

Česká zemědělská univerzita v Praze

Fakulta lesnická a dřevařská

Katedra základního zpracování dřeva

**Rámové pily a jejich ekonomické zhodnocení v pilařském
provozu**

Bakalářská práce

Autor: Martin Staněk

Vedoucí práce: Ing. Monika Sarvašová Kvietková, PhD.

2017

ČESKÁ ZEMĚDĚLSKÁ UNIVERZITA V PRAZE

Fakulta lesnická a dřevařská

ZADÁNÍ BAKALÁŘSKÉ PRÁCE

Martin Staněk

Podnikání ve dřevozpracujícím a nábytkářském průmyslu

Název práce

Rámové pily a jejich ekonomické zhodnocení v pilařském provozu

Název anglicky

Frame saws and their economic evaluation in the sawmill

Cíle práce

Cílem této práce je charakteristika procesu obrábění rámovými pilami a to jak z pohledu jejich rozdělení, konstrukce tak také technologické operace řezání a ekonomického zhodnocení daného procesu.

Metodika

Teoretický rozbor procesu řezání na rámových pilách z pohledu ekonomického zhodnocení. Rozdělení rámových pil jako hlavního stroje v pilnici. Popis nástroje, stroje a ekonomická bilance procesu obrábění rámovými pilami. Výhody a nevýhody rámových pil.

Doporučený rozsah práce

35 – 45 stran

Klíčová slova

rámová pila, pilařský průmysl, výroba řeziva, ekonomické hodnocení

Doporučené zdroje informací

- BARCÍK, Š., KVIETKOVÁ, M., BOMBA, J., SIKLIENKA, M. Dřevoobráběcí nástroje – údržba a provozování. Powerprint Praha. 2013. 355 s., ISBN 978-80-87415-80-1.
- CLAUSEN, R., STANGENBERG, J., Frame sawing—basic and technology, in: Proceedings of the 5th Conference on Stone Machining, Guangzhou, China, 7–9 Oct 1998, pp. 67–71.
- EICHLER, H., WATZKE, H. Taschenbuch der Holztechnologie. Zweite Buchausgabe. Dresden Fachbuchverlag. 1976. 966 s.
- KVIETKOVÁ, M. Obrábění dřeva. CARTER Praha. 2015. 295 s., ISBN 978-80-213-2604-0.
- LISIČAN, J. et. al. Teória a technika spracovanie dreva. Prvé vydanie. Zvolen: Matcentrum Zvolen. 1996. 626 s., ISBN 80-967315-6-4.
- PROKEŠ, S. Obrábění dřeva a nových hmot ze dřeva. STNL – Nakladatelství technické literatury Praha. 1982. s. 354 – 415. ISBN 04-833-82.
- SVOREŇ, J. Drevárske stroje. Časť I. 1. vyd. Zvolen TU. 2002. 169 s., ISBN 80-228-1188-2.

Předběžný termín obhajoby

2016/17 LS – FLD

Vedoucí práce

Ing. Monika Sarvašová Kvietková, PhD.

Garantující pracoviště

Katedra základního zpracování dřeva

Elektronicky schváleno dne 3. 5. 2016

doc. Ing. Milan Gaff, PhD.

Vedoucí katedry

Elektronicky schváleno dne 27. 1. 2017

prof. Ing. Marek Turčáni, PhD.

Děkan

V Praze dne 21. 02. 2017

Prohlašuji, že jsem bakalářskou práci na téma „Rámové pily a jejich ekonomické zhodnocení v pilařském provozu“ vypracoval samostatně pod vedením Ing. Moniky Sarvašové Kvietkové, PhD., a použil jen prameny, které uvádím v seznamu použitých zdrojů. Jsem si vědom, že zveřejněním bakalářské práce souhlasím s jejím zveřejněním dle zákona č. 111/1998 Sb. o vysokých školách v platném znění, a to bez ohledu na výsledek její obhajoby.

V Praze dne 11.4.2017

Poděkování

Bakalářská práce vznikla pod vedením Ing. Moniky Sarvašové Kviťkové, PhD. Tímto bych chtěl poděkovat za veškeré připomínky a odbornou pomoc při vypracování této práce.

Abstrakt

Bakalářská práce předkládá ucelený přehled o problematice rámových pil. V úvodní části práce je zmíněna historie rámových pil ve světě i v České republice a popsán řezný materiál. Druhá část zachycuje charakteristiku rámových pil, jejich rozdělení, použití a detailní popis stroje. Dále je shrnut proces řezání rámovou pilou, výhody a nevýhody těchto strojů. Část práce se zabývá i řezným nástrojem rámových pil, jejich údržbou, broušením, úpravou pnutí, rozváděním a přechováním. Zmíněny jsou i chyby vzniklé na řezivu způsobené především nesprávným zacházením se strojem a nedbalostí obsluhy. Práce je zároveň orientována i na ekonomickou stránku dané problematiky, a to z pohledu potřebných finančních zdrojů na pořízení strojů, pomocné mechanizace a řezných nástrojů, jejich následnou údržbu a provozování. Jedná se tedy o jejich ekonomické zhodnocení v pilařském provozu.

Klíčová slova: rámová pila, pilařský průmysl, výroba řeziva, ekonomické hodnocení

Abstract

This bachelor thesis presents an overview regarding the frame saws. The introduction includes history of the frame saws in the Czech Republic and in the world. Further, the introduction describes the cutting material. The second section presents the characteristics of the frame saws, their usage, and the different types of frame saws. Moreover, section two includes a rather detailed description of the machine. Next, the thesis characterizes the process of cutting and discusses the positives and the negatives of using the frame saws. The thesis partly analyzes the cutting tool of the frame saws. Specifically, it discusses the maintenance, sharpening, adjustment of the strain, unwinding, and ramming. Additionally, the thesis also mentions the damage of the saw timber caused mainly by the incorrect manipulation and the carelessness of the staff. Finally, the thesis also discusses the necessary financial funding needed for the acquisition and maintenance of the frame saws, the additional mechanization, and the cutting materials. In other words, the last section describes the economic evaluation of the frame saws in the sawmill.

Keywords: frame saw, sawmill industry, production of saw timber, economic evaluation

Obsah

Seznam obrázků.....	9
Seznam tabulek.....	10
Seznam zkratek.....	11
1 Úvod	12
2 Cíle práce.....	13
3 Historie rámových pil a řezaný materiál.....	14
3.1 Historie rámových pil.....	14
3.2 Dřevo jako řezaný materiál.....	16
4 Charakteristika rámové pily.....	18
4.1 Použití rámové pily.....	18
4.2 Rozdělení rámových pil.....	18
4.3 Popis stroje.....	19
4.4 Technický popis.....	22
5 Nástroje rámových pil.....	26
5.1 Pilové listy.....	26
5.2 Druhy pilových listů.....	26
5.2.1 Standardní listy pro pēchování a rozvádění.....	26
5.2.2 Listy pro rozvádění zubů s tvrdo-chromovou povrchovou úpravou.....	26
5.2.3 Pilové listy se stelitovanými zuby.....	27
5.2.4 Pilové listy J-TYP.....	27
5.3 Zásady používání pilových listů.....	27
5.4 Údržba pilových listů.....	27
5.4.1 Předběžná kontrola.....	28
5.4.2 Čistění	28
5.4.3 Vyrovnání a odstraňování místních chyb vnitřního pnutí.....	28
5.4.4 Úprava celkového pnutí.....	29
5.4.5 Rozvádění a pēchování zubů	30
5.4.6 Broušení pilových zubů	30
5.4.7 Vady pilových listů.....	34
6 Proces řezání rámovou pilou.....	35
6.1 Procesy používané pro správnou funkčnost rámové pily.....	38
6.2 Chyby při použití rámové pily	42

6.3 Vzorce pro výpočet kapacity stroje.....	46
6.4 Technická kontrola stavu rámové pily	47
7 Technologie řezání na rámových pilách	48
7.1 Napínání pilových listů	50
8 Výhody a nevýhody rámové pily	51
8.1 Výhody rámové pily.....	51
8.2 Nevýhody rámové pily.....	52
9 Ekonomické zhodnocení	53
9.1 Pořizovací ceny rámových pil od firmy Binter DS s.r.o.	53
9.2 Pořizovací ceny rámových pil od firmy KPS Metal a.s.	55
9.3 Ceny pilových listů	57
9.4 Servis a údržba	58
9.4.1 Strojní zařízení	58
9.4.2 Pilové listy	58
10 Závěr	60
11 Seznam použité literatury.....	61

Seznam obrázků

Obr. č. 1 Směry ve dřevě	16
Obr. č. 2 Technologické schéma svislé rámové pily	20
Obr. č. 3 Způsoby pohonu pilového rámu	21
Obr. č. 4 Konstrukce řezacího mechanismu jednoojniční svislé rámové pily	23
Obr. č. 5 Konstrukce jednoojničního pilového rámu	24
Obr. č. 6 Konstrukce dvojojničního pilového rámu	25
Obr. č. 7 Kontrola stavu pnutí	29
Obr. č. 8 Ostříčka pilových listů	31
Obr. č. 9 Nejčastější vady pilových listů	34
Obr. č. 10 Uzavřené řezání	35
Obr. č. 11 Rozložení teploty na pilovém ozubení při řezání dřeva	36
Obr. č. 12 Symbolika hlavních úhlů řezné hrany	36
Obr. č. 13 Vliv úpravy zubů na proces tvorby piliny	37
Obr. č. 14 Principiální schéma centrického a excentrického klikového mechanismu	39
Obr. č. 15 Kinematické schéma plynulého podávání	40
Obr. č. 16 Schéma systému kliky a ojnice	41
Obr. č. 17 Přehled chyb řeziva vyrobeného na rámové pile	42
Obr. č. 18 Konstrukce řešení spojení pilového listu se závěsem	50
Obr. č. 19 Konstrukční schéma hydraulického přístroje	51

Seznam tabulek

Tab. č. 1 Vyráběné modely strojů od firmy Binter DS s.r.o.	54
Tab. č. 2 Ceny mechanizací k rámové pile od firmy Binter DS s.r.o.	55
Tab. č. 3 Vyráběné modely strojů od firmy KPS Metal a.s.	55
Tab. č. 4 Ceny mechanizací před rámové pily od firmy KPS Metal a.s.	56
Tab. č. 5 Cena mechanizace za rámové pily od firmy KPS Metal a.s.	56
Tab. č. 6 Ceny frekventovaných náhradních dílů od firmy KPS Metal a.s.	56
Tab. č. 7 Strojní rámový list – pro rozvod od firmy Pilana a.s.	57
Tab. č. 8 Strojní rámový list – pro rozvod (tvrdochrom) od firmy Pilana a.s.	57
Tab. č. 9 Strojní rámový list – stelitovaný od firmy Pilana a.s.	57
Tab. č. 10 Ceny servisních prací pilových listů od firmy Pilana a.s.	57

Seznam zkratk

- A_{r1}^1 - jednotková řezná práce ($J.cm^{-3}$),
 A_{r1} - měrná práce ($J.cm^{-3}$),
 b - šířka třísky (řezné spáry) (mm),
 D - průměr (mm),
 D_{max} - největší průměr přířezu (mm, m),
 e - řezná výška (hloubka záběru) (mm),
 F_r - řezná síla (N),
 F_{r1} - jednotková řezná síla ($N.mm^{-1}$),
 h - tloušťka třísky (mm),
 H - zdvih pilového rámu rámové pily (mm),
 K - měrný řezný odpor (MPa),
 l - délka (m, mm),
 P_c - řezný výkon (W),
 R - poloměr řezného nástroje (hrotnice) (mm),
 s_1 - tloušťka pilového listu (mm),
 S_{zm} - plocha mezizubní mezery (mm^2),
 t_z - rozteč zubů (mm),
 v_f - posuvná rychlost ($m.min^{-1}$),
 v_c - řezná rychlost ($m.s^{-1}$),
 α - úhel hřbetu řezné hrany ($^\circ$),
 β - úhel řezné hrany ($^\circ$),
 γ - čelní úhel ($^\circ$)

1 Úvod

Rámové pily jsou nejstaršími typy strojů, které byly používány k pořezu kulatiny nejen v České republice ale i ve světě. Patří k hlavním pilařským strojům v pilnici, lidově označovaná jako katr. První zmínky o nich pocházejí již z roku 1230. Pilařská výroba však nevyužívá pouze rámové pily k pořezu kulatiny, ale také kmenové pásové pily, kotoučové pily nebo agregáty na komplexní zpracovávání dřevní suroviny. V tomto případě se jedná o tradiční podélné dělení pilařských výřezů střední dimenze 20-65 cm, které jsou především z jehličnaté dřeviny.

Jejich největší předností je dobrá produktivita práce, pilařská výtěžnost, jednoduchá technologie pořezu, relativně nízké náklady na pořízení strojů a příslušenství a dobrá kvalita řezané plochy. Nevýhodou jsou značné nároky na stavební přípravu pro samotnou rámovou pilu, těžký základ pro eliminaci vibrací způsobených nerovnoměrným zatěžováním pilového rámu různým počtem pil.

Také je třeba vzhledem ke koncepci uvést, že práce rozebírá i obráběný, tj. řezaný materiál, kterým je dřevo. Dřevo je svým způsobem specifický přírodní materiál pocházející z obnovitelných zdrojů.

Vzhledem k procesům řezání je uvažováno zpracování kulatiny (výřezů) na řezivo. Nejedná se tedy o řezání všech materiálů vyskytujících se v dřevařském průmyslu, jako jsou např. materiály na bázi dřeva (dřevotřískové a dřevovláknité desky apod.). Je tedy možné označit pilařskou výrobu jako prvovýrobu, jelikož následně dochází k dalšímu zpracování dřeva. Mimo dopravníky, odkorňovací zařízení a jinou manipulační a logistickou techniku, jsou rámové pily tím prvním strojním zařízením, které v pilnici přijde se dřevem do styku.

2 Cíle práce

Hlavním cílem bakalářské práce pod názvem „Rámové pily a jejich ekonomické zhodnocení v pilařském provozu“ je podat ucelenou problematiku rámových pil, a to z pohledu charakteristiky procesu řezání na nich.

Hlavní cíl práce nám pomáhají naplnit dílčí cíle. Týkají se: všeobecného přehledu historie rámových pil jak ve světě, tak i v kontextu s ČR, tematického popisu obráběného materiálu, kterým je v tomto případě dřevo, představení řezných nástrojů (pilových listů), rozdělení rámových pil, popisu konstrukce, příčin vzniku vad na řezivu a ekonomického zhodnocení rámových pil v podnicích.

3 Historie rámových pil a řezaný materiál

3.1 Historie rámových pil

V minulosti bývala rámová pila spojována s názvem pilný mlýn, který byl poháněn vodní silou. První zmínky o vodních pilách se u nás datují od středověku (11. století). Byly to první mechanicky poháněné stroje, které se na naše území rozšířily z Malé Asie. Vodní mlýny se stávaly do 13. století součástí šlechtických a klášterních velkostatků i nově zakládaných měst. Roku 1480 došlo k několika technickým vylepšením. Byl zajištěn posun výřezu do řezu a vyřešen pohon dřevěného rámu. Pohon rámu zajišťoval klikový mechanismus se samočinným přerušovaným podáváním, za kterým stojí Leonardo da Vinci a Francesco di Giorgio Martini.

V roce 1575 byl vynalezen kovový rám, který předčil dřevěný rám přesnějším řezem. Další zdokonalení v podobě skupinového závěsu přišlo v roce 1633. Rámové pily přetrvávaly jako jediný hlavní pilařský stroj až do konce 18. století.

Začátek 19. století přinesl další řadu vylepšení. Rok 1811 byl rokem vynálezu podávacích válců. Byly známé pouze rámové pily svislé konstrukce, ale v roce 1814 byla vyrobena první rámová pila s horizontální konstrukcí. V tomto století přišel i návrh klikového mechanismu umístěného nad rámovou pilou. Horizontální pila se v roce 1840 začala používat i na řezání řeziva díky možnosti výškového přenastavení rámové polohy. Pila byla vybavena upínacími háky na vozíku (Kvietková, 2015).

Mezi nejstarší stroje v Čechách patří tzv. „jednušky“, které byly poháněny vodním kolem. Proto byly stavěny u vodních toků. Tento stroj čili pila rámová jednodílná byla většinou jedinou výbavou tehdejších provozů. Prováděli se na ní pořezy vlastních kmenů podélným způsobem. Postupem času byly v provozech doplněny o pily kotoučové s dlouhým pojízdným stolem. Na kotoučových pilách se provádělo omítání řeziva a kolmé ořezání hrany neboli sámování. Inovace těchto strojů spočívala v přidávání dalších pilových listů do rámu a tím se zvyšovala produktivita práce, protože bylo možno při jednom průchodu výřezu pilou vyrobit větší množství řeziva.

Tyto typy strojů mohly být poháněny mechanickým pohonem od vodního motoru. Později byl vodní pohon nahrazen pohonem elektrickým (elektromotor), i tehdy se menší provozy držely velmi dlouho ve stejné podobě. U větších dílen bylo použito více rámových pil, k některým byly přistavěny truhlárny a vybudovány prostory na sušení řeziva. Postupem času začaly kmenové pásové pily vytlačovat staré a opotřebené pily rámové (katry) hlavně pro jejich univerzálnost, čistý řez a tichý chod.

