

Česká zemědělská univerzita v Praze

Fakulta lesnická a dřevařská

Katedra základního zpracování dřeva

**Dřevořezný nástroj, jako rozhodující faktor ovlivňující kvalitu
produkce**

Bakalářská práce

Autor: Filip Hrnčíř

Vedoucí práce: Ing. Monika Sarvašová Kvietková, PhD.

2017

Zadání Bakalářské Práce

Autor práce: Filip Hrnčíř

Studijní program: Dřevařství

Obor: Dřevařství

Vedoucí práce: Ing. Monika Sarvašová Kvietková, PhD.

Garantující pracoviště: Katedra základního zpracování dřeva

Jazyk práce: Čeština

Název práce: **Dřevořezný nástroj, jako rozhodující faktor ovlivňující kvalituvalitu produkce**

Název anglicky: **Wood-cutting tool as a determinative factor impacting production quality**

Cíle práce: Hlavním cílem práce je seznámení se s dřevořezným nástrojem, jako rozhodujícím faktorem ovlivňujícím kvalitu produkce. Charakteristika nástrojů a činností, ke kterým jsou nástroje určeny.

Metodika: Teoretický rozbor nástrojů používaných k zpracování dřeva. Vývojová geneze nástrojů a jejich rozdělení. Charakteristika materiálů používaných k výrobě nástrojů. Výhody a nevýhody používání nástrojů při obrábění dřeva.

ZADÁNÍ BAKALÁŘSKÉ PRÁCE

Filip Hrnčíř

Dřevařství

Název práce

Dřevořezný nástroj, jako rozhodující faktor ovlivňující kvalitu produkce

Název anglicky

Wood-cutting tool as a determinative factor impacting production quality

Cíle práce

Hlavním cílem práce je seznámení se s dřevořezným nástrojem, jako rozhodujícím faktorem ovlivňujícím kvalitu produkce. Charakteristika nástrojů a činností, ke kterým jsou nástroje určeny.

Metodika

Teoretický rozbor nástrojů používaných k zpracování dřeva. Vývojová geneze nástrojů a jejich rozdělení. Charakteristika materiálů používaných k výrobě nástrojů. Výhody a nevýhody používání nástrojů při obrábění dřeva.

Doporučený rozsah práce

35 – 45 stran

Klíčová slova

nástroje pro obrábění dřeva, kvalita produkce, materiály pro výrobu nástrojů

Doporučené zdroje informací

BARČÍK, Š., KVIETKOVÁ, M., BOMBA, J., SIKLIENKA, M. Dřevoobráběcí nástroje – údržba a provozování. Powerprint Praha. 2013. 355 s., ISBN 978-80-87415-80-1.

BESCHORNER, V. Mechanické technologie nářadí a nástrojů k obrábění dřeva. 2. vyd. Praha: Státní nakladatelství. 1929. 102 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.

VLÁSEK, E. Technická praktika – ruční obrábění dřeva . 1. vyd. Plzeň: Západočeská univerzita, 1996. 120 s., ISBN 80-7082-263-5.

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. Milán Gaff, PhD.

Vedoucí katedry

Elektronicky schváleno dne 27. 1. 2017

prof. Ing. Marek Turčáni, PhD.

Děkan

V Praze dne 20. 04. 2017

Prohlášení

Prohlašuji, že jsem bakalářskou práci na téma **Dřevořezný nástroj, jako rozhodující faktor ovlivňující kvalitu produkce** vypracoval samostatně pod vedením vedoucí práce Ing. Monika Sarvašová Kvietková, 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..... dne.....

.....

Podpis autora

Poděkování

Touto cestou bych rád poděkoval vedoucí své práce Ing. Monice Sarvašové Kviťkové, PhD. za její cenné rady a pomoc. Dále bych rád své poděkování věnoval své rodině za podporu po dobu celého studia.

Abstrakt

Bakalářská práce na téma **Dřevořezný nástroj, jako rozhodující faktor ovlivňující kvalitu produkce** byla vypracovaná v rámci bakalářského studia na fakultě Lesnické a dřevařské a zabývá se problematikou řezných nástrojů na obrábění dřeva. Jsou zde charakterizovány vlastnosti dřeva a řezných materiálů používajících se pro jeho zpracování.

Práce je rozdělená do pěti částí. **Kapitola třetí** si klade za dílčí cíl uvést do problematiky z pohledu definice a historie. **Čtvrtá kapitola** je věnována samotnému řeznému nástroji, jeho definici, geometrii, opotřebení a jeho údržbě. Následující **pátá kapitola** poskytuje přehled a rozdělení nástrojů, přičemž jsou postupně popsány pilové listy, pilové pásy, pilové kotouče, stopkové a kotoučové frézy, ploché nože, vrtáky, pilové řetězy, brusné prostředky na dřevo a ostatní. Jednotlivé materiály jsou rozděleny v **kapitole šesté**. Ta je věnována taky požadavkům na materiálové vlastnosti. V neposlední řadě, v **kapitole sedmé** jsou rozebrány faktory ovlivňující kvalitu produkce.

Klíčová slova

Nástroje pro obrábění dřeva, kvalita produkce, materiály pro výrobu nástrojů.

Abstract

The bachelor thesis on the topic of **Woodcutting tool as a decisive factor influencing the quality of production**, was elaborated within the Bachelor Study pProgram at the Faculty of Forestry and Woodworking and it deals with the issue of cutting tools for woodworking. The properties of wood and cutting materials used for its processing are destribed in detail.

The work is divided into five parts. The **third chapter** aims to introduce the subject in terms of its definition and history. The **fourth chapter** deals with the cutting tool itself, its definition, geometry, wear and its maintenance. The following **fifth chapter** provides an overview and tools split by describing blades, saw blades, saw blades, shank and disc milling cutters, flat blades, drill bits, saw chains, wood grinders, and others, one by one. Individual materials are described in **chapter six**, which is also

devoted to the requirements for material properties. Last but not least, the **seventh chapter** deals with factors influencing the quality of production.

Key words

Tools for woodworking, production quality, materials for tool making.

Obsah

1.Úvod	12
2.Cíle práce	13
3.Obrábění a jeho historie	14
3.1.Historie	14
3.2.Úvod do obrábění	14
3.3.Pohyby při obrábění	17
4.Řezný nástroj.....	18
4.1.Definice	18
4.2.Geometrie řezného nástroje	18
4.3.Opotřebením řezného klínu	20
4.4.Údržba dřevoobráběcích nástrojů.....	22
5.Rozdělení řezných nástrojů.....	22
5.1.Pilové listy.....	22
5.2.Pilové pásy	24
5.3.Pilové kotouče	26
5.4.Stopkové a kotoučové frézy	30
5.5.Ploché nože	33
5.6.Vrtáky.....	34
5.7.Pilové řetězy	37
5.8.Brusné prostředky na dřevo.....	38
5.9.Ostatní rozdělení	42
6.Materiály řezných nástrojů.....	43
6.1.Rozdělení nástrojových ocelí	43
6.2.Požadavky na vlastnosti materiálů	45
6.3.Úpravy ocelí	47
6.3.1.Leguujícími prvky	47
6.3.2.Tepelnými úpravami	48
6.3.3.Povrchovou úpravou	49
7.Faktory ovlivňující kvalitu produkce	50
7.1.Dřevo jako řezaný materiál	51
7.2.Dřevořezný nástroj	53

