

# POMIAR ZMIENNOŚCI SIŁY POSUWU PODCZAS PRZERZYNKI DREWNA SOSNOWEGO

Streszczenie

*W artykule przedstawiono wyniki badań wartości siły posuwu i wydajności skrawania podczas przerzynki wałków sosnowych. Do badań wykorzystano dwie pilarki spalinowe o różnej mocy. Stwierdzono występowanie dużej zmienności siły posuwu podczas przerzynki.*

## Wstęp

Przenośne pilarki spalinowe z piłą łańcuchową są powszechnie stosowane w pracach leśnych - przy pozyskiwaniu i obróbce drewna. Znajdują one również coraz szersze zastosowanie w innych dziedzinach gospodarki. Wymusza to potrzebę badań nad procesem piłowania drewna piłami łańcuchowymi, których wyniki przyczynić się mogą do wzrostu efektywności pracy. Badania te często prowadzi się z wykorzystaniem specjalnych stanowisk badawczych. Ich twórcy starają się by proces piłowania przebiegał w warunkach zbliżonych do rzeczywistych. Stanowiska pomiarowe wykorzystywane w tych badaniach podzielić można na dwie grupy [3]. Do pierwszej należą stanowiska, w których piłowanie odbywa się ze stałą, założoną przez badacza prędkością generującą różne wartości siły posuwu. Do drugiej grupy zaliczyć możemy stanowiska, w których proces piłowania odbywa się ze stałą założoną przez badacza siłą posuwu. Te ostatnie bardziej odpowiadają realnym warunkom pracy pilarką, gdyż podczas piłowania operator nadaje pilarsce odpowiednią siłę posuwu, która jest niezbędna przy skrawaniu drewna.

Z badań Botwina [2] i Loikego [4] wynika, że wydajność i siła skrawania rośnie wraz ze wzrostem siły posuwu, wraz z nią rośnie także zapotrzebowanie na moc potrzebną do napędu piły łańcuchowej. Zaś Bieńkowski [1] w swoich badaniach doszedł do wniosku, że pomiędzy powierzchnią wydajnością skrawania, a siłą posuwu, oporami skrawania i grubością wióra istnieje liniowa zależność. Natomiast Maciak [5] prowadząc pomiary na próbkach drewna sosnowego o stałej wysokości rzazu stwierdził, że dla każdej piły istnieje optymalna wartość siły posuwu, przy której uzyskuje ona maksymalną wydajność powierzchniową, a dalsze zwiększanie wartości siły posuwu prowadzi do spadku wydajności piłowania. Jak wynika z tego krótkiego przeglądu literatury wartość siły posuwu ma istotne znaczenie dla uzyskiwanych efektów skrawania. We wszystkich opisanych badaniach zakres zastosowanych sił posuwu był założony ogólnie przez badaczy. Nasuwa się jednak pytanie: jaki jest zakres wartości sił posuwu występujący w trakcie normalnej pracy pilarką oraz w jak szerokim zakresie zmienia się ona podczas piłowania drewna okrągłego? W drewnie okrągłym bowiem wysokość rzazu nie jest stała. Zbadanie tego zagadnienia umożliwiłoby w przyszłości takie planowanie badań laboratoryjnych, aby odwzorowywały one jak najlepiej warunki rzeczywistej pracy pilarki.

## Cel i metodyka badań

Celem przeprowadzonych badań było określenie zmienności siły posuwu podczas przerzynki drewna okrągłego oraz wpływu mocy pilarki na tę zmienność.

Do badań wykorzystano dwie pilarki:

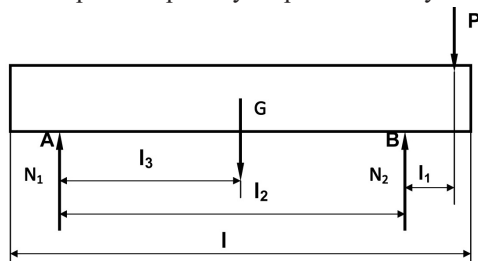
- Husqvarna - model 246 o mocy 2,3 kW, pojemności skokowej 46 cm<sup>3</sup> i masie (bez układu tnącego) 4,7 kg;
- STIHL - model MS 440 o mocy 4,0 kW, pojemności skokowej 70,7 cm<sup>3</sup> i masie (bez układu tnącego) 6,3 kg.

