

METODA OKREŚLANIA POWIERZCHNI STYKU POMIĘDZY NASIONAMI

Jarosław Frączek, Marek Wróbel

Katedra Podstaw Budowy Maszyn, Akademia Rolnicza, ul. Balicka 104, 30-149 Kraków
e-mail: fraczek@ar.krakow.pl

Streszczenie. Wśród całej gamy materiałów i surowców rolniczych jedną z ważniejszych pozycji zajmują roślinne materiały ziarniste. Ze względu na swą specyficzną budowę i trudności związane z poznaniem i opisem tejże budowy, ciągle jeszcze nie są zbadane wszystkie cechy tych materiałów. Braki w obecnym stanie wiedzy dotyczą przede wszystkim zjawisk zachodzących pomiędzy poszczególnymi składnikami masy ziarnistej. Czynnikiem znacząco wpływającym na zachowanie się całego układu, jest wzajemna powierzchnia styku ziaren, zmieniająca się w zależności od wilgotności i obciążenia. W artykule zaprezentowano opracowaną przez autorów metodę określania powierzchni styku pary ziaren. Metoda ta daje możliwość dokonywania pomiarów przy różnych poziomach zawartości wody w materiale oraz przy różnych siłach nacisku. Koncepcja pomiaru opiera się na analizie geometrii kolejnych przekrojów badanej pary ziaren. Płaszczyzna zawierająca zarys powierzchni styku jest prostopadła do płaszczyzn przekrojów. Na każdym przekroju dokonuje się pomiaru długości linii na styku ziaren oraz odległości tej linii od przyjętej linii bazowej. Mierzone wielkości pozwalają na obliczenie wartości pola powierzchni styku oraz dają możliwość wykreślenia jego kształtu.

Słowa kluczowe: roślinne materiały ziarniste, powierzchnia styku

WSTĘP

Mechanizacja rolnictwa, przemysł przetwórczy oraz przechowalniczy to dziedziny, w których wymagania stawiane maszynom, aparatom oraz urządzeniom służącym do obróbki i przetwarzania roślinnych materiałów ziarnistych są coraz wyższe. Dla prawidłowego projektowania maszyn i urządzeń, konieczna jest wiedza na temat właściwości fizycznych przetwarzanych materiałów oraz poznanie wzajemnych relacji zachodzących pomiędzy materiałem a systemem technicznym. Wiedza

ta pozwoli zapewnić przede wszystkim wysoką jakość produktu, oraz bezpieczny przebieg zachodzących procesów.

Roślinny materiał ziarnisty to złoża nasion roślin uprawnych, tworzące odrębną grupę, wyróżnioną spośród całej gamy materiałów i surowców rolniczych. Grupę tą zaliczamy do szerokiej klasy materiałów nazywanych ogólnie materiałami sypkimi. Ze względu na trzy charakterystyczne oddziaływania: istnienie tarcia statycznego, niesprężyste zderzenia oraz praktycznie zerową energię ruchów termicznych w porównaniu z energią potencjalną pola grawitacyjnego, materiały sypkie uznawane są często za oddzielny stan skupienia [4]. Zachowanie się tego typu materiałów jest sumą zarówno wielu już znanych oraz ciągle jeszcze rozpoznawanych zależności. Ich liczba jest na tyle znacząca, że uzyskiwane wyniki pomiarów, dotyczących fizycznych właściwości materiałów sypkich, charakteryzują się dużymi rozrzutami [5].

Mało poznanym jest w dalszym ciągu obszar dotyczący zjawisk zachodzących pomiędzy poszczególnymi elementami złoża. Jest to problem znaczący, gdyż każdy element takiego złoża pozostaje w kontakcie z kilkoma sąsiednimi. Wielu badaczy (m.in. Molenda [5]) wskazuje na istotny wpływ tych właśnie relacji na właściwości materiałów sypkich, np. wartość kąta tarcia wewnętrznego czy rozkład naprężeń.

