

ROZKŁAD NACISKÓW POWIERZCHNIOWYCH DLA ZIARNA ZGNIATANEGO POMIĘDZY PŁASKIMI PŁYTAMI

Streszczenie

W opracowaniu przedstawiono rzeczywiste rozkłady nacisków na powierzchni styku ziarna pszenicy z płaską powierzchnią roboczą w poszczególnych fazach zgniotu. Wykresy uzyskano przy zastosowaniu opracowanej przez autorów metodyki opartej na wykorzystaniu elastooptycznej metody pomiaru naprężeń. Obliczono również średnie wartości nacisków.

Słowa kluczowe: ziarno pszenicy, naciski powierzchniowe, metoda elastooptyczna, proces zgniotu

Wstęp

Badania eksperymentalne dotyczące zachowania się pojedynczych ziaren pszenicy w procesie przygotowania paszy są dosyć rzadko prowadzone przez badaczy. Większość autorów jako przedmiot badań przyjmuje masę ziaren.[Guritno ,Haque 1994], [Opielak 1995], [Romański 1999.]. Otrzymane w ten sposób wyniki pozwalają co prawda na dość precyzyjne określenie zapotrzebowania energetycznego całego procesu natomiast trudno jest w ten sposób poznać przyczyny zachodzących zjawisk mających istotny wpływ na energochłonność zgniatania.

Prace zmierzające do zmniejszania energochłonności procesów przygotowania pasz w obecnej chwili prowadzone są w kierunku poznania mechanizmu zgniotu ziarna, ze szczególnym uwzględnieniem zjawiska pękania i podziału ziarna. Jednym z elementów tych prac jest poznanie rzeczywistych rozkładów nacisków działających na ziarno pszenicy w procesie zgniotu w jego poszczególnych fazach. Wobec braku ścisłej teorii pozwalającej na rozważania teoretyczne w odniesieniu do nacisków powierzchniowych dla ziaren pszenicy, szczególnego znaczenia nabierają badania doświadczalne. Wyniki tych działań mogą się przyczynić do powstania rozwiązań teoretycznych niezbędnych w praktyce inżynierskiej.

W pracy [Stopa, Romański 2003] autorzy przedstawili wyniki badań dotyczących rozkładów nacisków w trakcie zgniotu ziaren w modelu gniotownika walcowego. Z uwagi na fakt, że większość badań doświadczalnych dotyczących zgniatania ziaren pszenicy prowadzonych jest przy zastosowaniu maszyny wytrzymałościowej Instron 5566, gwarantującej precyzyjne i wiarygodne wyniki, autorzy w niniejszym opracowaniu podjęli próbę wyznaczenia wartości oraz rozkładu nacisków w procesie zgniotu ziarna pszenicy pomiędzy dwiema równoległymi płytami.

W badaniach posłużono się metodą elastooptyczną w świetle przechodzącym. Zastosowanie metody elastooptycznej w świetle przechodzącym w badaniach eksperymentalnych polega zwykle na budowaniu modeli z materiałów optycznie czułych [Stopa i Romański 2002], [Romański, Stopa 2001]. W przypadku pomiarów rozkładu nacisków ziarna pszenicy przy współpracy z płaską powierzchnią, z materiału optycznie czułego wykonano płytę pomiarową.

Cel badań

Celem badań było określenie rzeczywistych rozkładów nacisków na powierzchni styku ziarna z płaską powierzchnią roboczą w płaszczyźnie osi podłużnej ziarna w poszczególnych fazach zgniotu oraz obliczenie średnich wartości nacisków.

Metodyka i przedmiot badań

Prace badawcze prowadzono zgodnie z metodyką przedstawioną w pracy [Stopa i Romański 2003]. Materiał badawczy wyselekcjonowano bardzo starannie z przygotowanej partii ziaren pszenicy odmiany Kobra pochodzącej ze zbiorów w roku 2003. Wybrano egzemplarze o wilgotności wynoszącej 11%, szklistości 58,9% charakteryzujące się podobnym kształtem, zbliżonymi wymiarami oraz jednakową wagą.

Rozkłady nacisków uzyskano przy wykorzystaniu stanowiska pomiarowego złożonego z maszyny wytrzymałościowej Instron 5566 umieszczonej w przestrzeni pomiarowej liniowego polaryskopu elastoptycznego o połowym źródle światła (rys.1).