7.3.Řezné podmínky.....	54
8. Závěr	55
9. Literatura	56

Seznam obrázků

Obr. č.1: Hlavní a posuvový pohyb u vybraných metod obrábění	17
Obr. č.2: Geometrie pilového listu.....	20
Obr. č.3: Průběh opotřebení.....	21
Obr. č.4: Pilový list	23
Obr. č.5: Provedení pásovnic pásových pil.....	24
Obr. č.6: Základní druhy ozubení pásových pil.....	25
Obr. č.7: Názvosloví rezného klínu	27
Obr. č.8: Popis částí pilového kotouče	27
Obr. č.9: Tvary kotoučů.....	29
Obr. č.10: Tvary zubů	30
Obr. č.11: Popis stopkové frézky.....	31
Obr. č.12: Popis kotoučová frézy.....	32
Obr. č.13: Geometrie ostří	33
Obr. č.14: Části vrtáku.....	35
Obr. č.15: Hoblovací ozubení.....	38
Obr. č.16: Sekací ozubení.....	38
Obr. č.17: Složení brusného papíru	39
Obr. č.18: Nanášení zrna.....	41
Obr. č.19: Směry ve dřevě	52

Seznam tabulek

Tab. č.1: Základní rozdělení zpracování dřeva.....	16
Tab. č.2: Název a značení geometrických parametrů nástroje	18
Tab. č.3: Oblast použití brusných prostředků podle zrnitosti	41
Tab. č.4: Příklady použití řezných materiálů	45
Tab. č.5: Rozdělení materiálů na bázi dřeva.....	52

1. Úvod

Dřevo je obecně považováno za jeden z nejvšestrannějších a nejpoužívanějších materiálů. Už od pradávna bylo důležitou součástí lidských životů a na svém významu nestrádá dřevo ani dnes. Člověk se tento obnovitelný materiál, energeticky nenáročný na výrobu, naučil využívat různými způsoby – od stavby obydlí, přes výrobu různých předmětů, jako důležitý zdroj energie, až po využití ve specifických odvětvích jako sport, hudba, či móda.

Kromě toho, že při svém růstu spotřebovává oxid uhličitý, má dřevo skvělý poměr váhy ke své pevnosti, a navíc se jedná o pružný materiál. Dokáže odolávat velkému zatížení, tlumí vibrace, má dobré tepelně izolační vlastnosti a v dnešní době je potenciál dřeva využit plně jeho zpracováním bez jakéhokoliv odpadu.

Naproti tomu je dřevo anizotropní materiál, je heterogenní, pórovitý a hydrofobický, což způsobuje jeho rozdílné vlastnosti v různých směrech. Je tedy zřejmé, že kvalita jeho koncových produktů bude podmíněna kvalitou jeho odborného zpracování, aby se všechny tyto nedostatky co nejvíce minimalizovali.

Jako v mnoha jiných odvětvích, je nezbytné pracovat s vysoce kvalitními surovinami. Pokud ale dojde k jejich nevhodnému zpracování, může nastat jejich úplné znehodnocení. A u dřeva to platí dvojnásob.

Táto práce využívá **metodiku teoretického rozboru** nástrojů používaných k zpracování dřeva, sleduje jednotlivé výhody a nevýhody používání nástrojů při jeho obrábění a zároveň charakterizuje materiály používané k výrobě nástrojů.

Vzhledem k **limitované dostupnosti** aktuálních akademických a odborných zdrojů, si práce klade za cíl poskytnout stručný a jednoduchý přehled, který pevně věřím umožní čitatelům se v této problematice lépe orientovat. Jsem nesmírně rád, že se jedná o obor v neustálé fázi progresu, která nám umožňuje jednotlivé nástroje, jejich materiály a jejich podstatný vliv na konečnou produkci z dřeva neustále sledovat a zdokonalovat.

2. Cíle práce

Cílem této bakalářské práce je seznámení se s dřevořezným nástrojem, jako rozhodujícím faktorem ovlivňujícím kvalitu produkce. Základ bude tvořit charakteristika řezného nástroje jako takového, geometrie, opotřebení a následná údržba.

Práce si klade za cíl nejenom jednotlivé nástroje rozdělit, konkrétně na pilové listy, pilové pásy, pilové kotouče, stopkové a kotoučové frézy, ploché nože, vrtáky, pilové řetězy, brusné prostředky na dřevo a jiné; ale zároveň určit jejich pozitiva a negativa v praktickém využití.

Dalším dílčím cílem práce je sledovat materiály popsaných řezných nástrojů a zaměřením se na jejich vlastnosti, jako i faktory, které kvalitu produkce ovlivňují.

Při psaní této bakalářské práce bude mým osobním cílem přispět na akademické úrovni k rozvoji této problematiky, která se nás dotýká i v každodenním životě.

3. Obrábění a jeho historie

Cílem této kapitoly je shrnout ve zkratce historii samotného obrábění a pozastavit se nad jeho důležitostí v dnešní automatizované době.

3.1. Historie

Přesto že se napínává historie obrábění začala psát už někdy v době kamenné, tak jí nemůžeme považovat za starou dlouhou jako lidstvo samotné. To z důvodu, že největšího rozmachu se tato věda dočkala až v době průmyslové revoluce, probíhající v 18. a 19. století. A následně pak ve 20. století, kdy došlo k jejímu podstatnému zrychlení.¹

Vše tedy začalo jednoduchými řeznými nástroji, kterými člověk osekával kmeny stromů, porcoval ulovenou kořist nebo stavěl přístřešky. Jednalo se většinou o nástroje málo odolné, které byli vyrobeny z kostí a kamene.

Od té doby se samozřejmě mnoho věcí změnilo. Avšak stále platí, že vývoj a rozmach dřevořezných nástrojů se ani v dnešní době nezastavuje, právě naopak. Následující částí této práce budou věnovány popisu jednotlivých nástrojů a jejich použití.

3.2. Úvod do obrábění

Obrábění bychom zjednodušeně mohli definovat jako technologický proces, kterým díky dřevořeznému nástroji vytvoříme z polotovaru hotový výrobek předem požadovaného tvaru, rozměru a kvality. Technologie dělení a obrábění se realizuje v soustavě **stroj – přípravek – nástroj – obrobek**. Tato činnost může probíhat ručním nebo strojním způsobem.

Ručním způsobem se rozumí práce vykonávaná člověkem pomocí ručních nástrojů. Patří sem také práce vykonávané pomocí ručně ovládaných strojů, jako jsou ruční elektrické brusky, vrtačky a další. Při ručním obrábění je využívána fyzická síla a manuální zručnost pracovníka.

V případě **strojního obrábění** je potřebná energie, která je přiváděna ve formě elektrické energie k obráběcímu stroji, kde se přeměňuje v energii mechanickou, využívanou pro uskutečnění obráběcího procesu.

¹ GAZDA, J.: *Teorie obrábění*. Technická univerzita Liberec. 2009. s.12.

Obrábění se **podle břitové geometrie nástroje** dělí na²:

- obrábění s definovanou geometrií břitu (soustružení, frézování, vrtání, vyhrubování, vystružování, vrtání, hoblování a další);
- obrábění s nedefinovanou geometrií (broušení, honování, lapování a další);
- nekonvenční metody obrábění (elektroerozivní, chemické, ultrazvukem, laserem, soustředěným paprskem).

Podle charakteru záběru řezání dělíme obrábění na:

- plynulé řezání, při kterém je řezný klín po celou dobu řezání stále v záběru;
- přerušované řezání, při němž řezný klín střídavě vchází a vychází ze záběru.

Postupem času dochází k tendenci co možná nejvíce činností provádět automaticky, tedy strojně. S tímto požadavkem se samozřejmě vyvíjí i dřevořezné nástroje. Strojní opracování má nesmírné výhody, oproti tomu ručnímu, zejména v jeho rychlosti a přesnosti výroby.

