

GRZEGORZ SZALA

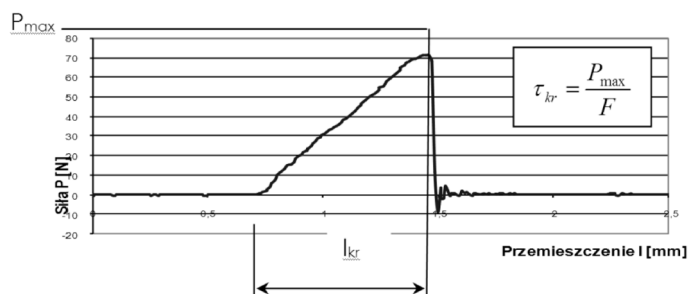
Wydział Mechaniczny, Uniwersytet Technologiczno-Przyrodniczy w Bydgoszczy

# Mikrofraktografia powierzchni przelomów ziarniaków pszenicy w próbie technologicznego ścinania

## Wprowadzenie

Analiza mikrofraktograficzna powierzchni przelomów ziarniaków pszenicy jest częścią analizy, której celem jest opis procesu ścinania w rozdrabniaczach zbożowych, wielotarczowych i wielobębnowych. Wyniki tej analizy posłużą w dalszych pracach do opracowania modelu matematycznego, umożliwiającego opis procesu technologicznego ścinania. Jednym z podstawowych czynników istotnych ze względów konstrukcyjnych i eksploatacyjnych jest energochłonność procesu rozdrabniania.

Celem niniejszej pracy są badania mikrofraktograficzne przelomów ziarniaków. Analiza wyników tych badań umożliwia ocenę charakteru procesu technologicznego ścinania w zależności od odmiany pszenicy, jej szklistości i prędkości ścinania. Przebieg technologicznego ścinania przedstawiono schematycznie na rys. 1.



Rys. 1. Wykres technologicznego ścinania ziarniaka

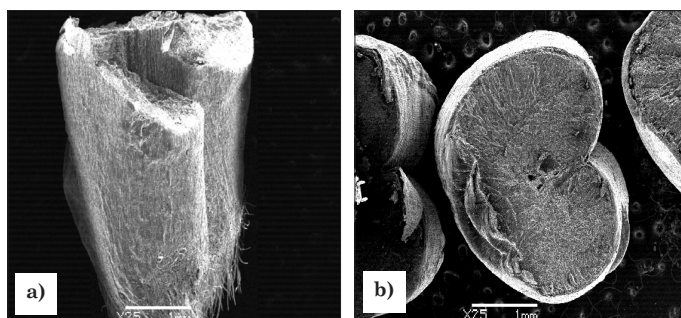
Analizowane przykłady przelomów uzyskano w warunkach technologicznego ścinania dużej liczby ziarniaków w 100-gniazdowym przyrządzie do technologicznej próby ścinania [1]. Specyficzne warunki technologicznego ścinania powodują, że po kruchym pęknięciu ziarniaków w różnych fazach przemieszczenia się krawędzi tnących przyrządu następuje faza tarcia na powierzchniach przelomów w trakcie dalszego przemieszczania się względem siebie

Efektom tego tarcia są zaobserwowane charakterystyczne ślady w postaci rys. Zakres pracy obejmuje opis wybranych wyników badań elektronooptycznych, ich analizę i wnioski. Metodyka badań elektronooptycznych przelomów ziarniaków opisana została w pracy pt. „Technologiczne ścinanie i obserwacja przelomów ziarniaków pszenicy odmiany *Izolda*” w niniejszym czasopiśmie.

