

Andrzej Dąbrowski

# Ograniczanie ryzyka odbicia przy cięciu drewna przenośnymi pilarkami łańcuchowymi



**Andrzej Dąbrowski**

**Ograniczanie  
ryzyka odbicia  
przy cięciu drewna  
przenośnymi pilarkami  
łańcuchowymi**

**Warszawa 2011**

**CIOP  PIB**

Opracowano i wydano w ramach programu wieloletniego „Poprawa bezpieczeństwa i warunków pracy” (I, II etap) finansowanego w zakresie badań naukowych i prac rozwojowych ze środków Ministerstwa Nauki i Szkolnictwa Wyższego/Narodowego Centrum Badań i Rozwoju oraz zadań służb państwowych przez Ministerstwo Pracy i Polityki Społecznej.

Koordynator programu: Centralny Instytut Ochrony Pracy – Państwowy Instytut Badawczy

**Autor**

dr inż. Andrzej Dąbrowski – Zakład Techniki Bezpieczeństwa, CIOP-PIB

**Projekt okładki**

Jolanta Maj

© Copyright by Centralny Instytut Ochrony Pracy – Państwowy Instytut Badawczy  
Warszawa 2011

ISBN 978-83-7373-111-0



Centralny Instytut Ochrony Pracy – Państwowy Instytut Badawczy  
ul. Czerniakowska 16, 00-701 Warszawa  
tel. (48-22) 623 36 98, fax (48-22) 623 36 93, 623 36 95, [www.ciop.pl](http://www.ciop.pl)

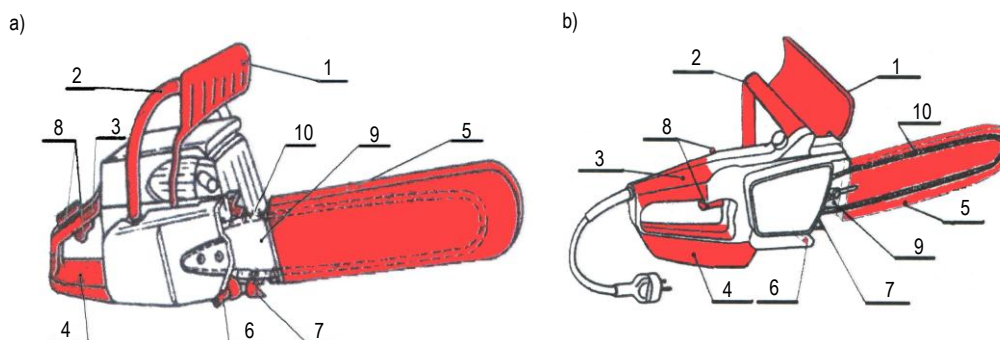
## Spis treści

Wstęp .....	5
Co to jest zjawisko odbicia .....	6
Podstawowe rozwiązania techniczne mające wpływ na ograniczanie ryzyka związanego z odbiciem pilarek .....	8
Budowa i działanie zespołu tnącego pilarki .....	9
Rola użytkownika pilarki w ograniczaniu ryzyka zawodowego związanego z jej odbiciem.....	19
Wpływ właściwości drewna na odbicie pilarek.....	24
Rola producentów pilarki w ograniczaniu ryzyka zawodowego związanego z jej odbiciem.....	27
Podsumowanie.....	27
Piśmiennictwo .....	28



## Wstęp

Przenośne pilarki łańcuchowe są maszynami ręcznymi przeznaczonymi do dzielenia drewna na części (rys. 1).



**Rys. 1.** Podstawowe elementy przenośnych pilarek łańcuchowych do drewna związane z bezpieczeństwem użytkowania: a) – spalinowa pilarka łańcuchowa do prac leśnych, b) – elektryczna pilarka łańcuchowa; 1 – osłona przednia ręki (dźwignia uruchamiająca hamulec piły łańcuchowej), 2 – uchwyt przedni, 3 – uchwyt tylny, 4 – osłona tylna ręki, 5 – osłona prowadnicy i piły łańcuchowej (używana podczas transportu pilarki), 6 – wychwytnik piły łańcuchowej, 7 – oporowy zderzak zębaty (ostroga), 8 – elementy sterujące pracą silnika, 9 – prowadnica, 10 – piła łańcuchowa

Narzędziem tnącym tych maszyn jest poruszająca się po prowadnicy piła łańcuchowa typu żłobikowego napędzana silnikiem, najczęściej spalinowym (pilarki spalinowe), ale także elektrycznym (pilarki elektryczne).

W Polsce około 90% prac związanych z pozyskiwaniem drewna odbywa się z wykorzystaniem spalinowych przenośnych pilarek łańcuchowych, a ich użytkowanie jest główną przyczyną wypadków podczas wykonywania tych prac. Z dostępnych danych, z lat osiemdziesiątych ubiegłego wieku, wynika, że za pomocą pilarek w Polsce wykonywano: 97% ścinki, 92% okrzesywania, 94% przerzynki. Z aktualnych danych UE także wynika, że obecnie w Polsce pilarki nadal są podstawowym narzędziem stosowanym do pozyskiwania drewna, podczas gdy np. w Finlandii czy Szwecji zastąpiono je maszynami wieloczynnościowymi, takimi jak harwestery.

Użytkowanie pilarek wiąże się z dużym ryzykiem powstania urazów, w związku z tym przy ocenie spełnienia zasadniczych wymagań bezpieczeństwa pracy stosuje się procedury oceny zgodności określone w rozporządzeniu ministra gospodarki z dnia 21 października 2008 r. (DzU nr 199, poz. 1228). Ponadto operatorzy pilarek powinni odbyć specjalne przeszkolenie,

zakończone uzyskaniem pozytywnego wyniku sprawdzianu (rozporządzenie ministra gospodarki z dnia 20 września 2001 r.; DzU nr 118, poz. 1263). Ryzyko powstania wypadków przy pracy tymi maszynami zwiększa rosnąca ich podaż na polskim rynku. Malejące ceny pilarek (zwłaszcza elektrycznych) powodują szeroką ich dostępność także dla amatorów chętnie wykorzystujących je na swoje domowe potrzeby – skracają one bowiem znacznie czas trwania obróbki drewna. Dlatego podaż pilarek spalinowych i elektrycznych, która w Polsce już w latach dziewięćdziesiątych ubiegłego wieku utrzymywała się na poziomie około 150 000 sztuk rocznie, stale wzrasta. Obecnie szacuje się ją na ponad 200 000 sztuk.

Ogólne zasady budowy i bezpieczeństwa użytkowania przenośnych pilarek łańcuchowych, wykorzystywanych do pozyskiwania drewna, zostały określone w normach: PN-EN ISO 11681-1:2009 i PN-EN 60745-2-13:2009. Bywają również użytkowane, choć w niewielkiej liczbie, specjalistyczne pilarki służące do pielęgnacji („chirurgii”) drzew, do których ma zastosowanie norma PN-EN ISO 11681-2:2009, ale tego typu maszyny mogą być obsługiwane tylko przez odpowiednio przeszkolonych pracowników.

Z danych wynika, że około 80% wypadków przy pracy pilarkami powodowanych jest kontaktem z poruszającą się piłą łańcuchową, zwłaszcza podczas wystąpienia **zjawiska odbicia** [Dąbrowski 2001].

## Co to jest zjawisko odbicia

Zjawisko odbicia (rys. 2) przebiega w sposób niekontrolowany i polega na nagłym odchyleniu pilarki w kierunku do operatora, spowodowanym zetknięciem się górnej części końcówki prowadnicy z twardym przedmiotem, także z drewnem, a szczególnie jego stwardnieniami, np. sękami (przyczyna bezpośrednia).

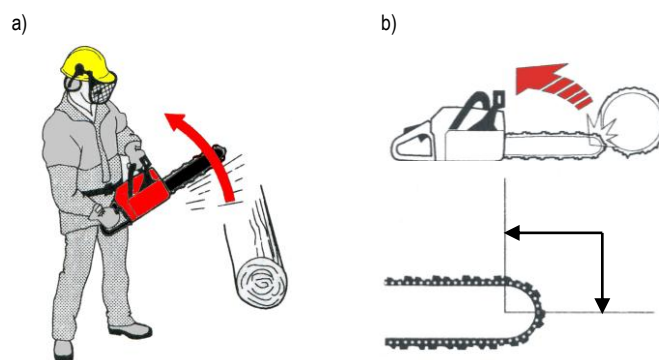
Jeśli pilarka znajduje się w położeniu innym niż pokazano na rysunku 2, podczas odbicia piła łańcuchowa może uderzyć operatora w górne części ciała lub w nogi, a także może spowodować uraz ręki.

Odbicie może wystąpić podczas wszystkich operacji wykonywanych pilarkami, np. przy ścinie, okrzesywaniu, przerzynie (rys. 3).