Obydwa modele należą do grupy pilarek profesjonalnych. Pierwsza z nich reprezentuje pilarki średnie używane do przerzynki, druga pilarki duże stosowane do ścinki.

Do badań wykorzystano wałki drewna sosnowego o długości 120 cm i średnicy od 21 do 28 cm. Wilgotność drewna wynosiła 11,54% a gęstość próbki suchej 0,76 [g/cm<sup>3</sup>].

Wałek sosnowy umieszczano poziomo na koziołku na wysokości 60 cm. Pod drewnem w punkcie B (rys. 1) umieszczono tensometryczny czujnik siły.

Czujnik pomiarowy podłączony był do mostka pomiarowego. Dane były przekazywane do komputera, który rejestrował wartości siły podczas skrawania drewna. Układ sił działających na wałek podczas przerzynki przedstawia rys. 1.



Rys. 1. Układ sił działających na wałek podczas przerzynki (opis w tekście)

Fig. 1. Diagram of external forces acting on roller during cross cutting (description in text)

Układ równań sił i momentów działających na drewno można zapisać następująco:

$$\begin{cases} \Sigma X = 0; \\ \Sigma Y = G + P_p - N_1 - N_2 = 0; \\ \Sigma M_A = G \cdot l_3 + P_p \cdot (l_1 + l_2) - N_2 \cdot l_2 = 0 \end{cases} \quad (1)$$

Równanie umożliwiające obliczenie wartości siły  $P_p$  ma następującą postać:

$$P_p = \frac{N_2 \cdot l_2 - G \cdot l_3}{l_1 + l_2}, \quad (2)$$

gdzie:

$N_1, N_2$  - nacisk drewna;

$P_p$  - siła posuwu;

$G$  - ciężar wałka;

$l, l_1, l_2, l_3$  - odpowiednie wymiary liniowe.

Jak wynika z powyższych równań na wartość siły  $N_2$ , w miejscu umieszczenia czujnika duży wpływ ma odległość miejsca piłowania od czujnika, masa wałka oraz wymiary wałka. Ponadto gdyby czujnik pokazywał wartość siły  $N_2$ , to ustalenie wartości siły posuwu  $P_p$  wymagałoby dodatkowych obliczeń. Dlatego podczas skalowania czujnika siły obciążniki skalujące umieszczano w miejscu piłowania. Układ pomiarowy wskazywał więc od razu wartość siły posuwu  $P_p$ , z jaką operator oddziałuje na drewno. Ponieważ po odcięciu krążka zmieniała się masa wałka, co zmieniało odczyt czujnika siły, skalowania dokonywano przed każdym pomiarem. Ponadto, stanowisko wyposażono w specjalny wskaźnik, który gwarantował, że przerzynki dokonywano zawsze w tej samej odległości od czujnika siły wynoszącej 20 cm. Dokładność pomiaru siły wynosiła 2%. Dane były zapisywane za pomocą programu ESAM z częstotliwością 100 Hz. Program ten umożliwiał również dalszą obróbkę danych pomiarowych.

Operator dokonywał przerzynki poprzecznie do włókien drewna. Po każdym odcięciu pilarka była wyłączana w celu przygotowania drewna do następnej próby oraz wyskalowania układu pomiarowego. Podczas wszystkich pomiarów pilarkę obsługiwał jeden operator. Otrzymał on zalecenie, aby prowadzić pilarkę pionowo w dół oraz aby podczas pracy starać się uzyskać maksymalną wydajność piłowania.

Podczas badań mierzono następujące parametry:

- siłę posuwu,
- czas piłowania drewna,
- wymiary drewna.

