

WPŁYW WIELOKROTNYCH OBCIĄŻEŃ STATYCZNYCH NA STOPIEŃ ZAGĘSZCZENIA I WŁAŚCIWOŚCI REOLOGICZNE MASY NASION ROŚLIN OLEISTYCH

Janusz Kolowca, Marek Wróbel

Katedra Inżynierii Mechanicznej i Agrofizyki, Uniwersytet Rolniczy w Krakowie

Streszczenie. W pracy przedstawiono wyniki badań polegających na jednoosiowym ściskaniu masy nasion roślin oleistych w cylindrze o wymiarach 70 x 120 mm. Testy zostały przeprowadzone na trzech gatunkach roślin oleistych, takich jak: len, rzepak, słonecznik. Próbkę nasion były poddawane wielokrotnym obciążeniom i dociążeniom. Zakres obciążeń mieścił się w granicach 73,86-561,40 N. Przy każdej zmianie obciążenia próbki rejestrowano: całkowite odkształcenie pełzania, odkształcenie trwałe i sprężyste. Przedstawiono wykresy zmian parametrów oceny (moduł sprężystości, współczynnik lepkości dynamicznej i inne) w funkcji obciążenia.

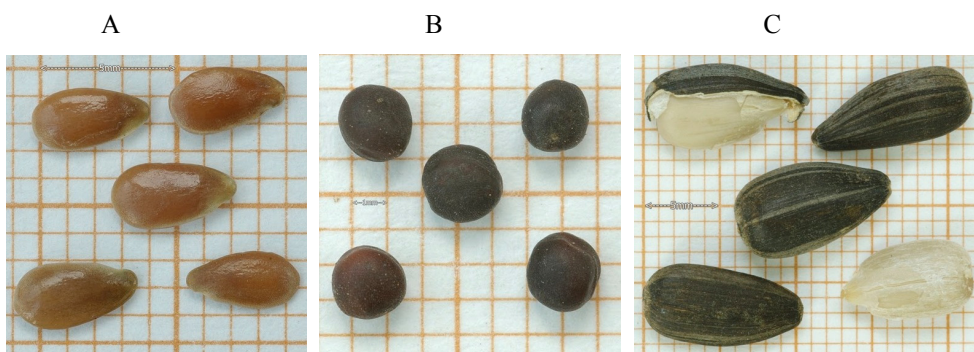
Słowa kluczowe: rośliny oleiste, nasiona, moduł sprężystości, współczynnik lepkości dynamicznej

Wstęp

W ostatnich latach produkcja nasion roślin oleistych wykazuje tendencję wzrostową, która jest odpowiedzią na rosnące zapotrzebowanie na oleje roślinne do celów spożywczych i technicznych (np. biopaliwa). Nasiona roślin oleistych, takich jak: rzepak, soja, słonecznik, stanowią odpowiednio 11%, 58%, 8% udziału światowej produkcji nasion oleistych [Rosiak 2004]. Ta skala produkcji powoduje, iż niezbędną staje się wiedza na temat zachowania się złoza nasion w czasie zabiegów technologicznych. Długotrwałe magazynowanie nasion w zbiornikach i silosach w celu zapewnienia ciągłości produkcji sprawia, że materiał narażony jest na działanie destrukcyjnych obciążeń mechanicznych, które w granicznych przypadkach powodują nieodwracalne odkształcenia i uszkodzenia, zwłaszcza dla nasion o wysokiej wilgotności [Kolowca 2006a]. W związku z tym, z punktu widzenia techniki silosowej, bardzo ważne jest poznanie zachowań reologicznych takich materiałów. Zjawisko samosortowania i wzrost ciśnienia słupa nasion przy napełnianiu zbiorników powoduje, że zwiększa się zagęszczenie sypkiej masy, co wywołuje skomplikowany stan naprężeń i odkształceń. W pewnych krytycznych stanach naprężeń i odkształceń może wystąpić wyraźna spójność nasion i ich masa po odciążeniu (częściowym opróżnieniu silosu) może przyjmować kształt nadany podczas największego obciążenia (w silosie napełnionym całkowicie), co jest zjawiskiem bardzo niekorzystnym. Wynika to ze wzrostu kohezji i tarcia wewnętrznego nasiona, a więc zmniejszenia się zdolności materiału do uzyskania pierwotnej objętości i kształtu po zdjęciu obciążenia. [Frączek i in. 2003; Kolowca 2006b].

Cel, materiał i metoda

Celem pracy było zbadanie właściwości reologicznych masy nasion wybranych roślin oleistych. Właściwości te zostały ocenione na podstawie testów pełzania z odciążeniem. Materiałem badawczym były nasiona roślin oleistych, takich jak: len zwyczajny (*Linum usitatissimum* L.), rzepak (*Brassica napus* L. var. *napus*) oraz słonecznik zwyczajny (*Helianthus annuus* L.) (rys. 1).