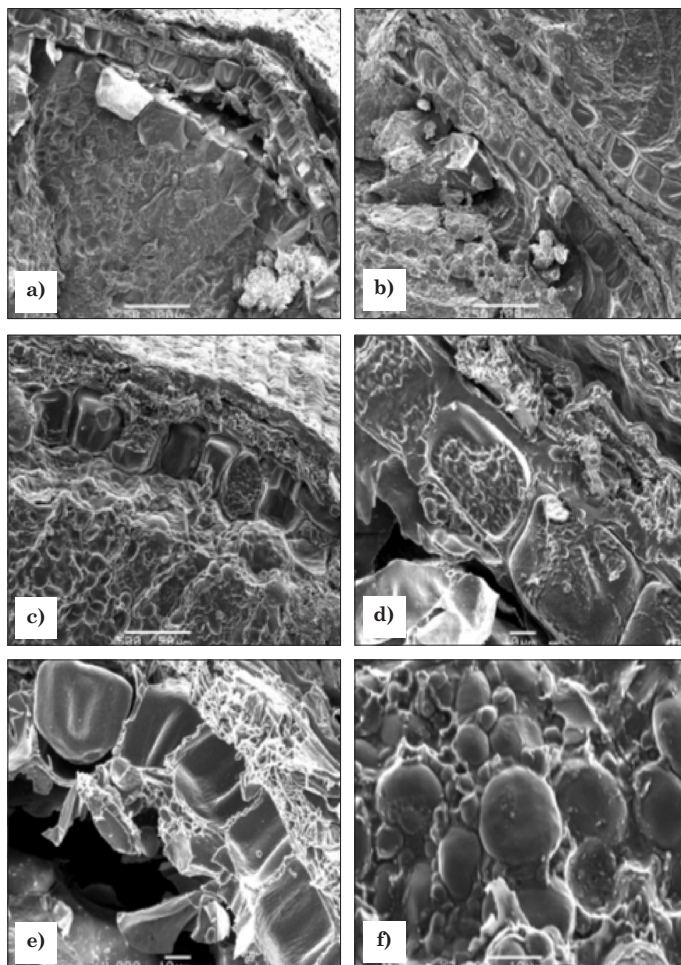
## Wyniki badań elektronooptycznych

Ziarniak został poddany wstępnej obróbce polegającej na przecięciu ziarniaka w przyrządzie do technologicznej próby ścinania PTS-100 [2, 3] w płaszczyźnie poprzecznej do długości ziarniaka w pobliżu połowy jego długości. Przykład ziarniaka, który został wybrany losowo do obserwacji elektronooptycznej pokazano na rys. 2.

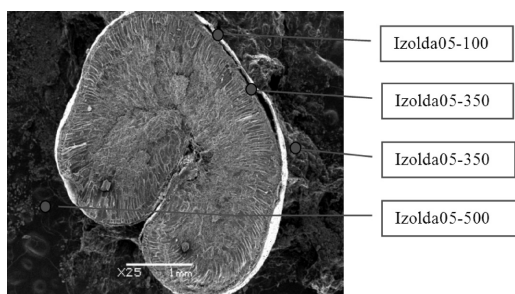
W skali makro przelom ziarniaka ma charakter przelomu kruchego. Charakter tego przelomu i charakterystyczne jego cechy przedstawiono na kolejnych rysunkach. Na rys. 3 pokazano wybrane fragmenty przelomu w dużych powiększe-



Rys. 2. Ziarniak pszenicy po przecięciu: a) widok z boku, b) przekrój poprzeczny



Rys. 3. Budowa wewnętrzna ziarniaka pszenicy pokazana w przekroju poprzecznym: fotografia a) pow. x250, b) pow. x250, c) pow. x500, d) pow. x1000, e) pow. x1000, f) pow. x2000



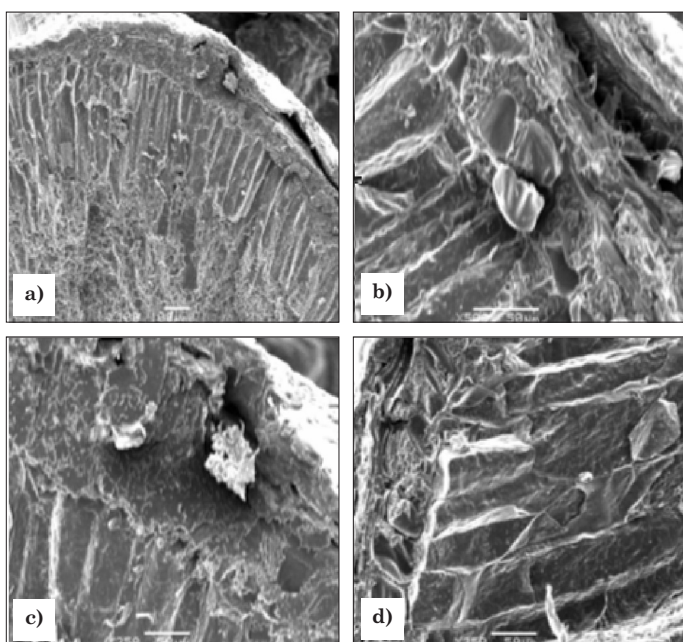
Rys. 4. Widok przekroju ziarna pszenicy odmiany *Izolda*, powiększenie 25-krotne. Prędkość ścinania  $v = 0,0005$  m/s

niach od 250 do 2000 razy, na których można wyróżnić charakterystyczne cechy budowy ziarniaków w skali mikro.

Na rys. 4 pokazano przełom ziarniaka odm. *Izolda* w skali makro (25 $\times$ ) uzyskany w próbie technologicznego ścinania z prędkością  $V = 0,0005$  m/s. Na rysunku tym oznaczono miejsca, z których pobrano fragmenty przedstawione na rys. 5 w dużym powiększeniu.

