

POMIAR SIŁY TARCIA ZEWNĘTRZNEGO MATERIAŁÓW ROŚLINNYCH

Zbigniew Ślipek, Jarosław Frączek, Andrzej Złobecki

Instytut Mechanizacji i Energetyki Rolnictwa AR Kraków

Tarcie w materiałach roślinnych

Tarcie jako zbiór zjawisk występujących w obszarze styku dwóch ciał przemieszczających się względem siebie ma miejsce we wszystkich procesach technologicznych. Niezbędne jest więc przeprowadzenie analizy tego zjawiska, która pozwoliłaby na odpowiednie jego wykorzystanie przy projektowaniu nowych maszyn i optymalizacji procesów technologicznych. W przypadku klasycznych materiałów konstrukcyjnych badania nad problemem tarcia są prowadzone już od kilku stuleci (pierwsze najprostsze prawa sformułowali: Amontons w 1669 oraz Euler w 1748). Mimo to do chwili obecnej nie określono ogólnej teorii tarcia. W przypadku metali doświadczalne potwierdzenie znalazła teoria Bowdena i Tabora, wyjaśniająca tarcie siłami adhezji stykających się ze sobą ciał [4]. Dla materiałów roślinnych problem jest bardziej skomplikowany i klasyczne definicje tarcia mają ograniczone zastosowanie. W głównej mierze jest to spowodowane niejednorodnością struktury, dużą zmiennością cech materiałów roślinnych oraz ich różnorodnym stanem fizycznym, co pociąga za sobą bardzo dużą zmienność współczynnika tarcia.

Sherwood ujmuje problem siły tarcia w przypadku materiałów biologicznych w sposób następujący [1]:

- występuje na powierzchni kontaktu między dwoma ciałami i przeciwstawia się względnemu ruchowi tych ciał;
- składa się z dwu czynników: deformacji nierówności oraz sił adhezji lub kohezji;
- jest proporcjonalna do chwilowej powierzchni styku ciał;
- zależy od prędkości przesuwania się powierzchni;
- zależy od rodzaju materiałów będących w kontakcie;
- nie zależy od gładkości powierzchni z wyjątkiem przypadków powierzchni bardzo gładkich i bardzo nierównych.

Literatura jednak dotycząca tego problemu zajmuje się nim wycinkowo, bez kompleksowego ujęcia wszystkich czynników wpływających na wartość siły tarcia. I

tak np. Nowotny oraz Sedlaczek [5] opierając się na teorii Bowdena i Tabora [3], mówiącej, że opory tarcia (T) są równe sumie oporów ścinania szczepionych nierówności (P_s) i przepychania odkształconego materiału (P_w), wyprowadzili ogólny wzór na siłę tarcia statycznego (z pominięciem siły P_w):

$$T = \frac{S_e}{S_j} \cdot N_j \cdot \frac{\mu}{C} + \frac{S_e}{S_j} \cdot \frac{N_j^{\frac{4}{3}} k_1}{P_{dop} C_1} \left(\frac{E}{r} \right)^{\frac{2}{3}} \dots \dots \quad (1)$$

gdzie:

- T - siła tarcia (N),
- S_e - całkowita powierzchnia styku (m^2),
- S_j - elementarne pole powierzchni trącej (m^2),
- N_j - elementarna siła nacisku (N),
- μ - współczynnik tarcia statycznego,
- C - stała bezwymiarowa (wg Filonenki $C = 0,656$),
- P_{dop} - nacisk dopuszczalny (N/m^2),
- k_1 - stała bezwymiarowa (wg Filonenki $k_1 = 0,394$),
- C_1 - stała przeliczeniowa ($C_1 = 0,76$),
- E - moduł sprężystości postaciowej materiału biologicznego (N/m^2),
- r - promień krzywizny (m).

Analizując tę zależność można stwierdzić, że w przypadku tarcia z odkształceniami czysto sprężystymi drugi ze składników przytoczonego wzoru (1) jest równy zero. Siła tarcia zależy wówczas tylko od współczynnika tarcia μ oraz od całkowitej siły nacisku $N = \frac{S_e}{S_j} \cdot N_j$. Jednak w rzeczywistych warunkach tarcia zachodzi jednocześnie odkształcenie plastyczne i sprężyste powierzchni tarcia i wówczas całkowita siła tarcia zależy również od elementarnej siły nacisku, co ujmuje drugi składnik wzoru (1). Im większa ilość elementarnych powierzchni trących i $\frac{S_e}{S_j}$, tym mniejsza wartość elementarnej siły nacisku, a co za tym idzie - drugiej składowej siły tarcia. W miarę zwiększania wartości nacisku elementarnego składowa ta nieproporcjonalnie wzrasta, co świadczy o tym, że w zjawisku tarcia nabierają znaczenia odkształcenia plastyczne.