Zpracování dřeva lze rozdělit na dělení a obrábění, a ty následně na třískové a beztřískové. Dělení je technologický proces, který na rozdíl od obrábění narušuje vzájemnou vazbu dřevních vláken a odděluje část obráběného materiálu. Při beztřískovém obrábění nám nevzniká žádná tříska, zatímco při třískovém vzniká vždy. V některých případech je tato tříska užitková jako u krájení, loupání a sekání. V jiných je pouze odpadová jako například u řezání, frézování a vrtání.³

Pro přehlednost, následující tabulka zobrazuje základní rozdělení zpracování dřeva.

² GAZDA, J.: *Teorie obrábění*. Technická univerzita Liberec. 2009. s.11.

³ VARKOČEK, J.; ROUSEK, M.; HOLOPÍREK, J.: *Dělení, obrábění a tváření materiálů*. Brno: MZLU v Brně. 2004. s.8.

HORÁK, J.; ŠIMÁNEK, J.: *Truhlář*. Praha: Nakladatelství technické literatury, 1980. s. 94.

SACHAROV, M. D.: *Automatizácia srevárskej výroby*. Bratislava: Vydavateľstvo Alfa, 1983. s. 62-63.

Tab. č.1: Základní rozdělení zpracování dřeva

Dělení	Beztrískové	Stříhání kulatiny a řeziva	
		Štípání	
		Dělení nožovými kotouči	
		Impulsové rázové řezání kotouči	
	Třískové	S velkou třískou	Krájení dých a deštiček
			Krájení dřevní slámy
			Stříhání a vystřihování
			Loupání dých
		S malou třískou	Řezání
			Sekání štěpek
Krájení a frézování malých třísek			
Drcení a egalizace třísek			
Mletí třísek a pilin			
Rozvlákňování	Hydromechanická defibrace a hydratace		
	Expanzní defibrace		
Obrábění	Třískové	Hoblování	
		Frézování	
		Soustružení a okružení	
		Vrtání	
		Dlabání	
		Škrabání	
		Rašplování a pilování	
		Broušení	
		Leštění	
		Beztrískové	Hlazení
	Smykovým třením za tepla		
	Valivým třením za tepla		
	Koncentrovaná energie		Tepelnou (laser)
			Hydromechanickou
	Tvarování		Tvarové lisování
			Ohýbání

Základem procesu obrábění je řezný pohyb, který se skládá z pohybu hlavního a vedlejšího. Hlavní pohyb vykonává nástroj (frézování, vrtání, broušení atd.) nebo obrobek (soustružení, hoblování).

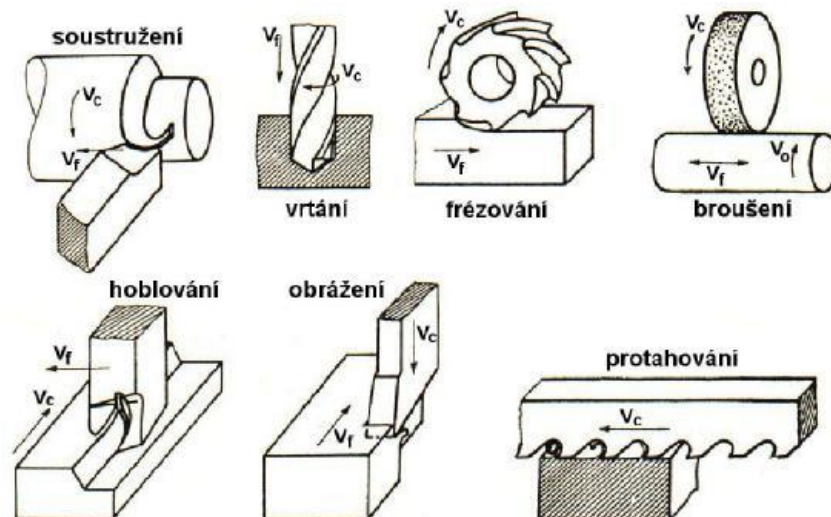
Při obrábění na dřevěných materiálech rozlišujeme plochy:

- a. **obráběné** – část povrchu obrobku odstraňována obráběním
- b. **obrobené** – část povrchu vzniklá obráběním
- c. **řezné** – část povrchu obrobku vznikající těsně za nástrojem

3.3. Pohyby při obrábění

Mezi základní pohyby při obrábění budeme pro potřeby této práce považovat⁴:

- a. **hlavní řezný pohyb** – je vzájemný pohyb mezi nástrojem a obrobkem, který provádí obráběcí stroj.
- b. **řezná rychlost (V_c)** - je to okamžitá rychlost hlavního řezného pohybu v bodu ostří vzhledem k obrobku.
- c. **posuvový pohyb** (vedlejší řezný pohyb) - je to další pohyb vznikající mezi nástrojem a obrobkem. V některých případech obrábění tento pohyb chybí.
- d. **posuvová rychlost (V_f)** - je určena jako okamžitá rychlost posuvového pohybu v bodu ostří vzhledem k obrobku.
- e. **výsledný řezný pohyb**. je to vektorový součet pohybu hlavního a posuvného.
- f. **rychlost výsledného řezného pohybu (V_e)** - je okamžitá rychlost výsledného pohybu v bodu ostří vzhledem k obrobku.
- g. **přísuv** – může provádět jak nástroj, tak obrodek. Tímto pohybem se nastavuje nástroj do pracovní polohy.



Obr. č. 1: Hlavní a posuvový pohyb u vybraných metod obrábění

Zdroj: Dostupné z WWW: http://homel.vsb.cz/~cep77/PDF/skripta_Technologie_II_1dil.pdf.
[cit. 2017-04-12].

⁴ KOČMAN, K.: *Technologické procesy obrábění*. Brno: Akademické nakladatelství Cerm, 2011. s.10.

4. Řezný nástroj

4.1. Definice

Dřevořezný nástroj je těleso, které upravuje opracovávaný materiál do určených tvarů a předem stanovených rozměrů. Je složen minimálně z jedné řezné hrany, ale může jich obsahovat i více, a to podle daných požadavků na něj.

Každý dřevořezný nástroj obsahuje řezný klín, který vniká do materiálu a narušuje jeho strukturu. Pro potřebu této práce, do dřeva. Přičemž platí, že klín musí vždy mít větší tvrdost než obráběný materiál, aby byl schopný upravovat jeho rozměry, a přitom si zachovat soudržnost.⁵

4.2. Geometrie řezného nástroje

Nástroj může mít různé podoby, podle prováděného procesu. Vždy je charakterizován tvarem, velikostí zubu, velikostí zubové mezery a počtem řezných klínů. Řezný nástroj se skládá z těla a břitu. Tělo je část nástroje, za kterou je upnut, zatímco břit je pracovní neboli řezná, část nástroje a má tvar klínu. Z geometrického hlediska je řezná část nástroje dále identifikována pomocí různých řezných úhlů, které se značně liší. Řezné úhly se značí řeckými písmeny, viz. následující tabulka, a to je shodné pro nástroje všeho druhu.

Tab. č.2: Název a značení geometrických parametrů nástroje

Zdroj: Dostupné z WWW: <http://www.tumlikovo.cz/geometrie-britu-obecne/>, [cit. 2017-02-08].

Název parametru	Značení
Úhel hřbetu	A
Úhel řezné hrany (úhel břitu)	B
Úhel čela	Г
Poloměr zaoblení zubové mezery	R
Rozestup řezných hran	T
Výška zubu	H

⁵ VARKOČEK, J.; ROUSEK, M.; HOLOPÍREK, J.: *Dělení, obrábění a tváření materiálů*. Brno: MZLU v Brně. 2004. s.20.