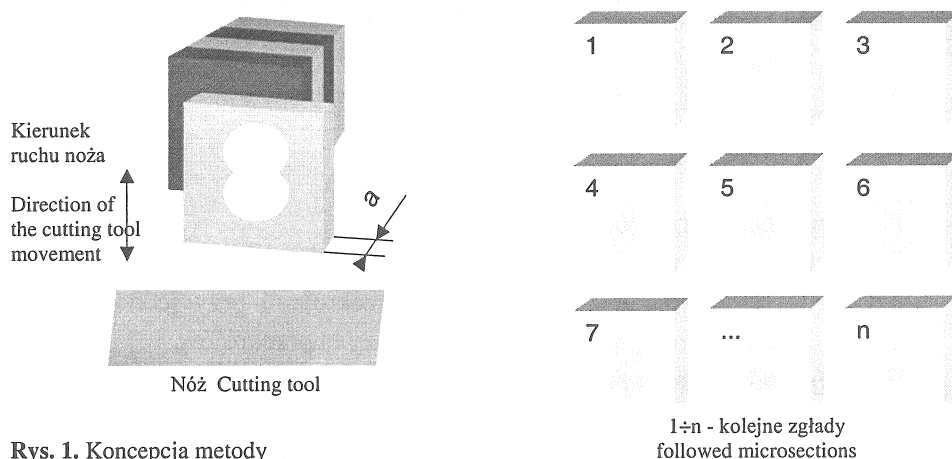
W opisie wielu materiałów sypkich – np. surowców mineralnych – elementy składowe można uznać za sztywne, a ich wzajemny kontakt ma charakter punktowy. Natomiast w przypadku roślinnych materiałów ziarnistych mamy do czynienia z odkształcalnymi elementami składowymi złoża, a co za tym idzie z powierzchnią styku powstającą pomiędzy nasionami oraz pomiędzy nasionami i materiałem konstrukcyjnym. Wielkość tej powierzchni determinowana jest zawartością wody w nasionach i różnymi wartościami obciążenia.

Dotychczasowe badania dotyczyły jedynie pomiaru powierzchni styku ziaren z powierzchnią płaską [1,3,6], brak natomiast badań dotyczących wielkości oraz kształtu powierzchni styku pomiędzy nasionami. Niezbędne jest przeprowadzenie badań w celu wypełnienia tej luki. Wyniki tych badań pozwolą w przyszłości między innymi na opracowanie modelu roślinnego materiału ziarnistego. Pozwoli to z kolei na uzyskanie odpowiedzi na pytanie, w jaki sposób zachowuje się taki materiał w interesujących nas sytuacjach np. w projektowanym systemie technicznym, bez konieczności budowania jego prototypu.

Celem pracy było opracowanie metody określania kształtu oraz pomiaru pola powierzchni styku dwóch ziaren. Metoda ta powinna dawać możliwość dokonywania pomiaru przy różnych zawartościach wody w badanym materiale oraz przy różnych wartościach obciążenia.

METODA POMIARU

Koncepcja pomiaru opiera się na analizie kolejnych przekrojów próbki. Próbką jest para stykających się nasion o znanej zawartości wody, obciążona zadaną siłą a następnie utwardzona. Przekroje wykonywane są z zachowaniem stałej, wyznaczonej doświadczalnie, odległości a pomiędzy nimi (rys. 1). Odległość ta jest ustalona na zasadzie kompromisu pomiędzy dokładnością pomiaru, jaką chcemy osiągnąć a czasochłonnością wykonania określonej liczby przekrojów. Głównym warunkiem, który należy spełnić, jest wzajemna równoległość wykonywanych przekrojów wraz z zachowaniem stałej odległości pomiędzy przekrojami. Pozwoli to uzyskać dokładne wartości pola powierzchni styku.

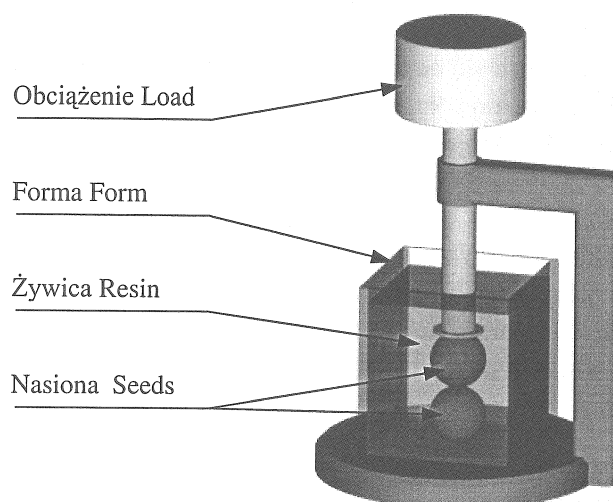


Rys. 1. Koncepcja metody
Fig. 1. The concept of the method

W opracowanej metodzie określania powierzchni styku pomiędzy nasionami można wyróżnić cztery podstawowe fazy:

- Faza przygotowania próbki (rys. 2).