Rys. 1. Stanowisko pomiarowe

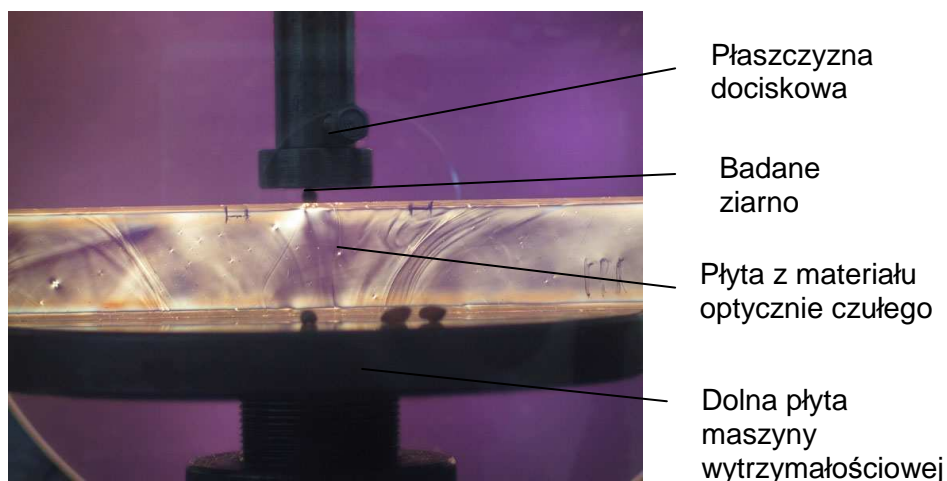
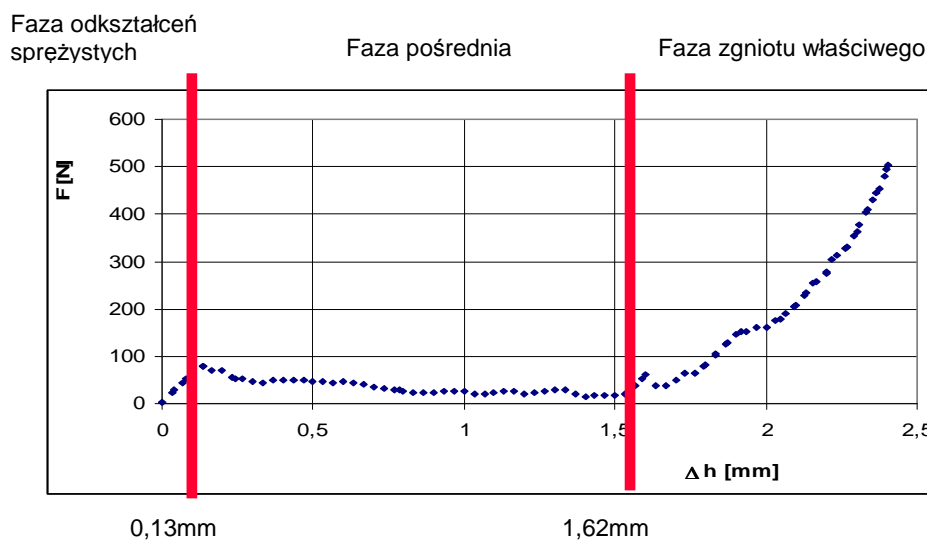


Fig. 1. Measuring stand

Ziarna pszenicy zgniatano pomiędzy dwiema płaskimi płytami z których górna była płytą obciążającą (płyta robocza maszyny wytrzymałościowej), a dolna płytą pomiarową wykonaną z materiału wykazującego efekt dwójłomności wymuszonej (żywica epoksydowa Eidian-5 modyfikowana ftalanem-2n-butylu). Obciążenie wymuszano przy pomocy maszyny wytrzymałościowej Instron 5566 wyposażonej w głowicę o zakresie do 1kN umożliwiającą pomiar siły z dokładnością do 1N. Stosunek modułów Younga żywicy epoksydowej i ziarna pszenicy jest na tyle duży, że można pominąć lokalne odkształcenia płyty pomiarowej.

Wymiary płyty pomiarowej dobrano tak, aby z jednej strony wyeliminować zakłócenia obrazu pochodzące od oddziaływania podłoża, a z drugiej uniemożliwić wyboczenie płyty w kierunku prostopadłym do kierunku działania siły. Grubość płyty musiała zapewnić odpowiednio wysoką czułość optyczną. Po przeprowadzeniu serii prób przyjęto następujące wymiary płyty pomiarowej: szerokość – 180mm, wysokość – 80mm, grubość – 12mm. Polaryskop ustawiono w taki sposób, aby jego oś optyczna była prostopadła do powierzchni pomiarowej płyty i przechodziła przez punkt styku płyty z badanym ziarnem.