Nástrojové úhly obecně ovlivňují⁶:

- velikost síly řezání a její složky,
- teplotu řezání,
- tvorbu a odvod třísky,
- hospodárnost obrábění,
- strukturu povrchu,
- vlastnosti povrchové vrstvy.

Úhel hřbetu je úhel svírající hřbet nástroje s vrcholovou přímkou anebo tečnou nástroje. Zmenšování tohoto úhlu se zvětšuje třením.

Úhel břitu se nachází mezi čelem a hřbetem řezné části nástroje. Ovlivňuje odpor obráběného materiálu a také pevnost řezného klínu. Doporučuje se proto u jednotlivých nástrojů volit takový úhel, aby byl kompromisem mezi odporem a pevností.

Úhel čela svírá rovinu čela a kolmici k vrcholové přímce, či tečně nástroje. Tento úhel ovlivňuje kvalitu obráběné plochy a tvorbu třísky. Může být jak kladný, tak záporný.

Poloměr zaoblení zubové mezery je parametr, který ovlivňuje tvorbu třísky a pnutí uvnitř nástroje. Pokud je tento poloměr příliš malý může dojít až k prasknutí nástroje.

Rozestup řezných hran ovlivňuje množství odebíraného materiálu. Čím je větší, tím dochází k většímu namáhání jednotlivých zubů.

Výška zubu je vzdálenost mezi nejnižším bodem zubní mezery a řeznou hranou. Zvyšováním výšky dochází k většímu namáhání zubu.⁷

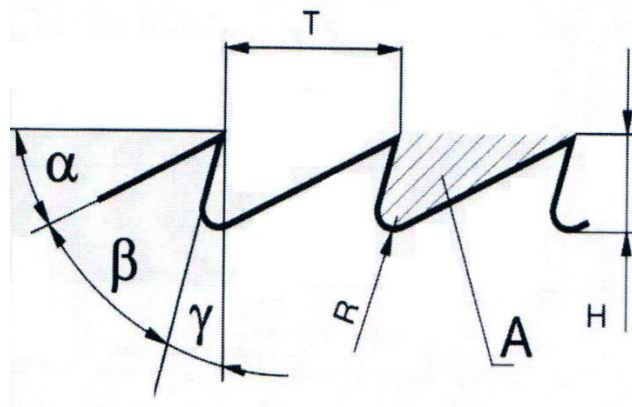
Jednotlivé body jsou znázorněny na následujícím obrázku.

⁶ BRYCHTA, J.; ČEP, R.; NOVÁKOVÁ, J.; PETŘÍKOVÁ, L.: *Skripta Technologie II., 1. díl*. Vysoká škola Báňská. s.31. [online]. 2017. [cit. 2017-04-12]. Dostupné z WWW: http://home1.vsb.cz/~cep77/PDF/skripta_Technologie_II_1dil.pdf.

⁷ JOSTEN, E.; REICHE, T.; WITTCHEM, B.: *Dřevo a jeho obrábění*. Praha: Grada Publishing. 2010. s.154.

JANÍČEK, F.; VOZÁR, J.; ZBOŘIL, F.: *Výrobní zařízení pro učební obory zpracování dřeva na SOU*. Praha: Nakladatelství technické literatury, n. p., 1986. s. 71-72.

PESCHEL, P. a kol.: *Dřevařská příručka*. Praha: Sobotáles, 2002. s. 281.



Obr. č.2: Geometrie pilového listu

Vysvětlivky: α – úhel hřbetu, β – úhel řezného klínu, γ – úhel čela, T – rozteč zubů, R – poloměr zaoblení zubové mezery, H – výška zubu, A – objem zubové mezery

Zdroj: Barcík a kol., 2013.

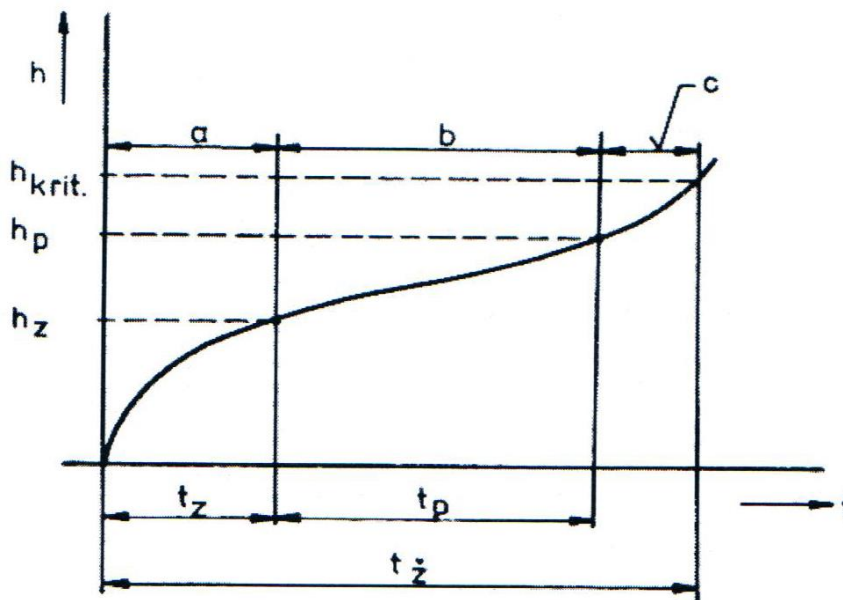
4.3. Opotřebení řezného klínu

Při vzájemném působení řezného klínu na materiál nevzniká pouze výsledný produkt a tříška, ale dochází ještě k jednomu, nikoliv pozitivnímu procesu, a to je opotřebení řezného klínu nástroje. Tento fakt vzniká třením a otěrem při řezném procesu. Opotřebení je definováno jako postupná změna geometrie řezného klínu, která je způsobena postupným oddělováním kovových částí z řezného klínu nástroje. Při tomto ději nástroj postupně ztrácí schopnost řezat a produkovat kvalitní výrobky. Dalšími doprovázejícími faktory jsou zvýšení hluku a příkonu stroje. V praxi je proto důležité určit, kdy je nástroj natolik opotřebován, že neumožňuje zajistit dostatečnou kvalitu obráběné plochy. Následně je nástroj třeba přestrojit, popřípadě vyměnit. Čas, po který je nástroj a jeho řezné hrany schopny pracovat podle technických a technologických parametrů je ovlivňován mnoha parametry. Mezi tyto parametry patří například:

- řezné podmínky;
- geometrie, tvar a rozměry nástroje;
- obráběný materiál;
- řezný materiál;
- způsob obrábění a druh operace.

Délka životnosti nástroje se skládá ze tří úseků. První částí je počáteční opotřebení, která probíhá v krátkém intervalu při prvním záběhu řezné hrany. Opotřebení je z počátku velké a poté se snižuje. Jedná se o následek odlamování jehly vzniklé při broušení nástroje, po kterém následuje ustálení tvaru řezné hrany. Druhý úsek je běžné opotřebení, kdy je míra opotřebení nízká a geometrie nástroje se nějak zvlášť nemění. Je vyžadováno tuto část procesu co možná nejvíce prodloužit a hodnoty opotřebení minimalizovat. Třetí část procesu je nazývána zrychlené opotřebení. V něm se opotřebení zvyšuje, a to je způsobeno změnou geometrie řezného klínu, která v tomto okamžiku už není ideální.⁸

Pro názorní interpretaci použijeme následovní obrázek průběhu opotřebení.



