

Janusz Kolowca
Katedra Inżynierii Mechanicznej i Agrofizyki
Akademia Rolnicza w Krakowie

WPLYW WIELOKROTNYCH OBCIĄŻEŃ STATYCZNYCH NA STOPIEŃ ZAGĘSZCZENIA I WŁAŚCIWOŚCI REOLOGICZNE MASY ZIARNA

Streszczenie

Przeprowadzono eksperyment polegający na jednoosiowym statycznym i cyklicznym ściskaniu masy ziarnistej 4 gatunków (pszenica jara i ozima, jęczmień, kukurydza) o wilgotności około 14%. Zasypane do cylindra próbki ziarna poddawano wielokrotnym obciążeniom i odciążeniom (pełzanie z odciążeniem), począwszy od 40 N, a skończywszy na 220 N (0,01-0,057 MPa). Na każdym poziomie obciążenia rejestrowano całkowite odkształcenie pełzania, odkształcenie trwałe i sprężyste powrotne po zdjęciu obciążenia. Materiał po kolejnych cyklach obciążenie – odciążenie zagęszczał się coraz bardziej i zmieniały się jego właściwości reologiczne. W pracy zamieszczono przebiegi parametrów oceny w/w właściwości (modułu sprężystości, współczynnika lepkości dynamicznej) w funkcji poziomu obciążenia.

Słowa kluczowe: masa ziarnista, właściwości lepkosprężyste

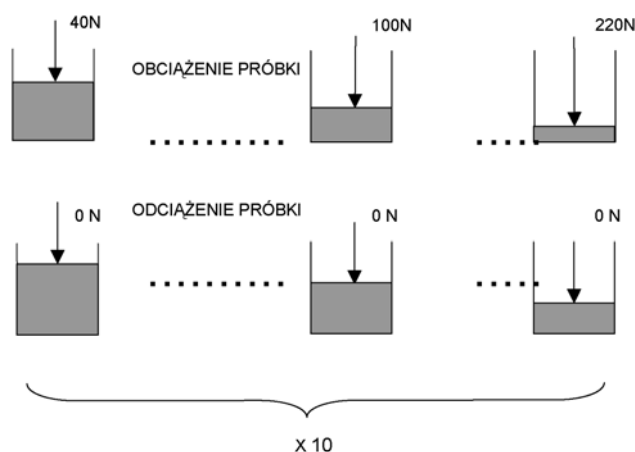
Wstęp

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. 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, zmieniają się jej właściwości trybologiczne (wzrasta kohezja i tarcie wewnętrzne, zmniejsza się zdolność materiału do uzyskania pierwotnego kształtu po zdjęciu obciążenia [Frączek i in. 2003]).

Metoda i materiał

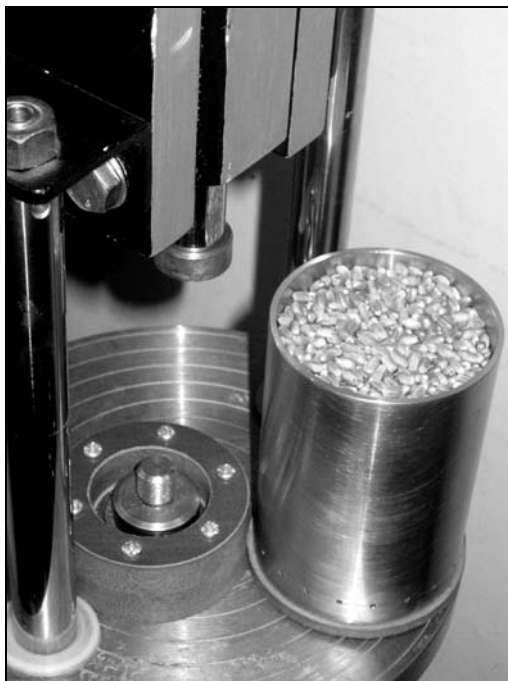
W reologii doświadczalnej, obok próby relaksacji i próby czasowej, przeprowadza się testy pełzania, które polegają na statycznym obciążeniu próbki i obserwacji zmian jej odkształcenia w czasie. Jednak najwięcej informacji o właściwościach reologicznych badanego materiału można uzyskać z testu pełzania 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 odwrotne ma charakter lepkosprężysty 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 nawrotu 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. Innym istotnym parametrem oceny właściwości reologicznych może być też współczynnik lepkości dynamicznej.