Źródło: <http://plantsgallery.blogspot.com>

Rys. 1. Nasiona roślin stanowiące materiał badawczy: A – len zwyczajny (*Linum usitatissimum* L.), B – rzepak (*Brassica napus* L. var. *napus*), C – słonecznik zwyczajny (*Helianthus annuus* L.)

Fig. 1 Seeds of plants which constitute a research material: A – common flax (*Linum usitatissimum* L.), B – rape (*Brassica napus* L. var. *napus*), C – common sunflower (*Helianthus annuus* L.)

Przeprowadzono doświadczenie polegające na ścisaniu masy nasion w cylindrze, przy różnych poziomach obciążenia statycznego w zakresie 73,8÷561,4 N, przy stopniowaniu co 44,3 N, co powodowało różne stany zagęszczenia i zarazem zmianę właściwości reologicznych badanego materiału.

Do oceny właściwości reologicznych badanego materiału zastosowano następujące parametry:

– współczynnik lepkości dynamicznej K [MPa·s]:

$$K = \frac{\sigma}{\epsilon_t} \cdot t_p \quad (1)$$

$$\epsilon_t = \frac{S_t}{h} \quad (2)$$

$$S_t = S_p - S_n \quad (3)$$

gdzie:

- ε_t – odkształcenie względne trwałe,
 - S_t – odkształcenie bezwzględne trwałe [mm],
 - S_p – odkształcenie bezwzględne pełzania [mm],
 - S_n – odkształcenie bezwzględnego pełzania powrotnego [mm],
 - σ – naprężenie [MPa],
 - t_p – czas pełzania powrotnego [s],
 - h – wysokość słupa nasion [mm].
- moduł sprężystości E [MPa]:

$$E = \frac{\sigma}{\varepsilon_n} \quad (4)$$

$$\varepsilon_n = \frac{S_n}{h} \quad (5)$$

gdzie:

- ε_n – nawrót odkształcenia względnego.
- stosunek odkształcenia powrotnego do odkształcenia pełzania:

$$\frac{\varepsilon_n}{\varepsilon_p} \quad (6)$$

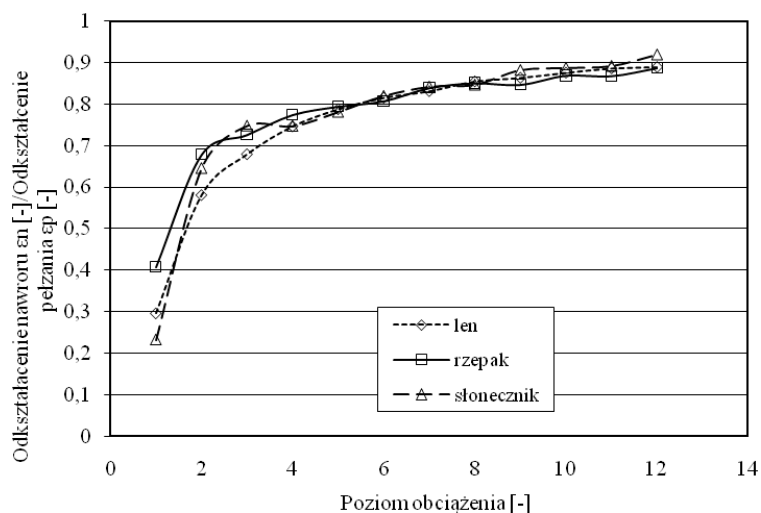
- sumaryczne odkształcenia trwałe po i-tym cyklu:

$$\sum_{i=1}^{12} \varepsilon_{ti} \quad (7)$$

Wyniki

Zmiany poszczególnych parametrów oceny właściwości reologicznych masy badanych nasion roślin oleistych w funkcji poziomu obciążenia przedstawiają rysunki 2-6.

Rysunek 2 przedstawia stosunek odkształcenia nawrotu do odkształcenia pełzania. Należy zwrócić uwagę, iż wartość tego współczynnika gwałtownie rośnie pomiędzy pierwszym a czwartym obciążeniem. Następnie pomiędzy czwartym a dziesiątym zmiany są mniejsze w granicach – 0,745 a 0,886. Kolejnym ważnym aspektem jest to, iż przy 8 obciążeniu największa różnica wartości tego parametru wynosi zaledwie 0,0087.