Przyczynami pośrednimi odbicia mogą być np.:

- cięcie końcówką prowadnicy
- wyszarpywanie zakleszczonej w drewnie piły łańcuchowej
- nagłe uwolnienie piły łańcuchowej uwięzionej w drewnie

- niewłaściwy stan naostrzenia lub niewłaściwe naciągnięcie piły łańcuchowej
- stosowanie prowadnic o długościach i szerokościach, nieadekwatnych do typu pilarki i rodzaju wykonywanych prac
- popychanie lub odciąganie pilarki podczas cięcia
- nadmierne dociskanie piły łańcuchowej w rzucie
- wykonywanie pilarką prac niedozwolonych (np. próby wykonywania otworu w drewnie czy cięcia przedmiotów z materiału innego niż drewno).



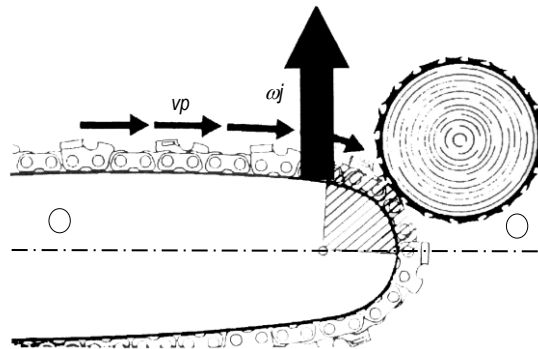
**Rys. 2.** Odbicie pilarki: a) – zjawisko odbicia, b) – zetknięcie się górnej części końcówki prowadnicy z twardym przedmiotem



**Rys. 3.** Podstawowe operacje technologiczne pozyskiwania drewna: a) – ścinka, b) okrzesywanie, c) – przerzynka



Odbicie przenośnych pilarek łańcuchowych (rys. 4) jest gwałtownym zjawiskiem zachodzącym, gdy maszyna uderza w drewno ogniwo pily łańcuchowej znajdującym się na końcówce prowadnicy i przemieszczającym się z dużą prędkością.



**Rys. 4.** Powstawanie zjawiska odbicia:  $\omega_j$  – prędkość kątowna odbicia pilarki,  $v_p$  – prędkość pozioma przemieszczania się pily przed odbiciem, O–O – oś symetrii prowadnicy [Więsik i Wójcik 2005]

Na ogół, niespodziewanie dla operatora, następuje wówczas ruch pilarki w kierunku przeciwnym niż prędkość pily na górnym łuku końcówki prowadnicy. Można wyróżnić następujące fazy zachodzące podczas jego trwania [Więsik 2001]:

- faza 1. Będące w ruchu i znajdujące się na górnym łuku końcówki prowadnicy ogniwo pily łańcuchowej uderza (na ogół niespodziewanie) w ciało twarde (np. drewno)
- faza 2. Pila łańcuchowa i powiązane z nią elementy układu napędowego gwałtownie zmniejszają swoją prędkość obrotową, a zarazem energię kinetyczną
- faza 3. Utracona energia kinetyczna przenosi się na korpus pilarki, powodując wymuszenie jej ruchu wokół chwilowego środka obrotu, najczęściej ku górze, w kierunku operatora.

## Podstawowe rozwiązania techniczne wpływające na ograniczanie ryzyka związanego z odbiciem pilarek

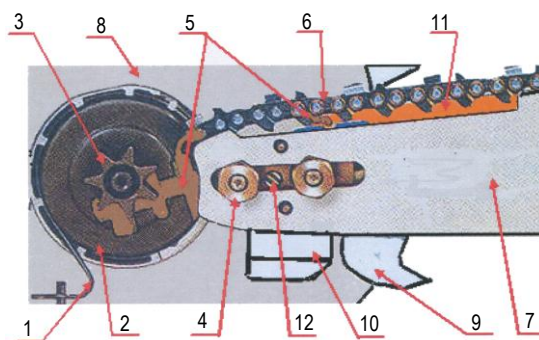
Producenci pilarek wprowadzają różne rozwiązania techniczne mające na celu ograniczenie dynamiki odbicia pilarki lub łagodzenie ewentualnych urazów. Powodują one zmniejszanie energii podczas odbicia, szybkie

wyhamowanie piły, ograniczanie możliwości wystąpienia dużej siły chwilowej podczas kontaktu ogniw piły z drewnem. Niektóre z tych rozwiązań nazwano *antyodbiciowymi*.

W pilarkach wyróżnia się trzy główne zespoły: napędowy, tnący i sterujący [Więsik i Wójcik 2005]. Zespół napędowy, czyli silnik wraz z jego podstawowymi układami (chłodzącym, zasilającym, zapłonowym, wydechowym i rozruchowym), jest źródłem mocy do pokonywania oporów występujących przy skrawaniu drewna. Zespół sterujący (podstawa maszyny wraz z amortyzatorami, uchwyty oraz elementy do sterowania układem zasilania silnika i hamulca piły łańcuchowej) jest przeznaczony do utrzymywania pilarki w różnych stanach pracy, ustalania jej położenia w czasie pracy, sterowania prędkością obrotową silnika oraz siłą posuwu piły łańcuchowej. Z punktu widzenia bezpieczeństwa pracy tymi maszynami (w tym ochrony przed zagrożeniami odbiciem) najważniejszy jest **zespół tnący pilarki**, ponieważ jego ruchoma piła łańcuchowa stanowi główne źródło powstawania urazów operatorów. Jednak dynamika działania tego zespołu na drewno, szczególnie przy niekontrolowanym zetknięciu się z nim, zależy też od parametrów jednostki napędowej.

## Budowa i działanie zespołu tnącego pilarki

Głównymi elementami zespołu tnącego (rys. 5) są: sprzęgło, kółko napędowe piły, prowadnica, piła łańcuchowa, ostroga, wychwytnik piły łańcuchowej, urządzenia do smarowania i napinania piły łańcuchowej oraz hamulec.



**Rys. 5.** Budowa zespołu tnącego pilarki: 1 – taśma hamulca, 2 – sprzęgło, 3 – zębate kółko napędowe, 4 – element mocowania prowadnicy, 5 – urządzenie do smarowania piły, 6 – piła łańcuchowa, 7 – prowadnica, 8 – korpus pilarki, 9 – ostroga, 10 – wychwytnik piły łańcuchowej, 11 – rowek prowadnicy, 12 – urządzenie napinające piłę łańcuchową

Zespół ten spełnia następujące funkcje związane z procesem skrawania drewna i zapewnieniem bezpieczeństwa operatorowi:

– przenosi napęd z wału silnika na piłę łańcuchową – przez sprzęgło (2) i kółko napędowe (3)

– zapewnia skrawanie drewna piłą łańcuchową – do tego celu służy prowadnica (7) oraz prowadzona przez nią piła łańcuchowa (6), umożliwiające cięcie drewna (powstanie rzazu) w płaszczyźnie zaplanowanej przez operatora

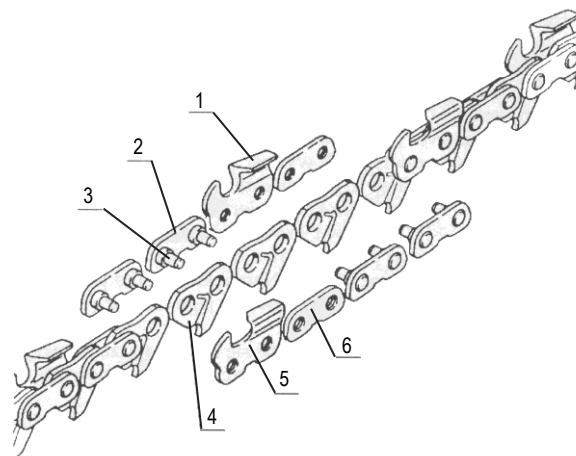
– zapewnia odpowiednią trwałość elementów układu tnącego narażonych podczas skrawania na działanie sił tarcia i uszkodzenia mechaniczne, poprzez:

- dobór materiałów i technologię wykonania części obciążonych mechanicznie (np. prowadnicy lub piły łańcuchowej)
- zastosowanie urządzenia (5) do smarowania olejem prowadnicy (11) i piły łańcuchowej,
- zastosowanie pokrywy sprzęgła (2) wraz z niewidoczną na rysunku 5 osłoną wiórów oraz ślizgaczy zapobiegających zetknięciu się ogniw piły łańcuchowej z korpusem pilarki lub pokrywą

– zapewnia operatorowi wydajną pracę podczas skrawania drewna – do tego celu służy urządzenie do napinania piły łańcuchowej (12) oraz budowa narzędzia (zwłaszcza jego ogniw tnących) odpowiednia do właściwości drewna [Oregon 1998]

– chroni operatora przed urazami – ryzyko powstawania urazów powodowanych piłą łańcuchową zmniejszają: ostroga (9) oparta o obrabiane drewno ułatwia sterowanie pilarką podczas wykonywania rzazu; wychwytnik piły łańcuchowej (10) służy do zatrzymania zerwanej lub spadającej z prowadnicy piły łańcuchowej; budowa piły łańcuchowej (6) i prowadnica (7) zmniejszająca skutki odbicia (kąt) lub prawdopodobieństwo jego wystąpienia [Więsik 2001a i b].

