

Janusz Kolowca
Katedra Inżynierii Mechanicznej i Agrofizyki
Akademia Rolnicza w Krakowie

WŁAŚCIWOŚCI REOLOGICZNE MASY ZIARNA O ZRÓŻNICOWANEJ WILGOTNOŚCI

Streszczenie

Przeprowadzono testy pełzania z odciążeniem na masie ziarna ściskanej jednoosiowo w cylindrze o wymiarach \varnothing 69,9 x 120 mm. Sprawdzone wpływ wilgotności (10–30%) na trwałe odkształcenia i właściwości lepkosprężyste badanego materiału. Stwierdzono m.in., że najwyższy moduł sprężystości był dla wilgotności 14,2–17,3%. W tym przedziale wilgotności wystąpiły największe różnice gatunkowe.

Słowa kluczowe: masa ziarna, właściwości lepkosprężyste

Wstęp

W rolnictwie daje się ostatnio zauważyć stały rozwój badań nad reologicznymi właściwościami materiałów roślinnych. Nie jest on jednak tak szybki jak w innych działach gospodarki, gdyż materiał biologiczny, w odróżnieniu od konstrukcyjnego, stanowi niezwykle złożony obiekt badawczy, z uwagi na dużą zmienność cech wynikających z uwarunkowań genetycznych i środowiskowych. Jednak liczba zastosowań reologii, zarówno naukowych, jak i technicznych, stale wzrasta. Dotyczy to także technologii związanych z przechowywaniem materiałów biologicznych sypkich, gdyż z punktu widzenia techniki silosowej, poznanie zachowań reologicznych tych materiałów ma bardzo istotne znaczenie praktyczne. Zjawisko samosortowania i wzrostu ciśnienia słupa ziarna przy napełnianiu zbiorników powodują, że zwiększa się zagęszczenie masy, co wywołuje skomplikowany stan naprężeń i odkształceń. W pewnych krytycznych stanach naprężeń może wystąpić spójność ziaren i masa po odciążeniu może przyjmować kształt nadany podczas obciążenia, co jest zjawiskiem bardzo niekorzystnym. Decydujący wpływ będzie miała tutaj wilgotność. Z jej wzrostem, od stanu powietrznie suchego, wyraźnie zmieniają się właściwości mechaniczne pojedynczych ziaren. Ziarna uplastyczniają się, wzrasta ich podatność na trwałe odkształcenia wywołane obciążeniem

zewnątrznym, zmniejsza się ich sprężystość. Zmieniają się także wyraźnie właściwości trybologiczne masy ziarnistej, wzrasta kohezja i tarcie wewnętrzne, w wyniku obniżania się twardości i wzrostu powierzchni kontaktu ziaren [Frączek i in. 2003]. Wszystko to powoduje, że zmniejsza się zdolność takiego materiału do uzyskania pierwotnego kształtu po zdjęciu obciążenia.