Przed wykonaniem pomiarów rozkładów nacisków przy wykorzystaniu metody elastoptycznej przeprowadzono próby ściskania partii wyselekcjonowanych ziaren w celu uzyskania wykresu obciążenia w funkcji odkształcenia (rys.2). Zależność ta pozwoliła na określenie granicy poszczególnych etapów zgniotu.



Rys. 2. Fazy zgniotu ziarna pszenicy
Fig. 2. Phases of wheat grain crushing

Obciążenia pionowe dobrano w taki sposób, aby uzyskać obrazy elastoptyczne od momentu pojawienia się pierwszych izochrom na powierzchni płyty pomiarowej, aż do całkowitego zgniotu ziarna. Pierwsze izochromy pojawiły się przy obciążeniu 15N, natomiast zgniot całkowity (grubość płątka wynosząca 0,4 mm) osiągnięto przy obciążeniu 510N.

Badania przeprowadzono dla trzech etapów zgniotu [Stopa i Romański 2001]. I etap to faza odkształceń sprężystych w zakresie obciążeń od 15N do 85N N, II etap to faza pośrednia w której następuje zmniejszenie grubości płątka bez wzrostu, a nawet przy spadku obciążenia (85N - 60N). Natomiast III etap to faza zgniotu właściwego w zakresie obciążeń od 60N do 510N.

Na podstawie obrazów izochrom [Pindera 1953] wyznaczono rozkłady rzędów izochrom wzdłuż linii styku z badanym ziarnem. Po dokonaniu pomiarów geometrii styku odkształconego ziarna pszenicy z płytą pomiarową, obliczono średnią wartość nacisków przypadającą na jednostkę długości styku w płaszczyźnie osi podłużnej ziarna. Do obliczeń nacisków w przypadku fazy odkształceń sprężystych zastosowano wzory oparte na teorii Hertz'a, natomiast obliczenia w pozostałych fazach oparto na założeniu stałej wartości nacisków w kierunku prostopadłym do osi podłużnej ziarna. Przyjęcie takiego założenia było możliwe po przeprowadzeniu dodatkowych pomiarów zgniotu ziarna w kierunku prostopadłym do osi podłużnej ziarna.

Zakładając proporcjonalną zależność pomiędzy wartością siły, a wielkością rzędu izochrom wyznaczono rozkład nacisków wzdłuż linii styku ziarna z powierzchnią tarczy w fazie odkształceń sprężystych, fazie pośredniej i w fazie zgniotu właściwego.

Wyniki badań i ich analiza

Efektom przeprowadzonych pomiarów były obrazy izochrom na powierzchni płyty pomiarowej w okolicach styku z ziarnem pszenicy dla poszczególnych wartości siły obciążającej w fazie odkształceń sprężystych, w fazie pośredniej i w fazie zgniotu właściwego.

W fazie odkształceń sprężystych (rys.3) styk ziarna z płytą pomiarową miał kształt elipsy o bardzo małej powierzchni. Długości odcinków styku w płaszczyźnie prostopadłej do osi optycznej polaryskopu, przechodzącej przez

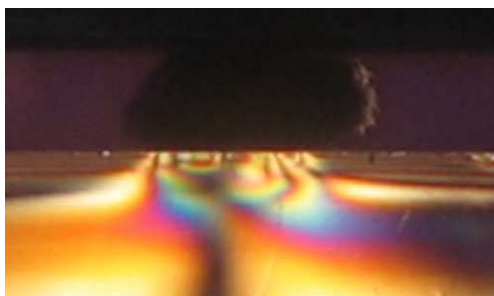


F = 15N

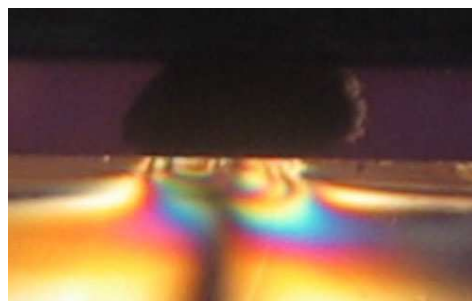
F = 80n

Rys. 3. Obrazy izochrom w płycie pomiarowej podczas zgniotu ziarna pszenicy w fazie odkształceń sprężystych

Fig. 3. Image of isochromatic lines on measuring plate during wheat grain crushing – elastic strain phase



