

Jarosław Frączek, Krzysztof Mudryk
Katedra Inżynierii Mechanicznej i Agrofizyki
Akademia Rolnicza w Krakowie

METODA OKREŚLENIA OPORÓW CIĘCIA PĘDÓW WIERZBY ENERGETYCZNEJ

Streszczenie

W pracy opracowano metodę badawczą mającą na celu scharakteryzowanie procesu cięcia wielkościami mierzalnymi (tj. opory jednostkowe, siła ciecicia, praca itp.) wyznaczonymi metodą statyczną. Opracowana metoda pomiaru cech cięcia może znaleźć zastosowanie w badaniach materiałów roślinnych. Dodatkowo opracowano i wykonano przystawkę tnącą do zamontowania na maszyny wytrzymałościowe. W przeprowadzonych badaniach wykorzystano maszynę wytrzymałościową MTS Insight 2 wraz z aplikacją sterującą TestWorks. Przeprowadzone badania wstępne ukazują szeroki zakres możliwości badawczych opracowanej metody.

Słowa kluczowe: opory cięcia, wierzba energetyczna, właściwości mechaniczne

Wstęp

W celu odpowiedniego zaprojektowania przedsięwzięć związanych z uprawą wierzby, oraz przetwarzaniem i dystrybucją zebranego plonu konieczne jest prowadzenie badań związanych nie tylko z właściwościami cieplno-chemicznymi rośliny, ale też z jej właściwościami mechanicznymi. Właściwości te - a w szczególności opory cięcia - bezpośrednio determinują poszczególne procesy technologiczne. Począwszy od ścinania wierzby aż do procesów związanych z zagęszczaniem, opory cięcia pędów odgrywają bardzo ważną rolę [Kowalski 1993; Popko, Miszczuk 1989; Szot i in. 1987]. Wpływają bezpośrednio na energochłonność procesu zbioru i obróbki, decydują o konstrukcji poszczególnych zespołów roboczych.

Większość prowadzonych do tej pory badań dotyczyła zagadnień związanych z uprawą wierzby oraz z oznaczeniem jej właściwości cieplno-chemicznych.

Jednak niezależnie od technologii zbioru, znajomość oporów cięcia jak i wpływu czynników je determinujących takich jak:

- wymiary geometryczne,
- wilgotność,
- budowa morfologiczna,

jest niezbędna do prawidłowego projektowania i optymalizacji poszczególnych etapów technologicznych [Kubiak, Laurow 1994].

Obecnie większość prowadzonych badań związanych z cięciem dotyczy drewna wielkogabarytowego gdzie mamy do czynienia ze skrawaniem [Górski 2001]. Brak jest jednak badań odnośnie cięcia gałęzi (drewna małogabarytowego) zarówno dynamicznego jak i statycznego. Jedyne badania dotyczące cięcia wierzby prowadził Rudko [2004], który określił całkowite opory listwy tnącej pędów jednorocznych.

Brak natomiast jest określenia oporów jednostkowych R_j rozumianych jako stosunek siły tnącej F do czynnej długości ostrza noża L :

$$R_j = F/L \quad (1)$$

Konieczne staje się więc opracowanie metodyki oraz wytworzenie aparatury badawczej.

