

WYKORZYSTANIE STATYSTYKI WEIBULLA W ANALIZIE ODKSZTAŁCEŃ ZIARNA PSZENICY PODCZAS ŚCISKANIA

Grzegorz Łysiak

Katedra Eksploatacji Maszyn Przemysłu Spożywczego, Akademia Rolnicza w Lublinie

Streszczenie. W pracy przedstawiono rezultaty analiz wpływu wilgotności ziarna pszenicy na wartości odkształceń ziarna w wyniku osiowego ściskania przy wykorzystaniu statystyki Weibulla. Do badań użyto ziarno pszenicy odmiany Kobra o wilgotności 10, 12, 14, 16, 18 i 20%. Pomiary zrealizowano na maszynie wytrzymałościowej Zwick Z020. Ziarno obciążano osiowo, rejestrując charakterystyki obciążenie-przemieszczenie przy pomocy oprogramowania TestXpert firmy Zwick. Wyznaczono wartości odkształceń dla ustalonych wartości obciążenia. Wilgotność ziarna pszenicy i stopień deformacji wywierały istotny wpływ na wartości parametru kształtu rozkładu Weibulla. Zaobserwowano interaktywne oddziaływanie obu tych czynników na wartości parametru m , który przyjmował najniższe wartości dla ziarna suchego przy jednocześnie dużych deformacjach. Wilgotność i stopień deformacji ziarna nie zmieniły generalnego przebiegu wartości parametru skali rozkładu.

Słowa kluczowe: pszenica, ściskanie, wilgotność, odkształcenie

Wykaz oznaczeń

- | | |
|-----------|--|
| l_i | – odkształcenie w mm dla sił ustalonych na poziomie i , tj. 10, 20, 30, 40 i 50 N, |
| m | – moduł rozkładu Weibulla (parametr kształtu rozkładu), - |
| β_o | – parametr skali rozkładu, mm |
| V | – współczynnik zmienności, - |

Wprowadzenie

Badania wytrzymałościowe a wśród nich test osiowego ściskania są jednymi z podstawowych dla oceny cech mechanicznych materiałów. Wyniki tych badań zależne są od właściwości materiałów m.in. wymiarów, kształtu, niejednorodności struktury oraz warunków realizacji pomiarów, przykładowo prędkości obciążania. Ich duży rozrzut jest charakterystyczny szczególnie dla materiałów biologicznych i nie rzadko przysparza wiele trudności interpretacyjnych. Dla analizy wytrzymałości materiałów, wykorzystywany może być rozkład Weibulla oparty o kryterium „najsłabszego ogniwa”. Przykładem wykorzystania i integracji statystyki Weibulla i mechaniki dla oceny właściwości materiałów są m.in. badania wytrzymałości i jakości granulatu [Aareth i in. 2003], właściwości mechanicznych

grochu [Łysiak, 2006a, 2006], ziemniaków [Scanlon i in. 1995], wpływu wymiarów cząstek na wyniki jednoosiowego ściskania [Pitchumani i in. 2004], wpływu prędkości na właściwości mechaniczne PZT [Huang i in. 1999]. Szczególnie interesujące jest wykorzystanie statystyki Weibulla w ocenie zachowania materiałów podczas pęknięcia, gdzie charakter rozkładu może odzwierciedlać stopień niejednorodności struktury oraz kontrolowania procesu jej niszczenia, i tym samym odzwierciedlać przebieg zjawisk związanych z deformacją struktury wewnętrznej badanego obiektu. W tym świetle zastosowanie statystyki Weibulla dla oceny odkształceń ziarna pszenicy przyczynić się może do wyróżnienia jego zachowania podczas obciążania i wpływu na nie różnych czynników np. wilgotności.

Cel pracy

Celem pracy jest analiza odkształceń ściskanego osiowo ziarna pszenicy o zróżnicowanej wilgotności przy wykorzystaniu statystyki Weibulla.

Metodyka badań

Wyniki badań ziarna pszenicy odmiany Kobra o wilgotności 10, 12, 14, 16, 18 i 20% uzyskano zgodnie z metodyką badań przedstawioną w pracy [Łysiak, Laskowski 2006]. Na podstawie charakterystyk obciążenie-odkształcenie dla ustalonych wartości obciążenia tj. 10, 20, 30, 40 i 50N wyznaczono odkształcenia bezwzględne ziarna l_i .