Przeprowadzono testy pełzania z odciążeniem, w którym materiał ziarnisty poddawano wielokrotnym obciążeniom i odciążeniom, skokowo co 20 N, w zakresie 40-220 N (rys. 1), w cylindrze o wymiarach Φ 69,9 x 120 (rys. 2). Na każdym poziomie obciążenia odczytywano, z dokładnością do 0,01 mm; całkowite odkształcenie pełzania S_p , sprężyste odkształcenie odwrotne S_n , odkształcenie trwałe S_t (rys. 3).

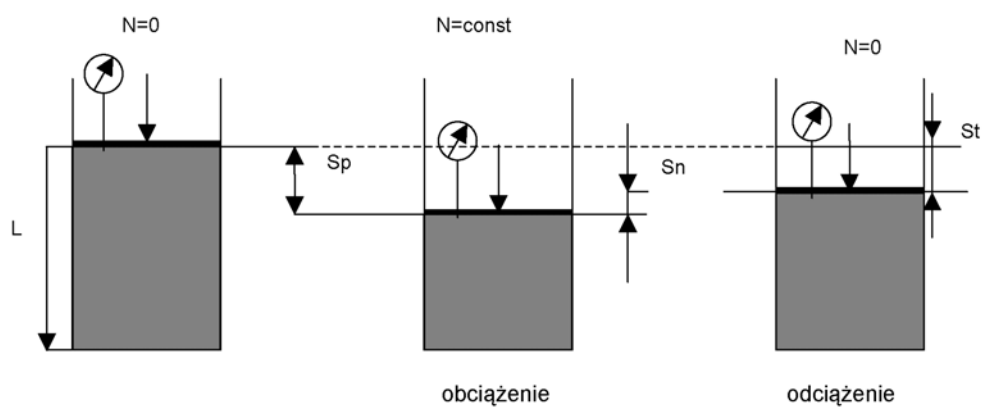


Rys. 1. Schemat doświadczenia

Fig. 1. Experiment diagram



Rys. 2. Cylinder z próbką materiału
Fig. 2. Cylinder with material sample



Rys. 3. Jeden cykl pomiarowy
Fig. 3. One measuring cycle

Po kolejnych cyklach obciążenia i odciążenia materiał zagęszczał się coraz bardziej i zmieniały się jego właściwości reologiczne, które oceniano za pomocą następujących parametrów:

- modułu sprężystości E [MPa],
- współczynnika lepkości dynamicznej K [MPa · s],
- odkształcenia trwałego względnego ϵ_t ,

Wyżej wymienione parametry obliczano ze wzorów:

$$E = \sigma / \epsilon_n \quad [\text{MPa}], \quad (1)$$

gdzie:

σ – napężenie

ϵ_n – powrotne odkształcenie względne

$$\epsilon_n = S_n / L,$$

gdzie:

L – wysokość warstwy ziarna

$$K = \sigma / \epsilon_t \cdot t \quad [\text{MPa} \cdot \text{s}], \quad (2)$$

gdzie:

t [s] – czas pełzania

$$\epsilon_t = S_t / L, \quad (3)$$

gdzie:

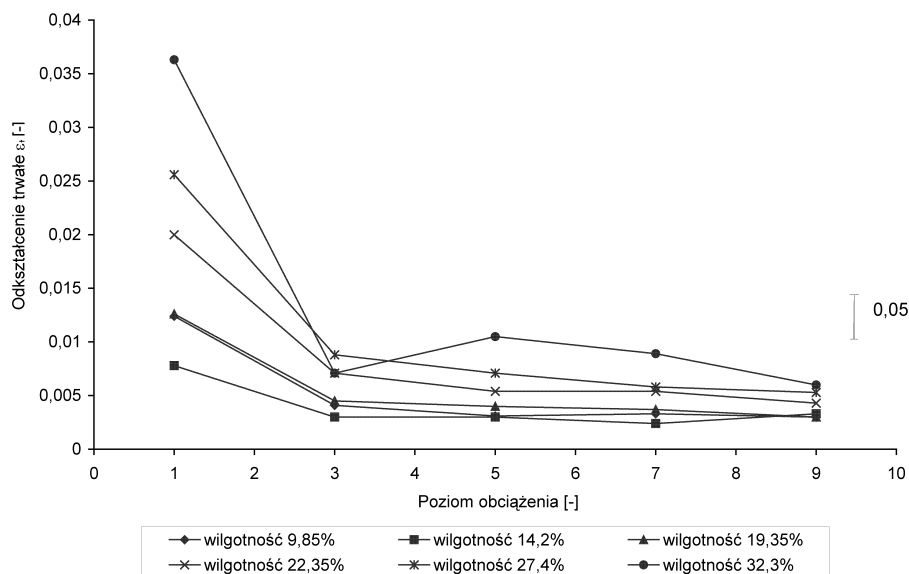
$$S_t = S_p - S_n$$

Zastosowany stand pomiarowy umożliwiał uzyskanie wysokiej stabilności obciążenia statycznego w fazie obciążenia, a także szybkie osiągnięcie stałej wartości i natychmiastowy jego zanik w trakcie odciążania [Kolowca, Krzysztofik 2003].

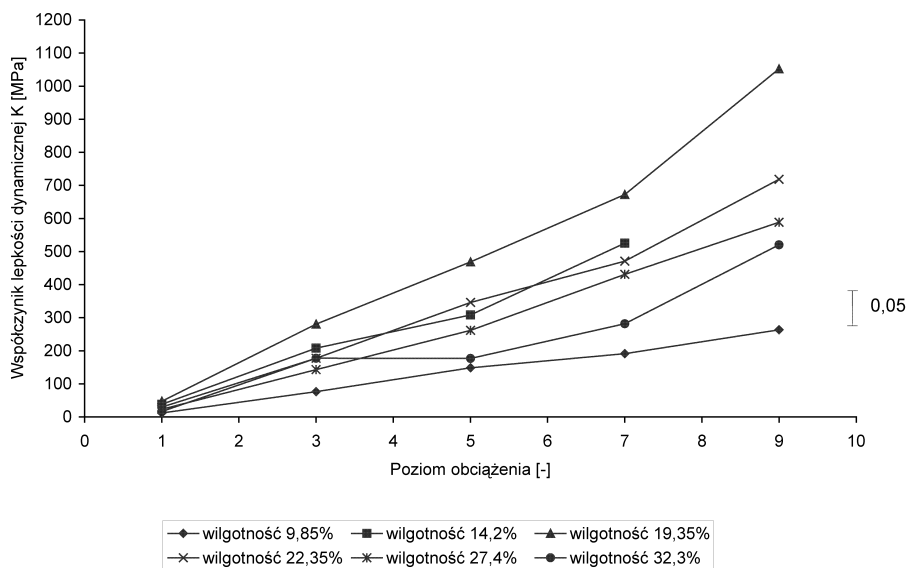
Przedmiot badań stanowiło ziarno pszenicy jarej (odm. Jasna), pszenicy ozimej (Korweta), jęczmienia (Bies) i kukurydzy (Rota) o wilgotności ok. 14%.