Nasiona po kalibracji na sitach i pomiarze geometrii, nawilżane są dożądanego poziomu zawartości wody. Kolejny etap to umieszczenie pary nasion w specjalnym uchwycie tak, aby znajdowały się one jedno na drugim. Konstrukcja uchwytu pozwala na obciążenie stykających się nasion żądaną wartością siły. Końcowym etapem fazy przygotowania próbki jest usztywnienie obciążonych nasion żywicą.



Rys. 2. Przygotowanie próbki

Fig. 2. Sample preparation

▪ Faza wykonania przekrojów.

Do wykonania przekrojów należy zastosować urządzenie zapewniające uzyskanie stałej odległości a pomiędzy przekrojami przy jednoczesnym zachowaniu wzajemnej równoległości płaszczyzn przekrojów.

▪ Faza rejestracji obrazu przekrojów.

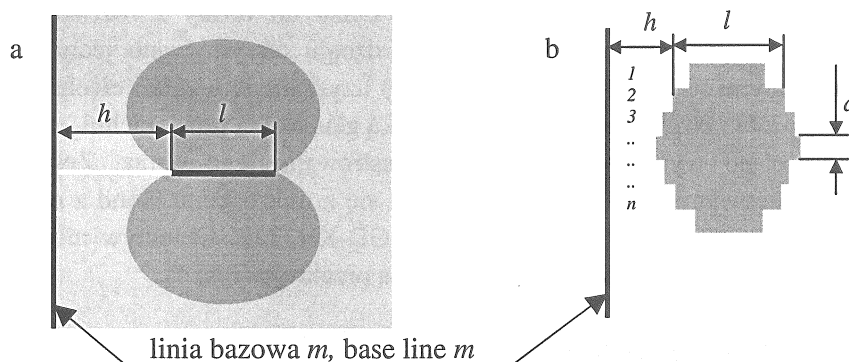
Po każdym ścięciu kolejnej warstwy próbki następuje rejestracja obrazu powstającego zglądu. Układ rejestrujący obrazy składający się z mikroskopu sprzężonego z kamerą cyfrową pozwoli na uzyskanie cyfrowych obrazów kolejnych przekrojów w dużym powiększeniu. Układ ten należy umieścić w taki sposób, aby możliwa była akwizycja obrazów bez konieczności wyjmowania próbki z uchwytu urządzenia tnącego.

▪ Faza wyznaczania kształtu oraz obliczania pola powierzchni styku (rys. 3).

Na uzyskanych obrazach mierzone są:

- l – długość linii styku pomiędzy nasionami,
- h – odległość l od przyjętej linii bazowej m (rys. 3a).

Z uzyskanych pomiarów budowany jest zarys kształtu powierzchni styku składający się z kolejnych prostokątów o wymiarach $l * a$ umieszczonych obok siebie na wysokości h od linii bazowej m (rys. 3b).



Rys. 3. Zasada wyznaczania kształtu powierzchni styku. a – widok przekroju, b – tworzenie obrazu powierzchni styku

Fig. 3. The method of marking the contact surface shape a – a view of the cross-section, b – creating a revolved section of the contact surface

Pole powierzchni styku można obliczyć ze wzoru:

$$P_s = \sum_{i=1}^n l_i * a \quad (1)$$

gdzie: l – długość linii styku, a – stała odległość pomiędzy przekrojami, n – liczba przekrojów.