Czas piłowania mierzono od chwili zetknięcia się piły łańcuchowej z drewnem, aż do momentu zakończenia piłowania. Odczytywano go z wykresu przebiegu siły posuwu. Przyjęto za początek piłowania moment, gdy siła posuwu zaczyna wzrastać, natomiast piłowanie uważano za zakończone, gdy siła posuwu spadła do zera. Przed każdym pomiarem za pomocą klupy mierzono średnicę w miejscu cięcia, z dokładnością  $\pm 0,5$  cm. Pomiaru dokonywano w dwóch wzajemnie prostopadłych przekrojach. Przy obliczaniu pola przekroju poprzecznego  $A$  założono, że jest ono elipsą, umożliwiło to wykorzystanie następującej zależności do obliczeń pola przekroju:

$$A = \frac{a}{2} \cdot \frac{b}{2} \cdot \pi \quad [\text{cm}^2], \quad (3)$$

gdzie:

a, b - osie elipsy (odpowiednio wielka i mała) [cm].

Powierzchniową wydajność piłowania  $W$  obliczano jako stosunek pola przekroju poprzecznego próbki drewna do czasu skrawania z następującej zależności:

$$W = \frac{A}{t} \quad [\text{cm}^2 / \text{s}], \quad (4)$$

gdzie:

A - powierzchnia przekroju rzazu [cm<sup>2</sup>],

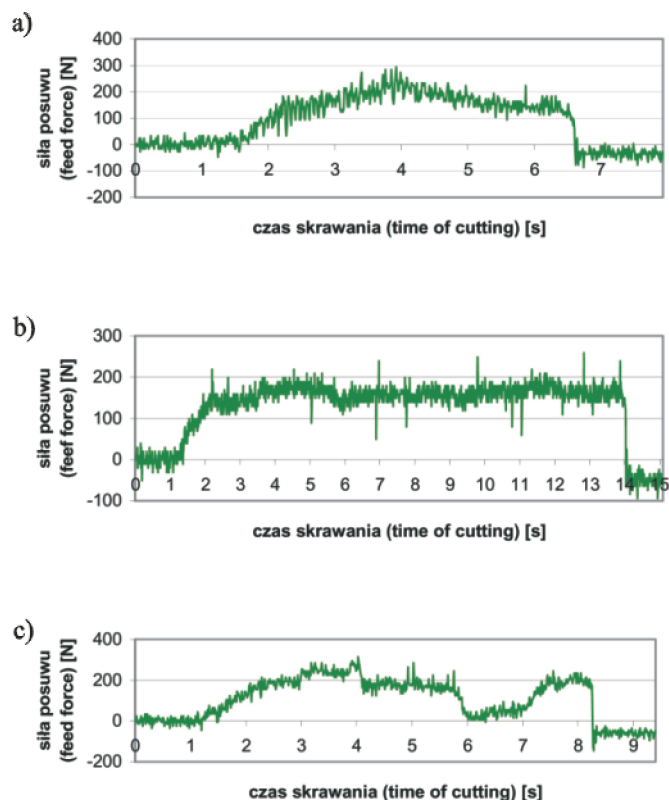
t - czas skrawania [s].

Otrzymane wyniki poddane były analizie statystycznej. O istotności każdej z funkcji świadczy współczynnik korelacji  $r$ , który porównuje się z jego wartością krytyczną  $r_k$  odczytaną z tablic. Przyjmowano, że zależność jest istotna, gdy  $r > r_k$ .

## Wyniki badań

Po przeprowadzeniu badań stwierdzono, że podczas przerzynki występuje znaczna zmienność wartości siły posuwu. Zauważono występowanie trzech charakterystycznych typów

zmienności przebiegu siły posuwu, niezależnych od użytej pilarki i wymiarów piłowanego drewna. Przedstawiono je na rys. 2.