Zejména v horských oblastech byly provozovny rozšířeny, dřevo se k nim dopravovalo u úbočí kopců skluzy, koňským potahem nebo na vozech. Při dopravě dřeva z větší dálky se využívalo vodního toku, dělo se tak, když byl lesní porost z nejbližšího okolí vytěžen. Kulatina se dostávala plavebními kanály přímo k pile, kde se plavené klády třídily. Voda tak zároveň zajišťovala dopravu kulatiny na pilu i samotný pohon strojů (Anonym, 2015).

Z výše uvedeného je zřejmé, že do roku 1950 existovalo v západních zemích Evropy velké množství malých soukromých podniků, které zpracovávaly značný podíl kulatiny. Po roce 1950 se pilařské technologie začínají seskupovat do větších celků a menších pil začne ubývat.

Na území dnešní České republiky patřila pilařská výroba k rozvinutým oborům. Dobrá dostupnost pilařské suroviny (kulatiny), odbyt výrobků z ní (řezivo) a solidní tuzemské zázemí vytvářely dobré předpoklady pro pilařské firmy. Před 2. světovou válkou bylo Československo významným vývozcem řeziva a dřevařských výrobků. Narušení těchto podmínek přinesla 2. světová válka a následně nástup řízeného plánovitého hospodářství. Po těchto událostech bylo mnoho pil zrušeno z důvodu přebytečné kapacity, nebo přeorientováno na jinou výrobu, funkčních zůstalo jen cca 400-500 pil.

Zásadní změny v dřevařském průmyslu začaly na počátku 90. let. Státní podniky se rozkládaly na samostatné menší celky. To přineslo větší pružnost a dobrou orientovanost v měnících se ekonomických podmínkách, což bylo příznivé pro tuzemský obchod s řezivem. Tím započal nový začátek pro uzavřené pily v předchozích letech, které se znovu otevíraly a objevily se i nově vybudované pily drobných zpracovatelů kulatiny. Vybavení pilnic bylo ve většině rámovými pilami tuzemské výroby, čímž se u nás nehledělo na začínající světový trend prosazující, že rámová technologie je již překonaná.

Po roce 1990 je novým trendem samostatné podnikání, a tím i snaha o zrychlení a zlevnění vlastní výroby, čímž došlo i ke zvětšení podílu ruční práce na pilnici. Hlavními stroji v těchto podnicích byly většinou vyřazené rámové pily z bývalých podniků, nové stroje ze zahraničí (mobilní konstrukce) nebo použité zahraniční stroje. To vedlo k problémům u klasických tuzemských výrobců rámových pil, kteří měli obrovský problém s odbytem vyrobených strojů, což vedlo k uzavření některých zdejších podniků (Bomba; Friess, 2009).

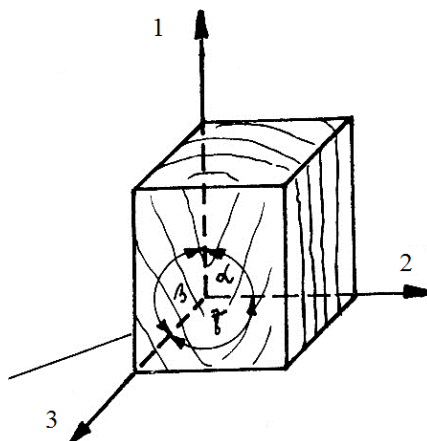
Podle dostupných informací existuje v současnosti 1 759 firem v rámci pododdílu CZ-NACE 16.1 – Výroba pilařská a impregnace dřeva. Počet firem je klesající (MPO, 2013).

3.2 Dřevo jako řezaný materiál

Nyní je třeba přistoupit k surovině, která je z hlediska tématu této práce nejdůležitější a tou je dřevo. Je třeba uvést, že se jedná o surovinu, která vykazuje ve třech na sebe kolmých směrech různé (mechanické, fyzikální aj.) vlastnosti. Tento jev je nazýván jako anizotropie dřeva (Požgaj, 1997).

Tento fakt má, jak velký význam především při konstrukci nábytku, tak také při procesech obrábění a dělení dřeva, kdy je třeba vlhkost zohlednit. To platí také o pilařských provozech, kde je výrobkem řezivo a toto může být vlivem vlhkostních poměrů následně neodpovídající příslušným normám (Koželuh, 2014).

K uvedenému jevu „anizotropie“, znázorněném na obr. č. 1 je nutné dodat, že z hlediska přírodního materiálu má na obrábění dřeva velký vliv také vlhkost, kterou je nutné při broušení a jiných mechanických procesech dělení nebo obrábění zohlednit a dřevo vysušit. Aby se předešlo nežádoucím konstrukčním jevům, je většinou v současnosti v nábytkářství používán jiný materiál na bázi dřeva než rostlé, tedy masivní dřevo, které vykazuje právě výše zmíněné anizotropní vlastnosti.



Obr. č. 1 Směry ve dřevě

1 – směr podélný, 2 – směr tangenciální, 3 - směr radiální

V současnosti, a to především z hlediska ekologického je zřejmé, že naše republika je celkem významná svými lesními porosty, kdy produktem lesa je strom, což

je v podstatě dřevo, které je třeba brát jako surovinu pro další zpracování. Zpracování dřeva, jako obnovitelného zdroje, je možné rozdělit na dvě základní komodity:

- komodita primárního zpracování dřeva, která probíhá mechanickým dělením (řezání, sekání apod.) anebo chemickým (působením chemikálií apod.) způsobem a výrobkem je v prvním případě řezivo (deskové, hraněné a polohraněné), čímž vzniká i vedlejší produkt jako štěpky, třísky apod. a v druhém případě celulóza a papír,
- komodita sekundárního zpracování dřeva, která má již konečné vyhotovení určitého výrobku, jako např. nábytek, hudební nástroje, obaly, dřevěné hračky, dřevostavby apod.

Tato práce se zabývá především pořezem na rámových pilách, což je chápáno jako primární zpracování dřeva mechanickým způsobem – řezáním na výrobek, či polotovar řezivo, které vznikne podélným nebo příčným dělením výřezů na části (prkna, fošny, hranoly, prizma).

Obecně se uvádí, že světová výroba se pohybuje řádově kolem 500 milionů m³ a z toho připadá cca 75 % na jehličnaté řezivo (Zaušková, 2002).

Dále je důležité se zmínit o tom, že dřevo jako přírodní materiál podléhá určité degradaci, a proto je třeba ho chránit (ošetření nátěrem, máčením, sušením apod.). Tato zmínka je důležitá z toho důvodu, že dříve, než přijde dřevo jako kulatina (pilařské výřezy) na pořez je obvykle nějakou dobu (delší nebo kratší) uskladněné ve skladech pilařské kulatiny, které jsou součástí pilařských provozů (pilnic), a to z důvodu, že je třeba zde kulatinu (výřezy) chránit před možným poškozením, které může být následující:

- poškození dřeva povětrnostními vlivy,
- poškození dřeva požárem,
- poškození dřeva dřevokaznými houbami a plísněmi,
- poškození dřeva dřevokazným hmyzem (Žák; Reinprecht, 1998).

Je zřejmé, že sklady kulatiny nebo výřezů musí mít určitou kapacitu, aby zvládly jednosměnný, popř. vícesměnný provoz v pilařském provozu. Zde je třeba doplnit, že dřevo je prakticky přírodní polymer a vykazuje hygroskopické vlastnosti – přijímá vodu

(nebo vlhkost) do tzv. bodu nasycení vláken, kdy tento bod nasycení vláken kolísá podle druhu dřeviny v rozmezí od 23 % do 35 % (Kafka, 1989).

Z tohoto důvodu je třeba výrobní surovinu ve formě kulatiny nebo výřezů před zpracováním patřičně chránit. To platí i pro hotové výrobky (řezivo). Především se jedná o fyzikální ochranu dřeva, která v pilařském zpracování dřeva přichází do úvahy (Reinprecht, 2008). Základní formy ochrany:

- suchá ochrana (nejběžnější, jedná se o rychlé snížení vlhkosti ve dřevě, je možné použití, jak u vstupu, tak i výstupu, tento typ ochrany se provádí převážně u jehličnaté suroviny),
- mokrá ochrana (dosažena udržením vysoké vlhkosti v surovině, ochrana převážně listnaté suroviny, např. periodický postřik vodou, máčením nebo také bazénováním, je použita pouze u vstupní suroviny).

4 Charakteristika rámové pily

4.1 Použití rámové pily

Kmenové rámové pily slouží k podélnému řezání takzvaně k třískovému dělení materiálů. Materiálem jsou v tomto případě právě pilařské výřezy, ze kterých vzniká řezivo. Vyniká skupinovým typem pořezu, což znamená, že při jednom průchodu výřezu pilou je vytvořeno požadované množství řeziva. Při zpracování dřeva volíme různé způsoby pořezu pro získání vhodného materiálu (řeziva), pro získání materiálu na další zpracování (prizma) a pro využití některých charakteristických vlastností dřeva.

Nejpoužívanější jsou tyto formy pořezu: pořez naostro, prizmování a pořez segmentový. Tloušťka řeziva je volitelná podle vyžadovaného druhu řeziva (prkna, fošny, hranoly, prizma) rozestavením pilových listů v pilovém rámu. Na pořez se nejčastěji využívá a je také nejvhodnější jehličnatá surovina ale lze použít i listnatou (Kvietková; Bomba, 2013).

4.2 Rozdělení rámových pil

Sumarizující rozdělení rámových pil podle Halaštové (2013):

Podle druhu konstrukce:

- vertikální,
- horizontální,

Podle místa použití:

- stabilní (pevně postavené),
- pojízdné (mobilní, přemístitelné),

Podle pohonu rámu:

- jednoojnicové,
- dvojojnícové,

Podle podávání:

- s přerušovaným podáváním výřezu,
- s plynulým podáváním výřezu,

Podle umístění pohonu:

- spodní uložení pohonu,
- horní uložení pohonu,

Podle velikostní řady:

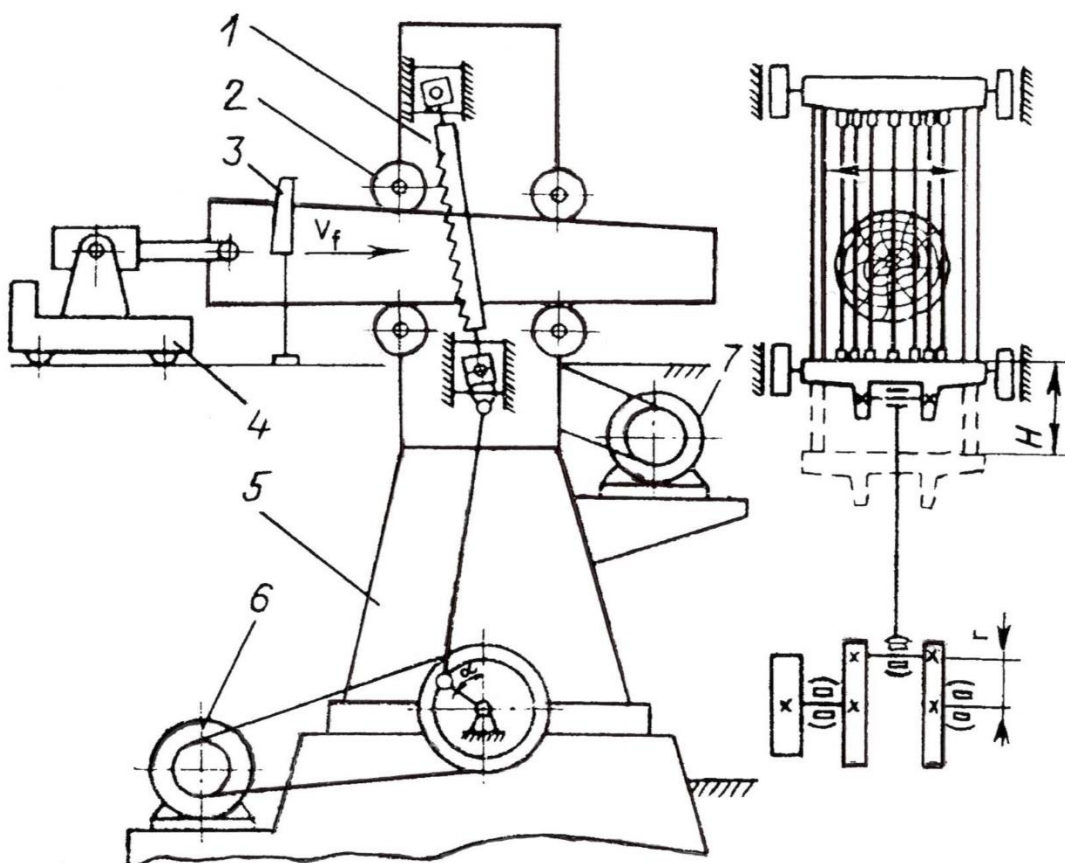
- malé (světlost rámu do 450 mm),
- střední (světlost rámu do 710 mm),
- velké (světlost rámu nad 710 mm) (Kvietková; Bomba, 2013).

Světlostí rámu se rozumí velikost rámu, tudíž určuje maximální průměr výřezu, který může daná pila zpracovávat.

4.3 Popis stroje

Co se týká svislé rámové pily (obr. č. 2), tak tato pila se skládá z následujících mechanismů:

- řezací mechanismus,
- podávací mechanismus,
- pomocné mechanismy řízení,
- opěrné mechanismy,
- stojan,
- pohonný mechanismus řezání,
- pohonný mechanismus podávání.



Obr. č. 2 Technologické schéma svislé rámové pily

(Svoreň, 2002)

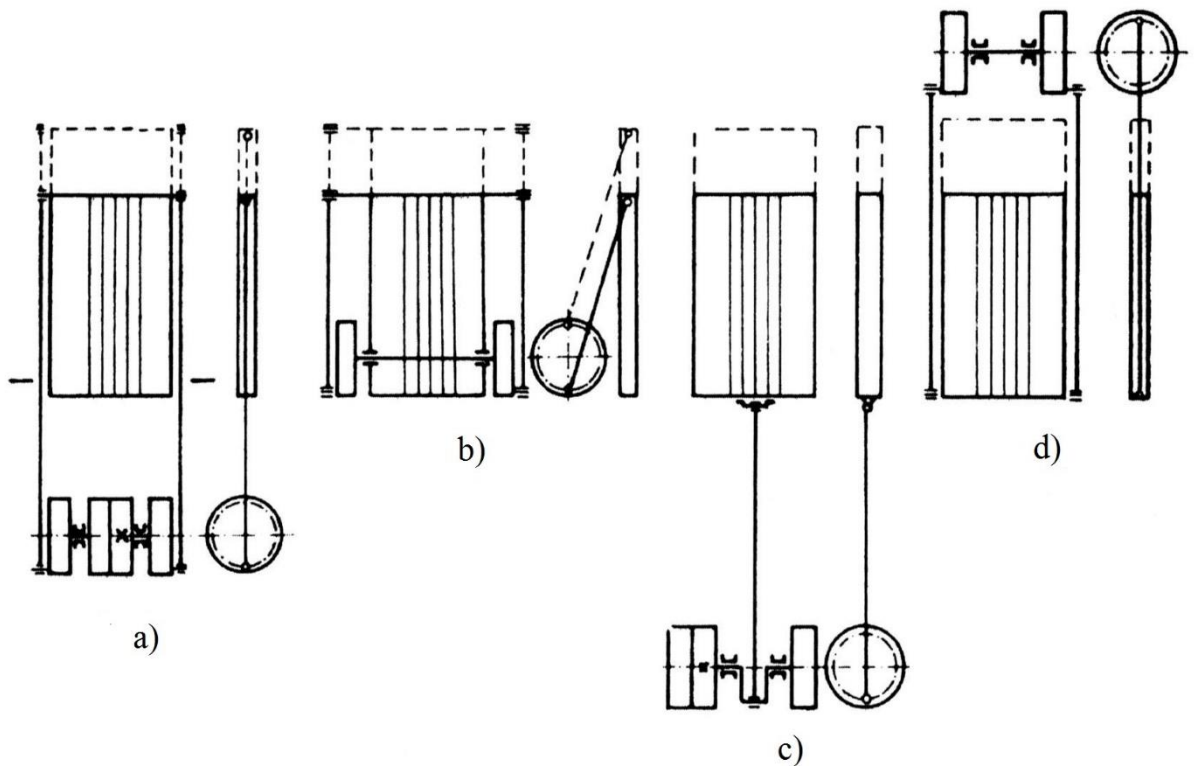
1 – řezací mechanismus, 2 – podávací mechanismus, 3 – pomocné mechanismy řízení, 4 – opěrné mechanismy, 5 – stojan, 6 – pohonný mechanismus řezání, 7 – pohonný mechanismus podávání

Způsob práce svislé rámové pily (s jednou ojnicí) je zřejmý z obr. č. 2. Pilový rám je tvořen ze dvou sloupků a dvou příčníků (horního a spodního), ve kterém je upnuta sestava pilových listů pomocí závěsů. Pilový rám se pohybuje ve vedení (ve směru svislém nahoru a dolů). Rám je spojen s klikovou hřídelí pomocí ojnice nebo pomocí ojnic v případě dvojojnicí pily. Pilové listy jsou řezací nástroje rámové pily. Při pohybu z horní do dolní úvrati pilové listy řežou, provádějí tzv. pracovní zdvih, při pohybu z dolní do horní úvrati pilové listy neřežou, je to tzv. volný zdvih (Afanasiev, 1962).