Dla ziarna o zróżnicowanej wilgotności i zmiennych deformacji wyznaczono wartości parametrów m i β_o rozkładu Weibulla dla skumulowanej funkcji prawdopodobieństwa $P_p(x)$, przy ustalonej wartości siły.

$$P_p(x) = 1 - \exp\left[-\left(\frac{x}{\beta_o}\right)^m\right] \quad (1)$$

Parametry rozkładu określono po przestawieniu równania 1 i zlogarytmowaniu do postaci

$$\ln\left[\ln\left(\frac{1}{1 - P_p(x)}\right)\right] = m \ln x - m \ln \beta_o \quad (2)$$

Parametr m w równaniu jest parametrem kształtu rozkładu i jest równy współczynnikowi kierunkowemu prostej regresji na wykresie prawdopodobieństwa. Parametr skali β_o jest określony równaniem 3 [Aarseth 2003, Huang i in. 1999]:

$$\beta_o = \exp(-(m \ln \beta_o) / m) \quad (3)$$

$P_p(x)$ określono po uszeregowaniu wzrastająco wartości rozpatrywanego parametru l_i ze wzoru [Aarseth 2003; Huang i in. 1999]:

$$P_p(x) = \frac{(i - 0,5)}{n} \quad (4)$$

Wyznaczone w teście ściskania wartości sił w momencie pęknięcia w 20 powtórzeniach uporządkowano w kolejności wzrastającej. Skumulowane prawdopodobieństwa $P_p(x)$ obliczone z równania 4 służyły do obliczenia prawdopodobieństw rozkładu Weibulla $\ln[\ln(1/(1-P_p(x)))]$. Parametry rozkładu oszacowano metodą regresji prostoliniowej, gdzie $\ln l_i$ stanowił zmienną niezależną, natomiast prawdopodobieństwa $P_p(x)$ były zmienną zależną. Analizy wykonano przy wykorzystaniu programów Excel i Statistica.

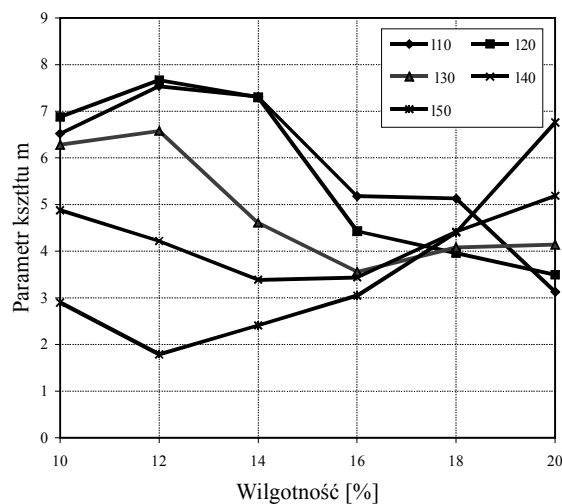
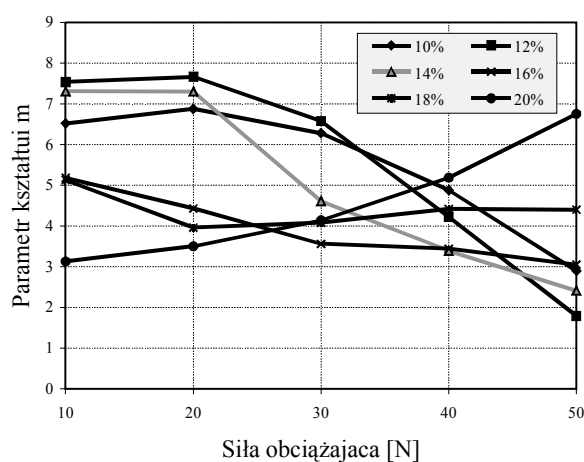
Wyniki badań

Średnie wartości odkształceń x , odchylenia standardowe s , oraz wartości współczynnika zmienności V , (iloraz odchylenia standardowego i wartości średniej arytmetycznej), przedstawiono w tabeli 1. Wraz ze zmianą zarówno wilgotności jak i stopnia deformacji ziarna wynikającej z ustalonego progu siły zmieniały się wartości współczynnika zmienności wyników. Współczynnik V zmieniał się znacznie w zrealizowanym zakresie badań, osiągając najwyższe wartości dla ziarna suchego i dużych deformacji jak również małych deformacji dla ziarna wilgotnego.