Metoda i materiał

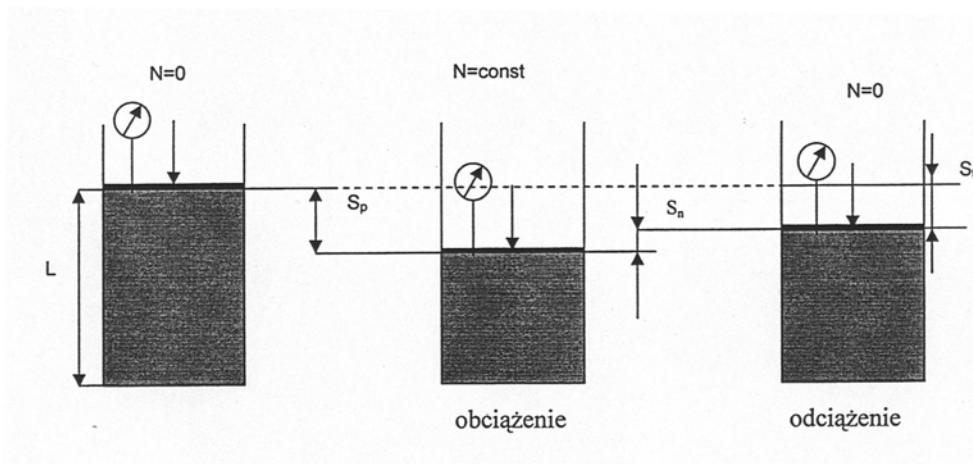
W reologii doświadczalnej, obok próby relaksacji i próby czasowej, przeprowadza się testy pełzania, które polegają na statycznym obciążeniu próbki i obserwacji zmian jej odkształcenia w czasie. Jednak najwięcej informacji o właściwościach reologicznych badanego materiału można uzyskać z testu pełzania z odciążeniem. W takim przypadku, rejestruje się dodatkowo tzw. „odkształcenie powrotne” próbki [Chrzanowski 1995] czyli zanik odkształcenia, aż do chwili jego ustalenia się na stałym poziomie. Odkształcenie powrotne ma charakter lepkoelastyczny i jest sumą odkształcenia natychmiastowego oraz opóźnionego w czasie, i z niego można wyznaczyć moduł sprężystości uwzględniając panujący w próbce stan naprężeń. W przypadku materiałów roślinnych sypkich, tak opisany moduł sprężystości ma charakter umowny, gdyż wielkość odkształcenia powrotnego zależy nie tylko od sprężystości pojedynczych ziaren, ale także od tarcia wewnętrznego i zewnętrznego masy. Pomimo tego, zdaniem autora tej publikacji, taki parametr może mieć znaczenie praktyczne, gdyż jest dobrą miarą powrotu materiału do poprzedniego kształtu w cyklu obciążenie – odciążenie. W takim teżcie, innymi istotnymi parametrami oceny właściwości reologicznych może być udział odkształcenia powrotnego w stosunku do całkowitego odkształcenia pełzania i trwałe odkształcenie przy określonym poziomie obciążenia.

Przeprowadzono testy pełzania z odciążeniem na materiale ściskanym jednoosiowo w cylindrze o wymiarach ϕ 69,9 x 120 mm. Materiał zasypany do cylindra (zachowana gęstość usypowa) poddawano wstępnemu zagęszczaniu siłą 20 N, a następnie obciążano siłą 220 N, co odpowiadało naprężeniu 0,057 MPa. Stand pomiarowy umożliwiał uzyskanie wysokiej stabilności obciążenia statycznego w fazie obciążenia i natychmiastowy jego zanik w trakcie odciążania, a zastosowany poziom obciążenia powodował bardzo wyraźne odkształcenia powrotne w stosunku do odkształceń pełzania [Kolowca, Krzysztofik 2003; Kolowca 2003].

Jako parametry oceny właściwości reologicznych przyjęto:

- S_n/S_p czyli udział odkształcenia powrotnego S_n w stosunku do odkształcenia pełzania S_p (dokładność pomiaru S_n i S_p wynosiła 0,01 mm),
- $\epsilon_t = S_t/L$ tzn. trwałe odkształcenie względne, gdzie trwałe odkształcenie bezwzględne S_t i wysokość warstwy ziarna L mierzono z dokładnością do 0,01 mm,

- $E = \sigma/\epsilon_n$ [MPa] czyli moduł sprężystości, gdzie σ [MPa] jest to naprężenie normalne, a $\epsilon_n = S_n/L$ powrotne odkształcenie względne (rys. 1).



Rys. 1. Jeden cykl pomiarowy

Fig. 1. One measuring cycle

Przedmiot badań stanowiło ziarno pszenicy jarej (odm. Jasna), pszenicy ozimej (Korweta), jęczmienia (Bies) i kukurydzy (Rota) o zróżnicowanej wilgotności ok. 10–30%.