Základ stroje tvoří základová deska, která je ukotvena k betonovému základu kotevními šrouby. Na základové desce je připevněn stojan tvořen příčnicí a bočnicemi, v některých případech tvoří základová deska a stojan jeden celek např. u menších strojů. Stroj je poháněn elektromotorem přímo přes klínový řemen u menších strojů. U větších strojů přes předlohu pomocí plochého řemene. Takzvané velké pily mají dvě řemenice,

jednu pevnou a druhou volnou. Předloha je poháněna přímo přes elektromotor klínovým řemenem. Po roztočení předlohy je pomocí plochého řemene otáčeno i s volnou řemenicí, ze které je řemen postupně přesouván na pevnou řemenici, čímž dochází k plynulému rozpořívání stroje (Kvietková; Bomba, 2013).

Stroj dále disponuje důležitou součástí, a to brzdou, která slouží k zastavení stroje a zajištění pilového rámu v horní úvratí. Na stojanu stroje jsou dále umístěny podávací válce (nejčastěji dva horní a dva spodní), které zajišťují podávání výřezů do řezu. Horní válce jsou pohyblivé ve směru nahoru a dolů podle velikosti kulatiny, spodní válce jsou napevno. Válce jsou rýhované a dělené, aby se mohli vyměnit jen opotřebené, nejčastěji střední části (Afanasiev, 1968).



Obr. č. 3 Funkční schéma pohonu pilového rámu

(Maňas; Kočara, 1990)

a, b, d – dvojitá rámová pila, c – jednojitá rámová pila

Na obr. č. 3 a, c je zobrazena dvouetážová rámová pila s mechanismem, kde je umístěn klikový mechanismus pod podlahou. Pod obr. č. 3 b je jednoetážová rámová pila s dolním pohonem pilového rámu a na obr. č. 3 d je vyobrazena jednoetážová rámová pila s horním pohonem pilového rámu. Vše ve svislém provedení (Maňas; Kočara, 1990).

4.4 Technický popis

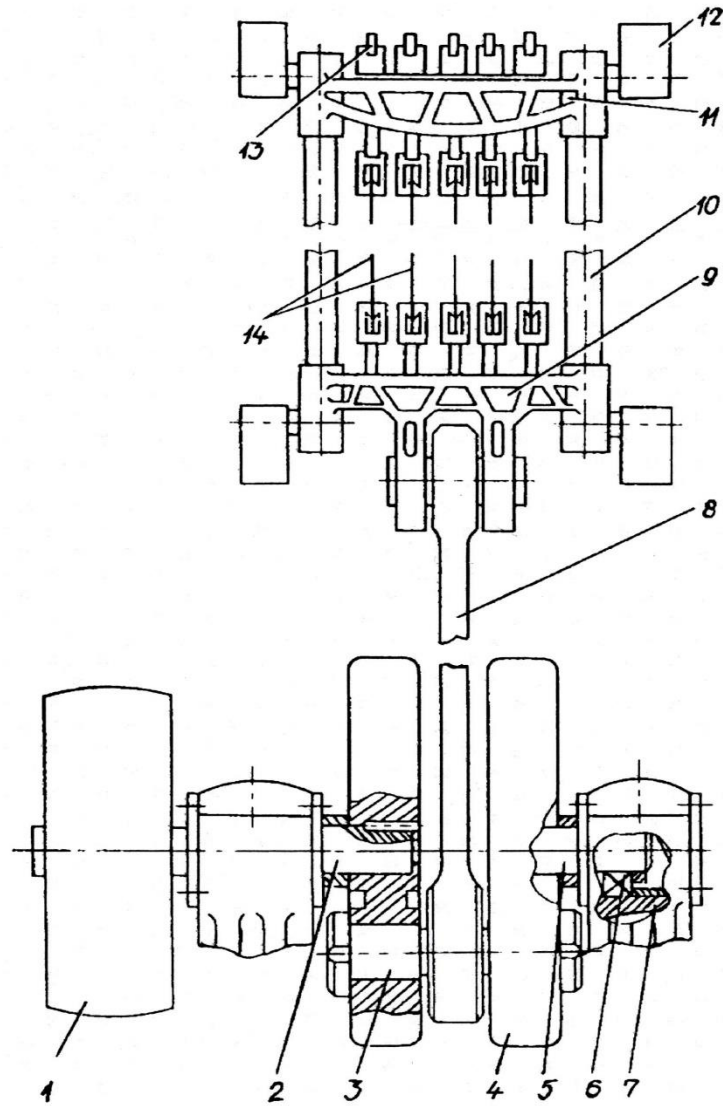
Konstrukce řezacího mechanismu jednoojniční dvoupatrové svislé rámové pily je znázorněna na obr. č. 4.

Ve spodní části konstrukce se nachází složený klikový hřídel, který sestává ze dvou poloos (2) a (5) zalisovaných do setrvačníků (4) a čepu kliky (3). Konce čepu jsou upevněny v otvorech setrvačníků. Hřídel je uložen ve třech dvouřadých naklápěcích kuličkových ložiscích (6) na základovou desku (7). Dvě ložiska jsou umístěna z obou stran hnané řemenice (1). Ocelová ojnice (8) spojuje klikový čep s pilovým rámem. Dřík ojnice bývá profilován do tvaru I, hlavy ojnice jsou buď celistvé, nebo dělené (spodní je většinou dělená).

Spodní hlava ojnice je spojena s klikou pomocí dvouřadého naklápěcího kuličkového ložiska. Vrchní hlava ojnice se spojuje se spodní příčkou pilového rámu pomocí čepu a jehlového ložiska.

Pilový rám se skládá z horního (11) a spodního příčnicku (9), které jsou spojené sloupky (10). Smýkadla (12) se přemísťují ve vodítkách stojanu. Mezi příčkami pilového rámu se pomocí mechanismu napínání (13) napínají pilové listy (14).

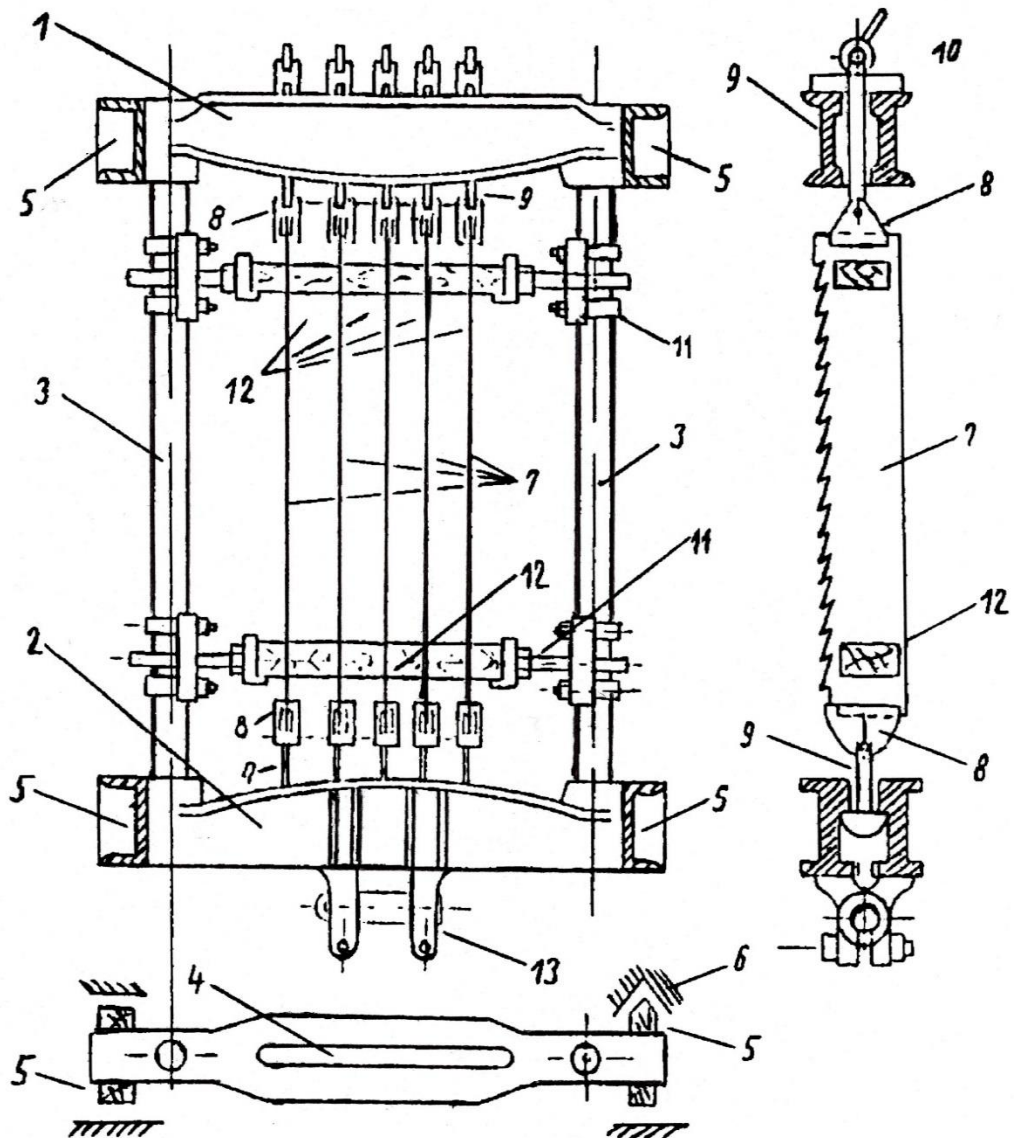
Pilový rám konstrukčně tvoří uzavřenou rámovou soustavu. Sloupky jsou namáhány na vzpěr. Mají čtvercový nebo obdélníkový průřez, nejčastěji průřez mezikruží (bezešvé trubky). Příčnický (horní a spodní) jsou namáhány na ohyb výslednicí sil od napnutí pilových listů. Oba příčnický jsou vyrobeny ze dvou desek obdélníkových průřezů nebo jako výkovky z vysoce kvalitní oceli, které jsou mechanicky opracované. Mezi deskami příčnicku je mezera pro zasunutí závěsů, jak je to vidět na obr. č. 5 a obr. č. 6 (Svoreň, 2002)



Obr. č. 4 Konstrukce řezacího mechanismu jednoojniční svislé rámové pily

(Svoreň, 2002)

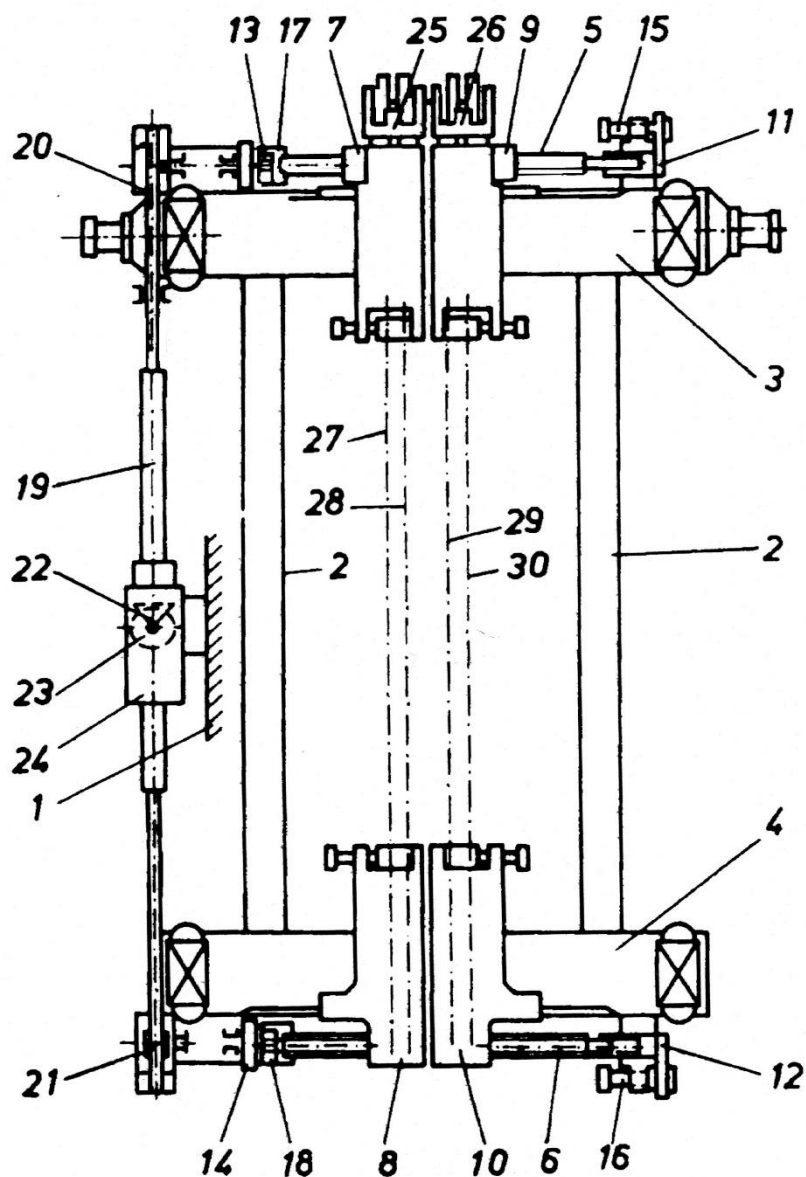
1 - hnaná řemenice, 2 - poloosa, 3 - čep kliky, 4 - setrvačník, 5 - poloosa, 6 - dvouřadé naklápěcí kuličkové ložisko, 7 - základová deska, 8 - ojnice, 9 - spodní příčník, 10 - sloupek, 11 - horní příčník, 12 - smýkadla, 13 - napínací mechanismus, 14 - pilové listy



Obr. č. 5 Konstrukce jednoojničního pilového rámu

(Svoreň, 2002)

1 - horní příčnick, 2 - spodní příčnick, 3 - sloupky, 4 - mezera pro závěsy, 5 - smýkadla, 6 - vodítka, 7 - pilové listy, 8 - skříně závěsů, 9 - táhla závěsů, 10 - napínací mechanismus, 11 - třmeny registru, 12 - vložky, 13 - čep rámu (ojniční)



Obr. č. 6 Konstrukce dvojojničného pilového rámu

(Svoreň, 2002)

1 - stojan rámové pily; 2 - sloupek pilového rámu; 3 - horní příčník; 4 - spodní příčník; 5, 6 - pohybové šrouby; 7, 9 - matice upevněné v horních blocích; 8, 10 - matice upevněné v spodních blocích; 11, 12 - ložiskové domky pohybových šroubů; 13, 14 - ložiska; 15, 16 - stavěcí šrouby; 17, 18 - ložiskové domky pohybových šroubů; 19 - dutý drážkovaný hřídel; 20, 21 - šnekové převody; 22, 23 - kuželové ozubená kola; 24 - pohonná jednotka; 25, 26 - hydraulický napínací přístroj; 27 až 30 - pilové listy

5 Nástroje rámových pil

Nástrojem rámových pil jsou v podstatě pilové listy. Na dokonalosti těchto nástrojů závisí výkon samotné pily. Což znamená, že na těchto nástrojích je závislá i kvalita opracovaných materiálů, délka výrobního času i hospodárnost výroby. Listy jsou v pilovém rámu upnuty s předklonem, aby nedřely hřbety zubů o dřevo při volném zdvihu rámu do horní úvratě. Z tohoto vyplývá, že se listy pohybují v rámu přímočaře vratným pohybem směrem nahoru a dolů. Při pohybu rámu směrem dolů listy řezou. Jsou to dřevoobráběcí nástroje sloužící ke zpracování pilařských výřezů na požadované pilařské výrobky. Pilové listy je také potřeba kontrolovat a udržovat před a po procesech řezání (Grube, 1971).

5.1 Pilové listy

Upínání pilových listů je možné provádět více způsoby, přičemž je dobré vědět, že pilový list musí být k tomuto účelu uzpůsoben, tzn., že existují (Pilana, 2008):

- olištované pilové listy,
- pilové listy s rovným děrováním.

5.2 Druhy pilových listů

V případě těchto řezných nástrojů existují listy s trojúhelníkovým nebo vlčím ozubením s lomeným nebo oblým hřbetem. Úprava zubů je buďto metodou pýchování nebo metodou rozvádění. Dále se uvádí následující typy pilových listů podle způsobů úprav (Pilana, 2008):

5.2.1 Standardní listy pro pýchování a rozvádění

Materiálem těchto listů je ocel (75Cr1) bez povrchové úpravy. Pevnost je určena na 1780 (MPa), jedná se tedy o nejlevnější variantu mezi pilovými listy při podání nejmenších výkonů. Tento typ listů je vhodný zejména pro provozy, kde není výtěž řezáním nejdůležitější. Mohou se použít pro řezání neodkorněného dřeva nebo dřeva s vysokým výskytem kovu, protože nám nevzniká díky nižší pořizovací ceně taková škoda oproti ostatním typům pilových listů.

5.2.2 Listy pro rozvádění zubů s tvrdo-chromovou povrchovou úpravou

Standardní listy z ocele (75Cr1) s povrchovou úpravou možnou v několika tloušťkách povlakem z tvrdochromu, čímž vzniká i vyšší odolnost proti korozi a

nedochází k zašpinění řezné plochy. Jsou vhodné pro řezání odkorněného i neodkorněného dřeva. Vyznačují se dvojnásobnou výdrží oproti listům bez této úpravy.