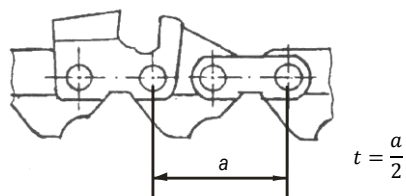
Podstawowym elementem zespołu tnącego jest **piła łańcuchowa**. Stosowane obecnie piły mają konstrukcję trzyczęściową (rys. 6). Rząd środkowy tworzą ogniwa prowadzące (4), których dolne występy wchodzą w rowek prowadnicy i zazębiają się z zębami kółka napędowego pilarki oraz z kółkiem prowadzącym gwiazdkowym prowadnicy (jeśli takie w niej występuje). Rzędy zewnętrzne piły tworzą ogniwa łączące (2, 6) i tnące (prawe 1, lewe 5) – mające półki wygięte odpowiednio w lewo lub w prawo (zależnie od położenia w prawym lub lewym rzędzie).



**Rys. 6.** Budowa piły łańcuchowej: 1 – ogniwo tnące prawe, 2 – ogniwo łączące prawe (z nitami), 3 – nit, 4 – ogniwo prowadzące, 5 – ogniwo tnące lewe, 6 – ogniwo łączące lewe (bez nitów) [Więsik i Wójcik 2005]

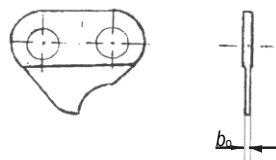
Podstawowymi parametrami piły łańcuchowej są: podziałka, grubość ogniwa prowadzącego, długość i skład sekcji, tj. powtarzających się zespołów, rodzaj i kąty ostrzy ogniwa tnącego, stępienie i położenie krawędzi tnących. Piły mają także różne rodzaje ogniw prowadzących i łączących.

Podziałka  $t$ , liczona na podstawie zmierzonej odległości  $a$  między osiami co trzeciego nitu (rys. 7), stanowi połowę tej odległości i jest średnią odległością pomiędzy dwoma sąsiednimi nitami.



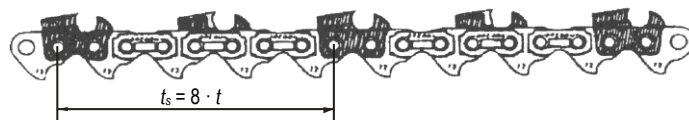
**Rys. 7.** Sposób wyznaczania podziałki piły łańcuchowej  $t$  [Więsik i Wójcik 2005]

Grubość ogniwa prowadzącego  $b_o$  jest wymiarem poprzecznym jego dolnej części wchodzącej w rowek prowadnicy (rys. 8).



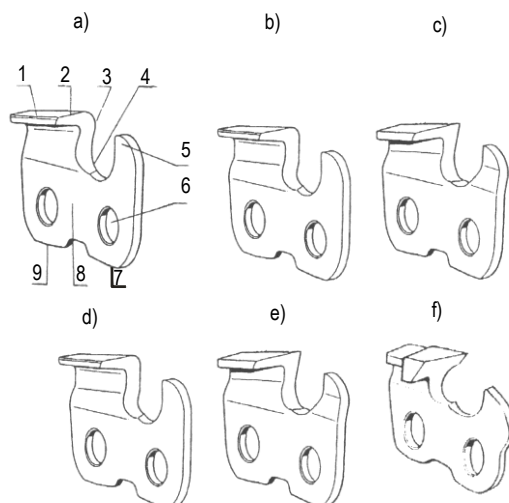
**Rys. 8.** Grubość ogniwa prowadzącego  $b_o$  [Więsik i Wójcik 2005]

Długość i skład sekcji są związane z powtarzającymi się zespołami. W większości pił stosowana jest standardowa długość sekcji  $t_s=8 t$  (rys. 9), ale występują także zwiększone długości ( $t_s=10 t$  i  $12 t$ ).



Rys. 9. Piła łańcuchowa o standardowej długości sekcji [Więsik i Wójcik 2005]

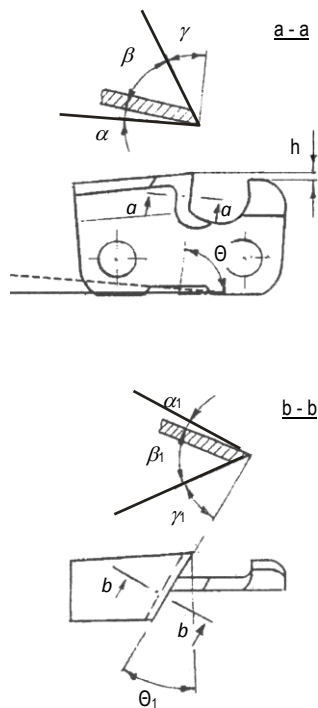
Budowę ogniwa tnącego (rys. 10) charakteryzują: kształt, wymiary i geometria ostrzy tnących.



Rys. 10. Budowa najczęściej spotykanych ogniw tnących: 1 – półka, 2 – ostrze poziome, 3 – ostrze pionowe, 4 – wrąb, 5 – ogranicznik grubości wióra, 6 – otwór na nit, 7 – stopka ogniwa, 8 – korpus ogniwa, 9 – piętka ogniwa; a) – ogniwo standardowe (o dużym promieniu łączącym krawędzie tnące – ok. 3,5 mm), b) – ogniwo typu półdłuto (o małym promieniu łączącym krawędzie tnące – ok. 1,5 mm), c) ogniwo typu dłuto (o ostrzach połączonych narożem), d) – ogniwo o wydłużonym ograniczniku zagłębienia i obniżonej wysokości profilu (o ok. 2 mm), e) – ogniwo o wydłużonym ograniczniku zagłębienia i normalnej wysokości profilu, f) – ogniwo z nakładką ostrza tnącego [Więsik i Wójcik 2005]

Ogniwa tnące, poza kierunkiem wygięcia półki, różnią się też promieniem gięcia: o dużym promieniu gięcia – standardowe (a), małym – półdłuto (b) i z narożem – dłuto (c) oraz kształtem ogranicznika grubości wióra: krótkim (standardowym – a, b, c) i wydłużonym (antyodbiciowym – d, e, f).

Kąty ostrzy ogniwa tnącego (rys. 11) charakteryzują geometrię ostrza poziomego i pionowego. Producenci, wytwarzając piły o różnej geometrii ostrzy tnących, mają na uwadze maksymalną wydajność skrawania i bezpieczeństwo w każdych warunkach pracy pilarką.

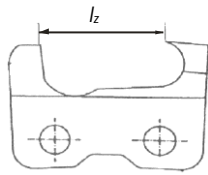


**Rys. 11.** Kąty ostrzy ogniwa tnącego:  $\alpha$  i  $\alpha_1$  – przyłożenia ostrza pionowego i poziomego,  $\beta$  i  $\beta_1$  – zaostrenia ostrza pionowego i poziomego,  $\gamma$  i  $\gamma_1$  – natarcia ostrza pionowego i poziomego,  $\theta$  i  $\theta_1$  – nachylenia ostrza pionowego i poziomego [Więsik i Wójcik 2005]

Stępienie i położenie krawędzi tnących decydują o przydatności piły łańcuchowej do skrawania drewna. Wskaźnikiem określającym stan ostrzy piły łańcuchowej jest promień zaokrąglenia ich krawędzi tnących. Na ogół wyróżnia się trzy stany naostrzenia piły łańcuchowej [Górski 1996]:

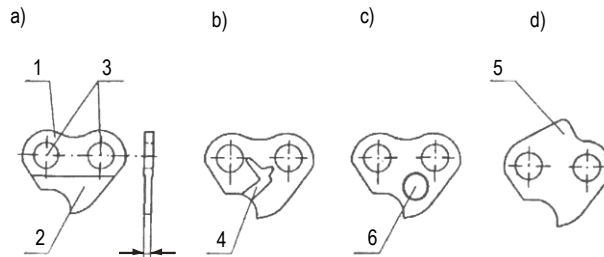
- piła ostra – średni promień poniżej  $10 \mu\text{m}$
- piła średnio ostra –  $10 \div 25 \mu\text{m}$
- piła tępą –  $50 \div 60 \mu\text{m}$ .

Podczas ostrzenia piły łańcuchowej następuje ubytek jej ogniwa tnącego, zwiększający odległość krawędzi tnących od ogranicznika (rys. 12). Graniczne zużycie jest oznakowane, przez producenta, na półce ogniwa tnących.



