

Wpływ grubości drewna (gałęzi) sumaka octowca *Rhus typhina* L. na parametry energetyczne jego zrębkowania prototypową rębarką RD

Streszczenie

Pochodzące z różnych źródeł drewno odpadowe w dużej mierze jest w Polsce spalane w kotłach i piecach ogólnego stosowania, po uprzednim pocięciu gałęzi na kilkudziesięciocentymetrowe kawałki. Zjawisko takie ma miejsce szczególnie na terenach wiejskich. Znaczna ilość drewna odpadowego jest jednak rozdrabniana rębarkami na małe cząstki zwane zrębkami. Ważnym czynnikiem tego procesu jest zapewnienie niskiego jednostkowego zużycia energii przy jednoczesnym zrębkowaniu drewna o dużych średnicach. Badana rębarka zrealizowana w ramach projektu celowego ROW-292-2003 przez firmę INVENTOR Joński Jan i Maria, została konstrukcyjnie przystosowana do rozdrabniania drewna o średnicy do 200 mm. W czasie badań rozdrabniano gałęzie sumaka octowca *Rhus typhina* L. W pracy zawarto wyniki badań obciążenia energetycznego prototypowej rębarki RD w czasie rozdrabniania drewna odpadowego sumaka octowca *Rhus typhina* L.

1. Wstęp

Rocznie w naszym kraju z obszarów leśnych, należących do Lasów Państwowych, można pozyskać ok. 3,9 mln m³ drewna opałowego i małowymiarowego [5, 7]. Ponadto ocenia się, że ok. 1,5 mln m³ drewna w postaci gałęzi jest pozyskiwane z zadrzewień przydrożnych, drzew i krzewów parkowych, sadów, krzewów ogrodowych, itp. Pozyskiwane z tych źródeł drewno odpadowe jest w dużej mierze spalane w kotłach i piecach ogólnego stosowania, po uprzednim pocięciu gałęzi na kilkudziesięciocentymetrowe kawałki. Zjawisko takie ma miejsce szczególnie na terenach wiejskich.

Wspomniane drewno odpadowe najczęściej jednak rozdrabnia się także przy pomocy rębarek na drobne kawałki zwane zrębkami. Znaczna ilość zrębków uzyskanych z drewna odpadowego pochodzącego z wyrębów lasów zostaje, podczas rozdrabniania, rozrzucona na miejscu jako materiał użyźniający glebę, część, szczególnie zrębki z bardzo cienkich gałęzi i kory, jest zagospodarowywana jako materiał przeznaczony dla ogrodnictwa jako warstwa ochronna i ozdobna wykładana wokół krzewów, drzew czy kwiatów. Zrębki używane są również jako opał w przydomowych kotłowniach. Są więc jednym z wielu odnawialnych źródeł energii, w tym wypadku energii cieplej.

Badana rębarka przeznaczona jest przede wszystkim do zrębkowania drewna odpadowego przeznaczonego do spalania w przydomowych kotłowniach zwłaszcza na terenach wiejskich. Przedsięwzięcie jest więc jednym z wielu urządzeń przeznaczonych do pozyskania energii cieplej z surowców odnawialnych.

Dnia 9 marca 2007 r. Rada Europy przyjęła uchwałę o uzyskaniu, do roku 2020, 20% energii ze źródeł odnawialnych. Polskę również ta uchwała obowiązuje, a badana maszyna powinna, w pewnym zakresie przyczynić się do osiągnięcia tego poziomu [6].

W czasie badań rozdrabniano gałęzie sumaka octowca *Rhus typhina* L., krzewu (lub drzewa) często występującego w parkach, na skwerach i przydomowych ogródkach.

2. Cel i zakres badań

Celem badań było określenie obciążenia energetycznego prototypowej rębarki RD w czasie rozdrabniania drewna

odpadowego sumaka octowca *Rhus typhina* L.

Wyznaczono pobór mocy i obciążenie momentowe badanej rębarki, a także charakterystyczne parametry rozdrabnianego surowca drzewnego.

3. Przebieg i metodyka badań

Z przeznaczonego do zrębkowania drewna sumaka, przed rozpoczęciem jego rozdrabniania, pobrano w odpowiedni, zgodny z normą, sposób próbki w celu wykonania pomiaru wilgotności rozdrabnianego materiału. Pomiar wilgotności drewna wykonano metodą suszarkowo-wagową zgodnie z normą PN-EN 13183-1:2004 (Adameczyk i in 2006).