Wyniki badań

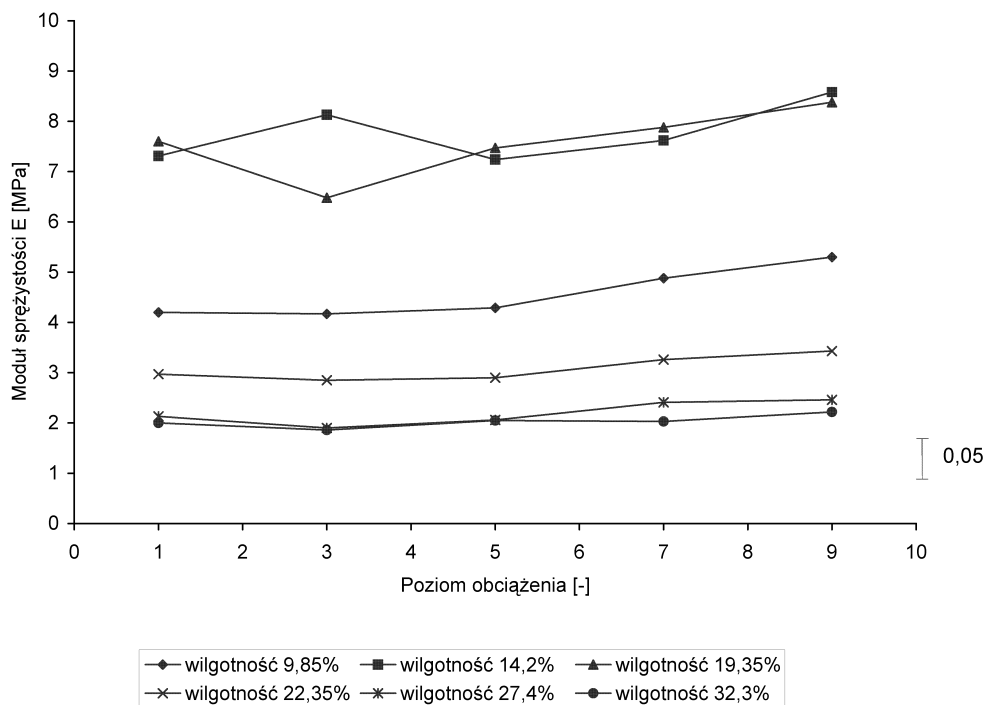
Sposób w jaki zmieniały się poszczególne parametry oceny właściwości reologicznych masy ziarnistej wszystkich badanych gatunków w funkcji poziomu obciążenia przedstawiają wykresy na rys. 4–6.



Rys. 4. Wpływ poziomu obciążenia na odkształcenie trwałe
 Fig. 4. Effect of load level on permanent set



Rys. 5. Wpływ poziomu obciążenia na współczynnik lepkości dynamicznej
 Fig. 5. Effect of load level on coefficient of dynamic viscosity



Rys. 6. Wpływ poziomego obciążenia na moduł sprężystości
 Fig. 6. Effect of load level on modulus of elasticity

Wnioski

1. Największy przyrost odkształcenia trwałego względnego ϵ_t wystąpił pomiędzy 1 i 3 poziomem obciążenia (20 i 60 N), a w zakresie 60÷220 N zmiany tego parametru były niewielkie.
2. Wartości współczynnika lepkości dynamicznej K wzrastały bardzo wyraźnie po kolejnych cyklach obciążenie – odciążenie.
3. Zmiany modułu sprężystości E były nieznaczne w całym przyjętym zakresie obciążeń.

Bibliografia

Chrzanowski M. 1985. Reologia ciał stałych. Wydawnictwo P.K.

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.

EFFECT OF MULTIPLE STATIC LOADING ON A DEGREE OF CONCENTRATION AND RHEOLOGICAL PROPERTIES OF GRAIN MASS

Summary

An experiment was carried out involving uniaxial static and cyclical compression of granular mass of 4 species (spring and autumn wheat, barley, maize) with a moisture of approx 14%. Grain samples poured into the cylinder were put to repeated loading and unloading (creeping with unloading), starting from 40 N, and ending up with 220 N (0,01-0,057 MPa). At each loading level recording was done for total creeping deformation, permanent set and elastic strain after removing the load. The material after subsequent loading – unloading cycles became more and more compacted and its rheological properties were changing. The paper includes characteristics of assessment parameters of the above mentioned properties (modulus of elasticity, coefficient of dynamic viscosity) as a function of load level.

Key words: grain mass, viscoelastic properties