**Rys. 12.** Maksymalnie dopuszczone przez producenta zużycie ogniwa tnącego (zgodnie z oznaczeniem na ogniwie).  $l_z$  – odległość między ostrzem poziomym a ogranicznikiem zagłębienia ogniwa tnącego [Więsik i Wójcik 2005]

Budowa ogniw prowadzących została przedstawiona na rysunku 13.



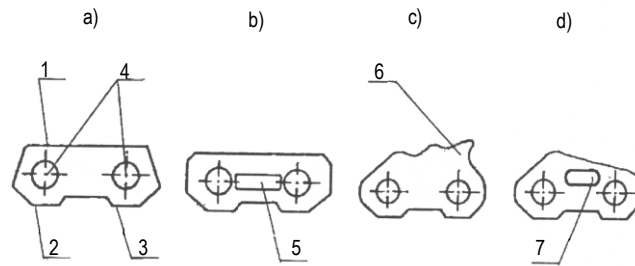
**Rys. 13.** Budowa ogniw prowadzących: 1 – korpus, 2 – występ dolny, 3 – otwory na biegnie nitów, 4 – rowek smarowy, 5 – występ antyodbiwowy, 6 – otwór zasobnika oleju smarowego; a) – ogniwo standardowe, b) – ogniwo z rowkiem smarowym, c) – ogniwo z otworem zasobnikowym, d) – ogniwo antyodbiwowe [Więsik i Wójcik 2005]

Wyróżnia się ogniwa prowadzące o kształcie standardowym (a, b, c) i podwyższone (d) – nazywane antyodbiwowymi. Coraz częściej stosowane są także ogniwa prowadzące z lepszym doprowadzeniem oleju do powierzchni trących elementów piły (b, c).

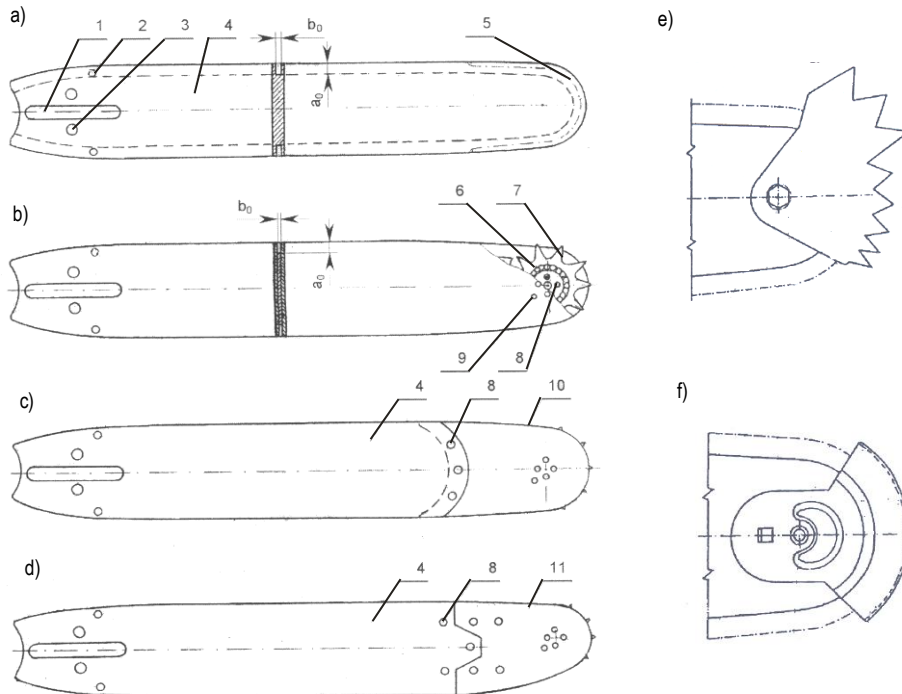
Budowa ogniw łączących została przedstawiona na rysunku 14. Podobnie jak ogniwa prowadzące, mogą one mieć kształt standardowy (a, b) lub być podwyższone (c, d) – wówczas są nazywane antyodbiwowymi.

Duże zróżnicowanie budowy ogniw tworzących piłę oraz możliwość zestawiania ich w sekcje pozwala tak dobrać parametry, aby uzyskać maksymalną wydajność skrawania i bezpieczeństwo pracy.

**Prowadnice** mają kształt listwy wykonanej z jednej lub trzech blach (wtedy są połączone ze sobą techniką zgrzewania – blacha środkowa może mieć otwory celem zmniejszenia masy). Na obwodzie prowadnice mają rowek, który nadaje kierunek ruchu piły łańcuchowej, umożliwiającą także zachowanie odpowiedniego położenia jej zębom w rzazie. Prowadnica (rys. 15) umożliwia również przeniesienie na piłę siły posuwu. Grubość prowadnic wynosi około  $4,5 \div 5,2$  mm. Od strony kółka napędowego prowadnica, w osi symetrii, ma podłużny otwór do jej ustalenia i zamocowania na korpusie pilarki.



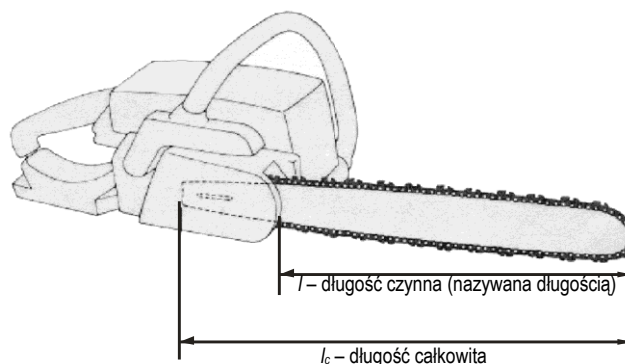
**Rys. 14.** Budowa ogniw łączących: 1 – korpus, 2 – stopka, 3 – piętką, 4 – otwory na nity, 5 – wgłębienie smarowe, 6 – występ antyodbićciowy, 7 – otwór zmniejszający masę; a) – ogniwo standardowe, b) – ogniwo z wgłębieniem smarowym, c) – ogniwo antyodbićciowe, d) – ogniwo antyodbićciowe o zmniejszonej masie [Więsik i Wójcik 2005]



**Rys. 15.** Budowa prowadnic pił łańcuchowych: 1 – otwór podłużny, 2 – otwór smarowy, 3 – otwór napinający, 4 – listwa, 5 – końcówka ślizgowa, 6 – łożysko, 7 – kółko prowadzące gwiazdkowe, 8 – nity, 9 – otwór do smarowania łożyska, 10 – końcówka wymienna o promieniu standardowym, 11 – końcówka wymienna o promieniu zmniejszonym; a) – prowadnica jednolita z końcówką ślizgową, b) – prowadnica trzywarstwowa z końcówką gwiazdkową, c) – prowadnica jednolita z końcówką wymienną z kółkiem prowadzącym gwiazdkowym o promieniu standardowym, d) – prowadnica jednolita z końcówką wymienną z kółkiem prowadzącym gwiazdkowym o zmniejszonym promieniu, e) – prowadnica z osłoną antyodbićciową płaską uzębioną, f) – prowadnica z osłoną antyodbićciową profilową [Więsik i Wójcik 2005]



- Podstawowymi cechami prowadnicy (rys. 15) są:
- kształt
  - długość czynna [Oregon 1998], (rys. 16)
  - szerokość rowka prowadzącego piłę łańcuchową
  - rodzaj zakończenia końcówki prowadnicy (ślizgowe – rys. 14a lub toczne – kółko prowadzące gwiazdkowe osadzone na łożysku – rys. 14b, z osłoną antyodbiciową – rys. 15e, f)
    - promień zakończenia końcówki prowadnicy (standardowy lub zmniejszony)
    - rodzaj budowy (jedno- lub trójwarstwowa).



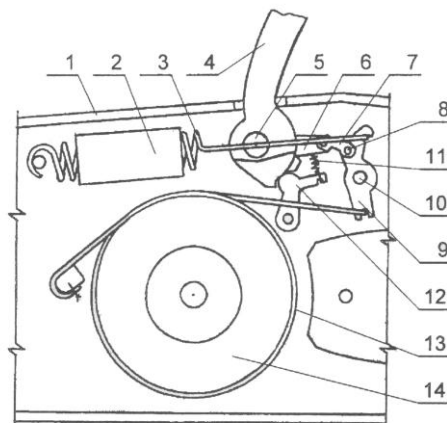
**Rys. 16.** Określenie długości całkowitej i czynnej prowadnicy

**Hamulec pilarki** służy do zatrzymania ruchu piły łańcuchowej (rys. 17). Zatrzymanie to ma zwłaszcza znaczenie w sytuacji, gdy występuje zagrożenie dla operatora pilarki, np. przy jej odbiciu. Hamulec uniemożliwia także przypadkowe uruchomienie piły, gdy silnik znajduje się w stanie wolnych obrotów. Zablokowanie ruchu piły łańcuchowej następuje za pośrednictwem bębna sprzęgłowego (14), na którym znajduje się kółko napędowe piły. Elementem hamującym jest taśma (13) opasująca zewnętrzny obwód bębna. Szczegółowe rozwiązania hamulców różnią się przede wszystkim mechanizmami zwalnającymi napiętą sprężynę oraz kątem opasania bębna przez taśmę hamulca.