BADANIA WSTĘPNE

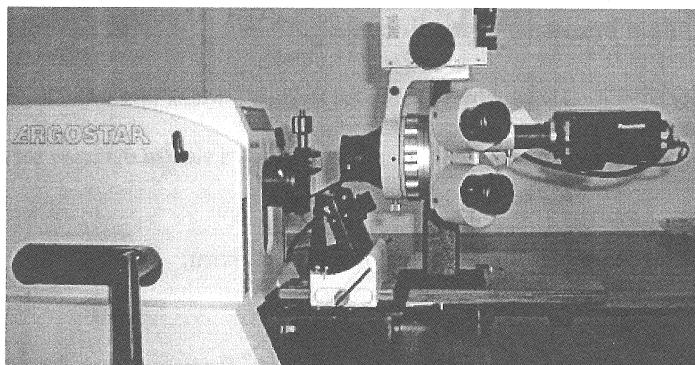
Przeprowadzenie badań wstępnych miało na celu opracowanie dokładnej procedury wykonania próbki oraz dobór optymalnej odległości pomiędzy przekrojami.

Cięcie próbki wykonano na Mikrotomie saneczkowym HM 200. Podczas wstępnych badań zauważono, że nasiona suche kruszą a wilgotne ciągną się podczas przecinania. Dla uniknięcia tych niepożądanych efektów, w badaniach wykorzystano procedurę przygotowania próbki opracowaną przy współpracy z firmą Carl Zeiss i zastosowaną przez Hebdę [2] w badaniach grubości okrywy nasiennej.

Nasiona umieszczane były w formie i obciążane zadaną siłą. Następnie zalewano je pod obciążeniem, mieszaniną roztworu infiltracyjnego Technovit 7100 i ksyłolu (50:50). Wstępne badania porównawcze (nasiona nasączone i nie nasączone) wykazały, iż dla uniknięcia zmian właściwości mechanicznych

badanego materiału powodowanych nasączeniem, niezbędne było skrócenie czasu infiltracji do jednej godziny. Po upływie tego czasu do formy z roztworem infiltracyjnym dodawano utwardzacza. Po utwardzeniu otrzymywano jednolitą próbkę z zatopionymi wewnątrz nasionami. Złady uzyskane w wyniku cięcia tak przygotowanej próbki charakteryzowały się wysoką gładkością powierzchni.

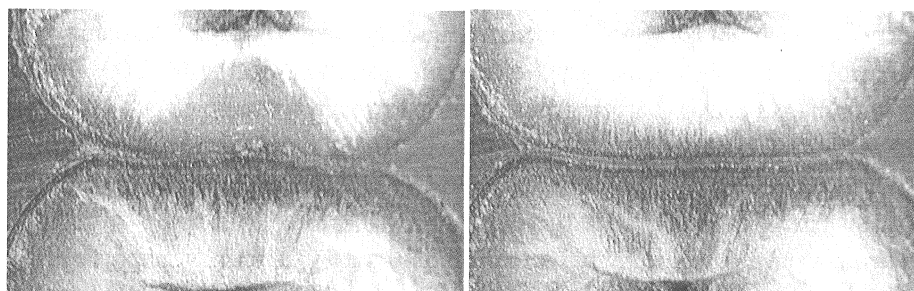
Bezpośrednio po wykonaniu przekroju rejestrowano jego obraz. Zestaw rejestrujący zamocowany na Mikrotomie, składał się z mikroskopu Hund z obudowaną w nim kamerą cyfrową Panasonic typu GD-KR222E. Obiektyw mikroskopu znajdował się bezpośrednio nad płaszczyzną przekroju (rys. 4).