Obr. č.3: Průběh opotřebení

Vysvětlivky: a-záběh, b-provoz, c-dožívání, h-hodnota opotřebení, $h_{krit.}$ -kritická hodnota opotřebení, h_p -provozní hodnota opotřebení, h_z -záběhová hodnota opotřebení, t_z -čas záběhu, t_p -čas provozu, t_z -celkový čas, t-čas

Zdroj: Barcík a kol., 2013.

⁸ BARCÍK, Š.; KVIETKOVÁ, M.; BOMBA, J.; SIKLIENKA, M.: *Dřevoobráběcí nástroje*. Powerprint. Praha. 2013. s.43-49.

JANÍČEK, F.; VOZÁR, J.; ZBOŘIL, F.: *Výrobní zařízení pro učební obory zpracování dřeva na SOU*. Praha: Nakladatelství technické literatury, n. p., 1986. s. 76-77.

4.4. Údržba dřevoobráběcích nástrojů

Je soubor různých činností vykonávaných za účelem udržení nástroje v co nejlepším stavu. To znamená, udržení řezných vlastností a prodloužení životnosti nástroje. Řadíme sem čištění, ostření, broušení, vyvažování a rozvádění zubů. Při těchto procesech je nezbytné nenarušit požadované vlastnosti nástroje jako je geometrie, tvar a drsnost povrchu. V procesu údržby je mnoho činitelů, které ho ovlivňují. Patří sem zejména: strojní zařízení, brusný nástroj, typ řezného nástroje, podmínky práce a v neposlední řadě obsluha. Každý typ nástroje má samozřejmě trochu rozdílné postupy údržby, které se musí řídit jasnými pravidly, aby byli provedeny správně.

Pro pilové kotouče, listy a pásy platí následující postup: vstupní kontrola, čištění, úprava pnutí, rozšíření řezné hrany, obnova řezné hrany, výstupní kontrola a uložení nástroje.

Pro ostatní řezné nástroje platí postup následovní: vstupní kontrola, čištění, obnova řezné hrany a výstupní kontrola.⁹

Do údržby nástroje lez zařadit také ukládání nástrojů a skladování. Při nesprávném skladování může dojít k poškození řezného klínu, ale i celkovému poškození nástroje. Naopak správné ukládání nástrojů nám zvýší přehlednost, a tím i rychlost manipulace s nimi.¹⁰

5. Rozdělení řezných nástrojů

Táto část práce se bude do detailu zabývat jednotlivými řeznými nástroji.

5.1. Pilové listy

Jedná se o nástroje určené k použití v rámových pilách. Jsou osazeny v rámech těchto pil a pohybují se přímočarým, nebo kyvným přerušovaným pohybem po dráze zdvihu rámu pily. Řez do materiálu probíhá pouze ve směru pohybu dolů. Pro efektivní

⁹ BARCÍK, Š.; KVIETKOVÁ, M.; BOMBA, J.; SIKLIENKA, M.: *Dřevoobráběcí nástroje*. Praha: Powerprint, 2013. s. 53-56.

¹⁰ PATŘIČNÝ, M.: *Pracujeme se dřevem základní příručka*. Praha: Grada Publishing, 2010. s. 40.

HORÁK, J.; ŠIMÁNEK, J.: *Truhlář*. Praha: Nakladatelství technické literatury, 1980. s. 120.

využívání rámové pily je zajištěn předklon a předstih pilových listů. Nástroj je vždy popsán materiálem, z kterého je vyroben, tvrdostí, rozměry a technickými požadavky.

Požez rámovými pilami je jeden z nejstarších a nejrozšířenějších způsobů požezu dřeva. Rámové pily jsou používány pro hromadný požez výřezů. Řezaný materiál je rozdělený na tolik dílů, kolik je v rámu upnuto pilových listů. Z toho je zřejmé i hlavní použití těchto pil, a to na hromadné řezání kulatiny.

Pilové listy se vyrábí z legovaných nástrojových ocelí třídy 19 nebo z ocelí podobných. Jejich názorné zobrazení zachytává obrázek č.4. U pásů se musí kontrolovat rovinnost na kontrolní desce nožovým pravitkem. Dále se upravuje vnitřní pnutí kladivý různého typu.

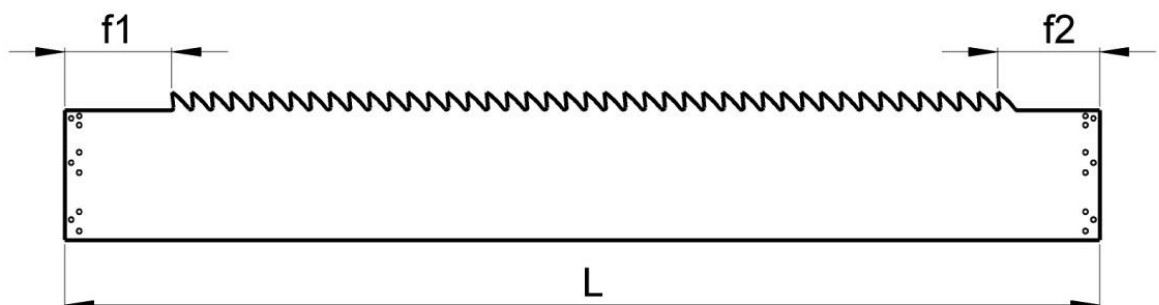
Rozdělení pilových listů může být určeno¹¹:

a. podle typu ozubení, přičemž rozlišujeme:

- trojúhelníkové nesouměrné – Při řezání s trojúhelníkovým ozubením lze dosáhnout kvalitnější drsnosti řezné plochy.
- vlčí s lomených hřbetem – Při řezání s vlčím ozubením lze dosáhnout větší geometrické přesnosti rozměrů řeziva.
- vlčí s oblým hřbetem.

b. podle způsobu úpravy zubu na stelitované, pěchované a rozváděné.

c. podle rozvodu na měkké a na tvrdé dřevo.



Obr. č.4: Pilový list

Vysvětlivky: L – délka pilového listu, f1 – hlava pilového listu, f2 – pata pilového listu

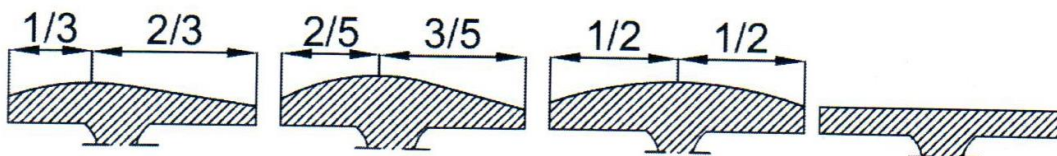
Zdroj: Kvietková, 2015.

¹¹ PROKEŠ, S.: *Obrábění dřeva a nových hmot ze dřeva*. Nakladatelství technické literatury, n. p. Praha. 1982. s.220.

5.2. Pilové pásy

Nekonečný pilový pás je nástrojem používaným v pásových pilách. Nástroj obíhá kolem dvou a více pásownic (viz. obrázek č.5). Spodní pásownice je vždy hnací a dodává pásu potřebný pohyb. Druhá z pásownic je hnaná a zajišťuje polohu a napnutí pilového pásu.

Tyto pily se používají jak v prvovýrobě, tak v druhovýrobě. V truhlářské výrobě se používají úzkopásové truhlářské pily. V prvovýrobě se používají kmenové a rozmítací pásové pily na pořez listnaté kulatiny. U těchto pil se musí pilový pás upravovat válcováním, aby dosedli na tvarované pásownice. Pásownice mají různé profily, které mají zabránit spadnutí pásu, jak je možné sledovat na obrázku č. 4. Válcování se provádí pouze u rozmítacích a kmenových pásových pil od šířky pásu 70 mm. Používají se tři způsoby válcování, a to symetrické válcování, válcování kónické a kombinované válcování.¹²



Obr. č.5: Provedení pásownic pásových pil

Zdroj: Barcík a kol., 2013.