Rębarkę zagregowano z ciągnikiem URSUS 4512 (rys. 1a) i zainstalowano na niej aparaturę pomiarową. Pomiarów momentu obrotowego, pobieranego przez rozdrabniacz, dokonano za pomocą zestawu MiR 50, który zamontowano bezpośrednio na WOM ciągnika (rys 1b).

Następnie czujnik momentu obrotowego zestawu połączono z wielokanałowym wzmacniaczem pomiarowym SPIDER-8 firmy Hottinger Baldwin Messtechnik, za pomocą którego zarejestrowano przebieg obciążenia momentowego na biegu jałowym oraz podczas pracy przy różnych grubościach rozdrabnianych gałęzi z częstotliwością 30 Hz [1]. Wielkość poboru mocy wyznaczono analitycznie.

Znajomość wielkości obciążenia momentowego oraz prędkości obrotowej tarczy rozdrabniającej (zrębkującej) umożliwia obliczenie poboru mocy przez rozdrabniacz według następującego wzoru empirycznego [4]:

$$N = \frac{M \cdot n}{9549} \quad [\text{kW}]$$

gdzie:

M – moment obrotowy na wale napędowym [Nm]

n – prędkość obrotowa wału napędowego min⁻¹.

Z przygotowanego do zrębkowania materiału (rys. 2) wyselekcjonowano gałęzie o średnich grubościach w trzech grupach 45 mm, 75 mm, 120 mm, pozostałe gałęzie zrębkowano jako jedną grupę z zakresem grubości do 40 mm. Wyselekcjonowane gałęzie podawano do zrębkowania pojedynczo w ramach odpowiedniej grupy grubościowej, natomiast gałęzie cienkie o średnicach do 40 mm podawano

porcjami. W każdym przypadku starano się zachować ciągłość podawania zrębkowanego materiału.

a)



b)



Rys. 1. Rozdrabniacz (rębarka) do drewna zagregowana z ciągnikiem URSUS 4512 a) pozycja robocza, b) z zamontowanym momentomierzem i stanowiskiem pomiarowym w miejscu badań

3. Wyniki badań i ich dyskusja

W rozdziale tym zostaną omówione wyniki badań energetycznych prototypowej rębarki RD uzyskane w czasie zrębkowania gałęzi sumaka octowca *Rhus typhina* L. Dla celów porównawczych przedstawiono także wyniki pomiaru wilgotności zrębkowanego drewna.

3.1. Pomiar wilgotności drewna

Wilgotność badanych próbek podano w tab. 1. Gałęzie sumaka przeznaczone do zrębkowania zostały ścięte kilka dni przed badaniami. Wilgotność drewna bezpośrednio po ścięciu byłaby o kilkanaście procent wyższa. Drewno świeżo ścięte, o znacznej wilgotności jest łatwiejszym materiałem do zrębkowania niż drewno podsuszone. Podsuszenie drewna powoduje twardnienie jego włókien, co z kolei prowadzi do zwiększania oporów roboczych w czasie zrębkowania i przez to zwiększenia poboru mocy przez rębarkę.



Rys. 2. Przeznaczone do zrębkowania w czasie badań rębarki gałęzie sumaka octowca *Rhus typhina* L.

Tab. 1. Wilgotność bezwzględna zrębkowanego surowca

Lp.	Wyszczególnienie	Wilgotność bezwzględna [%]
1.	Próbka I	46,9
2.	Próbka II	50,9