5.2.3 Pilové listy se stelitovanými zuby

Pilové listy se stelitovanými zuby z materiálu 75Cr1 s návarem na zubech ze stelitu, vhodné pro použití při řezání odkorněného dřeva. Vytvářejí vysokou kvalitu řezné plochy bez špinění.

5.2.4 Pilové listy J-TYP

Materiál je stejný jako v předchozích případech, jsou vhodné pro úpravu zubů stelitovým návarem, tvrdochromováním nebo i pro kombinaci s chromovým povlakem. Tyto listy jsou vhodné do běžných i extrémních podmínek.

5.3 Zásady používání pilových listů

Pro zachování efektivního použití řezných nástrojů (pilových listů) je zejména důležité dodržet několik zásad. První a důležitá zásada je v rozdílu při řezání měkkého a tvrdého dřeva. Při řezání tvrdého dřeva volíme menší úhel čela, naopak u měkkého volíme větší úhel čela. Řeznou rychlost také upravujeme podle stupně tvrdosti dřeva, čím je dřevo tvrdší, tím menší by měla být řezná rychlost. Pilový list musí být dostatečně napnut ve stroji a při výskytu praskliny nepokračovat v řezání.

Pilové listy je také nutné při zastavení stroje na delší dobu povolit a nenechávat je v rámu napnuté. Pro dosažení vysoké životnosti pilových listů je důležitá pravidelná kontrola před a po skončení řezání, zejména jejich očištění od nečistot po řezání. V pravidelných intervalech je také důležité kontrolovat vnitřní pnutí v listu (Bajkowski, 1997).

5.4 Údržba pilových listů

Postup údržby pilových listů spočívá v několika krocích, a to: v předběžné kontrole, čištění, vyrovnání a odstraňování místních vad vnitřního pnutí, úpravě celkového pnutí válcováním, rozváděním nebo pěchováním zubů, broušení a v konečné kontrole. V některých pilařských provozech se může jednat i o úpravu pilového nástroje stelitováním (Barcík a kol., 2013).

5.4.1 Předběžná kontrola

Předběžná kontrola se provádí vizuálně po vyjmutí pilového listu z rámu pily. Sleduje se zde, jestli list není poškozený do té míry, že by nevyhovoval požadavkům pro další použití (Barčík a kol., 2013).

5.4.2 Čistění

Čistění probíhá před následujícími obnovami nástroje jako vyrovnávání pnutí a broušení. Povrch pilových listů musí být dokonale vyčištěn od prachu, živice nebo pilin, aby mohl být zkontrolovaný s potřebnou přesností. Kontroluje se hlavně velikost rozvodu, přepětí v listech a přítomnost trhlin na nástroji. Čistota je také velmi důležitá pro broušení, aby nedocházelo k znečištění brusného kotouče a tím i ke snížení jeho účinnosti a k přílišnému zahřívání nástroje. Tato činnost se vykonává hadříkem či jiným prostředkem namočeným v petroleji, naftě, benzínu, rozpouštědle na laky, vodě s přídavkem sody (poměr 1:30) nebo trichloretylénem (Prokeš, 1980).

5.4.3 Vyrovnání a odstraňování místních chyb vnitřního pnutí

Při této části údržby se provádí kontrola rovinnosti pilového listu a při zjištění opaku (nerovnosti) se musí vyrovnat. Případné nerovnosti jsou vypukliny, prohlubně zakřivení, zvlnění. Tyto vady vznikají zahřátím nástroje, nepřesností řezání. Zjištění nerovností se provádí při ohnutí pilového listu. Položí se na rovinný stůl nebo kontrolní desku a pomocí kovového pravítka se přechází přes celou jeho délku, čímž se zjistí díky světelným šterbinám, které se vytvářejí při nerovnoměrném styku hrany pravítka s povrchem listu, kde se chyby nacházejí (Lisičan, 1996).

Tato kontrola se provádí z obou stran. Označení chyb (nerovností) se dělá křídou a následně se provádí vyrovnávání vyklepáváním kladivem nebo válcováním pomocí válcovacích strojů.

Vyrovnávání vypuklin a prohlubní se provádí tak, že pilový list se otočí dutou stranou vypukliny dolu (na kovádlíku) a shora na vrchol vypukliny poklepáváme kladivem (při malých chybách). Při velkých vypuklinách se vyrovnání provádí vyklepáváním po obvodu vypukliny postupně až do středu, čímž vypukliny zmizí (Prokeš, 1980).

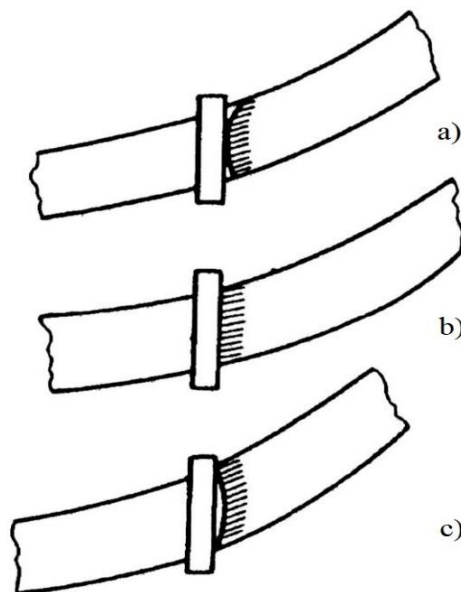
Při zkroucení pilového listu se postupuje následovně. Určí se hranice, kde začíná zakřivení nástroje, která se označí křídou. Srovnání se uskutečňuje poklepáváním křížového kladiva na vypuklou stranu rovnoběžně s hranicí (čárou), která byla vytyčena

pomocí křídy. Po vyklepání celé plochy se přezkouší, jestli je pilový list v rovině. Pokud ne, postupuje se zcela stejně na druhé straně pilového listu.

Vyrovnání odchylek přímosti hřbetu provedeme tak, že pokud je vydutí na straně hřbetu pilového listu jen malé, srovná se pomocí zbrúšení. Při větších vadách se vyrovnání provádí válcováním. Při vypuklém hřbetu je to oprava pomocí válcování u ozubení. Naopak u vydutého hřbetu se provádí oprava válcováním v zóně hřbetu (Barcík a kol., 2013).

5.4.4 Úprava celkového pnutí

Úpravou pnutí se rozumí roztažení střední části materiálu nástroje (pilového listu) za účelem dosažení tahového napětí v obvodové části, což je u pilového listu ozubená část a zadní strana. Této úpravy se dosahuje procesem válcování, tím se prodlouží jeho středová část, takže při napínání pilových listů se napínají hlavně jejich obvodové části. Stav pnutí zjistíme pomocí výskytu světelné štěrbině mezi hranou kontrolního pravítka a ohnutým pilovým listem nebo pomocí kontrolní šablony. Při zjištění nesprávného nebo nedostatečného pnutí (obr. č. 7 b) se musí nástroj upravit (Lisičan, 1996).



Obr. č. 7 Kontrola stavu pnutí

(Lisičan, 1996)

a – pilový list s opačným pnutím, b – s nedostatečným pnutím, c – se správně upraveným pnutím

Opačné vnitřní pnutí (obr. č. 7 a) se zjistí tak, že při přiložení kontrolního pravítka je pnutí pod pravítkem opačné než správné pnutí (obr. č. 7 c). Postup pro odstranění této vady je podobný, jen je potřeba vykonat více válcovacích úderů. Pokud se vnitřní pnutí

nalézá pouze v části pilového listu, poklepává se toto postižené místo v přesně vymezených hranicích, kde se vada nachází.

Při výskytu světelných štěrbin ve tvaru ležatého „S“ na obou stranách pilového listu, jedná se o takzvané „S“ pnutí. Při výskytu této vady má polovina pilového listu správné pnutí a druhá polovina pnutí opačné. Pro opravu této vady je důležité zjištění přesné hranice začátku a konce místního pnutí a tuto hranici označit (křídou). Vada se odstraňuje pomalým a opatrným vyklepáváním od středu k uvolněnému okraji ne však na úplný okraj, ten by měl zůstat nedotčený.

U nesymetrického pnutí je vnitřní pnutí posunuto ze střední části pilového listu na jeden z okrajů. Odstranění pomocí několika ran (úderů) v oblasti, která má být uvolněna (Dvořáček, 1953).

5.4.5 Rozvádění a pěchování zubů

Rozvádění a pěchování jsou základními operacemi pro úpravu pilových zubů na listech. Jde takzvaně o rozšíření řezné spáry zabraňující tření nosné části listu o řezaný materiál. Více informací o těchto metodách je uvedeno v kapitole č. 6.

5.4.6 Broušení pilových zubů

Při procesu obrábění dřeva se řezná část pilových listů opotřebovává (otupuje) a tak je nezbytné otupenou část naostřit. Na kvalitě této úpravy závisí jakost řezu, výkonnost stroje a velikost síly, která je potřebná na proces obrábění. Vzhledem k plynulosti výroby řeziva se pilové listy (jejich zuby) brousí automaticky na automatických ostříčkách pomocí brusného kotouče (viz obr. č. 8). Ruční ostření se využívá jen málo, protože je velmi zdlouhavé, nepřesné a vyžaduje profesní zkušenost pracovníka. Správný proces broušení musí splňovat minimálně tyto požadavky:

- zachovat geometrii ozubení, tvar zubu musí zůstat nezměněný po každém broušení,
- zuby nástroje musí být ostré,
- řezné hrany zubů pilových listů musí být v jedné rovině.

Správné naostření zubů se kontroluje pomocí řezných úhlů (šablonou) (Mañas; Kočara, 1990).

Ostření zubů se musí provádět až po pěchování nebo rozvedení pilového listu, ne naopak. Pokud by se provádělo rozvádění již na naostřeném nástroji, změnily by se řezné úhly na zubech, a to by vedlo k zabíhání při procesu řezání a hrozilo by poranění obsluhy

při rozvádění ostrých zubů. V běžné praxi se rozvod po ostření zkontroluje a případně jemně opraví. Při broušení je vhodné požívat chlazení, aby nedocházelo k přehřátí nástroje (Pilana, 2017).

V praxi se můžeme setkat se třemi druhy ostření (Maňas; Kočara, 1990):

- rovné ostření – kdy se brusný kotouč otáčí stále ke kolmé rovině k ploše pilového listu,
- šikmé ostření – brusný kotouč se odklání od kolmé roviny k ploše listu na jednu a na druhou stranu,
- pološikmé ostření – brusný kotouč se otáčí ve stejné rovině, která je kolmá k ploše čela zubu nástroje a odklání se od roviny čela na jednu a druhou stranu.



Obr. č. 8 Ostříčka pilových listů

(<http://www.drevarske-stroje.cz/stroje/automaticka-ostricka-pilovych-listu-opl> [19. 1.2017])

5.4.6.1 Brusné kotouče

Brusné kotouče jsou vyráběny v různých rozměrech, tvarech a rozdílné zrnitosti. Dají se rozdělit podle kvalit, ta je dána brusným materiálem, číslem zrnitosti, tvrdostí, druhem pojiva a strukturou. Brusné materiály mohou být přírodní (pískovec, korund, diamant) a umělé (umělý korund, karbid křemíku, karbid bóru, syntetický diamant) (Lisičan, 1996).

Brusné kotouče s jemným a velmi jemným zrnem jsou vhodné pro ostření pilových listů se zuby upravenými stelitováním. Pro pilové listy rozvedené a pěchované jsou vhodnější brusné kotouče s jemným až středním zrnem (Pilana, 2017).

5.4.6.2 Vybroušení poloměru zubové mezery

Při broušení se musí dbát na to, aby nedošlo ke zmenšení poloměru zubové mezery. To zajistíme vhodnou tloušťkou brusného kotouče, která musí být velká jako dvojnásobek poloměru zaoblení zubu. Pro zachování původního tvaru zubu se postupuje tak, že se opatrně přebrousí zaoblení zubové mezery (největší úběr materiálu – 2,5 x více, než ze hřbetu zubu). Při nedodržení tohoto poměru úběru materiálu (třísky) se docílí k rozdílnému poměru ploch, snížení výšky zubu a tím i ke změně jednotlivých úhlů řezné hrany (α a β) (Barcík a kol., 2013).

5.4.6.3 Broušení čela zubu

Provádí se velmi jemně. Cílem je naostření bočního ostří zubu při co možná nejmenším úběru materiálu (třísky). Při tomto broušení platí zásada, že pokud odebíráme co nejmenší třísku z čelní plochy zubu, je na tom závislá i velikost třísky v patě zubu (Melloni, 1981).

5.4.6.4 Broušení hřbetu zubu

Při broušení hřbetu zubu se provádí zároveň ostření hlavního ostří zubu. Brusný kotouč se musí nastavit v určitém odklonu vůči čelu zubu. Odklon brusného kotouče by měl být v úhlu 1,5 – 2° od čela broušeného zubu. Při nezajištění tohoto odklonu brusného kotouče vůči zubu by docházelo k velmi dlouhému styku hrotu zubu s brusným kotoučem, čímž hrozí nebezpečí přehřátí a tím i spálení hrotu zubu. Spálení hrotu se vyznačuje barevnou změnou (zamodráním).

Spálení docílené přehřátím je nejběžnější vadou. Na spáleném nástroji se často objevují jako následek tohoto jevu praskliny. Nejnáchylnější na přehřátí je pata zubové mezery. Ke spálení dochází při dvou případech, a to při pomalém a při rychlém ochlazování přehřátého místa.

Při pomalém ochlazování dochází ke změkčení oceli. Při vysokém přehřátí se zmenšuje obsah uhlíku obsaženého v oceli a dojde k vytvoření vrstvy železa, která je měkká. Měkké železo není schopno zůstat ostré a tím pádem řezat. Pokud přehřátí železa není příliš velké, množství uhlíku v oceli se nemění. Ale i tak dojde ke změknutí přehřátého materiálu (snížení tvrdosti oceli). Má to za následek porušení zakalení účinkem tepla.

Při rychlém ochlazení vzniká samozakalení místa, které bylo přehřáto. Při tomto jevu jsou na zabarveném hrotu zubu viditelné tři vrstvy o různých tvrdostech. První vrchní vrstva je tvrdá, velmi zakalená (více, než by měla být). Tato velmi tvrdá vrstva přechází

do druhé vrstvy, která je naopak oproti normálnímu stavu mnohem měkčí. Poslední třetí vrstva přechází v normální tvrdosti do nepoškozeného materiálu. Mezi těmito třemi vrstvami působí velké vnitřní napětí, a to má za následek vznik trhlin v okolí přehřátého místa.

Při správném postupu broušení pilových zubů nedochází ke změně barvy (zmodrání). Při jakékoliv změně barvy zubu se jedná o vadu. Podle zvuku lze také poznat správné broušení. Zvuk broušení by měl ostře „syčet“, naopak pokud zní „dutě“ jde o nesprávné ostření. Správné ostření lze pozorovat i vizuálně, pomocí tvaru ocelových třísek vzniklých při broušení. Ocelové třísky by měly mít při správném postupu broušení tvar drobných kuliček, naopak při nesprávném vznikají třísky větší následkem nadměrného zahřívání (Barčík a kol., 2013).

5.4.6.5 Nastavení brousícího automatu podle posunu a zdvihu

Pro zajištění správné funkčnosti brousícího automatu je zapotřebí dodržet přesný poměr mezi posuvem a zdvihem upínací hlavy. Při broušení běžného typu zubu se uvádí posuv do chodu v okamžiku, kdy se brusný kotouč začíná zvedat ve směru od výbrusu zaoblení mezizubové mezery. V případě záběru posuvného mechanismu rychleji se vytvoří dutá hřbetová plocha, naopak při záběru posuvného mechanismu později se vytvoří vypuklá hřbetová plocha. Nastavení pro správnou funkčnost zabezpečuje změna délky zdvihu podávače (Dvořáček, 1953).

