Sustainable Agriculture AGROPHYSICS, Institute of Agrophysics PAS, Lublin. ISBN 83-89969-35-1.
- Laskowski J., Melcion J.-P., Skonecki S. 2003. Effects of the Fat Content on Plant Material Density During Agglomeration. Technical Sciences, Publisher UWM, Olsztyn. 6. s. 39-47.
- Laskowski J., Skonecki S. 1997. Influence of moisture on the physical properties and parameters of the compression process of legumes' seeds. Int. Agrophysics. 11. s. 245-256.
- Laskowski J., Skonecki S. 2001. Badania procesów aglomerowania surowców paszowych – aspekt metodyczny. Inżynieria Rolnicza. Nr 2(22). s. 187-193.
- Laskowski J., Skonecki S., Gowin J. 1995. Układ pomiarowy do maszyn wytrzymałościowych typu ZD z komputerową rejestracją i analizą parametrów procesów ściskania. Zesz. Probl. Post. Nauk Roln., Z. 424. s. 279-284.

- Skonecki S.** 2004. Effect of the Temperature of Material on the Compaction of Selected Cereals with Varied Moisture Content. *Annual Rev. of Agr. Eng.*, 3(1). s. 59-68.
- Skonecki S., Laskowski J.** 2006a. Wpływ średnicy komory i masy próbki na zagęszczanie poekstrakcyjnej śruty rzepakowej. *Inżynieria Rolnicza*. Nr 6(81). s. 15-23.
- Skonecki S., Laskowski J.** 2006b. Wpływ prędkości przemieszczenia tłoka na parametry zagęszczania pszenicy. *Acta Agrophysica*. 8(4). s. 975-984.
- Skonecki S., Sudół A., Laskowski J.** 2003. Wpływ cech mechanicznych ziarna pszenicy na parametry zagęszczania. *Acta Agrophysica*. 2(1). s. 179-189.

THE IMPACT OF THE SIZE OF SHREDDED WHEAT PARTICLES ON COMPACTION PROCESS PARAMETERS

Abstract. The paper presents results of the research on determining the impact of mean size of particles on pressure compaction process parameters, and on the index of material susceptibility to compaction for shredded grains of two wheat varieties: *Juma* and *Maltanka*. Obtained results prove that compaction parameters depend both on mean particle size, moisture content, and wheat variety. Density of material in the die and the agglomerate was highest for mean particle size of approximately 1.4mm, and further increasing particle size results in agglomerate density drop. It has been observed that compaction work and coefficient characterising material susceptibility to compaction drop with increasing shredding and moisture content degree. Increase in mean particle size results in reduction of material susceptibility to compaction, and obtained agglomerate quality deterioration.

Key words: agglomeration, wheat, mean size of particles, material compaction parameters

Adres do korespondencji:

Stanisław Skonecki; e-mail: stanislaw.skonecki@up.lublin.pl
Katedra Eksploatacji Maszyn Przemysłu Spożywczego
Uniwersytet Przyrodniczy w Lublinie
ul. Doświadczalna 44
20-236 Lublin-Felin