3.2. Pomiar momentu obrotowego

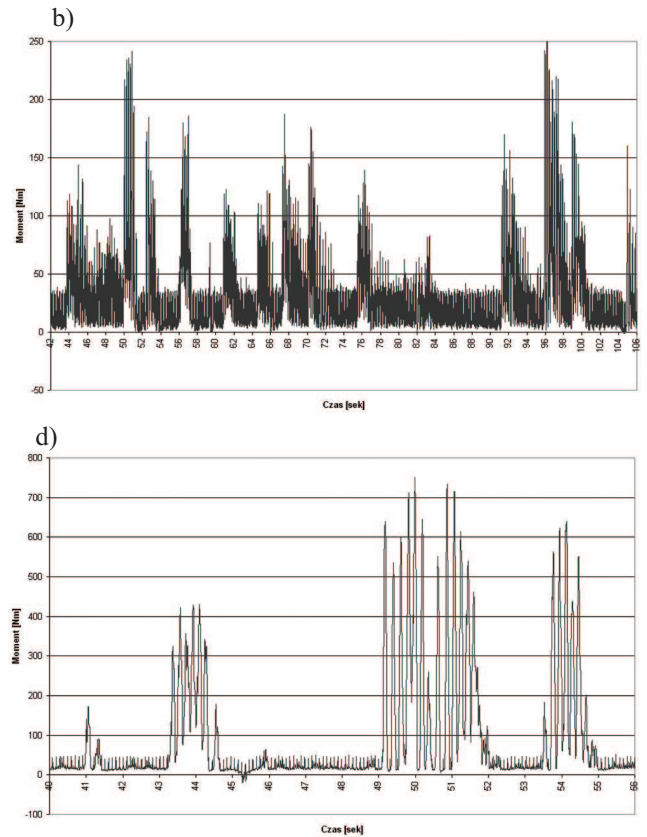
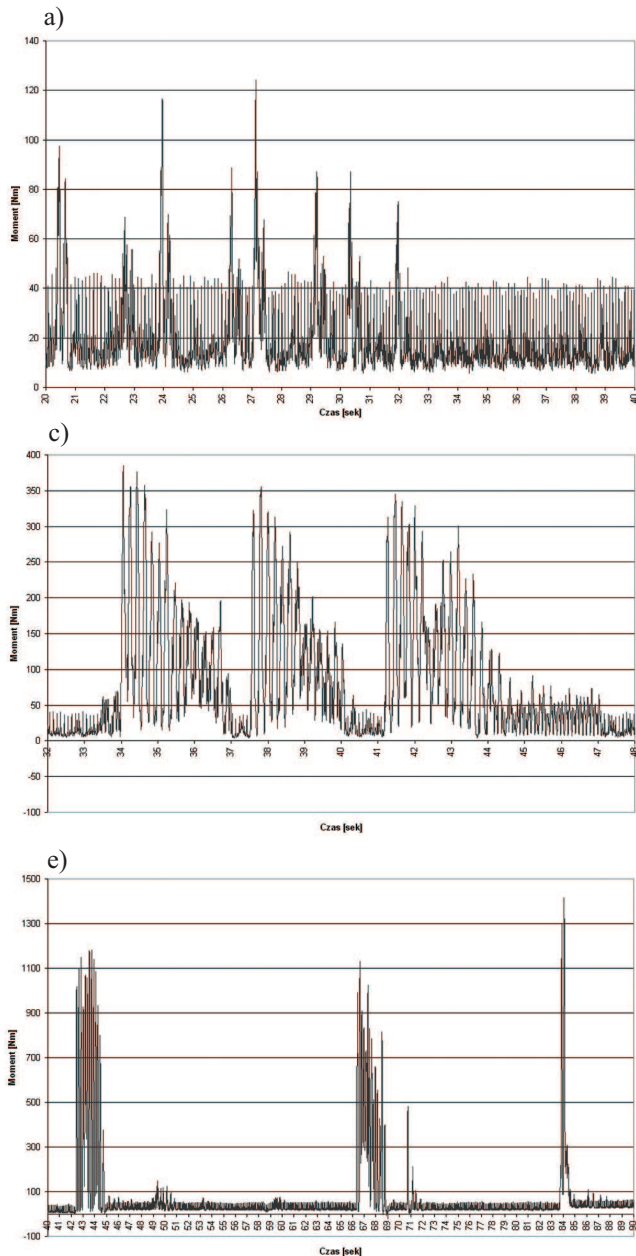
Wyniki pomiarów momentu obrotowego na wale napędowym prototypowej rębarki do drewna RD produkcji firmy Inventor przedstawiono rys. 3 a–e. Wykresy te obrazują przebiegi zmienności momentu obrotowego w funkcji czasu.

Podczas rozruchu rozdrabniacza, przez około 30 sekund występowały skoki momentu obrotowego sięgające 125 Nm (rys. 3a). Były one efektem wprowadzania w ruch obrotowy wirującej masy, jaką była tarcza z nożami zrębkującymi. Po ustabilizowaniu się prędkości obrotowej tarczy na biegu jałowym w każdym z rejestrowanych przypadków moment obrotowy wynosił ok. 40 Nm. Świadczy to o prawidłowym (bez bicia poosiowego) wykonaniu tarczy zrębkującej. Zgodnie z przewidywaniami wraz ze wzrostem grubości zadawanych do zrębkowania gałęzi wzrastało obciążenie momentowe na wale napędowym tarczy zrębkującej rębarki.