Cel pracy

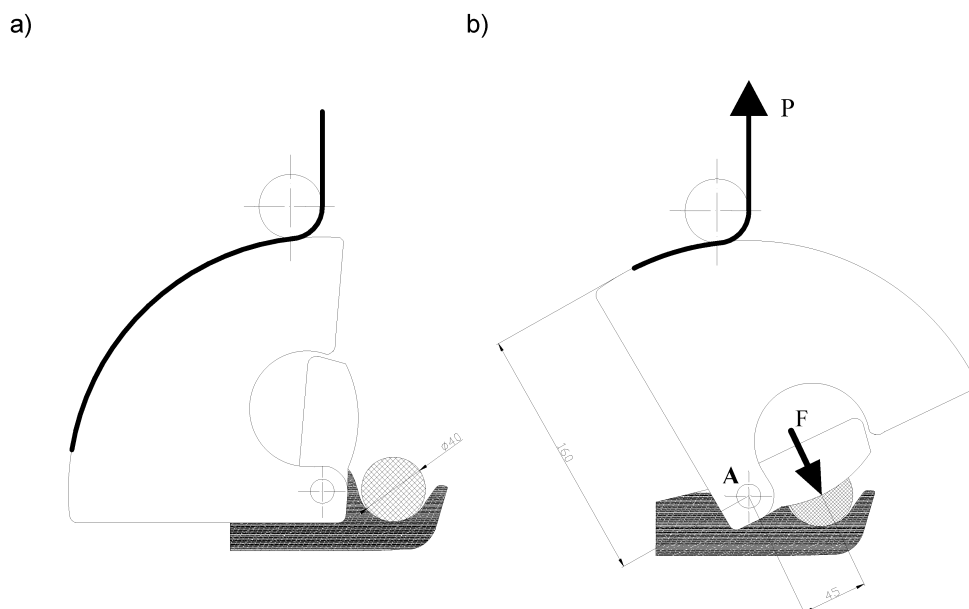
W związku z powyższym w prezentowanej pracy opracowano metodę badawczą pozwalającą scharakteryzować proces cięcia (opory jednostkowe, siłę cięcia, pracę itp.) pędów wierzby wraz z opracowaniem przystawki tnącej o max. średnicy cięcia 40 mm.

Metoda pomiaru

Dla realizacji celu pracy niezbędne było dokonanie pomiaru siły tnącej oraz czynnej długości ostrza noża w trakcie cięcia pędu. Zrealizowano to dzięki zastosowaniu specjalnej przystawki, w której wykorzystano nóż i podparcie firmy FISKARS.

Przystawka składa się z dwóch elementów roboczych (rys. 1): noża tnącego oraz krawędzi przeciwtnącej. Wymuszenie ruchu roboczego realizowane jest poprzez ciągnąco zamocowane na ramieniu noża.

Działanie przystawki tnącej oparte jest na zasadzie dźwigni dzięki czemu możliwe było zwiększenie zakresu siły tnącej.



Rys. 1. Schemat przystawki tnącej: położenie początkowe zespołów roboczych; położenie zespołów roboczych w trakcie cięcia pędu: P – siła naciągu linki, F – siła tnąca ostrza noża, A – punkt obrotu

Fig. 1. Diagram of cutting adapter: initial position of working units; position of working units when cutting the shooting: P – wire tension force, F – cutting force of cutter blade, A – point of rotation.

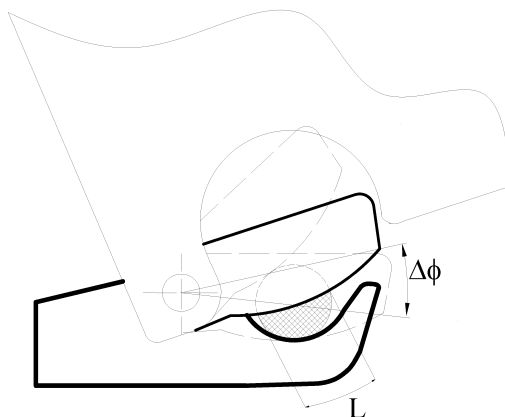
Przełożenie przystawki obliczono z równania momentów (2) względem osi obrotu noża [rys. 1b].