F = 65N



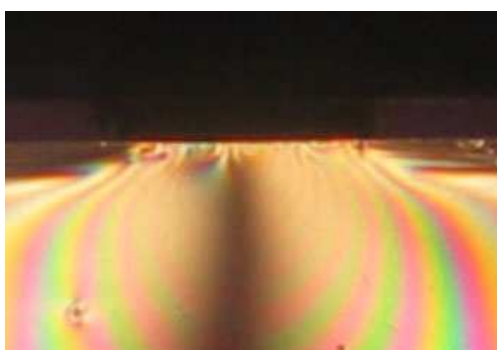
F = 58N

Rys. 4. Obrazy izochrom w płycie pomiarowej podczas zgniotu ziarna pszenicy w fazie pośredniej

Fig. 4. Image of isochromatic lines on measuring plate during wheat grain crushing – intermediate phase



F = 180N



F = 510N

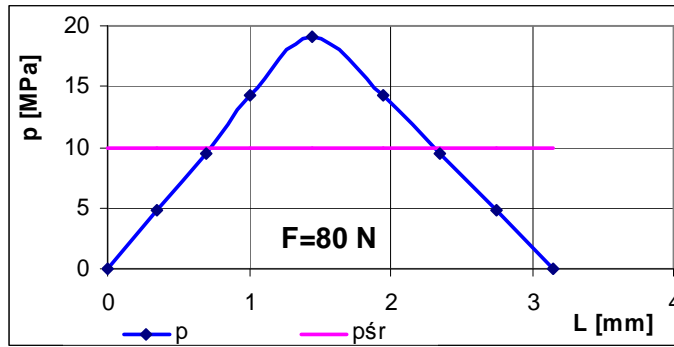
Rys. 5. Obrazy izochrom w płycie pomiarowej podczas zgniotu ziarna pszenicy w fazie zgniotu właściwego

Fig. 5. Image of isochromatic lines on measuring plate during wheat grain crushing – real crushing phase

oś podłużną ziarna, wahały się, w granicach od 1,85mm w początkowym etapie obciążania ($F = 15N$) do 3,15mm tuż przed pojawieniem się pierwszych oznak pęknięcia ($F = 80N$). Maksymalne rzędy izochrom narastających wokół punktów styku wynosiły $m = 2$.

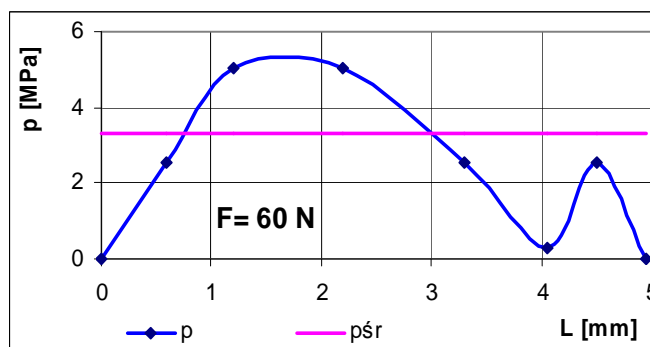
Po przekroczeniu lokalnego maksimum na wykresie obciążania (Rys.2 - faza przejściowa), wystąpiły pierwsze pęknięcia ziarna, które spowodowały powstanie nowych lokalnych punktów styku ziarna z płytą pomiarową. Widoczny był brak wzrostu, a nawet spadek maksymalnego rzędu izochrom wokół powstałych punktów styku (rys.4).

W fazie zgniotu właściwego (rys. 5) charakter styku zmieniał się z punktowego na powierzchniowy. Długości odcinków styku w płaszczyźnie przechodzącej przez oś podłużną ziarna, zwiększały się wyraźnie i mieściły się w przedziale od 7,1 mm do 7,5 mm, a maksymalne rzędy izochrom nie przekraczały $m=5$.



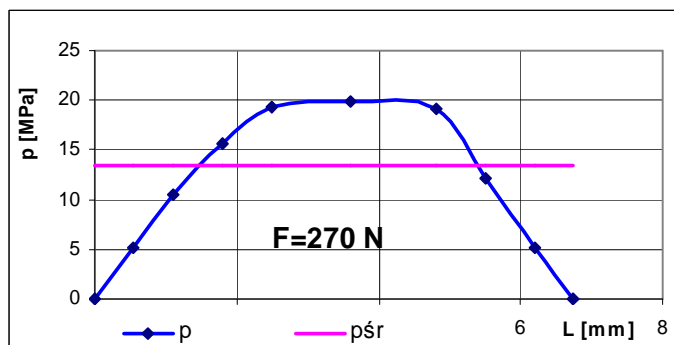
Rys.6. Wartość średnia oraz rzeczywisty rozkład nacisków w płaszczyźnie przechodzącej przez oś podłużną ziarna w fazie odkształceń sprężystych