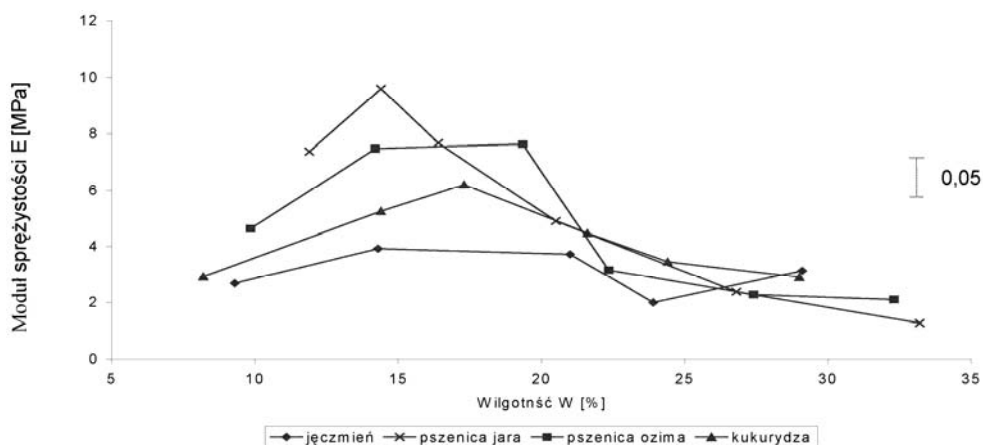
Wyniki badań

Sposób w jaki zmieniały się poszczególne parametry oceny właściwości reologicznych masy ziarnistej wszystkich badanych gatunków w przedziale wilgotności ok. 10–30%, przedstawiają wykresy na rys. 2–4.

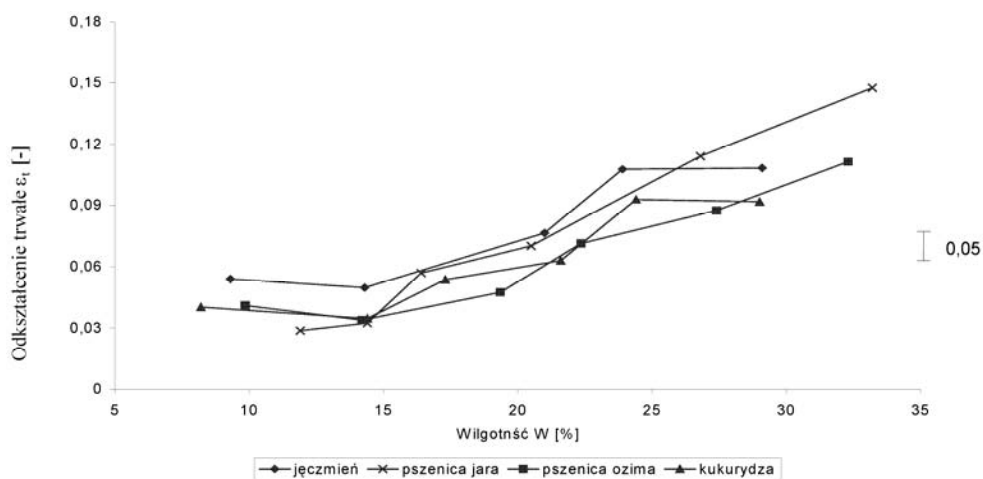
Moduł sprężystości E (rys. 2) osiągał wartości maksymalne w zakresie wilgotności 14,2–17,3%, a jego minimalne wartości wystąpiły przy wilgotności 29,1–33,2%. Wartości największe mieściły się w przedziale 3,82–9,6 MPa, a minimalne 1,27–3,13 MPa. W przedziale wilgotności dla którego wystąpiły wartości maksymalne można było zaobserwować największe różnice gatunkowe – jęczmień 3,82 MPa, kukurydza 6,2 MPa, pszenica ozima 7,98 MPa, pszenica jara 9,6 MPa.

Trwałe odkształcenie względne ϵ_t (rys. 3), w badanym przedziale wilgotności ok. 10–30%, wzrastało prawie równomiernie w granicach 0,041–0,115. Tak więc, zagęszczenie masy, wywołane tym samym obciążeniem 220 N, było średnio 2,8 raza większe przy wilgotności ok. 30%, niż przy wilgotności ok. 10%.