Tloušťka pilových pásů vychází z průměru pásownice. Rozteč zubů závisí na tloušťce a šířce pilového pásu.

Pásové pily můžeme dělit podle různých faktorů¹³:

- a. **podle použití** na kmenové s mechanickým podáváním, rozmítací a truhlářské.

¹² JOSTEN, E.; REICHE, T.; WITTCHEM, B.: *Dřevo a jeho obrábění*. Praha: Grada Publishing, 2010. s.201-203.

HORÁK, J.; ŠIMÁNEK, J.: *Truhlář*. Praha: Nakladatelství technické literatury, 1980. s. 99-100.

PESCHEL, P. a kol.: *Dřevařská příručka*. Praha: Sobotáles, 2002. s. 285.

¹³ PROKEŠ, S.: *Obrábění dřeva a nových hmot ze dřeva*. Nakladatelství technické literatury, n. p. Praha. 1982. s.319.

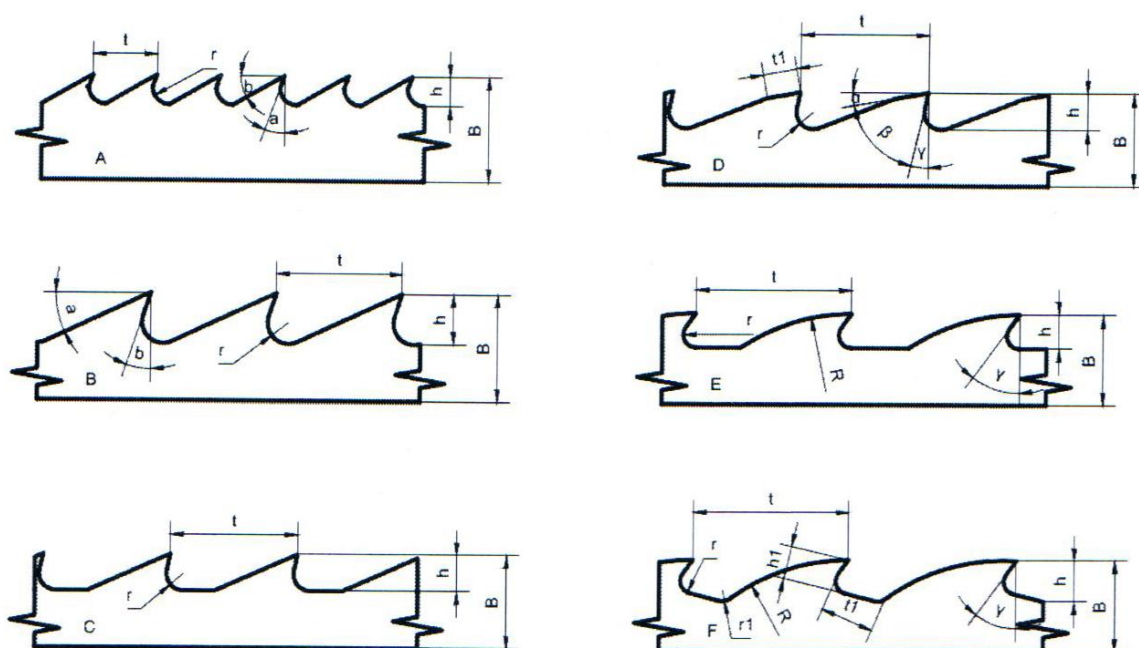
b. podle polohy pilového pásu na horizontální a vertikální.

c. podle typu ozubení na:

- zuby trojúhelníkové nesouměrné
- zuby trojúhelníkové nesouměrné s prodlouženou zubovou mezerou
- zuby vlčí s lomeným hřbetem
- zuby vlčí s oblím hřbetem a prodlouženou zubovou mezerou
- zuby vlčí s oblím hřbetem a prodlouženou spodní částí zubu.

Tento typ pásových pil zobrazuje obrázek č.6.

d. podle typu svaření na odporovým svařením natupo nebo plamenem v ochranné atmosféře.



Obr. č.6: Základní druhy ozubení pásových pil

Vysvětlivky 1: A, B – zuby trojúhelníkové nesouměrné, C – zuby trojúhelníkové nesouměrné s prodlouženou zubovou mezerou, D – zuby vlčí s lomeným hřbetem, E – zuby vlčí s oblím hřbetem a prodlouženou zubovou mezerou, F – zuby vlčí s oblím hřbetem a prodlouženou spodní částí zubu

Vysvětlivky 2: Kde: t – rozteč zubů, t_1 – délka horní části hřbetu zubu, h – výška zubu, h_1 – rozměr horní části zubu tvaru F, r – poměr zaoblení zubové mezery, r_1 – poměr zaoblení spodní části zubu tvaru F, R – poloměr zaoblení hřbetu zubu, B – šířka pilového pásu

Zdroj: Barcík a kol, 2013.

5.3. Pilové kotouče

Pilové kotouče jsou nástroje s ozubením na obvodě, které vykonává řeznou funkci. Ozubení je velké množství řezných klínů, které charakterizuje geometrie a materiál, ze kterého jsou vyrobeny. Tyto nástroje mají široké uplatnění v mnoha oborech. V dřevařství je řezání kotouči nejrozšířenější způsob opracování. Tento nástroj vykonává rotační pohyb kolem osy a není na rozdíl od pilových listů a pásů napnutý v pracovní zóně tahovou silou. Vyrábějí se z nástrojové uhlíkové nebo legované oceli, která je tepelně upravená na danou tvrdost. Pro kotouče s SK plátky se používá jako nosný materiál ocel 12061 a 14160. V dnešní době je stále tendence zlepšovat materiály na výrobu kotoučů, aby byli odolnější a jejich řez byl co možná nejkvalitnější. Není to však jen o materiálech, ale i o tvaru ozubení a různých doplňujících elementů.

Používá se na všechny druhy řezání masivního dřeva, ale i veškerých materiálů na bázi dřeva. Do řezu se může posouvat jak nástroj, tak materiál. Záleží na typu stroje. Kotouče se upevňují na hřídele pomocí přírub a matice nebo šroubu.

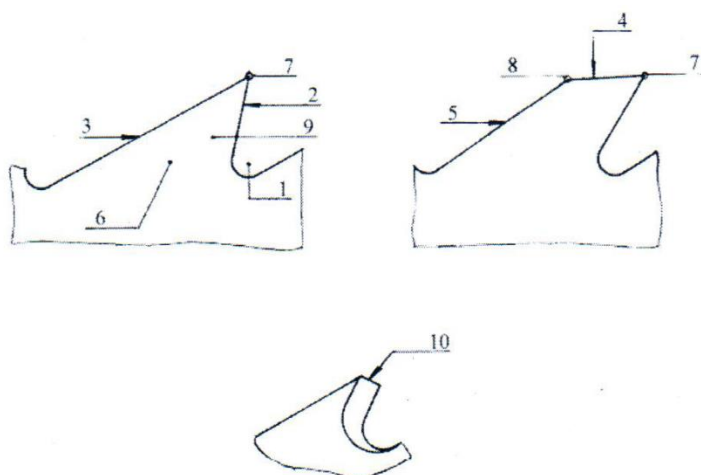
Velmi významný faktor u pilových kotoučů je rozmístění a uložení řezných klínů. Volbou správných úhlů klínů můžeme výrazně prodloužit životnost kotouče, snížit přehřívání kotouče zabránit tvorbě trhlin, ale i zlepšit kvalitu řezu.