5.4.6.6 Nastavení středu brusného kotouče a středu pilového nástroje

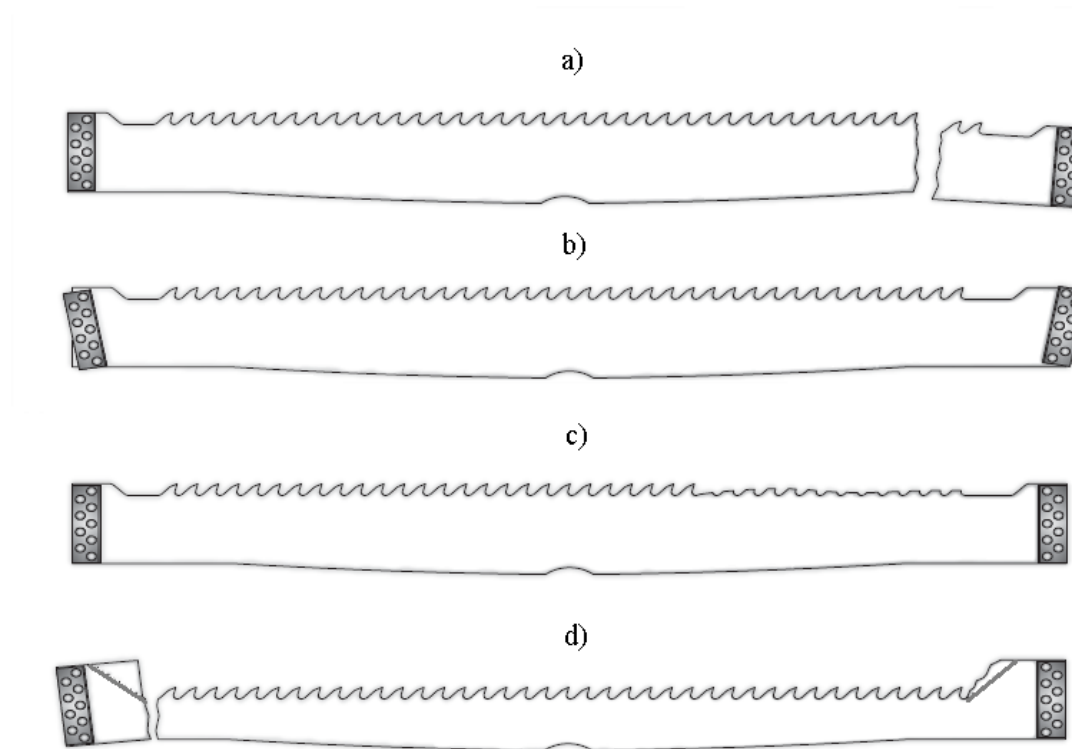
Zásadní a rozhodující kritérium pro správné naostření nástroje je vzájemné postavení pilového nástroje a brusného kotouče. Střed brusného kotouče a střed pilového nástroje musí mít stejnou osu, tzv. střed brusného nástroje musí být nepřetržitě nad střední částí pilového nástroje. I pokud se na brousícím automatu brousí hrot zubu nebo zaoblení zubové mezery, vždy musí osa pilového nástroje přetínat osu brusného kotouče. Pokud je kotouč vychýlen na jednu nebo druhou stranu oproti ose, nastává při broušení vada, nejčastěji z jedné nebo druhé strany nástroje nastane nestejná výška zubu (tzv. na jedné ze stran pilového listu mají zuby vyšší hroty). Tuto vadu častokrát zapříčiňuje velké opotřebení vodítek, které pilový nástroj přitlačují. Kontrola správné výšky zubů se provádí pomocí pravítka nebo skla dosedajícího na tři zuby.

Dále je potřeba se zaměřit na technický stav brousícího automatu. Kromě dobrého stavu vodítek pro správný přítlak pilového nástroje je důležité, aby stroj pracoval bez chvění. Podávací mechanismus musí být přesný, tudíž bez vůlí. Také vozíky pro upnutí

pilového nástroje musí zaručit rovinnost s vodícím pravítkem a musí být stejné (Dvořáček, 1953).

5.4.7 Vady pilových listů

Nejčastější vady pilových listů jsou znázorněny na (obr. č. 9), následně jsou jednotlivě popsány také pravděpodobné příčiny jevu.



Obr. č. 9 Nejčastější vady pilových listů

a) – roztržený list v zubové mezeře, b) – uvolněné nebo odtržené lišty, c) – vylámaná řada zubů, d) – roztržený list na začátku vyzubení

K roztržení listu v zubové mezeře (obr. č. 9 a) dochází díky přílišné napínací síle, malému patnímu rádiusu (čím menší, tím větší tlak zde bude působit) nebo to má za následek špatně orovnaný brusný kotouč, čímž dochází na patním rádiusu ke křivce místo ostrých přechodů. Dále tato vada může být způsobena jako následek neopravených prasklin v zubových mezerách. I příliš velký rozvod zubů vyvolává velký tlak na jednotlivé zubové mezery a v nich se pak list roztrhne. Při ostření jednotlivých zubů je riziko, že brusný kotouč zuby spálí a povrchově i zakalí, tím se stane toto místo křehčí a pak praskne.

Uvolněné nebo odtržené lišty (obr. č. 9 b) jsou následkem přílišné napínací síly nebo nevhodně zvoleného závěsu.

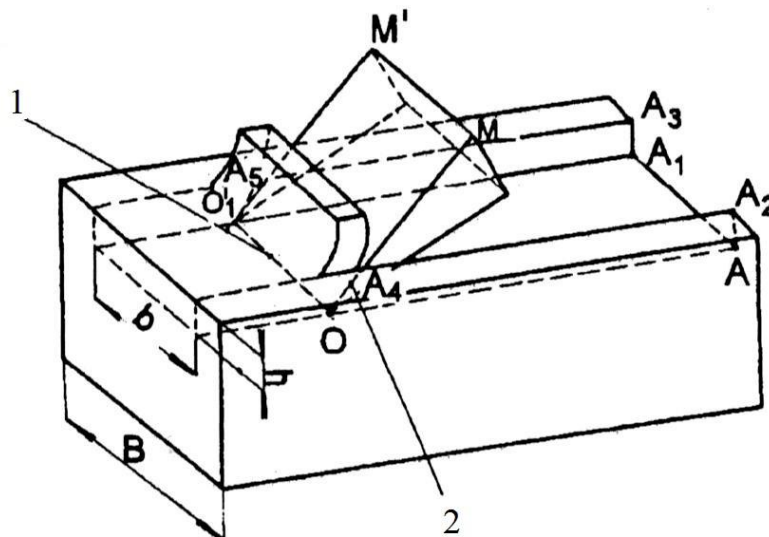
Při vylámání řady zubů (obr. č. 9 c) se jedná jednoznačně o způsobení díky nárazu do cizího tělesa v řezivu (hřebík, munice z války). Aby se předešlo tomuto problému, jsou opatřovány hledačky kovů, které jednotlivé výřezy zkontrolují před samotným požezem.

Další vadou je roztržení listu na začátku ozubení (obr. č. 8 d), ke kterému dochází při sbrušování šířky listu. Při této technologické operaci nebylo dodrženo správné zastřihávání přebytečného materiálu listu vedle zubové části, který tam vznikal. Správný tvar zastřihávání je naznačen na obr. č. 9 d (šedou čarou) (Pilana, 2008).

6 Proces řezání rámovou pilou

Nejprve je třeba uvést definici, která říká, že řezání je definováno jako proces porušování dřevních částic ostrou hranou dřevního klínu vnikajícího do dřeva. Současným procesem je odstranění dřevní hmoty z jejího základního objemu (Lisičan, 1996).

V případě řezání rámovou pilou se jedná o tzv. uzavřené řezání ve spáře (drážce), kde je šířka třísky rovna délce řezné hrany, přičemž je délka třísky menší než šířka obrobku, viz obr. č. 10 (Varkoček, 1996).

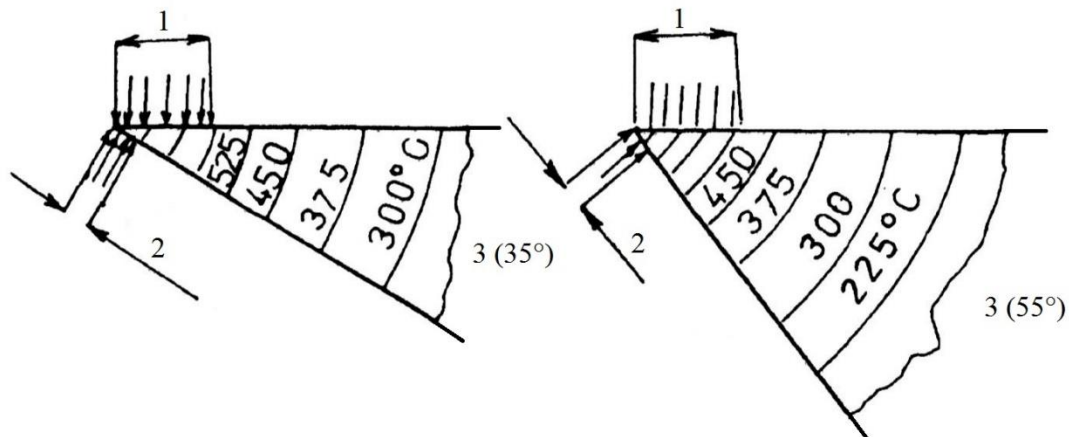


Obr. č. 10 Uzavřené řezání

(Varkoček, 1996)

1 – hlavní ostří, 2 – boční čelní ostří

Je zřejmé, že při procesech řezání dřeva vzniká určité teplo (viz obr. č. 11), které je obvykle odváděno samotným pilovým listem. Nehrozí tedy riziko požáru, ale např. jen riziko znehodnocení výrobku (zčernání vlivem vysoké teploty), které je ale možné odstranit následným broušením apod.

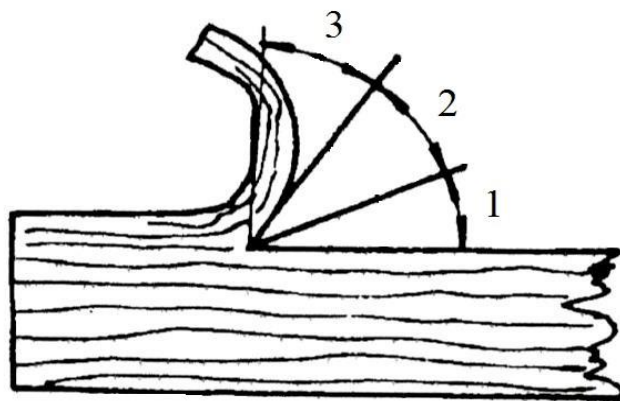


Obr. č. 11 Rozložení teploty na pilovém ozubení při řezání dřeva

(Lisičan, 1996)

1 – délka čela pilového zubu, 2 – úhel hřbetu pilového zubu, 3 – úhel pilového zubu (β)

Také je velmi dobré si všimnout řezných úhlů nástroje (v tomto případě pilového listu), které je znázorněno na obr. č. 12.



Obr. č. 12 Symbolika hlavních úhlů řezné hrany

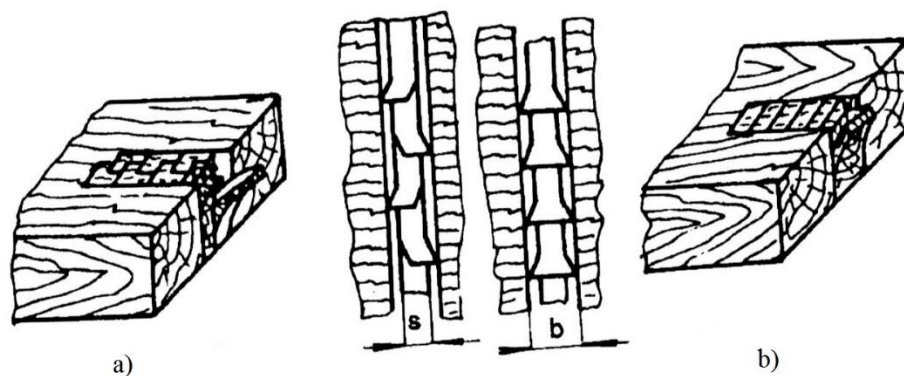
(Lisičan, 1996)

1 – (α) úhel hřbetu řezné hrany ($^\circ$), 2 – (β) úhel řezné hrany ($^\circ$), 3 – (γ) čelní úhel ($^\circ$) a platí, že $\alpha + \beta + \gamma = 90^\circ$

K těmto úhlům je třeba doplnit několik slov k jejich významu, přičemž je dobré si uvědomit, že v praxi dochází k určitému konsensu mezi nimi, protože nelze zvolit tyto úhly nahodile bez znalosti řezného procesu. Význam úhlů je následující (Lisičan, 1996):

- úhel α : zvětšením se zmenšuje kontaktní plocha hřbetu zubu s materiálem a snižuje se tření,
- úhel β : měl by být co možná největší, aby se ostří odporem dřeva neodlamovalo (neotupovalo),
- úhel γ : zvětšením klesá odpor dřeva proti vnikání zubu a zmenšuje se potřebná síla na odřezání třísky (řezná síla).

Z hlediska řezání ve spáře (obr. č 10) je kvůli odvedení tepla, které vzniká v důsledku tření pilového listu o materiál, řezný nástroj upravován (viz obr. č. 13) a to buď rozmačkáním – tzv. pěchováním (b) nebo rozvedením (a). Čímž se dosáhne efektu, kdy pilový list nedře obráběný (řezaný) materiál. Tyto úpravy spočívají ve vytvoření širší funkční části pilových nástrojů než jejich části nosné.



Obr. č. 13 Vliv úpravy zubů na proces tvorby piliny

(Lisičan, 1996)

a – rozvedené zuby, b – pěchované zuby

Rozvádění zubů by se obecně mělo vykonávat přibližně v $1/3$ (hranice je v $1/2$) výšky od špičky zubu. Jedná se o střídavé vyhýbání zubů do stran z roviny pilového nástroje. Vykonává se ručním způsobem pomocí (rozváděcích) kleští nebo na automatických rozváděcích strojích. S rozváděním pilových listů jsou spojené také chyby, které vznikají při této úpravě.

Nejčastější z nich jsou chyby jako: jednostranný rozvod, který způsobuje zabíhání řezu a nepřesný rozvod, díky kterému je povrch řeziva drsný, a tudíž dochází také k zabíhání řezu. Dále se objevuje příliš malý rozvod zubů, to způsobuje vysoké tření pilového listu o dřevěný materiál a dochází tak k přehřátí. Naopak příliš velký rozvod zubů přispívá taktéž k přehřívání nástroje, a to díky velké zátěži. Vznikají tak i velké ztráty ve výtěži řeziva a nekvalitní (drsný) povrch. Všeobecně platí, že velikost rozvádění závisí od druhu dřeviny a stavu, její vlhkosti, rozměru nástroje, přesnosti upnutí, ale také i přesnosti vedení obrobku. Kontrola požadované velikosti rozvodu (přesnost by měla být cca 0,05 mm) je zjišťována rozvodoměrem (Prokeš, 1980).

Pěchování je rozšíření každého zubu, respektive řezné hrany. Pilový list pěchovaný (jeho zuby) je kvalitnější než pilový list rozváděný. Výhody pěchování spočívají v lepší stabilitě nástroje (dochází k rovnoměrnému namáhání zubů), kvalitnější řezné ploše a možnosti většího posuvu. Jedná se o pracnější technologii úpravy než u úpravy rozváděním. Pěchování obsahuje následující operace: příprava pilového listu, vlastní pěchování, egalizace a ostření. Přípravou pilového listu je myšleno jeho očištění, list totiž musí být bez nečistot pro dosažení dokonalého dosednutí válečků na zuby a kovádky na hřbet zubu. Provádí se na pěchovacích automatech a následné broušení na egalizačních bruskách (Prokeš, 1980).

Pro úpravu pěchování jsou důležité určité podmínky (Barcík a kol., 2013):

- vhodné materiály pro pěchování,
- vybavenost vhodným zařízením jako jsou pěchovací automaty a egalizační stroje,
- u brousících strojů musí být zvýšená pozornost,
- nezbytnou součástí musí být odkornovací zařízení před vlastním požezem.

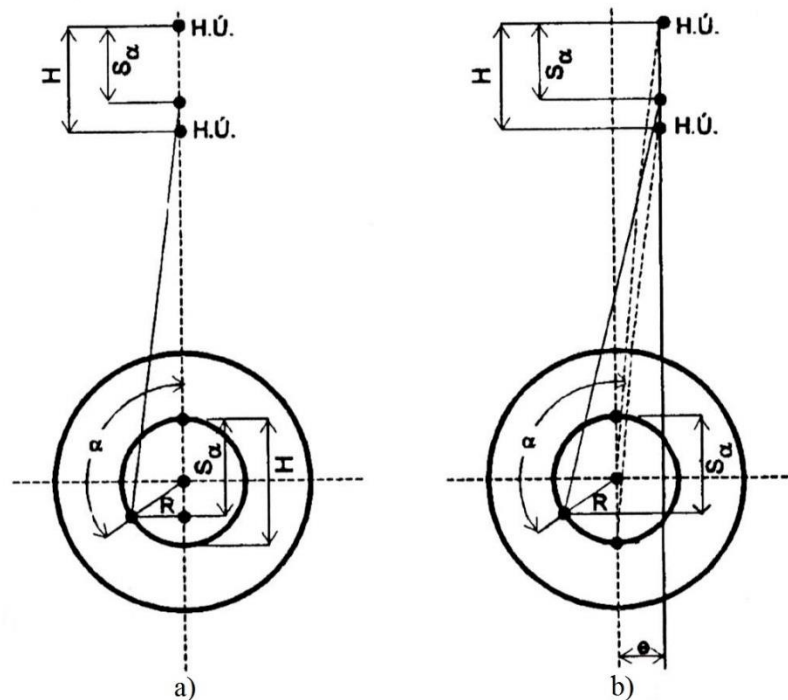
6.1 Procesy používané pro správnou funkčnost rámové pily

Jako hlavní důležité faktory, které zabezpečují funkčnost rámové pily, je možné uvést (Kvietková; Bomba, 2013):

- předklon pilových listů – odchylka hrotnice zubů od svislice, která má v zásadě vyrovnat řezné poměry a nestejně zatížení pilového listu při požezu,
- předstih – úhel, který svírá hlavní ojnicí klika se svislým směrem v okamžiku, kdy započne posuv výřezu do stroje,
- přerušované podávání – jedná se o následující podávání:
 - jednoduché západkové podávání,

- podávání dvojitě,
- nepřerušované podávání – rychlost podávání výřezu do stroje je pořád stejná.