Rys. 4. Stanowisko badawcze

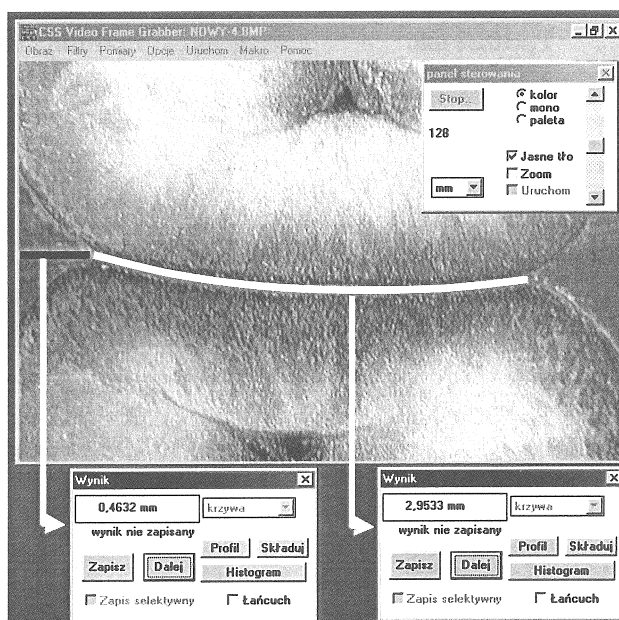
Fig. 4. Test stand

Obrazy zładów zarejestrowane przy pomocy kamery cyfrowej pozwalają na precyzyjne dokonywanie pomiaru ustalonych wielkości. Przykładowe obrazy takich przekrojów, dla nasion pszenicy ozimej Korweta o wilgotności 23% obciążonych siłą 3 N, przedstawiono na rysunku 5.



Rys. 5. Obrazy przekroju nasion pszenicy

Fig. 5. Pictures of the wheat seeds cross-sections



Rys. 6. Widok okna dialogowego programu pomiarowego MultiScan

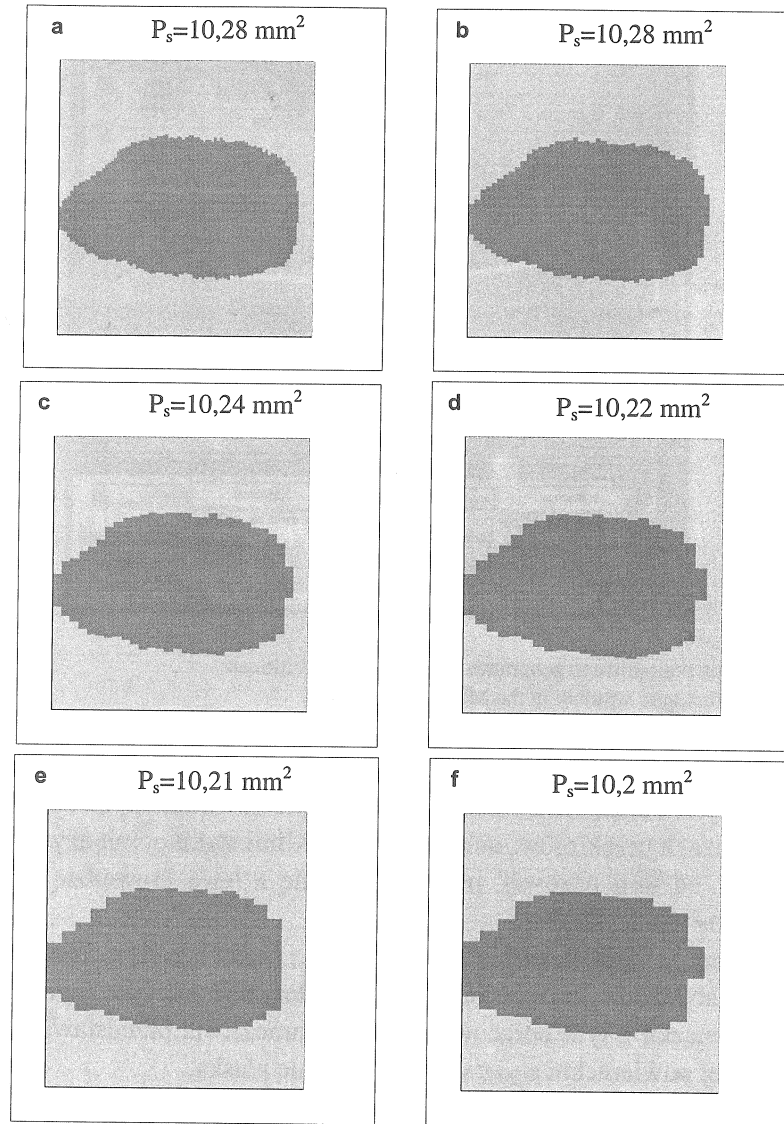
Fig. 6. View of a dialogue window in the Multiscan software

Precyzyjne pomiary przeprowadzono dzięki programowi MultiScan. Pole powierzchni styku obliczono z zależności (1). W przeprowadzonych badaniach na kolejnych obrazach przekrojów mierzono długość linii styku pomiędzy nasionami i jej odległość od linii bazowej, pokrywającej się z lewą krawędzią okna programu pomiarowego (rys. 6).