Pilové kotouče se vyrábí z pásové oceli válcované za studena třídy 16270 nebo 16272. Dále se mnou vyrábět z nástrojové uhlíkové oceli nebo legovaného chromu.

Dnes se již kotouče vyrábí na řezání konkrétních materiálů, kterým se plně přizpůsobují svou strukturou. Například, na řezání materiálů na bázi dřeva se používají jiné kotouče než na masivní dřevo.

Geometrie pilového kotouče je velice zásadní pro kvalitu zpracování. Určuje nám rozmístění řezných klínů, jejich tvar a řezné úhly. Důsledkem správně zvolené geometrii dosáhneme kvalitnějšího řezu, větší životnosti kotouče, snížení přehřívání kotouče a zabráníme poškozením kotouče. Geometrie kotouče je vždy závislá na materiálu, který opracováváme. Platí například to, že pro podélné řezání masivního dřeva se používají pilové kotouče s menším počtem zubů a větší zubovou mezerou. Je to z důvodu dostatečného odvodu třísky z řezu, pokud bychom tento fakt nedodrželi bude docházet k pálení kotouče. Tento problém řeší například kotouče s většími zubovými mezerami.

Pro lepší vizualizaci, následující obrázek zachytává názvosloví řezného klínu.

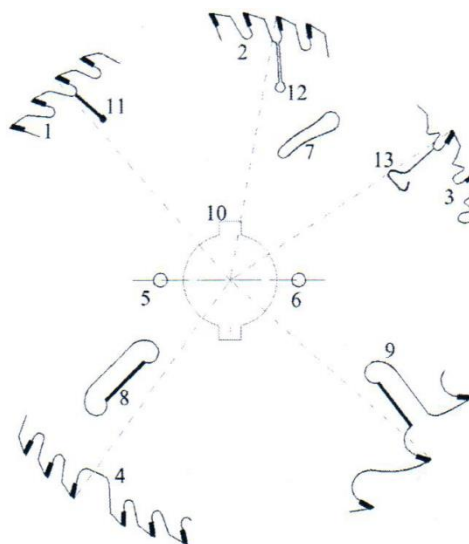


Obr. č.7: Názvosloví řezného klínu

Vysvětlivky: 1 – dno zubové mezery, 2 – čelo, 3 – hřbet, 4 – horní hřbet, 5 – dolní hřbet, 6 – pata zubu, 7 – hrot, 8 – hrana na hřbetě zubu, 9 – zub, 10 – břit

Zdroj: Barcík a kol., 2013.

Kotouče se navíc doplňují o další prvky, které jim zlepšují řezné vlastnosti, viz. obrázek č.8.



Obr. č.8: Popis částí pilového kotouče

Vysvětlivky: 1 – zaoblený tvar zubu, 2 – zalomený tvar zubu, 3 – zuby s omezovačem třísky, 4 – zubová mezera, 5, 6 – boční otvory pro unášecí kolíky v přírubě, 7 – otvor pro ochlazování, 8, 9 – čistící a stabilizační SK plátek, 10 – upínací otvor s drážkami na pera, 11 – chladící dilatační otvor, 12 – dilatační otvor s odvrtáním, 13 – protihlukový dilatační otvor

Zdroj: Barcík a kol., 2013.

Funkce doplňujících prvků na pilových kotoučích jsou různé. Pro jasnější představu jsou popsány níže.

Dilatační drážky

Vyrovňávají pnutí na povrchu kotouče, které vzniká působením odstředivých sil, řezného odporu a zahřátím kotouče. Kruhový otvor dilatační drážky se ještě občas vylepuje měděným páskem pro odhlučnění.

Otvory pro ochlazení

Tyto otvory přivádí do kotouče vzduch, který ho ochlazuje, a ještě k tomu odvádějí třísku. Díky tomu si pilový kotouč zachová svou stabilitu a tuhost.

Stabilizační a začíšťovací prvky

Při podélném řezání dřeva silnějších dimenzí masivního dřeva dochází k nedostatečnému odvodu pilin, které zůstávají v řezné spáře a napalují se na pilový kotouč. Tento fakt může zapříčinit až spálení kotouče a tím jeho znehodnocení. Tomu lze zabránit vytvořením větších odvádějících prostorů pro třísky a piliny.

V případě smolnatého dřeva s vyšší vlhkostí je třeba ještě tyto prostory vybavit tvrdokovovými částicemi, stabilizačními destičkami nebo SK-plátky.

Protihlukové úpravy

Různými průřezy v kotouči se docílí snížení hlučnosti chodu pily až o 8 dB. Nesmí však při nich být narušen chod kotouče a snížení technických parametrů.

Omezovače třísky

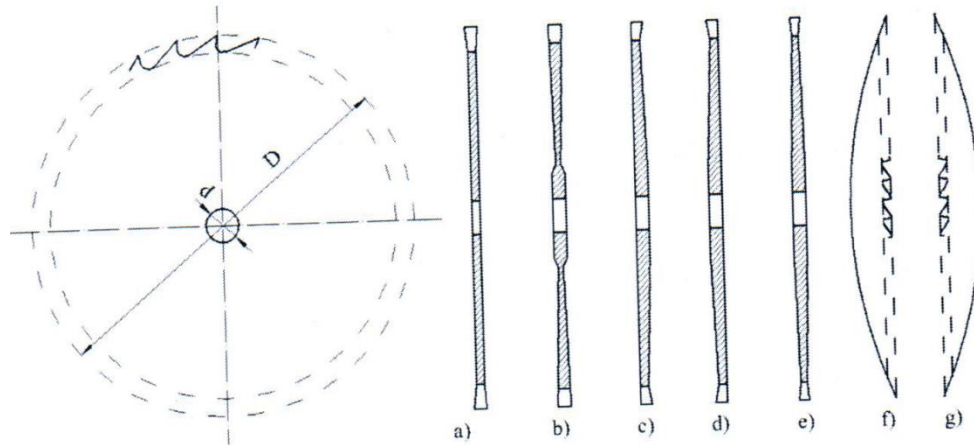
Jsou na kotouče přidány z důvodu stabilizace tloušťky třísky zejména pro ruční posuv. Tyto omezovače jsou 0,8 – 0,1 mm pod řeznou hranou.

Pilové kotouče dělíme základním rozdělením:

- a. podle polohy kotouče**, tj. vodorovně, svisle nebo pod úhlem;
- b. podle způsobu pohonu**, tj. přímo hřídelí elektromotoru nebo pomocí převodu;
- c. podle umístění pilových kotoučů**, tj. pod stolem stroje, resp. nad stolem stroje;
- d. podle směru řezání** na podélné a příčné;

- e. **podle tvaru kotouče** na ploché, podbroušené, sbíhavé (vlevo, vpravo, oboustranně) a vyduté (vpravo, vlevo).

Tento typ rozdělení názorně zachytává následující obrázek.



Obr. č.9: Tvary kotoučů

Vysvětlivky: a – plochý, b – podbroušený, c, d – jednostranně sbíhavé, e – oboustranně sbíhavé, f, g – vyduté

Zdroj: Prokeš, 1982.