Obecně je řezání na rámových pilách pomocí matematického vyjádření velmi složité. V podstatě se jedná o klikový mechanismus, a to buď centrický (viz obr. č. 14 a) anebo excentrický (viz obr. č. 14 b). Rámové pily bývají nejčastěji uspořádané centricky (symetricky), podle obr. č. 14 a.



Obr. č. 14 Principiální schéma centrického a excentrického klikového mechanismu

(Lisičan, 1996)

a – centrický klikový mechanismus, b – excentrický klikový mechanismus

Na obr. č. 14 vyjadřuje symbol H – zdvih, což je vzdálenost dvou bodů, ve kterých se mění smysl pohybu pilového rámu. $H = 2R$, to znamená, že velikost zdvihu odpovídá dvěma délkám kliky, kde R je průměr kružnice, po které se pohybuje střed klikového čepu. Z toho se určí délka pilového listu (Lisičan, 1996):

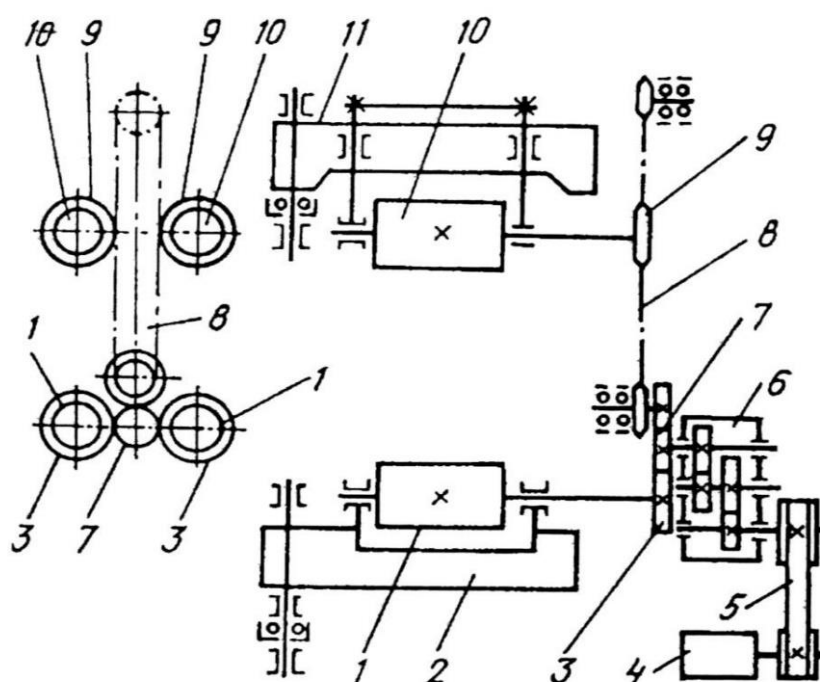
$$L_{pl} = H + D_{max} + \left(\frac{100}{360}\right) \text{ (mm)} \quad (1)$$

kde:

H – zdvih ($2R$),

D_{max} – největší průměr výřezu.

Vzhledem k současnosti je třeba si blíže povšimnout plynulého posunu výřezů, který přes pilový rám bez přesmyků v konečném důsledku zvyšuje kapacitu stroje, snižuje opotřebení vozíku a kolejnic. Kinematické schéma podávacího mechanismu s plynulým posuvem výřezu, který se v praxi využívá nejvíce, je znázorněna na obr. č. 15. Rozřezaný výřez (nebo prizma) se podává dvěma páry spodních podávacích válců (1) a horních podávacích válců (10) uložených v tělesech (2) a (11). Podávací válce se pohánějí od samostatného elektromotoru (4) přes klínový řemenový převod (5) a převodovku (6). Spodní podávací válce (přední a zadní) jsou upevněny v jedné úrovni nad rám stroje a pohánějí se ozubenými koly (3) a (7). Svrchní podávací válce jsou uloženy v svisle se přemísťujících tělesech (11). Pohánějí se pomocí řetězového převodu (8) a řetězových kol (9) (Svoreň, 2002).

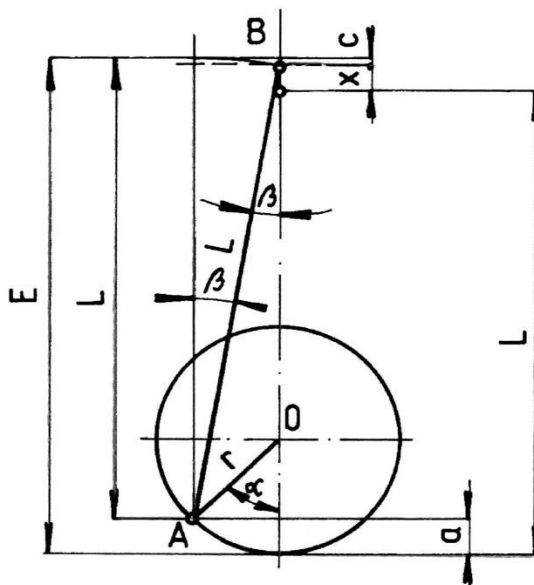


Obr. č. 15 Kinematické schéma plynulého podávání

(Svoreň, 2002)

Na základě obr. č. 16 je možné odvodit kinematické vztahy v poháněcím klikově-ojničním mechanismu. Okamžitá rychlost pilového rámu bude:

$$v_c = v_0 \cdot \left(\sin \alpha - \frac{\Delta}{2} \cdot \sin 2\alpha \right) \text{ (m.s}^{-1}\text{)} \quad (2)$$



Obr. č. 16 Schéma systému kliky a ojnice

(Svoreň, 2002)

kde:

v_0 – obvodová rychlost kliky čepu:

$$v_0 = \frac{2\pi r n}{60} \quad (\text{m.s}^{-1}), \quad (3)$$

r – poloměr kliky klikového mechanismu,

n – počet otáček klikového mechanismu (cca 180-400 min^{-1}).

Střední rychlost pilového rámu bude:

$$v_{str} = \frac{2Hn}{60} = \frac{rn}{15} \quad (\text{m.s}^{-1}) \quad (4)$$

Pro učení řezné síly platí následující vztah:

$$F_c = 2 k_c \frac{b \sum h v_{ot} n}{v_{str}} \quad (\text{N}) \quad (5)$$

kde:

k_c – řezná síla na jednotku plochy řezu (Pa),

b – šířka řezné spáry (m), která se vypočítá podle:

$$b = a + 2 * s_1 \quad (\text{m}) \quad (6)$$

kde:

a – tloušťka pilového listu,

s_1 – hodnota vychýleného zubu na jednu stranu,

v_{ot} – posuv na otáčku (m),

n – počet otáček klikového hřídele (s^{-1}),

$\sum h$ – celková výška řezu (m):

$$h = 0,75 \cdot D_s \cdot p \text{ (m)} \quad (7)$$




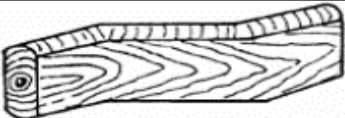



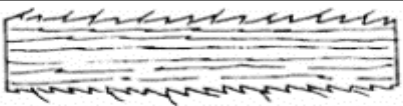
kde:

D_s – střední průměr výřezu (m),

P – počet pilových listů v pilovém rámu.

6.2 Chyby při použití rámové pily

Výsledkem pořezu na rámových pilách je řezivo. Na obr. č. 17 jsou uvedeny nejběžnější chyby řeziva, které mohou nastat při použití rámových pil. Tyto vady mají své opodstatnění v pilových listech. Požadovaná kvalita řeziva je vyznačována především rovností a povrchovou hladkostí. Řezivo musí být také stejně tlusté po celé své délce a bez nánosů nečistot a pilin.

Název chyby	Tvar chyby
Šroubové zakřivení "vrtule"	
Křivost plochy	
Křivost hrany	
Řezivo "S"	
Řezivo s různou tloušťkou v příčném průřezu desky	
Řezivo se štrápci na hraně desky	
Řezivo s vlnitým povrchem	
Řezivo s velkým rýhováním	

Obr. č. 17 Přehled chyb řeziva vyrobeného na rámové pile

(Lisičan, 1996)

V běžné výrobě se kvalitativní nároky na řezivo nepodaří vždy splnit, a tak vznikají výrobky s nevyhovujícím tvarem jako je zakřivení, nerovnoměrná tloušťka, nekvalitní povrch (chlupatost, zanesení pilinami) a se „střapci“ na hranách. Při řezivu s výskytem střapců na hranách se dá hovořit o nejmenší chybě a dané řezivo se může zařadit do nižší kvalitativní třídy. Lisičan (1996) uvádí příčiny těchto vad.

Šroubové zakřivení řeziva

Jedná se o jednu z nejhorsích chyb při výrobě řeziva. Zakřivení lze totiž velmi těžko opravit, někdy je to dokonce nemožné. Srovnání této vady se provádí na srovnávací frézce. I přes to jsou desky často nepoužitelné, protože mají rozdílnou tloušťku po své délce. Tato chyba je zaviněna obsluhou nebo chybou stroje.

Chyby zaviněné obsluhou rámové pily:

- obsluha pily nesprávně natočí výřez mezi přední podávací válce (při takto nesprávném natočení výřezu vzniká nerovnoměrné rozdělení tlaku zubů podávacích válců a tím dochází k soustavnému pootáčení výřezu),
- použitím nerovnoměrné sestavy pilových listů (to zapříčiňuje použití vložek o nestejných tloušťkách),
- při nepravidelném průřezu výřezu a předčasném uvolnění z upínacího vozíku.

Chyby zaviněné strojem:

- pokud mají spodní podávací válce ve střední části nadměrné vydření a střední část není vyměněna za novou, dochází pomocí tlaku vrchního podávacího válce k pomalému sklouzávání výřezu do vydřené drážky ve střední části spodního podávacího válce (výřez se sklouzává až do doby, dokud si nesesedne do nejhlubší části vydřené drážky),
- další zavinění při nesprávné údržbě stroje se skrývá v opotřebení otočné hlavy upínacích čelistí u vozíku, dochází tak k samovolnému pootáčení výřezu a tím i k nerovnoměrnému působení řezné síly (Lisičan, 1996).

Křivost plochy řeziva:

- příčinou může být špatná vzájemná kolmost osy kolejnic vozíku na osu podávacích válců rámové pily z přední, zadní nebo z obou stran,
- v případě kdy nejsou rovnoběžné osy spodních podávacích válců,
- při velkém opotřebení ložisek uložených v podávacích válcích,

- odtlačení prizmy zaviněné nadměrným vydřením střední části spodních podávacích válců,
- pokud jsou na rámové pile vodící nože, tak i při jejich nerovnoběžnosti s osou kolejnic předního vozíku, vzniká tato chyba (Lisičan, 1996).

Křivost hrany řeziva:

- při rozmítnutí křivé prizmy v ploše,
- při pořezu naostro v případě nesprávného uložení křivého výřezu, vzniká řezivo s nestejnou pevností ve směru délky (nestejná pevnost je zapříčiněna přeřezáním vláken pod různým úhlem) (Lisičan, 1996).

Řezivo tvaru „S“

Řezivo s chybou tvaru „S“ je téměř stejně závažná jako chyba šroubového zakřivení (vrtule). U této vady vznikají při frézování změny tloušťky na koncích desky a velký odpad. Příčiny:

- vyšší zuby z jedné strany pilového listu (zabíhání pilového listu do strany, kde jsou zuby vyšší, jde o následek nesprávného technologického postupu broušení),
- při větším rozvodu zubů k jedné straně se děje to samé jako v předchozím případě (list zabíhá do strany, kde je větší rozvod zubů),
- nerovnoběžná plocha zavěšených pilových listů s osou kolejnic, to zapříčiní, že až do uchopení výřezu zadním vozíkem řežou listy šikmo,
- osa předních i zadních kolejnic je odkloněná od kolmice na osu podávacích válců,
- podávací válce nemají stejnou obvodovou rychlost (způsobeno vydřením podávacích válců),
- odtlačení výřezu do stran při zařezávání pilových listů do materiálu (dřeva) důsledkem nerovnoměrnosti os podávacích válců (Lisičan, 1996).

Různá tloušťka v příčném průřezu desky:

- vada způsobená prizmatickým vodítkem pilového rámu, které je vydřené na jednu stranu,
- chybou obsluhy, tj. použitím odlišných tlouštěk vložek vkládaných do spodního a horního registru pilového rámu (šikmé zavěšení pilových listů),
- použitím pilových listů s větším rozvodem zubů bez výměny původních vložek za vložky o větší tloušťce (Lisičan, 1996).

Střapce na hraně desky

Nejde o vážnou chybu řeziva, spíše o chybu na kráse. Střapce vznikají při výběhu zubů ze dřeva ve spodní úvrati. Protože spodní vlákna nemají proti tlaku vnikajících zubů žádnou oporu, vada se odstranit nedá. Příčiny:

- při přerušovaném posuvu příliš velký předklon listů a malý předstih podávání,
- u plynulého posuvu bývá tato vada častější, je způsobená tím, že v dolní úvrati narůstá tloušťka piliny,
- pokud jsou pilové zuby tupé, nedochází k odřezávání vláken, ale k vytrhávání,
- velkou tloušťku piliny způsobuje také příliš velký rozestup zubů,
- to samé platí i pro velký rozvod zubů, zvětšuje se šířka piliny a tím i tlak působící zuby na dřevo,
- příliš velká posuvná rychlost výřezu na zub (Lisičan, 1996).

Vlnitý povrch řeziva

Při této vadě se jedná o nestejnou tloušťku po délce desky. Někdy je nemožné ji odstranit frézováním, protože na některých místech s nejmenší tloušťkou zůstanou frézováním nedotčené plochy. Příčiny:

- použití příliš tenkých listů, které nezískají potřebnou tuhost ani po napnutí a zabíhají na jednu nebo druhou stranu,
- pokud je list málo napnut,
- listy mají malý rozvod nebo jsou tupé,
- také při výskytu cizích těles ve dřevě (Lisičan, 1996).

Rýhovaný povrch řeziva

Rýhování povrchu vzniká v důsledku rozvádění zubů. Tudíž zcela hladkého povrchu řeziva pilovými zuby dosáhnout nejde. Ale při povrchu s velkými rýhami jde o jiné příčiny:

- zuby s nepřesným rozvodem (běžná nepřesnost rozvodu je 0,2 až 0,3 mm),
- po olámaní rohů zubů nebo při ztrátě rozvodu zubu při procesu řezání zaviněné nekvalitní ocelí, z níž je pilový list vyroben (Lisičan, 1996).

6.3 Vzorce pro výpočet kapacity stroje

Vzhledem k plynulosti pilařského provozu je obvykle třeba vypočítat tzv. denní objem zpracovávané kulatiny V_d (Verčimák, 1989):

$$V_d = \frac{V_r}{r_f} \quad (\text{m}^3 / \text{den}) \quad (8)$$

kde:

V_r – roční objem zpracovávané suroviny (m^3),

R_f – roční fond (den).

Jak je známé, tak technické parametry dřevařských strojů se vyjadřují buď kvantitativně, tj. množstvím (otáčky, zdvih, řezná rychlost apod.) nebo kvalitativně, tzn. jakostí (spotřeba energie, kapacita apod.). Takže z tohoto rozdělení je zřejmé, že obě dvě veličiny spolu vzájemně souvisí. Ale pro tuto práci je nejdůležitější kapacita stroje, což je výkonnost měřená v kusech anebo v objemu výrobků či zpracovaného dřeva za jednotku času (hodina, směny, den, rok). Rozlišují se tři druhy kapacity strojů, a to technologická kapacita, technická kapacita a provozní kapacita stroje (Barcík, 2001):

- technologická kapacita – množství výrobku za časovou jednotku bez pomocných operací a ztrát

$$C_{\text{technolog}} = \frac{1}{T_h} \quad (9)$$

kde: T_h – čas hlavní operace (čas hlavního pracovního mechanismu),

- technická kapacita – množství výrobků za časovou jednotku bez existence ztrát

$$C_t = \frac{1}{T_h + T_p} = \frac{1}{T_c} \quad (10)$$

kde: T_p – čas pomocných operací a T_c – čas pracovního cyklu,

- provozní kapacita (efektivní) – množství výrobků za časovou jednotku se všemi možnými ztrátami,

$$C_{\text{ef}} = \frac{1}{T_h + T_p + T_{st}} \quad (11)$$

kde: T_{st} – ztrátové časy vzniklé při výrobě. Vzorce pro výpočet obvykle bývají tabulkovány.

V praxi se především vychází z výpočtu využitelného časového fondu, který je vypočítáván následovně (Rašner; Sklenka, 1989):

kalendářní časový fond

- nepracovní dny (T_p)

nominální časový fond (T_n)

- plánované prostoje (t_p)

využitelný časový fond (T_p)

Výrobní kapacita stroje je potom $Q_p = T_p \cdot V_p$, kde V_p – výkon v naturálních jednotkách za 1 hod. a T_p – využitelný časový fond. Výrobní kapacita linky (v kusech dílců) je následující:

$$Q_p = \frac{T_{sm} - T_{př}}{r} \cdot n, \quad (12)$$

kde:

T_{sm} – čas směny v min,

$T_{př}$ – čas přestávek v min,

r – rytmus linky v min/kus, n – počet směny za rok.