$$\Sigma M_A = F \cdot 45 - P \cdot 160 = 0 \quad (2)$$

Wynosi ono:

$$i = F/P = 3,55 \quad (3)$$

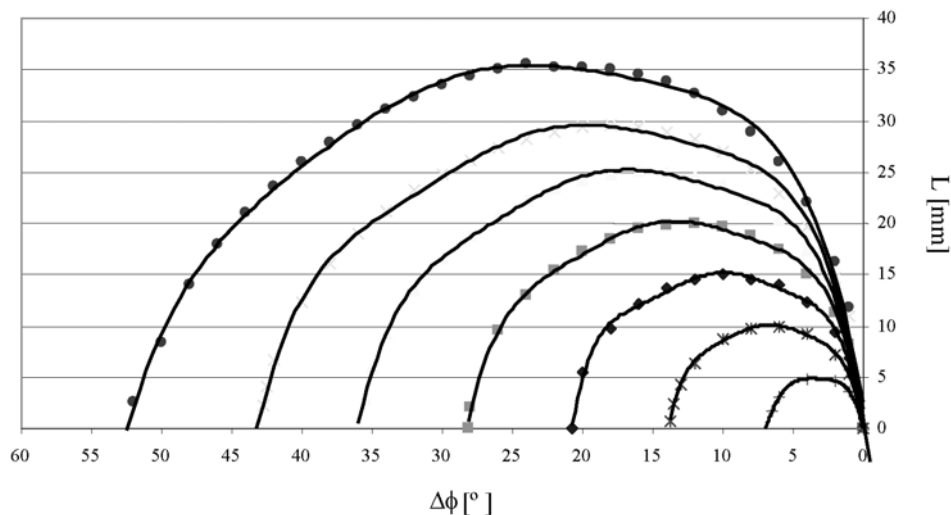
Ze względu na niesymetryczną geometrię elementów roboczych konieczne było przeprowadzenie kalibracji urządzenia. Dla pędów w przedziale średnic od 5 do 35 mm (co 5 mm) przeprowadzono komputerową symulację cięcia określając czynną długość krawędzi tnącej L w zależności od kąтового położenie ostrza noża $\Delta\phi$ (rys. 2).



Rys. 2. Pomiar długości czynnej noża: L – czynna długość noża, $\Delta\phi$ – kąt położenia noża

Fig. 2. Measurement of cutter active length: L – cutter active length, $\Delta\phi$ – angle of cutter position.

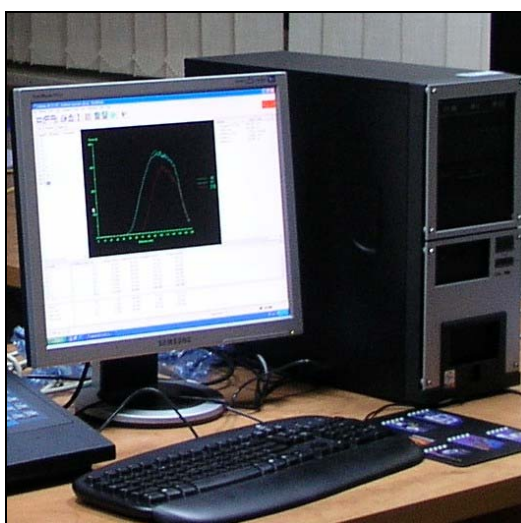
Uzyskane wyniki zamieszczone zostały na rysunku 3. Na tej podstawie możliwe było określenie czynnej długości noża w trakcie cięcia pędu w funkcji jego położenia kątownego oraz średnicy pędu $L=f(d,\Delta\phi)$. Rejestrowane przesunięcie głowicy pomiarowej maszyny wytrzymałościowej zostało powiązane z położeniem kątowym noża, co w konsekwencji pozwoliło na równoległy odczyt wartości siły tnącej oraz jego czynnej długości.



Rys. 3. Zmiana czynnej długości ostrza noża od jego położenia kątownego

Fig. 3. Change of active length of cutter blade from its angular position

Siła wymuszająca może być mierzona przy pomocy dowolnego urządzenia. W prezentowanych badaniach wykorzystano w tym celu maszynę wytrzymałościową MTS Insight 2 (rys. 4) gdzie odczyt siły tnącej oraz obliczenia oporów jednostkowych mogą odbywać się automatycznie. Prędkości robocze głowicy pomiarowej maszyny wytrzymałościowej zawierają się w przedziale 0 do 500 mm/min, w prowadzonych badaniach prędkość elementu roboczego ustalono na poziomie 10 mm/min.