Podstawowym sposobem uruchamiania hamulca piły łańcuchowej jest przesunięcie do przodu dźwigni (4), będącej jednocześnie osłoną ręki. Może być ona przesunięta ręką znajdującą się na uchwycie przednim lub automatycznie, pod wpływem działania sił bezwładności.

Wymagania dotyczące parametrów tego układu w przypadku uruchamiania ręcznego określa norma PN-ISO 6535:1999, wg której:

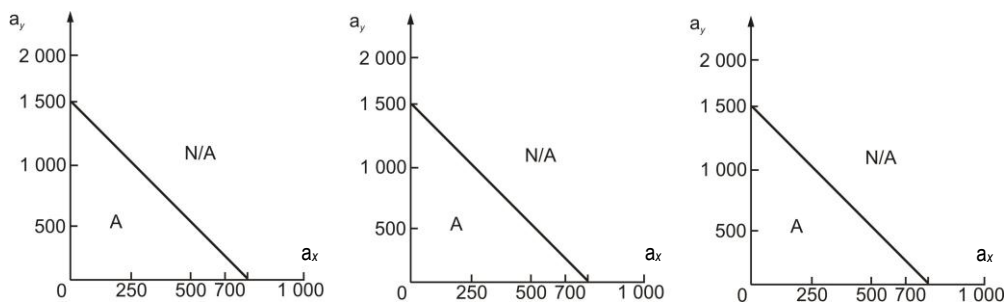
- siła działająca na dźwignię (niezbędna do uruchomienia hamulca) nie powinna być mniejsza niż 20 N i nie większa niż 60 N
- czas hamowania w żadnym przypadku nie powinien przekraczać 0,15 s, a średni czas z trzech prób – 0,12 s.



**Rys. 17.** Schemat hamulca sterowanego dźwignią osłonową firmy Stihl: 1 – korpus manetki, 2 – osłona sprężyny hamulca, 3 – sprężyna hamulca (główna), 4 – dźwignia osłonowa, 5 – oś dźwigni osłonowej, 6 – ramię dolne dźwigni osłonowej, 7 – łącznik, 8 – sworznie łącznika, 9 – dźwignia dwustronna, 10 – oś dźwigni dwustronnej (zespołu dźwigniowego), 11 – sprężyna zatrzasku, 12 – zatrzask dźwigni osłonowej, 13 – taśma hamulca, 14 – bęben sprężęła [Więsik i Wójcik 2005]

Wymagania dotyczące parametrów hamulca w przypadku jego uruchamiania na skutek przyśpieszenia pilarki zawiera norma ISO 13772:2009. Dokument ten określa przyśpieszenia końcówki prowadnicy w kierunku osi  $X$  i  $Y$ , przy których powinno nastąpić bezwładnościowe uruchomienie hamulca piły łańcuchowej (rys. 18), kiedy następuje uderzenie w końcówkę prowadnicy (rys. 19).

Ten sposób uruchamiania hamulca ma szczególne znaczenie podczas pozyskiwania drewna (np. podczas ścinania), kiedy utrudnione jest włączenie ręczne dźwigni hamulca ze względu na miejsce trzymanie ręką uchwytu przedniego pilarki przez operatora.

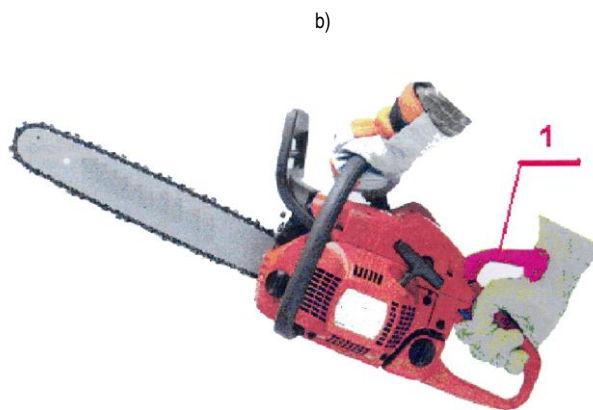
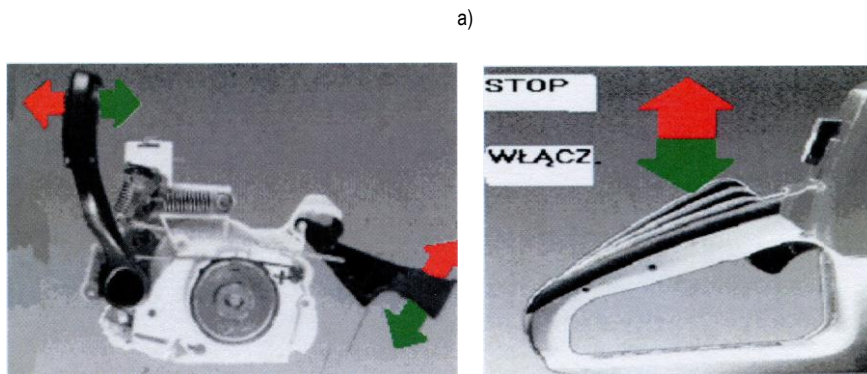


**Rys. 18.** Progowe poziomy przyspieszeń na końcówce prowadnicy dla zadziałania hamulca piły łańcuchowej uruchamianego bezwładnościowo: a) – pilarki do pielęgnacji drzew, b) – pilarki do prac leśnych, o pojemności silnika  $\leq 40 \text{ cm}^3$ , c) – pilarki do prac leśnych o pojemności silnika  $> 40 \text{ cm}^3$ ,  $a_x$  – przyspieszenie poziome,  $a_y$  – przyspieszenie pionowe, A – przyspieszenie akceptowalne, N/A – przyspieszenie nieakceptowane



**Rys. 19.** Sposób bezwładnościowego uruchamiania hamulca pilarki

W niektórych pilarkach hamulec piły łańcuchowej może być także uruchamiany po zwolnieniu przez operatora dźwigni przyspiesznika znajdującego się na uchwycie tylnym lub specjalnej dźwigni [Husqvarna 2007] (rys. 20).



**Rys. 20.** Przykłady innych sposobów uruchamiania hamulca piły łańcuchowej: a) – natychmiastowo po puszczeniu przez operatora przycisku zezwolenia w spalinowej przenośnej pilarkie łańcuchowej, b) – poprzez przesunięcie dodatkowej osłony znajdującej się przy tylnym uchwycie pilarki: 1 – dodatkowa dźwignia uruchamiająca hamulec piły łańcuchowej

## Rola użytkownika pilarki w ograniczaniu ryzyka zawodowego związanego z jej odbiciem

Rozważając aspekty techniczne i organizacyjne związane z ograniczeniem ryzyka odbicia pilarek, operatorzy powinni wziąć pod uwagę swoje możliwości pracy tymi maszynami. Pilarki mogą użytkować operatorzy o różnym przygotowaniu (zarówno profesjonaliści jak i amatorzy), charakteryzujący się zróżnicowanym doświadczeniem, umiejętnościami oraz wiekiem. Należy również brać pod uwagę, że osobami narażonymi na urazy

powodowane odbiciem pilarek są nie tylko ich operatorzy, ale także osoby znajdujące się w pobliżu stanowisk pracy.

Operatorzy mają duży wybór modeli pilarek – różnej wielkości i z różnym oprzyrządowaniem i mogą je użytkować w różnych warunkach, tj. w lasach, tartakach, parkach, ogrodach, miejscach usuwania szkód wypadków oraz na placach budów. Pilarki mogą być stosowane do: ścinki i obróbki drzew, usuwania szkód po burzy, prac przydomowych. Podczas pracy pilarkami, wykonywanymi głównie na otwartym terenie, czynnikami środowiskowymi wpływającymi na bezpieczeństwo użytkowania maszyn są: temperatura, duża lub mała wilgotność powietrza, deszcz lub śnieg, ograniczona widoczność.

W związku z powyższym istotny jest **dobór cech technicznych pilarek do warunków wykonywania prac i umiejętności operatorów**. Dotychczasowe wyniki badań [Dąbrowski 2008] wskazują, że operatorzy pilarek mają wpływ na ryzyko związane z odbiciem, poprzez dobór cech zespołu tnącego tych maszyn, jak i samych maszyn.