W przypadku tarcia kinetycznego należy dodatkowo we wzorze (1) uwzględnić siłę P_w . Jak wykazały dotychczasowe badania [1,2], na wartość siły tarcia ma wówczas wpływ głównie prędkość ruchu oraz wilgotność materiału.

Tak więc, jak widać z powyższej analizy, przy badaniach siły tarcia materiałów roślinnych konieczne jest uwzględnienie zmian wartości siły nacisku, stosunku powierzchni elementarnej do całkowitej oraz zmian współczynnika tarcia wynikających głównie z różnej wegetatywnej wilgotności roślin, różnej prędkości ru-

chu, różnego ułożenia materiału względem kierunku ruchu, a także dużej różnorodności kształtu ziemiopłodów. Nie bez znaczenia są również cechy materiałowe, które wpływają na wartość siły tarcia (E , P_{dop} , r).

Biorąc pod uwagę tak znaczną ilość trudnych do określenia czynników, w większości przypadków przy obliczaniu współczynnika tarcia korzysta się z ogólnie znanego wzoru Amontonsa [3]:

$$T = \mu \cdot N \dots\dots (2)$$

W przypadku, gdy w zjawisku tarcia przeważają odkształcenia sprężyste uproszczenie to stanowi znaczne przybliżenie warunków rzeczywistych. Wartości współczynnika tarcia uzyskane tą drogą mogą służyć między innymi do celów porównawczych, co ma szczególne znaczenie przy optymalizacji parametrów konstrukcyjnych i regulacyjnych maszyn.

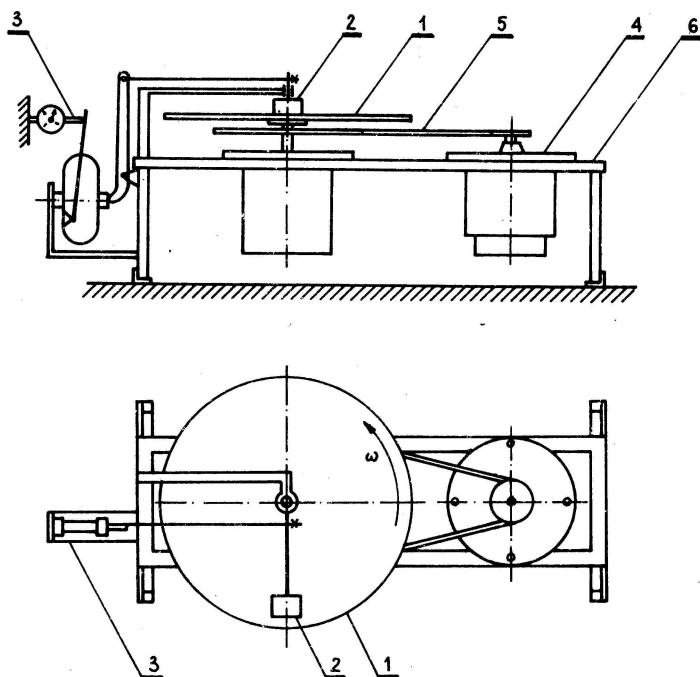
2. Opis stanowiska badawczego i metoda pomiaru siły tarcia

Przy konstruowaniu stanowiska badawczego zdecydowano się na koncepcję wywołania tarcia między przemieszczającym się materiałem konstrukcyjnym a nieruchomą próbką materiału roślinnego. Koncepcję tę zrealizowano w ten sposób, że nad obrotową tarczą umieszczono nieruchomy uchwyt do mocowania próbek.

Schemat stanowiska pomiarowego przedstawiono na rys. 1. Składa się ono z obrotowej tarczy 1 napędzanej silnikiem elektrycznym 4 o regulowanej prędkości obrotowej poprzez przekładnię pasową 5. Na tarczę można zakładać wymienne okładziny z wybranego materiału konstrukcyjnego.

Próbka badanego materiału roślinnego nakładana jest na specjalną płytkę z igłami umocowaną w uchwycie 2. Po wywarciu nacisku igły zagłębiają się w materiał i zapobiegają wzajemnemu przemieszczaniu się elementów próbki oraz gwarantują wywarcie jednakowego nacisku we wszystkich punktach styku. Żądany nacisk uzyskuje się poprzez zmianę ilości ciężarków dociążających płytkę. Podczas obrotu tarczy na skutek siły tarcia próbka w uchwycie wywiera nacisk na dźwignię połączoną z wyskalowanym siłomierzem pałkowym 3, z którego dokonuje się odczytu z dokładnością 0,1 N. Istnieje możliwość rejestracji zmian siły tarcia przy wykorzystaniu mostka tensometrycznego i rejestratora X-Y.