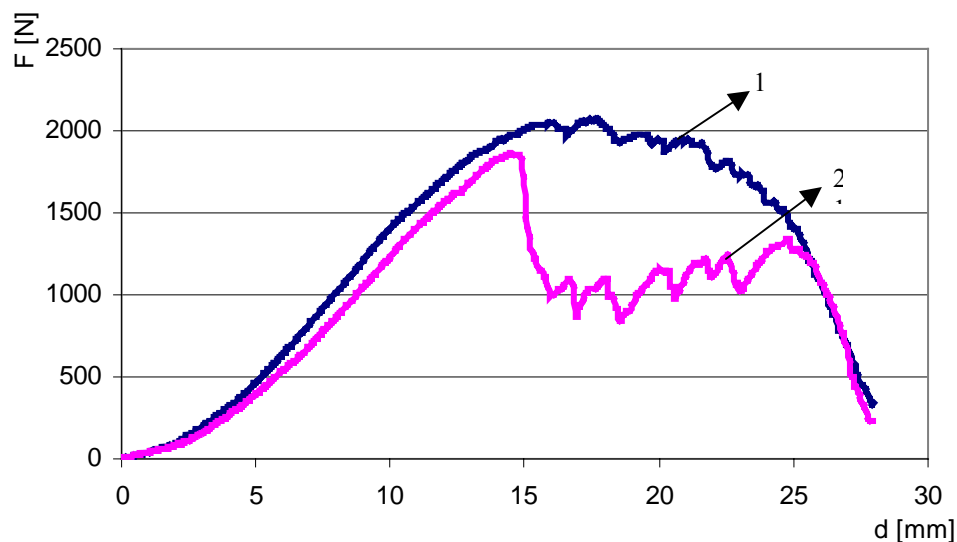


Rys. 4. Maszyna wytrzymałościowa MTS wraz jednostką sterującą-archiwizującą
Fig. 4. Testing machine MTS with control and backup unit

Tak przygotowane zależności pomiędzy parametrami roboczymi zostały implementowane w makrodefinicję programu TestWorks sterującego pracą maszyny wytrzymałościowej. Dodatkowo dzięki możliwościom programowym wprowadzono automatyzację odczytu średnicy ciętego pędu. Następuje on w momencie zetknięcia noża z materiałem. Powstaje wówczas pewna siła tnąca ($F > 0$).

Po wykonaniu makrodefinicji przeprowadzono badania wstępne. Procesowi ciecia poddano trzyletnie pędy wierzby energetycznej pobrane z Wydziałowej plantacji o wilgotności 40%.

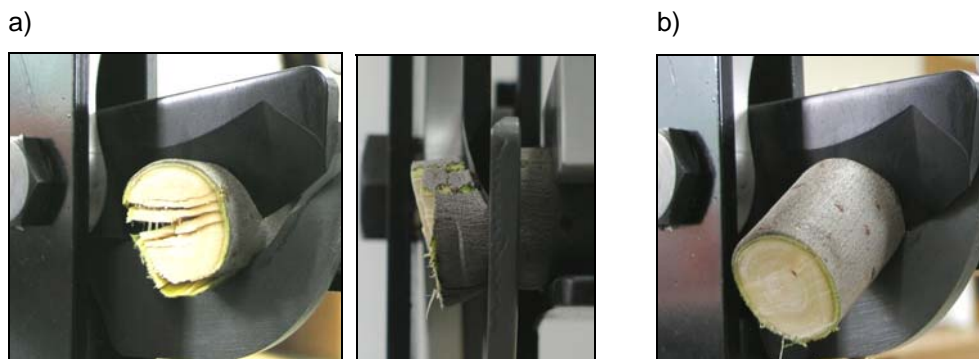
Typowe przebiegi uzyskane podczas cięcia zamieszczono przykładowo na rys. 5. Zauważono wyraźną różnicę w kształcie krzywych powstających podczas cięcia zrębków o różnej długości.