Stwierdzono, że linia styku nie jest linią prostą (patrz rys. 6) a co za tym idzie powierzchnia styku nie jest płaska, lecz charakteryzuje się znacznym pofałdowaniem. W związku z tym opracowana metoda umożliwia przedstawienie kształtu trójwymiarowej powierzchni styku na powierzchnię płaską.

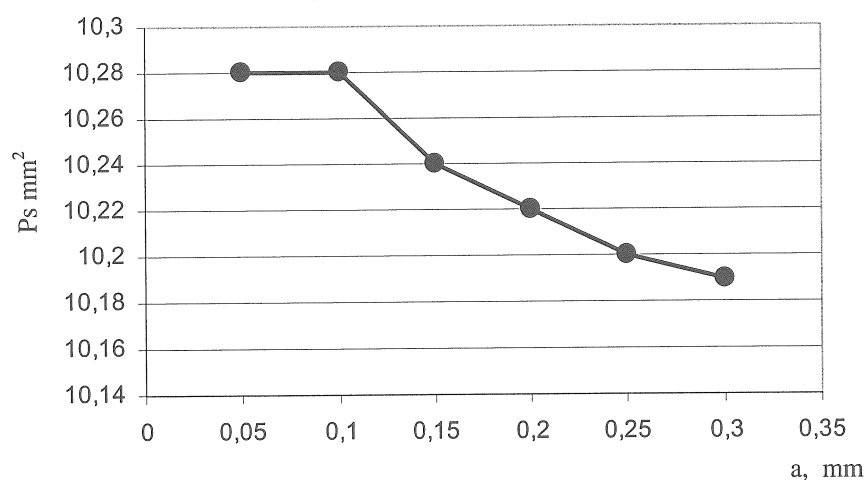
Przykładowe kształty kształtu powierzchni styku nasion pszenicy Korweta o wilgotności 23% obciążonych siłą 3 N zamieszczono na rysunku 7. Przedstawiono na nim kształty powierzchni styku, tej samej pary nasion wykonane przy różnych odległościach pomiędzy przekrojami a .

Przy zachowaniu odległości pomiędzy przekrojami $a = 0,05$ mm uzyskuje się najdokładniejszy kształt pola powierzchni (rys. 7a) Jednak ze względu na dużą czasochłonność tworzenia takiego obrazu – mającą swe źródło w konieczności wykonania dużej liczby przekrojów (przykładowo dla nasion pszenicy liczba ta



Rys. 7. Pole i kształt kładu powierzchni styku przy różnych odległościach pomiędzy przekrojami.
 a – a = 0,05 mm, b – a = 0,1 mm, c – a = 0,15 mm, d – a = 0,2 mm, e – a = 0,25 mm, f – a = 0,3 mm
Fig. 7. An area and shape of the contact surface revolved section at various distances between the sections.
 a – a = 0.05 mm, b – a = 0.1 mm, c – a = 0.15 mm, d – a = 0.2 mm, e – a = 0.25 mm, f – a = 0.3 mm

wynosiła około 120) przeprowadzono dalszą analizę w celu ustalenia optymalnej odległości między przekrojami. Kryteriami optymalizacyjnymi były czas wykonania pomiaru oraz dokładność odwzorowania kształtu powierzchni styku. Porównano pola i kształt kształtu powierzchni styku dla różnych odległości $a = 0,1; 0,15; 0,2; 0,25$ i $0,3$; mm do wyników uzyskanych przy odległości $a = 0,05$ mm. Stwierdzono, że zwiększenie odległości między przekrojami z $0,05$ mm do $0,1$ mm nie powoduje zmiany wartości pola powierzchni styku P_s . Natomiast dalsze zwiększanie grubości plastra powoduje zmniejszanie uzyskiwanej wartości pola powierzchni styku, dodatkowo, jak można zaobserwować na prezentowanych obrazach, wraz ze wzrostem a wzrasta szerokość prostokątów tworzących zarys kształtu. Powoduje to, że krzywoliniowa krawędź kształtu przybliżana jest z coraz mniejszą dokładnością (por. rys. 7a do 7f). Uwzględniając powyższe uwagi należy stwierdzić, iż zwiększenie grubości cięcia powyżej $0,1$ mm powoduje duże zniekształcenie rzeczywistej powierzchni styku, oraz zaniża wartości pola powierzchni styku (rys. 8). Z tych względów uznano że optymalna odległość pomiędzy przekrojami wynosi $0,1$ mm. Pozwala ona na dwukrotne zmniejszenie liczby wykonywanych przekrojów w porównaniu z $a = 0,05$ mm bez zmiany obliczanej powierzchni styku.