**Pilarka** o większej objętości skokowej charakteryzuje się większą wydajnością skrawania, ale jednocześnie ma znacznie większy kąt odbicia niż mają mniejsze maszyny. Niewątpliwie należy to przypisać większej energii kinetycznej elementów obrotowych jej silnika, mającej znaczący wpływ na dynamikę tego niebezpiecznego zjawiska. Dlatego mniejsze pilarki z taką samą piłą i prowadnicą jak większe są bardziej bezpieczne pod względem zagrożenia odbiciem. Jeśli zatem użytkownikiem pilarki jest operator niedoświadczony, powinien wziąć pod uwagę, że wykonywane przez niego prace będą miały charakter dorywczy, a więc nie zachodzi konieczność zapewnienia wysokiej wydajności pracy. W takiej sytuacji można użytkować mniejsze pilarki. W przypadku użytkowania pilarek przez profesjonalistów, wymagających od pilarki przede wszystkim dużej wydajności skrawania, dobór modeli maszyn powinien być szczególnie rozważny. Ich wielkość powinna być dostosowana do rozmiarów pozyskiwanych drzew. Należy bowiem mieć na uwadze, że im większa pilarka, tym groźniejsze jest odbicie.

Przy obsłudze pilarki ważne jest zachowanie zasady zwiększania obrotów silnika tuż przed rozpoczęciem skrawania. Wzrost prędkości obrotowej silnika, gdy piła znajduje się w rzazie, zwiększa istotnie energię kinetyczną obracających się elementów silnika i układu napędowego piły i w chwili zetknięcia się ogniwa piły z drewnem zwiększa też kąt (energii) odbicia.

Odpowiedni **dobór prowadnicy** ma również istotny wpływ na odbicie pilarek. Zwiększanie długości prowadnicy powoduje zmniejszanie kąta odbicia. Ma to przede wszystkim związek ze zwiększaniem momentu bezwładności maszyn. Należy jednak zauważyć, że zwiększanie długości, w celu zmniejszania kąta odbicia, powoduje także większe straty energii związane z tarciem piły o prowadnicę, co wpływa na zmniejszenie wydajności skrawania i na ogół utrudnia posługiwanie się nią. Ponadto na wybór długości prowadnicy mogą mieć także wpływ względy ekonomiczne, np. prowadnica o długości 400 mm z kółkiem gwiazdkowym może być nawet dwukrotnie tańsza od takiej samej prowadnicy o długości 600 mm.

Decyzja o założeniu dłuższej prowadnicy wymaga więc dużej rozważliwości i zależy od warunków wykonywania prac i umiejętności operatorów. Długość prowadnicy zakładanej na pilarkę powinna zależeć przede wszystkim od przeciętnych warunków pracy – wysokości wykonywanych rzazów. Większą swobodę operowania pilarką z krótszą prowadnicą, a przez to także większą wydajność pracy, należy pogodzić z większym ryzykiem odbicia maszyny.

Należy również zwrócić uwagę na rodzaj zastosowanej końcówki prowadnicy. Jest ona ważnym elementem zespołu tnącego, wpływającym na wielkość odbicia. Ze wzrostem jej promienia ryzyko odbicia zwiększa się. Pilarka z końcówką o promieniu 25 mm, zawierającą kółko gwiazdkowe (liczba zębów – 9), w porównaniu z końcówką o promieniu 30 mm (liczba zębów – 11) wykazuje mniejszy kąt odbicia. Jednak badania wykazują także, że zastosowanie końcówki ślizgowej o standardowym promieniu (30 mm) daje najbardziej znaczące zmniejszenie kąta odbicia. Jest to niewątpliwie skutek lepszego podparcia ogniw piły na końcówce ślizgowej, zmniejszającego możliwości gwałtownego zagłębiania się ogniwa tnącego w drewno, ale również większego rozproszenia potencjalnej energii odbicia (spowodowanego większymi siłami tarcia ogniw piły łańcuchowej na końcówce ślizgowej w porównaniu z warunkami pracy tego narzędzia wspartego na kółku gwiazdkowym).

**Piła łańcuchowa** poprzez swoją budowę determinuje sposób kontaktu jej ogniw tnących z drewnem. Szczególne znaczenie ma tu kształt ogniw piły: tnących, łączących i prowadzących. Piły antyodbiciowe, mogące mieć ogniwa:

- tnące o wydłużonym ograniczniku głębokości (rys. 10e)
- łączące z wywyższoną górną częścią (rys. 14 c i d)
- prowadzące z wywyższoną górną częścią (rys. 13 d)

charakteryzują się podczas styku z drewnem ogniwa tnącego (będącego na końcówce prowadnicy) mniejszym kątem odbicia niż piły z ogniwami standardowymi. Jednak piły antyodbiciowe mają też istotną wadę – uzyskują mniejszą wydajność skrawania, przez co niechętnie są użytkowane przez profesjonalnych pilarzy. Nieco mniejszym kątem odbicia niż piły standardowe charakteryzują się piły niskoprofilowe, praktycznie niestosowane przez profesjonalistów.

Producenci dokonują właściwego (ze względu na ograniczanie ryzyka odbicia i zapewnienie odpowiedniej wydajności skrawania) doboru kątów nachylenia krawędzi tnących. Tak więc zmiana ich wartości prowadzi do zwiększenia kąta odbicia pilarki. Także nadmierne snízenie ogranicznika grubości wióra ( $h$  na rys. 11) wymaga silników o większej mocy do napędu takiej piły, a to znacznie zwiększa ryzyko odbicia.

Istotny wpływ na odbicie ma przeprowadzenie właściwego ostrzenia tych narzędzi tnących. Dotyczy to szczególnie wartości obniżenia ogranicznika zagłębienia oraz kątów nachylenia ostrzy tnących – pionowego i poziomego. Ze względu na sporadyczny charakter prac prowadzonych pilarkami przez amatorów zaleca się, by korzystali oni z usług punktów serwisowych, prowadzonych przez dealerów lub wypożyczalnie tych maszyn. Użytkowanie profesjonalne – długotrwałe prace maszynami w lasach, tartakach, parkach, miejscach usuwania szkód wypadków oraz na placach budowy – wiąże się z koniecznością częstego ostrzenia pił, co wymaga, w celu zachowania niezmienności ich cech (parametrów), stosowania wyposażenia zalecanego przez producenta. Oczywiście, najlepszym rozwiązaniem, choć nie zawsze możliwym, jest wykonywanie tych prac na ostrzarce mechanicznej, aby zachować pełną powtarzalność cech na wszystkich ogniwach piły.

Stosunkowo niewielki wpływ na poziom ryzyka związanego z odbiciem ma stopień zużycia ostrzy tnących (rys. 12). Tak więc, jeżeli piły są ostrzone zgodnie z zaleceniami producenta, to ich zużycie, aż do stanu dopuszczalnego przez producenta (oznakowanego na ogniwie tnącym), nie powoduje istotnego wzrostu ryzyka związanego z odbiciem. Wskazane jest więc nieprzekraczanie, określonego przez producenta, dopuszczalnego zużycia narzędzi tnących.

Użytkownicy mają do dyspozycji piły typu dłuto i półdłuto. Łatwiejszemu zagłębieniu się ogniwa typu dłuto w drewno towarzyszy mniejszy opór skrawania, a przez to charakteryzują się one większą wydajnością skrawania. Badania wykazują również, że ogniwa tnące typu dłuto powodu-

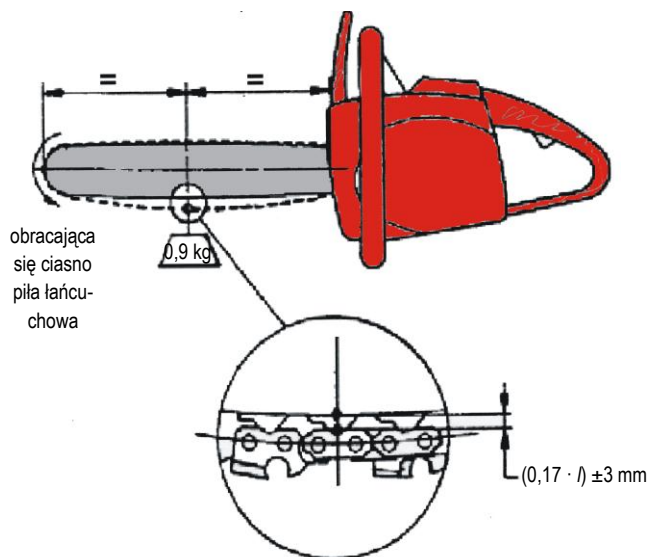
ją większe rozpraszanie energii odbicia w drewnie, a w konsekwencji – również mniejszy kąt odbicia (w stosunku do pił typu półdłuto). Zastosowanie piły łańcuchowej antyodbiciowej jest „bezpieczniejsze” dla amatorów. Jednak biorąc pod uwagę połączenie większej wydajności skrawania i zmniejszenia kąta odbicia, trzeba uznać, że najwłaściwsze do stosowania dla użytkowników profesjonalnych są piły typu dłuto. Zwłaszcza, że są one tylko o kilka procent droższe od pił typu półdłuto.