Tabela 1. Średnie, odchylenia standardowe i zmienność odkształceń ściskanego ziarna pszenicy
Table 1. Average, standard deviations, and deformation variance of compressed wheat grain

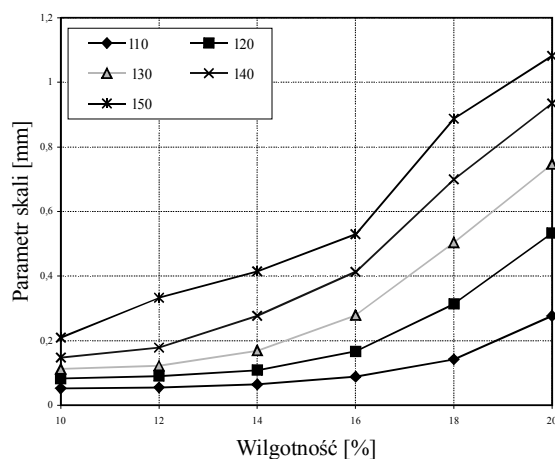
Wilgotność [%]	Parametr	Deformacja ziarna				
		l_{10}	l_{20}	l_{30}	l_{40}	l_{50}
10	x [mm]	0,049	0,078	0,106	0,138	0,259
	s [mm]	0,009	0,018	0,025	0,042	0,363
	V [-]	0,191	0,230	0,234	0,305	1,401
12	x [mm]	0,054	0,088	0,123	0,221	0,301
	s [mm]	0,012	0,021	0,040	0,268	0,280
	V [-]	0,224	0,233	0,324	1,214	0,933
14	x [mm]	0,063	0,104	0,161	0,284	0,349
	s [mm]	0,013	0,022	0,055	0,191	0,165
	V [-]	0,207	0,209	0,340	0,671	0,474
16	x [mm]	0,082	0,152	0,249	0,365	0,459
	s [mm]	0,022	0,043	0,081	0,118	0,144
	V [-]	0,262	0,281	0,327	0,324	0,313
18	x [mm]	0,142	0,294	0,464	0,644	0,808
	s [mm]	0,056	0,111	0,167	0,217	0,259
	V [-]	0,397	0,377	0,361	0,336	0,321
20	x [mm]	0,262	0,505	0,708	0,884	1,027
	s [mm]	0,123	0,224	0,275	0,289	0,280
	V [-]	0,471	0,444	0,388	0,327	0,273

Wyniki analiz przy wykorzystaniu statystyki Weibulla przedstawiono na kolejnych wykresach.

Rys. 1. Zależność parametru kształtu m rozkładu Weibulla od wilgotności ziarna pszenicyFig. 1. Dependence of shape parameter m of the Weibull's distribution from wheat grain moistureRys. 2. Zależność parametru kształtu m rozkładu Weibulla od zastosowanego stopnia deformacji ziarna pszenicyFig. 2. Dependence of shape parameter m of the Weibull's distribution from the used degree of wheat grain deformation

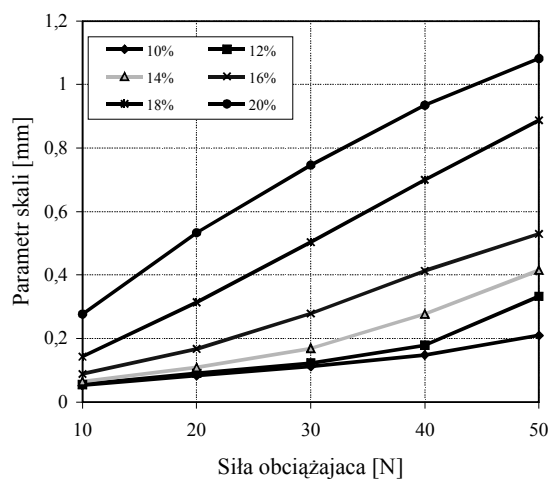
Wartości parametru kształtu rozkładu zmniejszały się lub rosły w zależności od założonej deformacji ziarna (rys. 1 i 2). Dla deformacji określonej poziomami 10 i 20 N obserwowano spadek wartości współczynnika m i odwrotnie dla największej deformacji obserwowano wzrost tego parametru w badanym zakresie wilgotności. Dla deformacji pośrednich l_{30} i l_{40} po początkowym spadku wraz z wilgotnością następował wzrost para-

metru kształtu m . Wraz ze wzrostem stopnia deformacji zmniejszały się wartości parametru m dla ziarna o wilgotności do 16%. Powyżej tej wartości obserwowano tendencję odwrotną. Powyższe obserwacje uzasadnione mogą być zmianą mechanizmu niszczenia ziarna, od powstawania pęknięć o charakterze kruchym dla ziarna suchego do plastycznego odkształcania ziarna wilgotnego. Parametr skali rozkładu zwiększał się zarówno ze wzrostem wilgotności ziarna w całym jej zakresie jak i ze zwiększeniem stopnia deformacji. Charakter tych zmian przedstawiono na rys. 3 i 4.