Rys. 2. Różne charakterystyczne typy przebiegu zmian wartości siły posuwu podczas piłowania (opis w tekście)

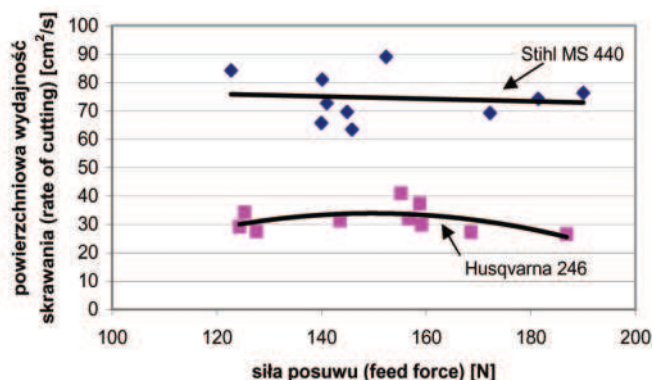
Fig. 2. Different characteristic types of course of changes of value of the feed force during sawing (description in text)

Pierwszy z nich charakteryzuje się (rys. 2a) tym, że wartość siły posuwu na początku wzrasta, osiąga wartość maksymalną w momencie piłowania maksymalnej wysokości rzazu równej średnicy drewna, a następnie stopniowo maleje. Kolejny typ (rys. 2b) charakteryzuje się tym, że wartość siły na początku piłowania gwałtownie wzrasta, następnie oscyluje wokół pewnego średniego poziomu by gwałtownie spaść po zakończeniu procesu piłowania. Ostatni zauważony typ wynika zapewne z trudności utrzymania przez operatora optymalnej wartości siły posuwu (rys. 2c). W trakcie piłowania wartość siły posuwu wzrasta, po osiągnięciu pewnej wartości gwałtownie spada prawie do zera, by potem znowu wzrosnąć, a następnie spaść do zera po zakończonym piłowaniu. Można to tłumaczyć tym, że operator zbyt mocno docisnął pilarkę do drewna, przekroczył optymalną wartość siły posuwu, co spowodowało gwałtowny spadek prędkości obrotowej silnika pilarki i zatrzymanie piły, wtedy to operator musiał gwałtownie zmniejszyć nacisk na pilarkę.

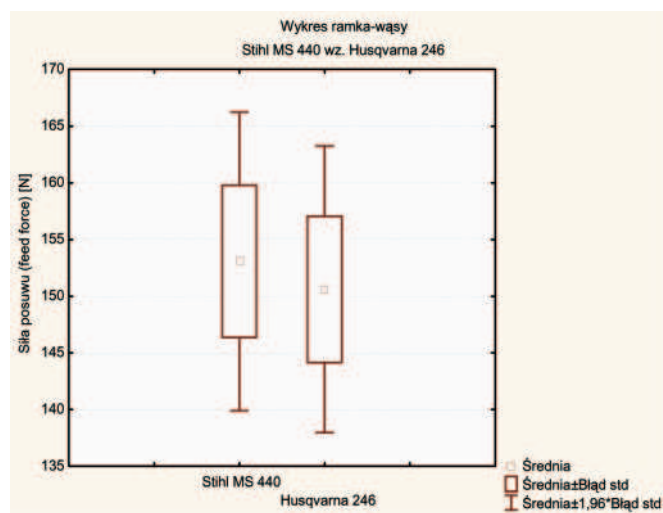
Ponieważ zmienność siły posuwu w trakcie jednego cięcia jest znaczna, do dalszych analiz przyjmowano jej wartość średnią z całego okresu, w którym występowało skrawanie.

Wydajność przy różnych wartościach siły posuwu i różnych pilarkach przedstawiono na rys. 3. Powierzchniowa wydajność skrawania dla pilarki Husqvarna 246 zawiera się w granicach od 27,5 do 40,9 cm<sup>2</sup>/s, przy sile posuwu od 124 do 186 N (średnia wartość siły posuwu 150,61 N). Maksymalną wydajność skrawania osiągnięto przy sile posuwu równej 155 N. W przypadku małej pilarki Husqvarna 246 można stwierdzić istotną zależność pomiędzy powierzchniową wydajnością skrawania a siłą posuwu. Na początku wraz ze wzrostem siły

posuwu rośnie również wydajność. Po przekroczeniu optymalnej wartości siły posuwu wydajność zaczyna spadać. Można to tłumaczyć tym, że przy dużych wartościach siły posuwu grubość wióra jest duża, co powoduje nadmierne obciążenie silnika pilarki i spadek prędkości obrotowej. Zjawisko to zauważono już podczas wcześniejszych badań [5].