Rys. 5. Przebieg zmian siły ciecienia F pędu wierzby: 1 – długość zrębka 2 cm, 2 – długość zrębka 0,5 cm

Fig. 5. Course of changes in cutting force F for willow shooting cutting: 1 – cutting length 2 cm, 2 – cutting length 0,5 cm

Przeprowadzona analiza procesu cięcia umożliwiła wytłumaczenie tego zjawiska. Zrębki o małej długości poniżej 10 mm pod wpływem działania noża tnącego ulegały wzdłużnym pęknięciom. Powyższą sytuację obrazuje rys. 6a. W trakcie, gdy powstające zrębki ulegały pękaniu siła ciecienia była znacznie mniejsza a praca włożona w ten proces była o 30% mniejsza niż gdy zrębki nie ulegały pękaniu. Długość zrębka, przy której zachodzi pęknięcie wzdłużne materiału prawdopodobnie zależy od jego wilgotności oraz średnicy.



Rys. 6. Przebieg proces cięcia pędu wierzby: długość zębka 0,5 cm, długość zębka 2 cm.

Fig. 6. Course of willow shooting cutting process: cutting length 0,5 cm, cutting length 2 cm.

Podsumowanie

Przedstawiona metoda pomiaru oporów jednostkowych pozwala określić opory jednostkowe pędów wierzby energetycznej jak również innych materiałów roślinnych. Opracowana przystawka gdzie wykorzystano elementy robocze firmy Fiskars pozwala na rejestrację parametrów roboczych. Maksymalna średnica materiału ciętego wynosi 40 mm co powinno zapewnić możliwość badań większości roślin energetycznych. Dzięki dużym możliwościom obliczeniowym aplikacji sterującej maszyną wytrzymałościowej możliwe jest częściowe zautomatyzowanie tego procesu. W prowadzonych badaniach z wykorzystaniem maszyny wytrzymałościowej MTS konieczne jest jedynie wcześniejsze określenie wielkości fizycznych mające wpływ na badany parametr np. wilgotność. Wszystkie te informacje mogą być wprowadzone do aplikacji, po zakończonych badaniach wraz z wynikami pomiarów mogą być w programie poddane analizie statystycznej i przedstawione w formie raportu. Przedstawione wstępne wyniki badań ukazują możliwości badawcze opracowanej metody w badaniach właściwości fizycznych materiałów roślinnych w procesie rozdrabniania.

Bibliografia

Górski J. 2001. Proces cięcia drewna elektryczną pilarką. Rozprawy Naukowe i Monografie Wydawnictwo SGGW.

Kowalski S. 1993. Badania oporów cięcia wybranych roślin. Zeszyt. Prob. Post. Nauk Rol. 408, 297-303.

Kubiak M., Laurow Z. 1994. Surowiec drzewny. Warszawa.

Popko H., Miszczuk M. 1989. Badania oporów krajania niektórych produktów spożywczych. Zesz. Prob. Post. Nauk Rol. 354.

Rudko T., Stasiak M. 2004. Właściwości mechaniczne pędów wierzby energetycznej. III Zjazd Naukowy. Referaty i doniesienia . Dąbrowica 27-29.09.2004.

Szot B., Kęsik T., Gołacki K. 1987. Badania zmienności właściwości mechanicznych korzeni marchwi w zależności od cech odmianowych, czynników agrotechnicznych i okresu przechowywania. Zeszyt. Prob. Post. Nauk Rol. 316, 227-246.

METHOD OF DETERMINING RESISTANCE OF CUTTING POWER WILLOW SHOOTS

Summary

The paper presents a method developed in order to characterize the cutting process using measurable values (i.e. unit resistance, cutting force, work etc.) set out by a static method. The developed method of measuring cutting qualities can be used in studies of plant materials. Additionally, a cutting adapter was designed and made for installation on testing machines. The tests were performed using testing machine MTS Insight 2 with control application TestWorks. The performed initial tests indicate a wide range of research opportunities of the developed method.

Key words: cutting resistance, power willow, mechanical properties