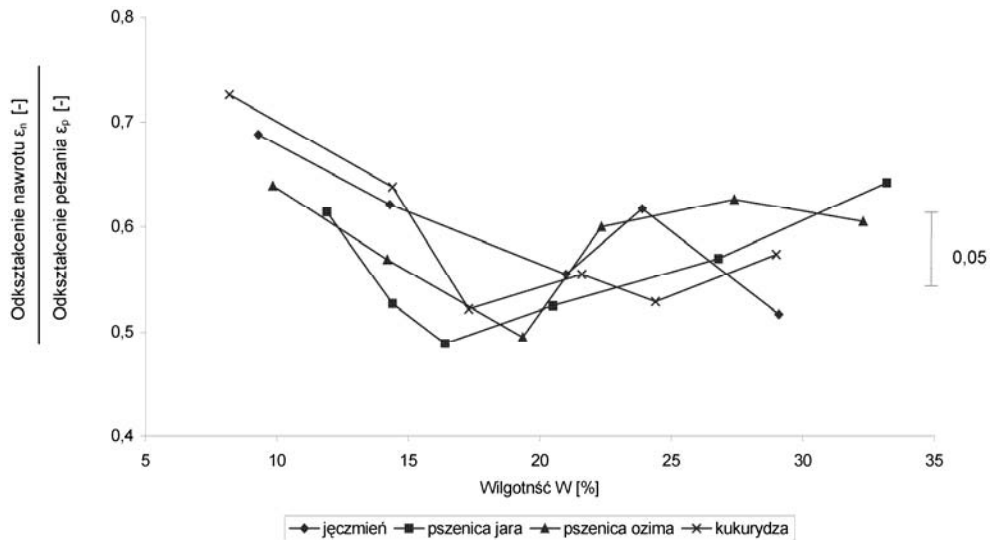
Udział odkształceń powrotnych w stosunku do odkształceń pełzania, dla wszystkich przeprowadzonych testów, był wysoki i wahał się w granicach 49–73%.



Rys. 2. Wpływ wilgotności na moduł sprężystości
 Fig. 2. Moisture content effect on elasticity coefficient



Rys. 3. Wpływ wilgotności na odkształcenie trwałe
 Fig. 3. Moisture content effect on plastic strain



Rys. 4. Wpływ wilgotności na stosunek odkształcenia nawrotu do odkształcenia pełzania

Fig. 4. Moisture content effect on the ratio of return strain to creep strain

Wnioski

Zdolność powrotu badanego materiału ziarnistego do poprzedniego kształtu, w cyklu obciążenie – odciążenie, była największa w przedziale wilgotności 14,2–17,3%, a najmniejsza przy wilgotności 29,1–33,2%, co należy tłumaczyć zwiększaniem się odkształceń trwałych ziarniaków i tarcia wewnętrznego masy przy wysokich wilgotnościach. Moduł sprężystości, dla pierwszego z wymienionych przedziałów wilgotności, mieścił się w granicach 3,92–9,6 MPa i dla niego wystąpiły największe różnice gatunkowe (jęczmień 3,92 MPa, pszenica jara 9,6 MPa).

Trwałe odkształcenie względne, a także stopień zagęszczenia masy wywołany obciążeniem zewnętrznym w badanym przedziale wilgotności ok. 10–30% wzrastał równomiernie w granicach 0,041–0,115 (wzrost zagęszczenia 4,1–11,5%).

Bibliografia

Chrzanowski M. 1985. Reologia ciał stałych. Wydawnictwo PK.

Frączek J. i in. 2003. Standaryzacja metod pomiaru właściwości fizyczno-mechanicznych roślinnych materiałów ziarnistych. Acta Agrophysica. Nr 92. Rozprawy i monografie. Lublin.

Kolowca J., Krzysztofik B. 2003. Właściwości reologiczne miąższu bulw wybranych odmian ziemniaka. Inżynieria Rolnicza nr 9.

Kolowca J. 2003. Ocena właściwości reologicznych wysokouwodnionych materiałów roślinnych. Inżynieria Rolnicza nr 11.

RHEOLOGICAL CHARACTERISTICS OF GRAIN MATERIAL WITH DIVERSIFIED HUMIDITY

Summary

The research involved creep tests with relief of grain material pressed uniaxially in a \varnothing 69.9 x 120 mm cylinder. The effect of moisture content (10–30%) on plastic strains and viscoelastic properties of the tested material were checked. Among others, it was proved that highest elasticity coefficient value was obtained for moisture content ranging from 14.2 to 17.3%. Largest species-related differences were confirmed in this humidity range.

Key words: grain material, viscoelastic properties