Rys. 3. Zależność parametru skali β_o rozkładu Weibulla od wilgotności ziarna pszenicy

Fig. 3. Dependence of scale parameter β_o of the Weibull's distribution from wheat grain moisture



Rys. 4. Zależność parametru skali β_o rozkładu Weibulla od stopnia zastosowanego deformacji ziarna pszenicy

Fig. 4. Dependence of scale parameter β_o of the Weibull's distribution from the used degree of wheat grain deformation

Wnioski

1. Wraz ze zmianą wilgotności i stopnia deformacji ziarna obserwowano istotne różnice w zmienności pojedynczych wyników. Dla wyższych wartości odkształceń obserwowano zwiększenie współczynnika zmienności. Najwyższą zmienność obserwowano dla wyższych wartości obciążeń (50N) i niskich wilgotności (10 i 12%).
2. Wilgotność ziarna pszenicy i stopień deformacji wywierały istotny wpływ na wartości parametru kształtu rozkładu Weibulla. Zaobserwowano interaktywne oddziaływanie obu tych czynników na wartości parametru m , który przyjmował najniższe wartości dla ziarna suchego przy jednocześnie dużych deformacjach.
3. Wilgotność i stopień deformacji ziarna nie zmieniały generalnego przebiegu wartości parametru skali rozkładu Weibulla. Zwiększenie obu tych czynników powodowało wzrost tego parametru w całym badanym zakresie.
4. Stwierdzone powyżej zależności uzasadnione mogą być zmianą mechanizmu odkształcania i niszczenia ziarna (pęknie o charakterze kruchym ziarna suchego; plastyczne odkształcanie ziarna wilgotnego).
5. Zmienność wyników badań może być istotnym parametrem w ocenie zachowania ściskanego materiału (może przykładowo odzwierciedlać niejednorodność struktury) a nie jedynie wynikiem niedokładności eksperymentu. Właściwa interpretacja jednak wymaga odniesienia do rzeczywistych mian zachodzących podczas obciążania materiału.

Bibliografia

- Aarseth K.A., Prestolokken E. 2003. Mechanical Properties of Feed Pellets: Weibull Analysis. *Biosystems Engineering* 84(3). s. 349-361.
- Borges A., Peleg M. 1997. Effect of Water Activity on the Mechanical Properties of Selected Legumes and Nuts. *J. Sci Food Agric.* 75. s. 463-471.
- Huang H., Hing P. 1999. The relationship between the mechanical properties and microstructures of sintered PZT. *Journal of Materials Processing Technology* 89-90. s. 538-543
- Łysiak G., Laskowski J. 2007. Wpływ wilgotności ziarna pszenicy na odkształcenia podczas ściskania. *Inżynieria Rolnicza* 5(93). s. 279-284.
- Łysiak G. 2006. Zastosowanie rozkładu Weibulla do oceny wytrzymałości nasion grochu. *Inżynieria Rolnicza* 6(81). s. 41-48
- Łysiak G. 2006. Fracture Toughness of Pea. Weibull Analysis. 2006 CIGR International Symposium, Warszawa.
- Pitchumani R., Zhupanska O., Meesters G.M.H., Scarlett B. 2004. Measurement and characterisation of particle strength using a new robotic compression tester. *Powder Technology* 143-144. s. 56-64.
- Scanlon M.G., Long A.E. 1995. Fracture strengths of potato tissue under compression and tension at two rates of loading. *Food Res. Int.* 28(4). s. 397-402.

THE USE OF THE WEIBULL'S STATISTICS IN THE ANALYSIS OF WHEAT GRAIN DEFORMATION DURING COMPRESSION

Summary. The paper presents analysis results using the Weibull's statistics of effect of wheat grain moisture on values of grain deformation resulting from axial compression. Wheat grain variety Kobra with a moisture of 10, 12, 14, 16, 18, and 20% was used for the tests. The measurements were performed on the testing machine Zwick Z020. The grain was axially loaded, recording loading-displacement characteristics using the TestXpert software by Zwick. Deformation values for specified load values were set out. Wheat grain moisture and degree of deformation had significant effect on values of the Weibull's distribution shape parameter. Interactive effect of both factors on values of parameter m was observed, with the parameter adopting the lowest values for dry grain and large deformations. Moisture and degree of grain deformation did not change the general course of parameter values of the distribution scale.

Key words: wheat, compression, moisture, deformation

Adres do korespondencji:

Grzegorz Łysiak; e-mail: grzegorz.lysiak@ar.lublin.pl
Katedra Eksploatacji Maszyn Przemysłu Spożywczego
Akademia Rolnicza w Lublinie
ul. Doświadczalna 44
20-280 Lublin