Szczególnie sprzyjające warunki do znacznego odchylenia się ogniwa tnącego w chwili zetknięcia się z drewnem, a tym samym zwiększania kąta odbicia, powstają przy niedostatecznym napięciu piły łańcuchowej. W pilarkach profesjonalnych stosowane są różne urządzenia do regulacji napięcia piły łańcuchowej. Umożliwiają one użytkownikowi napięcie piły łańcuchowej zapewniające właściwy przebieg skrawania drewna i bezpieczeństwo pracy pilarką. Jest to istotne, ponieważ podczas użytkowania profesjonalnego wymagane jest dużo częstsze korygowanie napięcia piły. Zależy to od: właściwości oleju smarującego, stępienia piły, twardości drewna, stopnia zabrudzenia ciętego materiału, a także temperatury otoczenia. Regulacje napięcia piły łańcuchowej należy przeprowadzać, jeśli występują przerwy w pracy. Może to mieć znaczenie np. w okresie zimowym (zabezpieczenie przed skutkami kurczenia się materiałów podczas ochładzania). Dobrym rozwiązaniem dla niedoświadczonych użytkowników, korzystających rzadko z pilarki, jest stosowanie nieskomplikowanych w obsłudze urządzeń do napinania piły łańcuchowej.

Warunki napięcia pił, określone w normach PN-EN 9518:2001 i PN-ISO 6535:1999, dotyczą pilarek przygotowanych do badań odbicia oraz skuteczności działania hamulca. W wymienionych normach określa się wielkość odchylenia piły łańcuchowej (rys. 21) od bieżni prowadnicy (w zależności od długości prowadnicy); zakłada się przy tym występowanie najbardziej niekorzystnych warunków z punktu widzenia bezpieczeństwa. Natomiast w instrukcjach obsługi pilarek, przekazywanych operatorom, zaleca się mniej wymierną ocenę napięcia pił łańcuchowych (mającą praktyczne zastosowanie do rzeczywistych warunków użytkowania maszyn): wg zasady, że piła łańcuchowa powinna być napięta możliwie jak najmocniej, jednak tak, aby operator mógł ją jeszcze ręką przesunąć po prowadnicy [Husqvarna 2005]. Z praktycznych doświadczeń związanych z użytkowaniem pilarek [Więsik i Wójcik 2005] wynika, że napięcie ustalone zgodnie z normami badawczymi jest zbyt małe i nie zapewnia maksymalnej wydaj-



ności skrawania przy pozyskiwaniu drewna – lepiej jest w tym przypadku stosować się do zaleceń producentów.



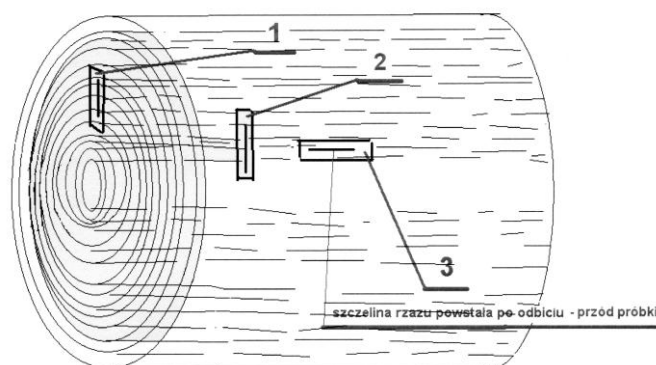
**Rys. 21.** Sposób ustalenia odległości piły łańcuchowej od bieżni prowadnicy:  $l$  – długość prowadnicy

**Hamulec piły łańcuchowej** jest istotnym urządzeniem pilarki ze względu na ograniczanie odbicia. W przypadku jego braku (zablokowania) może nastąpić znaczące zwiększenie kąta odbicia. Jest ono zależne od prędkości obrotowej silnika – im większa prędkość, tym większy skutek działania hamulca. Odpowiednie jego funkcjonowanie zatrzymuje również ruch narzędzia tnącego (maksymalnie po 0,15 s) znacznie wcześniej przed zakończeniem ruchu pilarki w kierunku operatora (trwającego ok. 0,3 s). Dlatego należy zwracać uwagę na systematyczną kontrolę stanu technicznego i prawidłowego działania hamulca piły łańcuchowej. Ma istotne znaczenie dla zapewnienia bezpieczeństwa użytkownika pilarek.

## Wpływ właściwości drewna na odbicie pilarek

Podczas wykonywania prac pilarkami na otwartej przestrzeni właściwości drewna ulegają zmianom [Dąbrowski 2010]. Do takich właściwości należą:

- twardość i opór skrawania (różne dla poszczególnych gatunków drewna)
- kąt kierunku włókien w stosunku do kierunku ruchu ostrzy skrawających (rys. 22)
- wilgotność: zmiany wilgotności bezwzględnej od 5 do 70%
- temperatura: zmiany od  $-35$  do  $40^{\circ}\text{C}$ .



**Rys. 22.** Możliwe ustawienia kierunku rzazu w stosunku do włókien podczas odbicia pilarki

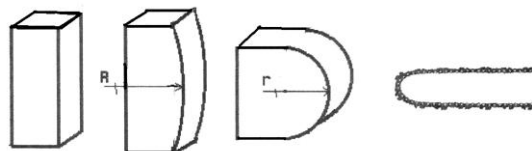
Zależnie od **gatunku drewna** zmienia się kąt odbicia. Jednak bez względu na sposób ustawienia rzazu, spośród czterech badanych gatunków drewna (buku, dębu, sosny, świerka) największe kąty odbicia (przy zastosowaniu uniwersalnej piły typu półdłuto) wykazano dla miękkiego drewna świerkowego (brak skrawania drewna – nagłe wyhamowywanie ruchu piły łańcuchowej), a najmniejsze – dla próbek dębowych (duże rozpraszanie energii na skrawanie).

Bez względu na gatunek drewna najmniejsze kąty odbicia powoduje ustawienie rzazu w pozycji 2 (rys. 22) – tak jak przy przerzynce drewna, ze względu na duże rozpraszanie potencjalnej energii odbicia na skrawanie drewna piłą łańcuchową.

Podczas cięcia drewna może się zmieniać **kształt powierzchni** potencjalnie stykającej się z końcówką prowadnicy.

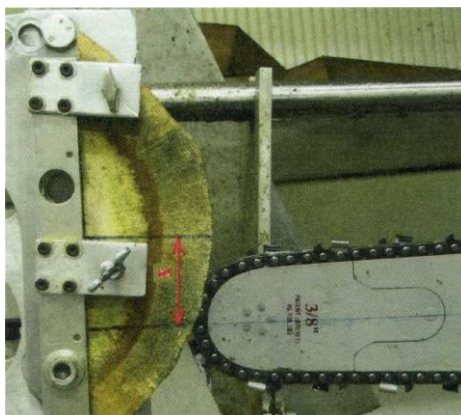
Powierzchnie walcowe drewna, przy ustawieniu rzazu w sposób 2 (rys. 22), charakteryzują mniejsze kąty odbicia w porównaniu z próbkami płaskimi (rys. 23), przy czym próbki o mniejszym promieniu ( $r$ ) powierzchni walca mają mniejszy kąt odbicia w porównaniu z próbkami o większym promieniu ( $R$ ) powierzchni walcowej. Kąt odbicia rośnie więc wraz ze wzro-

stem promienia powierzchni walcowej drewna stykającej się z końcówką prowadnicy (aż do osiągnięcia przez tę powierzchnię kształtu płaskiego).



**Rys. 23.** Różne kształty powierzchni, mogące zetknąć się z końcówką prowadnicy podczas odbicia

Badania wykazały, że przy zetknięciu się końcówki prowadnicy z powierzchnią walcową kąt odbicia zależy od położenia osi symetrii prowadnicy (rys. 24).



**Rys. 24.** Określenie odległości  $x$  osi symetrii prowadnicy w stosunku do płaszczyzny symetrii walcowej powierzchni drewna

Zróznicowanie tego kąta wynika z różnych odległości  $x$  (rys. 24) osi symetrii prowadnicy od płaszczyzny symetrii walcowej powierzchni drewna ( $x=0$ ,  $x=0,5R$ ,  $x=0,7R$ ). Największe kąty odbicia występują przy  $x=0,5R$  (gdzie  $R$  jest promieniem powierzchni walcowej drewna stykającej się z końcówką prowadnicy).

**Wilgotność drewna** ulega wahaniom w trakcie użytkowania pilarek na terenie charakteryzującym się zmiennymi warunkami klimatycznymi. Zakładając zmiany wilgotności bezwzględnej od 10 do 60%, można się spodziewać wzrostu kąta odbicia przy wzroście wilgotności. Jest to związane ze zmianami struktury drewna powodującymi większe

wyhamowanie piły łańcuchowej, co można zaobserwować np. w wilgotnych próbkach świerkowych (rys. 25), w których rżaz nie jest jednorodny i jest „poszarpany”.