Źródło: opracowanie własne autorów

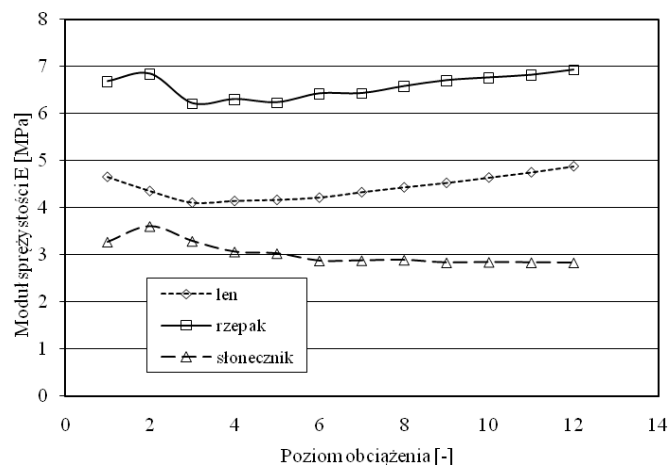
Rys. 2. Stosunek odkształcenia nawrotu do odkształcenia pełzania
Fig. 2 Relation of reversion deformation with creeping deformation

Na rysunku 3 przedstawiono wpływ poziomu obciążenia na moduł sprężystości E . Pomiędzy pierwszym a piątym obciążeniem moduł nieznacznie maleje, szczególnie dotyczy to lnu i rzepaku, po czym nieznacznie wzrasta. Dla słonecznika natomiast w miarę zwiększania obciążenia maleje moduł sprężystości z 3,2715 MPa do 2,8282 MPa. Drugim ważnym zagadnieniem jest różnica wartości modułu sprężystości pomiędzy rzepakiem a słonecznikiem, która dochodzi nawet do 4,0974 MPa.

Zewnętrzne odkształcenia trwałego badanego materiału możemy prześledzić na rysunku 4. Przy pierwszym i drugim obciążeniu materiał wykazywał duży zakres odkształcenia trwałego. Przy dalszych obciążeniach odkształcenie trwałe lnu i rzepaku stabilizuje się, co jest spowodowane znacznym zagęszczeniem materiału. Jedynie słonecznik po znacznym spadku wartości odkształcenia trwałego w drugim i trzecim obciążeniu nieznacznie wzrasta, po czym stabilizuje się.

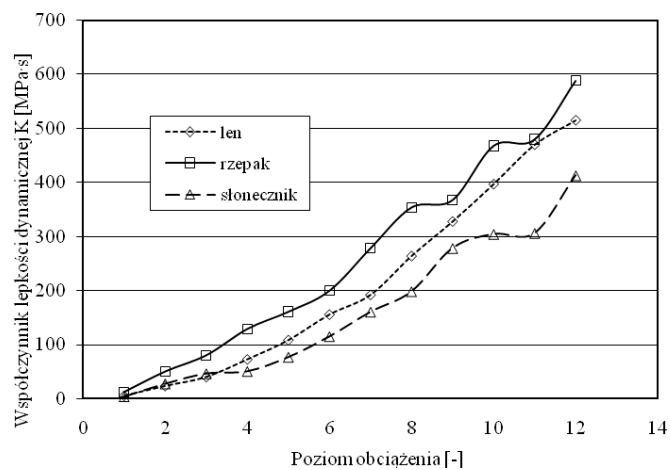
Na rysunku 4 możemy prześledzić wpływ poziomu obciążenia na współczynnik lepkości dynamicznej K . W miarę zwiększania obciążenia parametr ten również się zwiększa. Przy pierwszym obciążeniu wynosił, w zależności od materiału 4,1224 MPa·s do 12,1297 MPa·s, podczas gdy przy dwunastym obciążeniu 412,9479 MPa·s do 587,4554 MPa·s.

Rysunek 5 przedstawia wpływ poziomu obciążenia na sumaryczne odkształcenia trwałe. Przy tym parametrze należy zwrócić uwagę, iż dla poszczególnych roślin wartość sumarycznych odkształceń trwałych różni się dość znacznie przy dwunastym obciążeniu, dla rzepaku wynosi 0,0340 podczas gdy dla słonecznika 0,0803. Tak duża różnica wynika z różnicy wielkości nasion.