Fig. 6. Mean value and real pressure distribution on the plain of longitudinal grain axis at elastic strain phase



Rys.7. Wartość średnia oraz rzeczywisty rozkład nacisków w płaszczyźnie przechodzącej przez oś podłużną ziarna w fazie pośredniej

Fig. 7. Mean value and real pressure distribution on the plain of longitudinal grain axis at intermediate phase



Rys.8. Wartość średnia oraz rzeczywisty rozkład nacisków w płaszczyźnie przechodzącej przez oś podłużną ziarna w fazie zgniotu właściwego

Fig. 8. Mean value and real pressure distribution on the plain of longitudinal grain axis at real crushing phase

W fazie odkształceń sprężystych (rys.6) rozkład nacisków rzeczywistych jest symetryczny względem prostopadłej do odcinka styku w połowie jego długości. Posiada wyraźne maksimum, a wartości maksymalne nacisków są dwukrotnie większe od wartości średniej.

W fazie pośredniej (rys.7) występuje zwykle kilka lokalnych maksymalnych wartości nacisków. Wartości maksymalne przekraczają o około 30% wartości średnie.

W fazie zgniotu właściwego (rys.8) długość odcinka styku ulega wyraźnemu wydłużeniu. Rozkład nacisków rzeczywistych posiada maksimum w postaci odcinka o długości zależnej od wartości obciążenia. Wartości maksymalne nacisków przewyższają wartość średnią o około 30%.

Wnioski

1. W fazie odkształceń sprężystych promień powierzchni styku waha się w granicach od 1,85 mm do 3,15 mm w badanym zakresie obciążeń, co stanowi od 20% do 33% długości ziarna. Wartości maksymalne nacisków powierzchniowych występujące w okolicach środka powierzchni styku przekraczają wartości średnie o około 60% do 80%.
2. W fazie zgniotu właściwego długość powierzchni styku waha się w granicach od 7,1mm do 7,5 mm co stanowi prawie całą długość ziarna. Wartości maksymalne nacisków występują w obszarach położonych w okolicach osi pionowej ziarna i o około 60% przewyższają wartości średnie.
3. W fazie pośredniej występuje jednocześnie kilka punktów styku ziarna z płaszczyzną zgniatającą. W badanym zakresie obciążeń długość powierzchni styku wynosiła od 4,95 mm do 5,47mm. Naciski powierzchniowe w fazie pośredniej były najniższe w stosunku od ich wartości w pozostałych fazach procesu.

Bibliografia

Guritno P., Haque E. 1994. Relationship between energy and size reduction of grains using a three-roller mill. Trans. of ASAE. 37:1243-1248.

Lewiński J. 2000. Podstawy wytrzymałości materiałów. Ofic. Wydaw. Polit. Warszawskiej.

Opielak M. 1995. Rozdrabnianie materiałów w przemyśle rolno-spożywczym. Badanie zależności pomiędzy parametrami procesu. Rozpr. Hab. AR Lublin,

Pindera W. 1953.: Zarys elastooptyki .PWT Warszawa.

Romański L.1999. Badania rozdrabniaczy dwuwalcowych w aspekcie zużycia energii i zawartości frakcji pylistej w śrucie. Inż. Rol.5: 361-365.

Romański L., Stopa R.. 2001.: Zastosowanie metody elastooptycznej do badania procesu zgniatacia ziarna pszenicy. Prob. Inż. Rol. Nr 3; 21-28.

Stopa R., Romański L.2001.: Analiza zmian mikrostruktury ziarna pszenicy w procesie zgniatacia pomiędzy równoległymi płytami. Prob. Inż. Rol. Nr 38/4.

Stopa R., Romański L. 2002.: Analiza zmian mikrostruktury nasiona bobiku w procesie zgniatacia pomiędzy równoległymi płytami, Prob. Inż. Rol. Nr 38/4.

Stopa R., Romański L., Niemiec A. 2003. Zastosowanie metody elastooptycznej do badania nacisków w trakcie zgniatacia ziarna pszenicy w gniotowniku walcowym. Inż. Rol. 7 (49): s.189-194

DISTRIBUTION OF SURFACE PRESSURE ON GRAINS CRUSHED BETWEEN FLAT PLATES

Summary

A real pressure distribution on the contact surface of wheat grain with flat working surface of plates was determined for particular phases of crushing process. The diagrams were obtained with the use of a method developed by authors, based on application of photo elastic measuring of the stresses. Mean pressure values were also calculated.

Key words: wheat grain, crushing process, surface pressures, photo elastic method.

Recenzent – Roman Hejft