Rys. 8. Wartość pola powierzchni P_s w zależności od odległości pomiędzy przekrojami a

Fig. 8. Value of the P_s surface area of surface in relation to the distance between cross-sections a

PODSUMOWANIE

Przedstawiona metoda pozwala na precyzyjne określenie wartości pola powierzchni styku pomiędzy nasionami. Pomiary mogą być przeprowadzane przy różnych, dobieranych zależnie od potrzeb, poziomach zawartości wody w badanym materiale. Istnieje także możliwość doboru wartości siły obciążającej badaną parę nasion. Przekroje powinny być wykonane z zachowaniem stałej, optymalnej odległości a pomiędzy nimi ($a = 0,1$ mm). Optymalna odległość wraz z zachowaniem równoległości przekrojów daje gwarancje uzyskania prawidłowych wyników pola powierzchni styku. Metoda posłuży do przeprowadzenia badań mających na celu określenie zależności pomiędzy wielkością pola powierzchni styku a czynnikami na to pole wpływającymi tj. zawartością wody w materiale i siły obciążającej.

Metoda umożliwia także graficzne przedstawienie kształtu układu powierzchni styku. Nie pozwala natomiast na trójwymiarowe zobrazowanie pofałdowanej powierzchni styku.

PIŚMIENNICTWO

1. **Frączek J.:** Tarcie ziarnistych materiałów roślinnych. Zeszyty naukowe AR Kraków. z. 252, 1999.
2. **Hebda T.:** Ocena twardości i sprężystości ziarnistych materiałów roślinnych. Rozprawa doktorska. Kraków 2003.
3. **Horabik J., Molenda M.:** Opory tarcia i naprężenia w strefie kontaktu ziarniaka pszenicy z płaską powierzchnią. Annales UMCS, 163-176, 1991/1992.
4. **Horabik J., Molenda M.:** Właściwości fizyczne sypkich surowców spożywczych. Acta Agrophysica, 74, 2002.
5. **Molenda M.:** Źródła błędów wyznaczania stanu naprężenia w roślinnym materiale sypkim. Wydawnictwa naukowe FRNA, nr 2, 75-86, 1999.
6. **Molenda M., Horabik J., Grochowicz M., Szot B.:** Tarcie ziarna pszenicy. Acta Agrophysica 4, 1995.
7. Praca zbiorowa: Magazynowanie ziarna zbóż, nasion strączkowych i oleistych. WNT, Warszawa 1975.

METHOD FOR THE DEFINING OF A CONTACT SURFACE BETWEEN SEEDS

Jarosław Frączek, Marek Wróbel

Department of Machine Design, University of Agriculture, Balicka 104, 30-149 Kraków
e-mail: fraczek@ar.krakow.pl

Abstract. Vegetable grain materials are an important group of agricultural materials and agricultural raw materials. Due to their specific structure and difficulties accompanying both studies and description of this structure, a lot of their properties have not been recognized yet. At present, little is known about phenomena that take place in a contact spot between individual components of

a grainy mass. A significant factor influencing the behavior of the whole arrangement is the seed contact surface changing in relation to the moisture level and load. The authors presented their own study on a method for the defining of the contact surface between a pair of grains. The method described makes it possible to take measurements at various levels of water content in the material and at various levels of compression forces. The idea of the measurement is based on the geometrical analysis of the consecutive cross-sections of the pair of grains studied. A plane comprising a contour of the contact surface is perpendicular to the surfaces of the cross-sections. In every cross-section, measurements of the length of the contact line and distance between the contact line and the base line were taken. The measurements allow for the calculation of the contact surface area and determination of its shape, as well as for the drawing of the contact surface.

Key words: vegetable grainy materials, contact surface