Čas pořezu na rámové pile je tabulkován podle tloušťky desek, které mají být nařezány a na které se mění sestava pilových listů před každým řezáním, kdy je třeba jiné tloušťky. Mistr pilnice a obsluha pily jsou s ním seznámeni, ale pro účely podrobnosti této práce je třeba sdělit, že čas pořezu je obvykle počítán podle vzorce (Verčimák, 1989):

$$t_p = \frac{N_v \cdot (L_v + L_m) \cdot n_p}{V_p \cdot 60} \quad (\text{hod.}) \quad (13)$$

kde:

N_v – počet výřezů v kusech opracovaných za rok,

t_p – čas pořezu za rok v hodinách,

L_v – průměrná délka výřezů v metrech,

L_m – průměrná mezera mezi výřezy v metrech,

n_p – počet přechodů,

v_p – posuvná rychlost v metrech za sekundu.

6.4 Technická kontrola stavu rámové pily

O potřebě jednoduché kontroly a údržby pilových listů je pojednáno v kapitole 5.3. Dále je třeba se zmínit o ochraně a bezpečnosti práce na rámových pilách. V řezání nelze pokračovat v případě, když (Kvietková; Bomba, 2013):

- dochází k přehřívání kluzných mechanismů vodítek,
- dochází k přehřátí pilových listů,
- je zřejmá neobvyklá vibrace rámové pily,
- dojde ke zlomení pilového listu,

- při zjištění kovového předmětu ve výřezu,
- při nedostatečném uchycení výřezu.

Zde je potřebné doplnit, že je také třeba v určitých časových intervalech provádět údržbu rámové pily. Složitější je to v případě, kdy firmy disponují pouze jednou rámovou pilou (generální opravy v době celozávodní dovolené apod.).

7 Technologie řezání na rámových pilách

Vzhledem k řezání na rámových pilách je zřejmé, že objem třísek je větší než objem rostlého materiálu před oddělením. Skutečností ověřenou praxí je, že piliny v zubové mezeře nemusí být volně sypané, ale jsou mírně zhuštěné vlivem dynamických účinků. Zvětšení objemu dřevní hmoty g přeměněné v třísky je dán vztahem (Holopírek, 2001):

$$g = S_{zm} / u_z \cdot e \quad (14)$$

kde:

S_{zm} – plocha zubové mezery (mm^2),

u_z – posuv na zub (mm),

e – výška rozřezávaného materiálu (mm),

g – parametr nakypření, kde racionální hodnota g je pro dřeviny měkké - 1,5 a tvrdé - 2,0.

Je zřejmé, že pohyb pilového listu v případě rámové pily vykonává pohyb přímočarý vratný nerovnoměrný (od klikového hřídele – rámová pila). Při výpočtech se často používá střední řezná rychlost:

$$v_c = \frac{H \cdot n}{3000} \quad (\text{m} \cdot \text{s}^{-1}), \quad (15)$$

kde:

H – zdvih pilového rámu,

n – frekvence otáčení.

Zde je třeba uvést, že výpočty dynamických prvků řezných procesů se provádějí podle různých metodik (Holopírek, 2001):

- technicko-statistická metoda,
- objemová metoda,
- podle „tabulkové síly“,
- analytická metoda.

Z hlediska dalšího textu je možné se zmínit o jedné z výše uvedených metod alespoň v teoretické rovině. Subjektivně byla vybrána objemová metoda.

Tato metoda ve všeobecnosti vyjadřuje proporcionalitu výkonu řezání P_c (W) k objemu dřeva přeměněného na třísky za 1s V_1 ($\text{cm}^3 \cdot \text{s}^{-1}$) (Holopírek, 2001).

$$P_r = A_{r1} * V_1 \quad (\text{W}), \quad (16)$$

kde:

A_{r1} – měrná řezná práce při daném procesu řezání a při zadaných výpočtových podmínkách obrábění ($\text{J} \cdot \text{cm}^{-3}$),

V_1 – objem dřeva přeměněného na třísky za jednu sekundu ze vztahu:

$$V_1 = S * u \quad (\text{cm}^3 \cdot \text{s}^{-1}), \quad (17)$$

kde:

S – plocha řezu (plocha obráběné vrstvy, otvory atd.) kolmá k vektoru posuvné rychlosti u (mm^2),

v_f – posuvná (podávací) rychlost ($\text{m} \cdot \text{s}^{-1}$).

Měrná řezná práce A_{r1} se určí z jednotkové měrné řezné práce A^1_{r1} (tabulková hodnota) a opravných součinitelů pro jednotlivé podmínky řezání za vztahu:

$$A_{r1} = A^1_{r1} \cdot k_d \cdot k_w \cdot k_t \cdot k_v \cdot k_f \cdot k_h \cdot k_\sigma \cdot k_e \cdot k_{\varphi_0} = A^1_{r1} \cdot k_{co} \quad (\text{J} \cdot \text{cm}^{-3}), \quad (18)$$

kde:

A^1_{r1} – jednotková měrná řezná práce,

k_d – opravný součinitel vlivu dřeviny,

k_w – opravný součinitel vlivu vlhkosti,

k_t – opravný součinitel vlivu teploty,

k_v – opravný součinitel vlivu řezné rychlosti,

k_f – opravný součinitel vlivu otupení ostří,

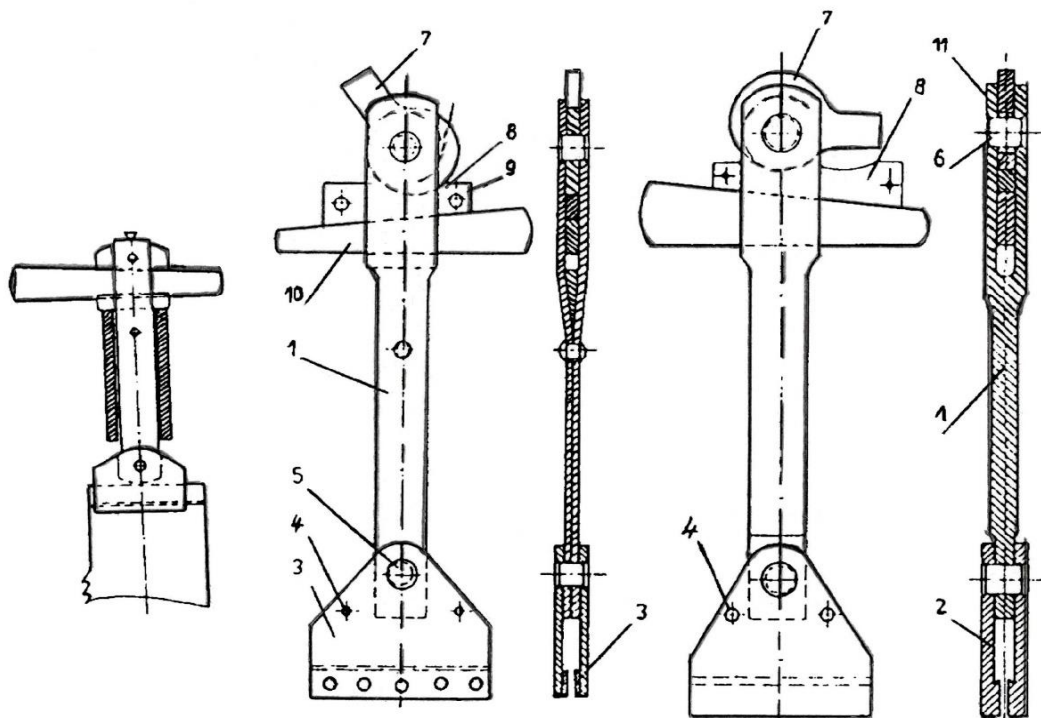
k_h – opravný součinitel vlivu dřeviny,

k_{σ} – opravný součinitel vlivu řezného úhlu,
 k_e – opravný součinitel vlivu tření,
 k_{ϕ_0} – opravný součinitel mezi ostřím a vlákny.

Veškeré uvedené koeficienty jsou tabulkovány (Holopírek, 2001).

7.1 Napínání pilových listů

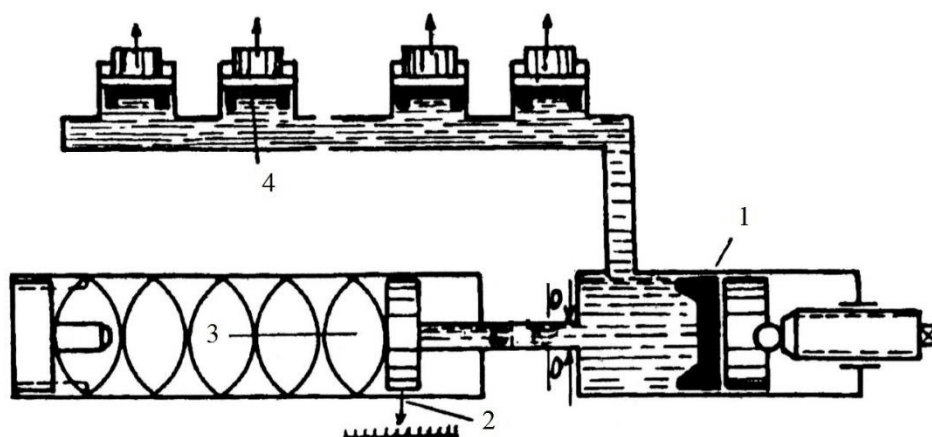
V současnosti je v praxi nejrozšířenější způsob spojení pilového listu s táhlem závěsu pomocí "zasouvací skříně" (skříň závěsu a olištování konců pilového listu). Konstrukční řešení tohoto spojení je na obr. č. 18. Napínací mechanismus prošel postupem času řadou vývojových změn, a to od zatloukání klínu přes dopínání excentrem až po hydraulické napínání (Svoreň, 2002).



Obr. č. 18 Konstrukce řešení spojení pilového listu se závěsem

(Svoreň, 2002)

1 – táhlo závěsu, 2 – stěny zasouvací skříně s monolitickými čelistmi, 3 – stěny zasouvací skříně s navařenými čelistmi, 4 – distanční trubky, 5 – čep spojení zasouvací skříně s táhlem závěsu, 6 – čep excentru, 7 – excentr, 8 – podložka pod excentr, 9 – zajišťovací kolíky podložky, 10 – přepínací klín



Obr. č. 19 Konstrukční schéma hydraulického přístroje

(Lisičan, 1996)

Na obr. č. 19 je znázorněné hydraulické napínání pomocí napínacího přístroje upevněného na pilovém rámu. Všechny pilové listy v rámu se napnou jen jednou "jednorázově" a najednou. I v tomto případě je však třeba nejdříve každý list po jednom předepnout pomocí klínu a excentru. Utahováním šroubu, který je spojen s pístem (1) se vyvolá v systému určitý tlak. Působením tlaku na pístky s plochou S_B (4) se vysouvá a zvedá jeden konec klínů a tím v určitém poměru i táhlo závěsu. Druhý konec klínu podpírá opěrná lišta. Tlak v systému vyvolaný pístem (1) působí současně i na píst (2) ve vyrovnávacím válci. Posuvem pístu (2) doleva se stlačují talířové pružiny (3). Pokud se pilové listy teplotou prodlouží (nebo třeba i jen jeden z listů), písty se vysunou dále a tlak v systému klesne. Talířové pružiny se uvolní, odsunou píst (2) doprava. Pokles tlaku se vyrovná na hodnotu nastavenou šroubem a pístem (1), takže se ani napětí v pilových listech nemění jejich zahříváním (Svoreň, 2002).

8 Výhody a nevýhody rámové pily

8.1 Výhody rámové pily

Mezi hlavní výhody pořezu na rámových pilách patří (Kvietková; Bomba, 2013):

- jednoduchá technologie pořezu,
- kvalitativně kvantitativní stejnorodost středového řeziva,
- dobrá produktivita práce,
- velmi dobrá pilařská výtěžnost,
- malý podíl pilin,

- dobrá kvalita řezné plochy,
- jednoduchá příprava nástrojů,
- optimální úroveň hlučnosti,
- možnost optimální úrovně mechanizace,
- dobrá úroveň rozměrů a tolerancí.

8.2 Nevýhody rámové pily

Mezi hlavní nevýhody pořezu na rámových pilách patří (Kvietková; Bomba, 2013):

- limitovaný průměr výřezů,
- potřeba detailního třídění výřezů,
- limitované otáčky a související parametry,
- vysoká spotřeba elektrické energie,
- pro instalaci je nutná náročná stavební příprava,
- téměř nemožná přímá optimalizace pořezu s podporou počítače.

V další kapitole se zaměříme na problematiku rámových pil z jiného pohledu, a to z pohledu ekonomického. Obsahem této části je porovnání vstupních cen základních modelů rámových pil. Jsou zmíněny typy rámových pil, které patří mezi tradiční modely i modely novější. Je potřeba uvést, že rámová pila samozřejmě nestačí samotná, musí být doplněna upnutím výřezu před a za strojem různými modifikacemi např. upínacími vozíky, vodícími klíny, centrovacím zařízením, dopravníky atd. Dále je možné použití různých druhů pilových listů, které potřebují pravidelnou údržbu. Proto si přiblížíme celkové náklady na pořízení stroje, jejich údržbu a provoz.

9 Ekonomické zhodnocení

Provoz rámových pil patří v našich zemích k tradičnímu podélnému dělení pilařských výřezů střední dimenze 20-65 cm. Rámové pily také patří mezi nejúspornější stroje, co se týče nákladů provozních a energetických (energetické náklady jsou u méně mechanizovaných provozů i pod 20 kWh na 1 m³ řeziva).

Nevýhodou rámových pil jsou vysoké nároky na stavební přípravu a s tím související i vysoké náklady. U dvouetážových podpílí a pro samotnou rámovou pilu je potřebný těžký základ na eliminaci vibrací způsobených nerovnoměrným zatěžováním pilového rámu různým počtem pilových listů.

U rámových pil nelitinových (MR 45 a SR 65) se dá základ ošidit, protože jde o malé a střední pily (MR – malá, SR – střední). Jsou jednoduché a konstrukčně osvědčené s malým základem bez nutnosti budování podpílí, ale u profesionálních dvouojnicových dvoupodlažních strojů litinové konstrukce typu G (RZ) 56, G (RZ) 71 a RH 60 se základ pohybuje podle podloží 45-65 m³ betonu. To podle firmy Binter DS s.r.o. představuje náklad kolem 250 000 Kč spolu s podpílím. Důležitým kritériem je, aby se základ nedotýkal okolních stavebních konstrukcí (oddělit dilatační spárou). Tyto stroje jsou vhodné pro středně velké pilařské provozny.

Cena montáže rámových pil se odvíjí od jejich velikosti. Jdou totiž rozdělit na litinové s velkým podpílím a předlohou hřídélí s pohonem plochým řemenem (zmíněné RZ 71, RZ 56), střední (SR 65) a na malé (MR 45), které mají pohon hlavního elektrického motoru namontovaný přímo na konstrukci, odkud vedou klínové řemeny na velké kolo přemítacího zařízení.

U typů RZ je doba montáže přibližně 3 týdny a cena cca 150 000 Kč. Montáž menších pil typů MR a SR trvá přibližně týden a cena se pohybuje okolo 50 000 Kč. Tyto ceny jsou uváděny bez elektroinstalace a kolejových drah pro vozíky před a za rámovou pilu.

9.1 Pořizovací ceny rámových pil od firmy Binter DS s.r.o.

Firma Binter DS s.r.o sídlící v Trutnově udržuje v současnosti výrobu tří druhů rámových pil. Tradiční modely G 56 M, G 71 M (M – modernizovaná) a nový vývoj pod označením RH 60. Mimo tyto stroje je firma schopna vyrobit typ G 45 M a G 30 M. Ceny strojů jsou uvedené v tab. č. 1.

Všechny tyto stroje jsou litinové konstrukce se střední řeznou rychlostí 4,8 – 5,2 m/s. Stroje jsou dvouetážové (pohonná jednotka je umístěna pod podlahou, buď zapuštěna do země anebo pod vyvýšenou podestou).

Tab. č. 1 Vyráběné modely strojů od firmy Binter DS s.r.o.

Model	Příkon (kW)	Cena (Kč)
G 56 M	45	950 000
G 71 M	55	1 020 000
RH 60	45	1 600 000
G 45 M	30	750 000
G 30 M	25	540 000

Rámové pily G 56, G 71 jsou stroje masivní litinové konstrukce s elektricky regulovanou podávkou a s přitlakem podávacích válců elektromechanickým ovládním. Tyto mechanismy zaručují spolehlivou činnost stroje a kvalitní řez.

Typ RH 60 je litinové konstrukce, přední i zadní vrata jsou otevírací pro snadný přístup k pilovému rámu. Stroj dále disponuje přestavitelným rámem pro výměnu řezných nástrojů, hydraulickým přitlakem horních válců a rychlobrzdou, která je hydraulicky odlehčena. Pila startuje pomocí pevné řemenice (přímozáběrem bez přesouvání řemenu), napínání řezných nástrojů do rámu se provádí excentrickým závěsem (pilové listy buď olištované anebo příčně děrované).

Montážní práce od firmy Binter DS s.r.o. se pohybují od 300 Kč do 400 Kč za hodinu včetně elektroinstalace a zaměření kolejiště.

Binter DS s.r.o. vyrábí i ruční upínací vozíky, dopravníky a vodící nože za rámovou pilu, bez kterých by pořez na strojích nebyl možný viz tab. č. 2.

Tab. č. 2 Ceny mechanizací k rámové pile od firmy Binter DS s.r.o.