Przy pomiarze siły tarcia statycznego dokonujemy odczytu w momencie zerwania przyczepności próbki z podłożem, co odpowiada maksymalnemu wychyleniu strzałki siłomierza. W przypadku tarcia kinetycznego po zmierzeniu chwilowej prędkości obrotowej odczytujemy odpowiadającą jej wartość siły tarcia.



Rys. 1. Schemat stanowiska do pomiaru siły tarcia ślizgowego zewnętrznego: 1 - tarcza wirująca, 2 - uchwyt do mocowania próbek, 3 - siłomierz pałkowy, 4 - silnik napędowy, 5 - przekładnia pasowa, 6 - rama nośna

Fig. 1. Schematic of the stand for the measurement of the external sliding friction force: 1 - rotary disc, 2 - sample clamp, 3 - bow dynamometer, 4 - electric motor, 5 - belt transmission, 6 - carrier frame

Skonstruowane stanowisko spełnia następujące wymogi niezbędne zdaniem autorów przy badaniu siły zewnętrznego tarcia ślizgowego:

- tarcie zachodzi między wybranym materiałem roślinnym a materiałem konstrukcyjnym,
- pomiar może być wykonywany w szerokim zakresie prędkości przemieszczania oraz przy zmiennych wartościach siły nacisku,
- istnieje możliwość wymiany powierzchni trącej ze względu na rodzaj materiału konstrukcyjnego i jego chropowatość,
- stanowisko umożliwia pomiar siły tarcia statycznego oraz kinetycznego,
- cząstki materiału roślinnego są nieruchome względem siebie,
- stanowisko zapewnia prostotę odczytu oraz niezbędną dokładność pomiaru.

Konstrukcja stanowiska pozwala w zasadzie na dokonanie pomiarów siły tarcia zewnętrznego dla dowolnych materiałów roślinnych. Przy różnorodności struktury zewnętrznej materiałów biologicznych może jedynie powstać problem odpowiedniego umocowania próbki w uchwycie. Dotychczas sprawdzono przydatność tego stanowiska do określenia siły tarcia dla ziarna oraz słomy zbóż.

Piśmiennictwo

1. Byszewski W., Haman J.: Gleba, maszyna, roślina. PWN. Warszawa 1977.
2. Grochowicz J.: Maszyny do czyszczenia i sortowania nasion. PWRiL, Warszawa 1971.
3. Hebda M., Wachal A.: Trybologia. WNT Warszawa 1980.
4. Korewa W., Zygmunt K.: Podstawy konstrukcji maszyn. WNT, Warszawa 1973.
5. Novotny V., Sedláček V.: Trení agrobiologických materiálu. Zemědělská technika. Z 3/1977.

Z. Ślipek, J. Frączek, A. Złobecki

THE MEASUREMENT OF THE EXTERNAL FRICTION FORCE OF PLANT MATERIALS

S u m m a r y

In the case of plant materials friction, as a set of phenomena taking place between two bodies, is a very complex problem and traditional definitions are of only a limited application here. Primarily this results from the heterogeneity of structure and great variety of plant materials, and from their differentiated physical states, which entails a very considerable variability in the value of the friction coefficient.

Results obtained so far have frequently been divergent and could be neither compared nor arranged with any order. This follows, to a certain extent, from the lack of any uniform investigation method.

The paper presents an attempt at a formulation of theoretical foundations for a method of static and kinetic external friction force measurement for plant materials, an analysis of the range of its applicability, and a design for a measurement stand. Measurement of the friction force on the stand described permits the determination of the friction coefficient (assuming certain simplifications) and of the effect of numerous variable factors on its value.

З. Сьлипек, Я. Фрончек, А. Злобецки

Р-260

ИЗМЕРЕНИЕ СИЛЫ ВНЕШНЕГО ТРЕНИЯ РАСТИТЕЛЬНЫХ МАТЕРИАЛОВ

Р е з ю м е

Трение, как совокупность явлений, происходящих в зоне двух тел, в случае растительных материалов является очень сложной проблемой, и классические определения имеют здесь ограниченное применение. Это вызвано, главным образом, неоднородностью структуры, большим разнообразием растительных материалов и их разным физическим состоянием, что влечет за собой большую изменчивость коэффициента трения. Получаемые до сих пор результаты исследований часто очень расходятся и нельзя их сравнивать. Это, между прочим, вызвано отсутствием унифицированного исследовательского метода. В настоящей работе представлено попытку сформулировки теоретических основ метода измерения силы статического и кинетического внешнего трения растительных материалов, анализ объема его применения и конструкцию исследовательского стенда. Через измерение силы трения на описанном стенде можно определить коэффициент трения, приняв некоторые упрощения, и уловить влияние многих изменчивых факторов на его величину.