Największe obciążenia i największy moment obrotowy sięgający 1400 Nm zanotowano dla rozdrabniania gałęzi o grubości 120 mm (rys. 3e). Najmniejsze wartości zmierzonych momentów odnotowano dla zrębkowania najbardziej zróżnicowanych pod względem grubości gałęzi z zakresu do 40 mm. Wartości momentów dla tej grupy gałęzi sięgały 250 Nm, gdy w rozdrabnianej porcji znajdowały się gałęzie o grubościach zbliżonych do 40 mm, jednak dla większości gałęzi zrębkowanych w ramach grupy grubościowej wartości momentów zawierały się w przedziale 50-150 Nm (rys. 3b).

We wszystkich rozpatrywanych przypadkach starano się zachować ciągłość procesu zrębkowania. Widoczne jednak na wykresach chwile pracy bez obciążenia, szczególnie na wykresach gałęzi o grubości 75 mm i 120 mm, były efektem czasu koniecznego, aby rolka podająca rozdrabniacza mogła pochwycić kolejną dostarczaną do zrębkowania gałąź. Ponieważ gałęzie sumaka ze swej natury nie są prostoliniowe, ich kształty utrudniały to zadanie generując wspomniane przerwy ciągłości procesu zrębkowania.

Należy także zwrócić uwagę na twardość zrębkowanego drewna sumaka octowca, który jest krzewem (lub drzewem) o miękkim drewnie. Rozdrabniając gałęzie drzew o znacznie twardszym drewnie jak np. dąb, robinia czy nawet wierzba, należy oczekiwać, iż obciążenie momentowe dla takich samych grup grubościowych drewna będzie znacznie większe.



Rys. 3. Przebieg momentu obrotowego przekazywanego przez WOM ciągnika na tarczę zrębkującą rozdrabniacza:
 a) w czasie pracy na biegu jałowym, bez obciążenia,
 b) w czasie rozdrabniania gałęzi o grubości do 40 mm,
 c) w czasie rozdrabniania gałęzi o średniej grubości 45 mm,
 d) w czasie rozdrabniania gałęzi o średniej grubości 75 mm,
 e) w czasie rozdrabniania gałęzi o średniej grubości 120 mm

3.3. Pomiar poboru mocy

Obliczone wartości poboru mocy dla rozdrabniania drewna odpadowego w postaci gałęzi i konarów rosły wraz ze wzrostem grubości rozdrabnianego surowca (tab. 2.).

Tab. 2. Zestawienie wyników pomiarów poboru mocy przez rozdrabniacz (rębarkę)

Lp.	Wyszczególnienie	Zapotrzebowanie na moc [kW]
1.	Na biegu jałowym, prędkość obrotowa WOM = 540 min ⁻¹	0,88
2.	Rozdrabnianie gałęzi o zmiennych średnicach do 40 mm, prędkość obrotowa WOM = 540 min ⁻¹	2,6
3.	Rozdrabnianie gałęzi o średnicy 45 mm, prędkość obrotowa WOM = 540 min ⁻¹	6,2
4.	Rozdrabnianie gałęzi o średnicy 75 mm, prędkość obrotowa WOM = 540 min ⁻¹	12,8
5.	Rozdrabnianie gałęzi o średnicy 120 mm, prędkość obrotowa WOM = 540 min ⁻¹	29,8

Dla gałęzi o grubości do 40 mm wyniósł on 2,6 kW, a dla najgrubszych rozdrabnianych fragmentów konarów o średniej grubości 120 mm pobór mocy wyniósł 29,8 kW.

Dla maksymalnej grubości rozdrabnianych gałęzi, jaką dopuszcza konstrukcja rozdrabniacza (200 mm) zapotrzebowanie mocy będzie zapewne większe. Również rozdrabnianie drewna odpadowego z drzew o większej twardości (jak już wspomniano drewno sumaka charakteryzuje się małą twardością) spowoduje wzrost zapotrzebowania mocy przez rębarkę. Z tych powodów do współpracy z rozdrabniaczem należy zagregować ciągnik o mocy znamionowej minimum 50 kW.