#### Omówienie wyników badań elektrooptycznych

Z przekrojów przedstawionych na rys. 3 wynika pełna zgodność budowy ziarna obserwowanego za pomocą mikroskopu skaningowego z budową ziarna opisaną na podstawie literatury [4]. Na rys. 3 a, b i c, widać budowę warstw zewnętrznych ziarniaka, od zewnątrz; epidermę, komórki poprzeczne, łupinę nasienną, komórki aleuronowe i bielmo z ziarnami skrobi. Poszczególne warstwy różnią się grubością i wielkością komórek elementarnych. Komórki epidermy, łupiny nasiennej i komórek poprzecznych są dużo mniejsze od komórek aleuronowych. Rys. 3d przedstawia tę samą strefę co rys. 3 a, b, i c lecz w dużym powiększeniu. Widać tu proporcje warstw zewnętrznych ziarniaka pszenicy. Rys. 3e przedstawia uszkodzenie ziarniaka, powstałe na skutek przecięcia go w przyrządzie do technologicznego ścinania. Widoczne jest tu wyraźne oddzielenie komórek aleuronowych od bielma. Rys. 3f przedstawia komórki skrobi o kształcie okrągłym i różnej wielkości. Zróznicowana wielkość komórek oraz ich budowa wewnętrzna w poszczególnych warstwach ziarniaka świadczy



Rys. 5. Ziarno *Izolda*, prędkość ścinania  $v = 0,0005$  m/s: a) powiększenie 100-krotne, b) powiększenie 350-krotne, c) powiększenie 350-krotne, d) powiększenie 500-krotne

o różnej wytrzymałości tych warstw na technologiczne ścinanie.

Jak można zauważyć, powierzchnia cięcia jest nierówna ze względu na wykruszanie się niektórych elementów struktury wewnętrznej ziarniaka. Stan taki istotnie odbiega od założenia izotropowej budowy ziarna, a zatem uzasadnia określenie próby wytrzymałościowej jako próby technologicznego ścinania, w której oprócz procesu ścinania występują złożone procesy powodujące wykruszenie się elementów struktury ziarna, rozwarstwienie się pomiędzy poszczególnymi warstwami.

Na podstawie obserwacji w trakcie próby technologicznego ścinania oraz analizy przebiegu ścinania stwierdzono, że w procesie tym dominuje kruche pęknięcie ziarna oraz, że mechanizm tego pęknięcia jest bardzo złożony. Można to zaobserwować na rys. 3a, d i e.

Opisane przypadki uszkodzeń (rozwarstwień) powstają w pierwszej fazie procesu technologicznego ścinania. Na analizowanych fotografiach elektrooptycznych obserwuje się ponadto charakterystyczne uszkodzenia w obszarze bielma, są to:

- w większych skupiskach ziaren skrobi rozbudowane sieci pęknięć lokalnych; niektóre z tych przypadków charakteryzują się dużą głębokością pęknięcia (w głąb od powierzchni cięcia),
- rozległe wykruszenia zlokalizowane głównie w środkowej części przekroju ziarniaka,
- wykruszenia pojedynczych komórek widoczne na rys. 3a i b, 5 b, c, d i e.

#### Podsumowanie

Z analizy wyników badań wynika, że proces technologicznego ścinania jest procesem o wysokim stopniu złożoności, wynikającym z wysokiego stopnia niejednorodności struktury wewnętrznej ziarniaka. W procesie tym obserwuje się różnego rodzaju mechanizmy takie jak: pęknięcia zależne od strefy analizowanego przekroju, rozwarstwienia i wykruszenia o różnej ilości oraz wymiarach. Powyższe efekty zaobserwowano na przełomach w skali mikrofraktograficznej w powiększeniach od 25 do 2000 razy.

Obserwacje przebiegu technologicznego ścinania poszczególnych ziarniaków wskazują na 2-fazowy proces ścinania, w którym w pierwszej fazie następuje zagłębienie się krawędzi tnącej w ziarniak a następnie kruche pęknięcie ziarniaka. Taki przebieg procesu może być charakteryzowany fenomenologicznym opisem z wykorzystaniem zależności na współczynnik intensywności naprężeń, którego wartość krytyczną w mechanice pęknięcia określa się jako odporność na pęknięcie. Model ten z założenia obarczony jest znacznymi uproszczeniami, ponieważ ściśle odpowiada on pęknięciu elementów wykonanych z materiałów izotropowych o znacznych wymiarach.

Liczba i zakres obserwowanych pęknięć, wykruszeń i rozwarstwień i w ziarniakach może mieć istotny wpływ na strawność ziarna rozdrabnianego za pomocą technologicznego ścinania (głębsza penetracja soków w procesie trawienia).

#### LITERATURA

- 1.. *H.D. Teuschner*: Grundzüge der Lebensmitteltechnik, vol. 2. Auflage Behrs, Hamburg, 1996.
2. *G. Szala*: Badania cech ziaren zbóż w próbie technologicznego ścinania – celem określenia założeń projektowych i warunków eksploatacji rozdrabniaczy, projekt badawczy KBN 7 T07B 022 19, Bydgoszcz, 2001.
3. *G. Szala*: Przyrząd do oceny struktury ziarna, wzór użytkowy nr 60270, Warszawa, 1999.
4. *G. Szala*: Analiza budowy ziarniaka pszenicy w aspekcie jego wytrzymałości na technologiczne ścinanie, Materiały konferencyjne – VI Konferencja Naukowo-Techniczna „Żywność Człowieka”, Bydgoszcz, 2001.