Mechanizace	Cena (Kč)
Ruční vozík	90 000
S elektrickým pojezdem a natáčením (souprava přední, zadní a 2 pomocné)	300 000
Vozík s ovládáním dálkově z kabiny	450 000
Vodící nože za rám. pilu s hrotovými válci	300 000
Dopravníky (dle náročnosti)	125Kč/kg

Ceny v tab. č. 1 a 2 jsou uvedeny bez DPH, dopravy a montáže, jsou pouze základní na nové stroje, upřesnění lze stanovit až na základě technologického projektu a místního šetření na upřesnění konkrétní výbavy a doplňků dle stavební připravenosti nebo obměny stroje za původní.

9.2 Pořizovací ceny rámových pil od firmy KPS Metal a.s.

Firma KPS Metal a.s. se krom jiného zabývá i výrobou dřevozpracujících strojů. Sídlo společnosti je v Moravských Budějovicích. Vyrábí rámové pily typu MR 45 BER, SR 65 R, RZ 56, a RZ 71 A, jejich pořizovací ceny jsou v tab. č. 3. Výroba zde probíhá již více než 100 let a vyrobené stroje pracují nejen v České republice, ale i v Číně, Brazílii a Kanadě.

Tab. č. 3 Vyráběné modely strojů od firmy KPS Metal a.s.

Model	Příkon (kW)	Cena (Kč)
MR 45 BER	15	1 045 000
SR 65R	30	1 495 000
RZ 56	55	2 300 000
RZ 71 A	75	2 600 000

Samotná rámová pila na pořez pilařských výřezů nestačí. Firma KPS Metal a.s. se proto zabývá výrobou i ručních a mechanizovaných vozíků typu RV 750 a RAV 750D1. Jejich pořizovací ceny jsou v tab. č. 4.

Tab. č. 4 Ceny mechanizací před rámové pily od firmy KPS Metal a.s.

Model	Cena (Kč)
RV 750	95 000
RAV 750D1	785 000

RV 750 je jednoduchý ruční vozík používaný k upnutí pilařského výřezu, jeho vedení, bočnímu středění a přísunu k rámové pile (k podávacím válcům pily).

Elektrohydraulický vozík RAV 750 D1 je pojízdné zařízení montované před rámovou pilou, používá se k navalení výřezu na vozík a jeho vtlačení do rámové pily.

K vedení prizmy nebo rozřezaného materiálu slouží vodící zařízení za rámovou pilou. U této firmy lze objednat vodící zařízení typu RVN III (tab. č. 5), které slouží i k délkové separaci bočního řeziva.

Tab. č. 5 Cena mechanizace za rámové pily od firmy KPS Metal a.s.

Model	Cena (Kč)
RVN III	790 000

KPS Metal a.s. dodává i náhradní díly pro výše zmíněné stroje. Ceny těchto dílů jsou uvedeny v tab. č. 6.

Tab. č. 6 Ceny frekventovaných náhradních dílů od firmy KPS Metal a.s.

Náhradní díly	Typ rámové pily			
	MR 45	SR 65	RZ 56	RZ 71 A
Vodítka	5 000	6 500	8 000	8 600
Čelisti	1 000	1 300	1 500	1 700
podávací válce	7 000	8 000	18 000	20 000
Ojnice	90 000	120 000	130 000	160 000
pilový rám	98 000	155 000	160 000	180 000
Cena bez DPH (Kč/kus)				

Ceny strojů i náhradních dílů jsou pouze informativní a jsou aktualizovány dle konkrétní poptávky. Ceny v tab. č. 3,4,5,6 jsou uvedeny bez DPH, dopravy a montáže.

9.3 Ceny pilových listů

Pilové listy od firmy Pilana a.s. jsou dodávány jako polotovary. Před prvním použitím je nutno nejprve listy naostřit, poté je nutno zuby rozvést nebo napěchovat a znovu přeostrřit. Listy s úpravou stelitem jsou dodávány naostřené a připravené k řezání.

Druhy listů, které firma nabízí jsou: strojní rámový list pro rozvod viz. tab. č. 7, pro rozvod (tvrdochrom) tab. č. 8 a stelitovaný typ pilového listu v tab. č. 9.

Tab. č. 7 Strojní rámový list – pro rozvod od firmy Pilana a.s.

Rozměry (l x h x b) (mm)	Rozteč zubů (mm)	Lišta (mm)	Cena (Kč)
1000 x 140 x 2,0	26	35	607
1205 x 140 x 2,0	26	35	698,80
1415 x 160 x 2,2	26	35	937,90

Tab. č. 8 Strojní rámový list – pro rozvod (tvrdochrom) od firmy Pilana a.s.

Rozměry (l x h x b) (mm)	Rozteč zubů (mm)	Lišta (mm)	Cena (Kč)
1415 x 160 x 2,2	26	35	1 700

Tab. č. 9 Strojní rámový list – stelitovaný od firmy Pilana a.s.

Rozměry (l x h x b) (mm)	Rozteč zubů (mm)	Lišta (mm)	Cena (Kč)
1000 x 140 x 2,0	26	35	982
1205 x 140 x 2,0	26	35	1 193,80
1415 x 140 x 2,0	26	35	1 537,90

Servisní práce a jejich ceny jsou uvedeny v tab. č.10.

Tab. č. 10 Ceny servisních prací pilových listů od firmy Pilana a.s.

Úprava	Cena/zub (Kč)
Stelitování	20,5
Profilování	3
Ostření, rozvádění	10
Ostření stelitu	8
Úprava	Cena/pila (Kč)
Přerovnání	130

Ceny uvedené v tab. č. 7,8,9,10 jsou bez DPH.

9.4 Servis a údržba

9.4.1 Strojní zařízení

Poruchy strojních zařízení vychází podle firmy Binter DS s.r.o. častokrát z technologické nekázně obsluhy rámové pily: nepromazané části stroje, neutažené spoje, absence čištění stroje, neznalost technologických postupů napínání pilových listů, špatné seřízení stroje, špatný závěs, nekvalitní mezipilní vložky, nesprávné využívání stroje.

Podle majitele firmy na opravy, servis a montáže těchto strojů pana Milana Černého jsou nejčastěji měněné dílce čelisti pohyblivého pilového rámu, jenž se mění přibližně jednou do roka (záleží na provozování, kvalitě používaného oleje aj.). Cena sady těchto čelistí se pohybuje v rozmezí od 8 500Kč – 13 500Kč.

Dalším nejběžněji opotřebovávaným dílcem jsou dolní ojnicí ložiska, mění se též v závislosti na provozu, svědomitosti obsluhy (četnost mazání a kvalita oleje). Ložiska vydrží přibližně 1–2 roky provozu. Cena ložisek se pohybuje okolo 3 500 Kč až 7 800 Kč.

Ceny servisních prací jsou individuální podle technika, pohybují se od 250 Kč/hod až 350 Kč/hod.

Preventivní prohlídky na strojích se dnes provádějí jen zřídka. Firma pana Černého má cca 300 klientů, z toho preventivní prohlídku provádějí jen u dvou.

Opravy upínacích vozíků pil se pohybují okolo 20 000 Kč. Na tyto opravy servisní technik často nejezdí, náhradní díly se posílají a klienti si je namontují sami.

Veškeré uvedené ceny jsou bez DPH.

9.4.2 Pilové listy

Pro ostření pilových listů využívají pilařské podniky automatické ostříčky, když je mají k dispozici. Pokud podnik nevlastní ostřicí automat, je nucen nechat vykonávat ostření u externích firem. Ceny ostření u externí firmy jsou uvedeny v tab. č. 10, ke kterým se musí připočítat i náklady na převoz.

Pokud se firma rozhodne pro ostřicí automat, musí zvážit cenu jeho pořízení a také jeho údržby.

Firma Binter DS s.r.o. nabízí brusku OPL na pilové listy (hydraulický plnoautomat s předvolbou), cena stroje je přibližně 360 000 Kč a kvalitou konkuruje německému Volmeru, ten stojí kolem 800 000 Kč. Dle zkušeností firmy dokáže ostříčka OPL za svou životnost nabrousit až 300 000 kusů pilových listů.

Generální opravy brusek se provádí cca po 25–30 letech (záleží na přístupu obsluhy). Odkryté díly na povrchu stroje jsou nejnáchylnější. Nejčastější opravou u brusek je výměna rozvodu hydrauliky, která vyjde na 8 500 Kč (plus náklady na dopravu).

Veškeré uvedené ceny jsou bez DPH.

10 Závěr

Rozmáhá se představa o konci rámovkové technologie v České republice. Výsledkem této práce je zjištění, že rámovkovou technologii pro pořez různorodých sortimentů pro stavební a obalovou výrobu vzhledem k nákladovosti na samotné stroje, řezné nástroje, spotřebu energie, výtěžnost a jednoduchost obsluhy těžko lze úplně vytlačit. Tímto zjištěním se mi podařilo vyvrátit představu o konci rámovkové technologie v České republice.

V práci jsem shrnul důležité poznatky o této technologii a přihlédl jsem i k historickému vývoji rámových pil ve světě i na území České republiky, kde mají svou dlouholetou tradici. Zmínil jsem i obráběný materiál a upozornil na jeho anizotropní vlastnosti, se kterými musíme počítat i při samotném procesu řezání. Představil jsem a popsal řezné nástroje používané do rámové pily, jejich druhy, úpravu a údržbu. Uvedl jsem stručný technicko-technologický popis stroje, možné varianty pohonu pilového rámu a sumarizující rozdělení rámových pil.

Zaznamenal jsem nejčastější poruchy rámových pil i vady řeziva vyrobeného na rámové pile, které vychází nejčastěji z technologické nekázně, nepravidelného mazání stroje, neutažení spojů, zanedbaní čištění stroje, neznalosti technologických postupů napínání pilových listů, nesprávného seřizování stroje, nekvalitních mezopilních vložek, špatného využívání stroje a další. Proto jsem se v této práci zabýval a zdůraznil způsoby odstranění těchto vad, které spočívají v obsluze stroje kvalifikovaným pracovníkem, správným seřizením stroje aj. Pokud se tyto věci provedou správně nevznikají nežádoucí jevy v podobě přehřívání řezných nástrojů a tím i k zabíhání v řezu. Z tohoto vyplývá, že i sebemenší chybná obsluha a nekvalitní údržba stroje zapříčiní vady na výrobcích (řezivu) i možné poruchy na samotném stroji.

V závěru práce jsem se věnoval ekonomickému zhodnocení rámových pil v podnicích. Vycházel jsem z informací, které mi poskytly firmy Binter DS s.r.o., KPS Metal a.s., Pilana a.s. a servisní technik Milan Černý. Jsou zde shrnuty přibližné ceny montáží, pořízení základních modelů pil a mechanizace potřebné k řezání. Dále ceny řezných nástrojů a prostředky potřebné na údržbu v podobě náhradních dílů, které jsou neméně potřebné k plynulému pokračování ve výrobě v případě poškození stroje. Včasnou opravou menších vad se dá získat lepší kvalita výrobků a také se tím ve většině případů předejde poškození stroje ve větším rozsahu.

11 Seznam použité literatury

Tištěné monografie

AFANASIEV, P., S. *Derevoobrabatyvajuščie mašiny*, Spravočnik, Gosudarstvenoe naučno techničeskoe izdateljstvo, Moskva, 1962. 575 s.

AFANASIEV, P., S. *Woodworking Machinery and Cutting Tools*, Higher School Publishing House, Moscow, 1968. 601 s.

BAJKOWSKI, J. *Maszyny i urzadzenia do obróbki drewna* č. 1, Wydawnictwo szkolne i pedagogiczne Warszawa, 1997, 283s. ISBN 83-02-06591-9.

BARCÍK, Š. *Stroje a zariadenia. Návodý na cvičenia*. 1. vyd. Zvolen: TU, 2001. 150 s. ISBN 80-228-1035-5.

BARCÍK, Š. a kol. *Dřevoobráběcí nástroje - údržba a provozování: vysokoškolská učebnice*. 1. vyd. Praha: Powerprint, 2013. 355 s. ISBN 978-80-87415-80-1.

DVOŘÁČEK, L. *Pracovní úprava pilových listů pilařských strojů*. Bratislava: Praca, Drevárske príručky, 1953. 155 s.

GRUBE, A.E. *Derevo režuščie instrumenty*, Izdateljstvo Lesnaja promyšlenost', Moskva, 1971, 344 s.

HOLOPÍREK, J. *Teorie obrábění dřeva. Návodý do cvičení*. 1. vyd. Brno: MZLU, 2001. 52 s. ISBN 80-7157-503-8.

KAFKA, E. a kol. *Dřevařská příručka 1. a 2. díl*. 1. vyd. Praha: SNTL, 1989. 986 s. ISBN 80-03-0009-2.

KVIETKOVÁ, M.; BOMBA, J. *Pilařské zpracování dřeva. Technologie pořezu rámovou pilou*. 1. vyd. Praha: Powerprint, 2013. 242 s. ISBN 978-80-87415-79-5.

KVIETKOVÁ, M. *Obrábění dřeva*. 1. vyd. Česká zemědělská univerzita v Praze, 2015. 295 s. ISBN 978-80-213-2604-0.

LISIČAN, J. a kol. *Teória a technika spracovania dreva*. 1. vyd. Zvolen: Matcentrum, 1996. 626 s. ISBN 80-967-315-6-4.

MAŇAS, L.; KOČARA, F. *Stroje a zariadenia pre drevársky priemysel*. 2. upr. vyd. Bratislava: Alfa. Edícia strojárskej literatúry (Alfa), 1990. 320 s. ISBN 80-05-00377-3.

MELLONI, G. *Toolsford Maschining Wood*, Technical Criteria for the Selection Of Woodworking Machines, UNIDO, Vienna, 1981. 118 s.

POŽGAJ, A. a kol. *Štruktúra a vlastnosti dreva*. 2. vyd. Bratislava: Príroda, 1997. 488 s, ISBN 80-07-00960-4.

PROKEŠ, S. *Údržba a ostření dřevoobráběcích nástrojů*. Technická minima dřevařského průmyslu, 2. vyd. Praha: SNTL, 1980. 184 s.

RAŠNER, J.; SKLENKA, I. *Organizácia a riadenie výroby v drevospracujúcom priemysle*. Návod na cvičenia - II. časť. Zvolen: VŠLD, 1989. 111 s. ISBN 80-228-0019-8.

REINPRECHT, L. *Ochrana dreva*. 1. vyd. Zvolen: TU, 2008. 453 s. ISBN 978-80-228-1863-6.

SVOREŇ, J. *Dřevárske stroje. Časť I*. 1. vyd. Zvolen: TU, 2002. 169 s. ISBN 80-228-1188-2.

VARKOČEK, J. a kol. *Dělení, obrábění a tváření materiálů*. 1. vyd. Brno: MZLU, 1996. 120 s. ISBN 80-7157-230-6.

VERČIMÁK, P. *Technológia piliarskej výroby. Návod na cvičenia*. 1. vyd. Zvolen: VŠLD, 1989. 76 s. ISBN 80-228-0053-8.

ZAUŠKOVÁ, A. *Dřevárske komodity. 1. časť – komodity prvostupňového spracovania dreva*. 1. vyd. Zvolen: Bratia Sabovci, 2002. 135 s. ISBN 80-89029-40-X.

ŽÁK, J.; REINPRECHT, L. *Ochrana dřeva ve stavbě*. 1. vyd. Praha: ABF a. s. – Nakladatelství Arch, 1998. 95 s. ISBN 80-86165-00-0.

Elektronické monografie

ANONYM. *Abeceda malých vodních toků* [online]. 2016 [cit. 2016-12-07]. Dostupné z: <http://mve.energetika.cz/uvod/pila.htm>.

BINTER DS s.r.o. – *rámové pily, mechanizace...*, [online], 2016, Dřevařské stroje - Ing. Karel Binter, [cit. 2016-12-20]. Dostupné z: <http://www.drevarske-stroje.cz/>.

BOMBA, J., FRIESS, F. *Vývoj pilařství v českých zemích*. [online], 2009, CZ Biom – České sdružení pro biomasu, [cit. 2016-12-08]. Dostupné z: <http://biom.cz/cz/odborne-clanky/vyvoj-pilarstvi-v-ceskych-zemich>.

HALAŠTOVÁ, I. *Stroje pilařské výroby*. [online], 2013 SPŠS Valašské Meziříčí, [cit. 2016-12-20]. Dostupné z http://www.zlinskedumy.cz/download/6833-VY_32_INOVACE_HAL101.pdf.

KOŽELOUH, B. *Třídění a návrhové charakteristiky konstrukčního dřeva* [online], 2014 Topinfo s.r.o., [cit. 2016-12-10]. Dostupné z: <http://stavba.tzb-info.cz/drevene-a-ocelove-konstrukce/11353-trideni-a-navrhove-charakteristiky-konstrukcniho-dreva>, ISSN 1801-4399.

MPO. *Panorama zpracovateckého průmyslu ČR* [online], 2014 MPO, [cit. 2016-12-08]. Dostupné z: <http://www.mpo.cz/assets/dokumenty/51648/58724/617202/priloha001.pdf>.

PILANA. *Pilové listy pro rámové pily* [online], 2008 PILANA a.s., [cit. 2017-01-07]. Dostupné z: http://www.pilana.cz/?download=/_/dwn_pd/pilove-listy-rp.pdf.

PILANA. *Ostření zubů* [online], 2017 PILANA a.s., [cit. 2017-01-07]. Dostupné z: <http://www.pilana.cz/cz/ostreni-zubu>.