4. Wnioski

Analiza przeprowadzonych badań pozwala na przedstawienie następujących spostrzeżeń i wniosków:

1. Wilgotność drewna poddawanego rozdrabnianiu zawierała się w przedziale 47 - 51%, są to wartości typowe dla drewna ściętego i składowanego przez kilka do kilkunastu dni;
2. Z pomiarów momentu obrotowego przekazywanego przez WOM ciągnika wynika, że pobór momentu obrotowego

- przez tarczę zębującą rozdrabniacza (rębarki) przy obrotach $WOM\ 540\ min^{-1}$ nie jest duży i wynosi średnio, bez obciążenia na biegu jałowym, 40 Nm. Pobór momentu obrotowego przez tarczę zębującą rozdrabniacza (rębarki) pod obciążeniem (w czasie zębowania), cechuje się dużą zmiennością, charakterystyczną dla pracy tego typu maszyn, występującą w przedziale od 40-1400 Nm. Wartości te są skorelowane z grubościami gałęzi poddawanych zębowaniu. Dla gałęzi o grubościach do 40 mm maksymalny pobór momentu wyniósł 250 Nm, dla gałęzi o średniej grubości 45 mm 380 Nm, dla gałęzi o średniej grubości 75 mm 750 Nm, a dla gałęzi o średniej grubości 120 mm 1400 Nm. Po między podawaniem kolejnych gałęzi we wszystkich rozpatrywanych przypadkach występowały krótkie przerwy, w których rozdrabniacz pracował na biegu jałowym, bez obciążenia i pobór momentu obrotowego spadał do poziomu 40 Nm;
3. Obliczone wartości poboru mocy dla rozdrabniania drewna odpadowego w postaci gałęzi i konarów są silnie skorelowane z grubością drewna (gałęzi) i rosną wraz ze wzrostem grubości rozdrabnianego surowca. Dla gałęzi o grubości do 40 mm pobór mocy wyniósł on 2,6 kW, a dla najgrubszych rozdrabnianych fragmentów konarów o średniej grubości 120 mm pobór mocy wyniósł 29,8 kW;
 4. Dla maksymalnej grubości rozdrabnianych gałęzi, jaką dopuszcza konstrukcja rozdrabniacza (200 mm),

zapotrzebowanie mocy będzie większe. Z tej przyczyny do współpracy z rozdrabniaczem (rębarką) należy zagregować ciągnik o mocy znamionowej minimum 50 kW.

5. Literatura

- [1] Adamczyk F., Frąckowiak P., Jankowiak St., Zielnica M. Linia technologiczna przygotowania zrębków do spalania. Badania laboratoryjne i funkcjonalne prototypu linii technologicznej. Zadanie Nr II.9. PIMR Poznań 2006
- [2] Galewski W., Korzeniowski A. Atlas najważniejszych gatunków drewna. PWRiL Warszawa 1958
- [3] PN-EN 13183-1:2004. Wilgotność sztuki tarcicy. Część 1: Oznaczanie wilgotności metodą suszarkowo-wagową
- [4] Różański H. Badania nad określeniem wpływu wybranych czynników na zębowanie drewna sosnowego i zużycie noży rębarki DVWB-112. Roczniki AR w Poznaniu. Rozprawy naukowe. z. 223, Poznań 1991
- [5] Różański H. Niezawodność i wydajność prototypowej rębarki typu DXZA przy produkcji zrębków przemysłowych. Prace Komisji Nauk Rolniczych i Leśnych. PTPN Poznań, 1987, t.64, ss. 113-116
- [6] http://ec.europa.eu/news/environment/070309_1_pl.htm
- [7] www.lp.gov.pl Plan pozyskania drewna iglastego i liściastego w LP na 2006.

Influence of wood thickness (branches) of the *Rhus typhina* L. on energy parameters of its chipping with the use of type RD prototype wood chipper

Summary

*Obtained from different sources waste-wood is, in Poland, burned in typical boilers and chamber ovens. Before burning every branch is cut on ten centimeter pieces. This phenomenon takes place especially in countryside. However a great quantity of waste wood is chipped on small pieces, called chips, by chipper. The important factor of this process is to guarantee low individual consumption of energy for chipping large diameter branches of wood. The investigated, realized within the framework of the advisable project ROW-292-2003 by the firm INVENTOR Joński Jan i Maria, Mokobody, wood chipper can chip branches with diameter up to 200 mm. During the investigation were chipped the branches of *Rhus typhina* L. The paper presents test data of investigation concerning the energetic load of prototype wood chipper type RD during the *Rhus typhina* L. chipping.*