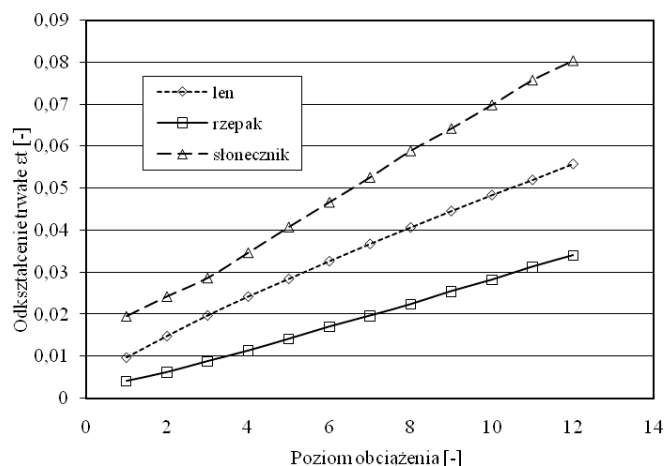
Źródło: opracowanie własne

Rys. 3. Wpływ poziomego obciążenia na moduł sprężystości
Fig. 3 Influence of load level on the modulus of elasticity



Źródło: opracowanie własne

Rys. 4. Wpływ poziomego obciążenia na współczynnik lepkości dynamicznej
Fig. 4 Influence of load level on the coefficient of dynamic viscosity



Źródło: opracowanie własne autorów

Rys. 5. Wpływ poziomu obciążenia na sumaryczne odkształcenia trwałe
 Fig. 5. Influence of load level on the accumulative permanent set

Wnioski

Na podstawie analizy wyników badań, charakteryzujących przebieg zmian parametrów oceny w funkcji poziomu obciążenia, a więc i stopnia zagęszczenia, można przedstawić następujące wnioski, które mogą być wykorzystane przy projektowaniu procesów zagęszczenia masy nasion roślin oleistych (rzepak, lnu, słonecznika):

- Dla wszystkich badanych gatunków zaobserwowano następujące prawidłowości:
 - najwyższe wartości odkształceń trwałych (ϵ_t) wystąpiły pomiędzy 1 i 3 poziomem obciążenia (73,8-162,5 N), a dla pozostałych poziomów do 9 włącznie (206,8-561,4 N) zmiany tego parametru były nieznaczne,
 - sumaryczne odkształcenia trwałe wzrastało w sposób ciągły dla całego zakresu obciążeń (73,8-561,4 N),
 - współczynnik lepkości dynamicznej (K) wzrastał w całym badanym zakresie obciążeń,
 - zmiany modułu sprężystości (E) dla różnych poziomów obciążenia były nieznaczne,
 - stosunek odkształcenia nawrotu do odkształcenia pełzania (ϵ_n/ϵ_p) wzrastał bardzo wyraźnie do 4 poziomu obciążenia (206,8 N), a przy wyższych obciążeniach zmienił się nieistotnie.
- Analiza przebiegu zmian wartości w/w parametrów oceny dla różnych gatunków roślin wykazuje, że:
 - największą podatność na odkształcenia trwałe mają nasiona słonecznika (nasiona grube), a najniższą, nasiona rzepaku (nasiona drobne),

- najwyższe wartości lepkości dynamicznej (K) miały nasiona rzepaku, a najniższe nasiona słonecznika,
- najbardziej wyraźne różnice wartości wystąpiły dla modułu sprężystości (E); najwyższe odnosiły się do nasion rzepaku, a najniższe do nasion słonecznika.

Bibliografia

- Kolowca J.** 2006a. Właściwości reologiczne masy ziarna o zróżnicowanej wilgotności. Inżynieria Rolnicza. Nr 12 (87). s. 243-248.
- Kolowca J.** 2006b. Wpływ wielokrotnych obciążeń statycznych na stopień zagęszczenia i właściwości reologiczne masy ziarna. Inżynieria Rolnicza. Nr 13 (88). s. 193-199.
- Fraćzek J., Kaczorowski J., Ślipek Z., Horabik J., Molenda M.** 2003. Standaryzacja metod pomiarów właściwości fizyczno – mechanicznych roślinnych materiałów ziarnistych. Acta Agrophysica.
- Rosiak E.** 2004: Rynek rzepaku w sezonie 2004/05. IERiGŻ. Warszawa.

INFLUENCES OF MULTIPLE STATIC LOADS ON THE LEVEL OF CONDENSATION AND RHEOLOGIC PROPERTIES OF THE MASS OF OIL PLANT SEEDS

Abstract. The study presents the results of the research comprising of uni-axial compression of oil plants seeds mass in the cylinder of 70 x 120 mm. The tests were performed on three varieties of oil plants, such as, flax, rape, and sunflower. The seeds samples were subjected to multiply loads and reloading. The scope of loads was between 73.86-561.40 N. The samples were registered at every load change: total creeping deformation, permanent set and elastic deformation. Diagrams of assessment parameters changes (modulus of elasticity, coefficient of dynamic viscosity and other) in the function of load.

Key words: oil plants, seeds, modulus of elasticity, coefficient of dynamic viscosity

Adres do korespondencji:

Janusz Kolowca; e-mail: jkolowca@ar.krakow.pl
Katedra Inżynierii Mechanicznej i Agrofizyki
Uniwersytet Rolniczy w Krakowie
ul. Balicka 120
30-149 Kraków