Rys. 25. Rżaz po odbiciu w wilgotnej świerkowej próbce płaskiej

**Temperatura drewna** również wpływa na odbicie pilarek. Niezależnie od gatunku drewna najmniejsze kąty odbicia mogą wystąpić, gdy jest ono zmrożone. Niska temperatura powoduje, że struktura włókien drewna traci na znaczeniu. Wskazuje to na celowość pozyskiwania drewna w lesie w okresie zimowym, ze względu na mniejsze ryzyko zawodowe związane z zagrożeniem odbiciem pilarki. Niska temperatura ścinanego drewna powoduje, że najistotniejszy wpływ na rozpraszanie energii odbicia ma skrawanie zachodzące w drewnie (niezależnie od struktury włókien). Przy rozmrażaniu drewna, np. do 0 °C, kąt odbicia rośnie, co jest związane ze wzrostem wilgotności drewna.

## Rola producentów pilarki w ograniczaniu ryzyka zawodowego związanego z jej odbiciem

Istotne znaczenie dla ograniczania zagrożeń związanych z odbiciem ma etap projektowania i wytwarzania maszyn realizowany przez producenta. Producenci dobierają odpowiednio pilarki i ich wyposażenie, tak aby były dostosowane do potrzeb różnych grup użytkowników. Odpowiednie informacje dotyczące przeznaczenia pilarek są zawarte w instrukcjach obsługi maszyn, a także w kartach katalogowych tych wyrobów [Husqvarna 2005, Stihl 2000, Stihl 2005].

## Podsumowanie

W ostatnim czasie można zaobserwować rosnącą liczbę użytkowników pilarek – amatorów. Ze względu na brak doświadczenia i umiejętności w zakresie pracy pilarkami i biorąc pod uwagę konieczność ograniczania

ryzyka związanego z odbiciem, powinni oni wybierać rozwiązania techniczne zapewniające im przede wszystkim bezpieczeństwo, nawet kosztem zmniejszenia wydajności skrawania drewna.

Należy tu szczególnie zwrócić uwagę na takie cechy zespołu tnącego, jak: konstrukcja piły łańcuchowej (kształt ogniw tnących, łączących i prowadzących), pojemność silnika pilarki, rodzaj końcówki i długość prowadnicy – mające istotny wpływ na wielkość odbicia. Ryzyko związane z odbiciem może być także ograniczane przez operatorów poprzez zastosowanie pił z kształtami antyodbiciowymi ograniczników zagłębienia ogniw tnących czy też niskoprofilowych (tańszych o 25% od pił standardowych) albo prowadnic z końcówkami z kółkiem gwiazdkowym o zmniejszonym promieniu (tańszych o 20% od prowadnic z końcówkami standardowymi).

Istotne jest również zwrócenie uwagi wszystkich operatorów (profesjonalnych i amatorów) jak ważne są czynności obsługowe pilarki, a zwłaszcza: utrzymywanie właściwego napięcia piły, systematyczne korygowanie zniżenia ogranicznika, zachowanie właściwej geometrii ostrzy tnących i sprawności mechanizmu uruchamiania hamulca piły, zgodnie z instrukcjami obsługi maszyn.

## Piśmiennictwo

**Dąbrowski A. 2001.** *Przyczyny wypadków powodowanych przez przenośne pilarki łańcuchowe.* Bezpieczeństwo Pracy, nr 2.

**Dąbrowski A. 2008.** *Wpływ wybranych parametrów konstrukcyjnych zespołu tnącego przenośnych pilarek łańcuchowych na ograniczenie zjawiska odbicia i związanych z nim zagrożeń urazowych.* Rozprawa doktorska. CIOP-PIB, Warszawa.

**Dąbrowski A. 2010.** *Określenie zagrożeń odbicia przy cięciu drewna o różnych właściwościach dla celów profilaktyki wypadków.* Zadanie 4.R.16 w zakresie realizacji projektów badawczo-rozwojowych w programie wieloletnim pt. „Poprawa bezpieczeństwa i warunków pracy”, CIOP-PIB 2009-2010. [Praca niepublikowana]

**Gendek A. 2005.** *Wpływ parametrów sprzęgła na wydajność skrawania pilarką spalinową.* Praca doktorska. Wydział Inżynierii Produkcji, Szkoła Główna Gospodarstwa Wiejskiego w Warszawie, Warszawa.

**Górka M. 2001.** *Rozwiązania konstrukcyjne zwiększające bezpieczeństwo użytkownika przenośnych pilarek łańcuchowych do drewna firmy Andreas Stihl.* [W:] Materiały na semi-

narium szkoleniowe: „Bezpieczeństwo użytkowania przenośnych pilarek łańcuchowych do drewna”, rozdz. 3. CIOP, Targi POLAGRA FARM w Poznaniu, Poznań.

**Górski J. 1996.** *Analiza wpływu podstawowych czynników na wydajność i energochłonność procesu skrawania drewna piłą łańcuchową żłobikową.* Praca doktorska. Katedra Konstrukcji i technologii Wyrobów z Drewna. Szkoła Główna Gospodarstwa Wiejskiego w Warszawie, Warszawa.

**Husqvarna. 2005-01-20.** *Instrukcja obsługi 357XP/359.* Nr 1150045-61.

**Husqvarna. 2007.** *Husqvarna 353 TrioBrake. System ochronny TrioBrake.* Karta katalogowa.

**Komorowski J. 1987.** *Wpływ geometrii ostrza żłobikowego piły łańcuchowej na skrawanie drewna sosnowego.* Praca doktorska. Instytut Badawczy Leśnictwa, Warszawa.

**Kubiak M., Laurow Z. 1994.** *Surowiec drzewny.* Fundacja Rozwój SGGW, Warszawa.

**Kusiak W., Grodecki J. 1996.** *Próba oceny rynku pracy pilarek w Polsce.* Przegląd leśniczy, nr 61.

**Oregon. 1998.** *Instrukcja obsługi i zasady bezpieczeństwa.*

**Stihl. 2000.** *MS 299, 310, 390. Montaż, bezpieczeństwo pracy, eksploatacja, obsługa i konserwacja.* Nr 04582095121. M2.G0. Fi.

**Stihl. 2005.** *Katalog 2005/2006.*

**Więsik J. 2001a.** *Sposoby zmniejszania energii i eliminowania odbicia współczesnych pilarek łańcuchowych.* Przegląd Techniki Rolniczej i Leśnej, nr 10.

**Więsik J. 2001b.** *Zagrożenia przy użytkowaniu przenośnych pilarek łańcuchowych do drewna – analiza zjawiska odbicia, sposoby eliminowania lub ograniczania jego skutków.* [W:] Materiały na seminarium szkoleniowe: „Bezpieczeństwo użytkowania przenośnych pilarek łańcuchowych do drewna”, rozdz. 1. CIOP, Targi POLAGRA FARM w Poznaniu, Poznań.

**Więsik J., Wójcik K. 2005.** *Pilarki przenośne – budowa i eksploatacja.* Fundacja Rozwój SGGW, Warszawa.

**Rozporządzenie Ministra Gospodarki z dnia 20 września 2001 r. w sprawie bezpieczeństwa i higieny pracy podczas eksploatacji maszyn i innych urządzeń technicznych do robót ziemnych, budowlanych i drogowych.** DzU 2001, nr 118, poz. 1263.

**Rozporządzenie Ministra Gospodarki z dnia 21 października 2008 r. w sprawie zasadniczych wymagań dla maszyn.** DzU 2008, nr 199, poz. 1228. (Wdraża postanowienia dyrek-

tywy 2006/42/WE w sprawie maszyn – tzw. nowej dyrektywy maszynowej, zmieniającej dyrektywę 95/16/WE).

**ISO 13772:2009** *Forestry machinery – Non-manually actuated chain brake performance.*

**PN-ISO 6535:1999** *Pilarki łańcuchowe przenośne – Badanie hamulca piły łańcuchowej.*

**PN-ISO 9518:2001** *Maszyny leśne – Pilarki łańcuchowe przenośne – Badanie odbicia.*

**PN-EN ISO 11681-1:2009** *Maszyny dla leśnictwa – Wymagania bezpieczeństwa i badanie pilarek łańcuchowych przenośnych – Cz. 1: Pilarki łańcuchowe do prac leśnych.*

**PN-EN ISO 11681-2:2009** *Maszyny leśne – Wymagania bezpieczeństwa i badanie pilarek łańcuchowych przenośnych – Cz. 2: Pilarki łańcuchowe do pielęgnacji drzew.*

**PN-EN 60745-1:2009+AC:2010** *Narzędzia ręczne o napędzie elektrycznym – Bezpieczeństwo użytkowania – Część 1: Wymagania ogólne*

**PN-EN 60745-2-13:2009** *Narzędzia ręczne o napędzie elektrycznym – Bezpieczeństwo użytkowania – Cz. 2-13: Wymagania szczegółowe dotyczące pilarek łańcuchowych. (oryg.)*