Rys. 3. Wykres zależności wydajności od siły posuwu dla badanych pilarek  
Fig. 3. Graph of dependence of efficiency on feed force for investigated chain saws



Rys. 4. Zakres uzyskanych wartości sił posuwu dla badanych pilarek  
Fig. 4. Range of measured values of feed forces for investigated chain saws

W przypadku dużej pilarki Stihl MS 440 powierzchniowa wydajność skrawania wynosiła od 145,8 do 152,3 cm<sup>2</sup>/s. (średnio 74,5 cm<sup>2</sup>/s), a siła posuwu od 122 do 190 N. Jej wartość

średnia była nieco większa niż w przypadku pilarki Husqvarna 346 i wynosiła 153,07 N. W przypadku tej pilarki nie stwierdzono istotnego wpływu siły posuwu na powierzchniową wydajność skrawania. Jest to spowodowane zapewne tym, że pilarka Stihl MS 440 dysponuje dostatecznym nadmiarem mocy do przerzynki i nie następuje istotny spadek prędkości obrotowej silnika wraz ze wzrostem siły posuwu.

Otrzymane zakresy wartości sił posuwu oraz ich wartości średnie są zbliżone dla obu badanych pilarek (rys. 4). Uzyskane wyniki poddano więc dalszej analizie statystycznej w celu sprawdzenia, czy zbiory te różnią się statystycznie. W tym celu za pomocą programu Statistica wykonano test t-studenta dla prób niezależnych, przy poziomie istotności  $\alpha = 0,05$ . Otrzymano  $p = 0,7946$ . W związku z tym brak jest podstaw do odrzucenia hipotezy zerowej i można stwierdzić, że dla badanych pilarek otrzymane wartości sił posuwu nie różnią się istotnie.

## Podsumowanie

Opisane badania pozwalają na sformułowanie następujących wstępnych wniosków:

1. Siła posuwu podczas piłowania wałka zmienia się w szerokim zakresie, jej wartość zależy między innymi od aktualnej wysokości rzazu.
2. Na podstawie przeprowadzonych badań nie można stwierdzić istotnej zależności siły posuwu od mocy pilarki.
3. W przypadku pilarki Stihl MS 440, dysponującej dużą mocą, wydajność nie zależy od siły posuwu. Natomiast dla pilarki Husqvarna 246, która jest pilarką mniejszą, wydajność istotnie zależy od siły posuwu.

## Literatura

- [1] Bieńkowski J.: Badanie wpływu stopienia ostrzy tnących i napięcia piły na opory i wydajność skrawania piły łańcuchowej. Praca magisterska, SGGW. Warszawa 1993.
- [2] Botwin M.: Maszynoznawstwo leśne - podręcznik dla studentów wydziału leśnego WSR. PWRiL. Warszawa 1965.
- [3] Górski J.: Analiza wpływu podstawowych czynników na wydajność i energochłonność procesu skrawania drewna piłą łańcuchową żłobikową. Praca doktorska, SGGW. Warszawa 1996.
- [4] Loike H.J.: Direct angetribene Motorsage und Getriebeagen. Holz - Zentralblatt, nr 91, 1960.
- [5] Maciak A.: Wpływ parametrów konstrukcyjnych ogniwn tnących piły łańcuchowej żłobikowej na wydajność skrawania drewna. Praca doktorska, SGGW. Warszawa 2001.

## THE MEASUREMENT OF VARIABILITY OF FEED FORCE DURING CROSS CUTTING OF PINE WOOD

### Summary

The paper presents the results of investigations of feed and the efficiency of cutting during cross cutting of pine rollers. Two chain saws with different power were used in these investigations. The occurrence of the large variability of feed force during cross cutting was established.