Dále kotouče dělíme:

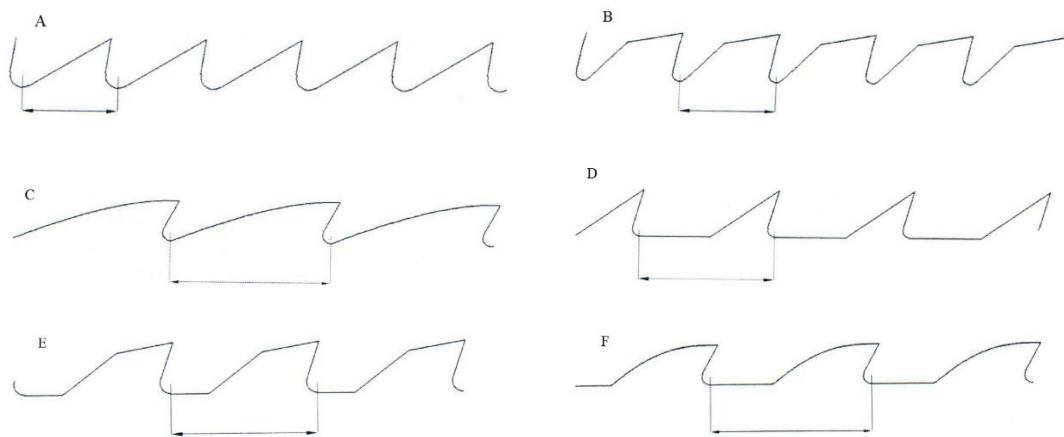
f. podle druhu zubů

- esymetrické x symetrické zuby
- zuby s lomeným x oblým hřbetem
- trojúhelníkové zuby
- s vyklizovacími břity

g. podle tvaru zubů

- **se zaobleným dnem zubové mezery** na trojúhelníkové zuby nesouměrné, trojúhelníkové zuby s lomeným hřbetem a trojúhelníkové zuby s oblým hřbetem;
- **s přímým dnem zubové mezery** na trojúhelníkové zuby, trojúhelníkové zuby s lomeným hřbetem a trojúhelníkové zuby s oblým hřbetem.

Jednotlivé tvary zubů pro lepší vizualizaci zachytává následující obrázek.



Obr. č.10: Tvary zubů

Vysvětlivky: A – trojúhelníkové zuby, B, E – trojúhelníkové zuby s lomeným hřbetem, C, F – trojúhelníkové zuby s oblým hřbetem, D – trojúhelníkové zuby s přímým dnem zubové mezery

Zdroj: Barcík a kol., 2013.

K úpravě zubů dochází pýchování, rozváděním a změnou materiálu řezné hrany.¹⁴

5.4. Stopkové a kotoučové frézy

Frézování je obráběcí proces, který je uskutečněn otáčejícím se nástrojem za vzniku třísky. Velikost třísky se v průběhu procesu mění od nuly do maxima a posuv je v kolmém směru. Použité nástroje jsou vícebřité a jejich přesný tvar a rozměr vždy závisí na požadovaném výsledku. Při frézování dochází k rovinné nebo tvarové úpravě ploch, díky které získáváme kvalitní povrch a přesné rozměry obrobku. Hlavním pohybem při tomto procesu je otočný pohyb nástroje, vedlejším pohybem je poté pohyb obrobku proti nástroji. Rozdílným typem pohybu obrobku a nástroje vznikají kinematické nerovnosti, které nelze zcela odstranit. Můžeme však tyto nerovnosti zmenšit snížením posuvu a zvýšením otáček nástroje. V dřevovýrobě je frézování velice

¹⁴ PATŘIČNÝ, M.: *Pracujeme se dřevem*. Praha: Grada Publishing, 2004. s. 39-40.

FOREJT, M.; PÍŠKA, M.: *Teorie obrábění, tváření a nástroje*. Brno: Akademické nakladatelství Cerm, 2006. s. 171-176.

JOSTEN, E.; REICHE, T.; WITTCHEN, B.: *Dřevo a jeho obrábění*. Praha: Grada Publishing, 2010. s. 203-208.

HORÁK, J.; ŠIMÁNEK, J.: *Truhlář*. Praha: Nakladatelství technické literatury, 1980. s. 99.

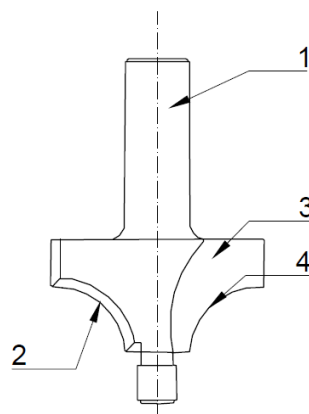
rozšířenou metodou opracování. Stopkové a kotoučové frézy jsou používány ve strojích, které nazýváme frézky.

Samotné rozdělení umožňují faktory:

- a. **podle provedení nástroje**, tj. celistvé, s upnutými noži nebo zuby, dělené nebo složené;
- b. **podle počtu břitů** na jednobřité a vícebřité;
- c. **podle způsobu otáčení** na pravořezné, levořezné, frézy souměrné a korunkové;
- d. **podle ploch, na kterých leží řezné hrany** na frézy válcové, kotoučové, čelní a tvarové.

Dále se dají dělit **podle způsobu upnutí** na stopkové a nástrčné. **Z technologického hlediska frézy rozlišujeme** na frézy pro frézování rovinných ploch, pro frézování tvarových ploch a na kopírovací frézy. Rozdílný také může být řezný materiál nástroje, a to rychlořezná ocel, s řeznými klíny ze spékaných karbidů (SK), nebo s povlakovanými řeznými destičkami ze SK.

Stopkové frézy (viz. obrázek č.11) získali svůj název podle stopky, kterou jsou upínány do frézky. Je to nástroj používaný k frézování drážek, polodrážek, ale i na tvarové frézování. Obrobek jsme schopni upravovat ve všech plochách. Řezná hrana stopkových fréz může být různě umístěna a podle toho rozlišujeme frézky s bočním, čelním nebo bočním i čelním ostřím. Rozdílné jsou také průměry upínací stopky. Mohou být bez ložiska nebo s ložiskem.

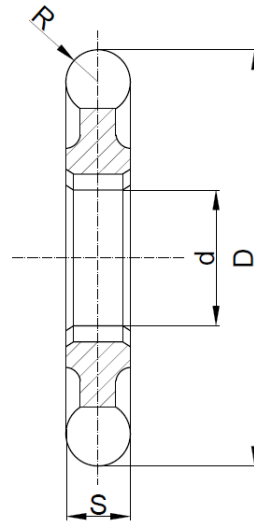


Obr. č.11: Popis stopkové frézy

Vysvětlivky: 1.Stopka, 2. břit, 3. čelo, 4. řezná hrana

Zdroj: Kvietková, 2015.

Kotoučové frézy, zobrazeny na obrázku č.12, se vyrábějí z nástrojové oceli třídy 19, o tvrdosti HRC 50-60. Používají se na frézování drážek, polodrážek a profilů. Máme **dva základní typy** kotoučových fréz, a to s rovným nebo pod soustruženým hřbetem.



Obr. č.12: Popis kotoučové frézy

Vysvětlivky: D-průměr frézy, S-šířka frézy, d-průměr frézy, R-rádus

Zdroj: Kvietková, 2015.

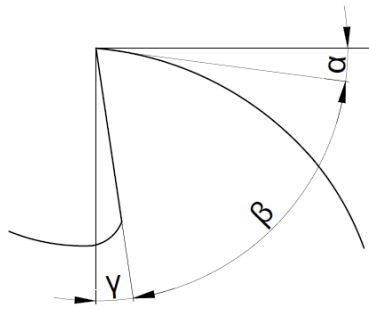
Geometrie nástroje se skládá z úhlu hřbetu, břitu a čela. Jejich součet je vždy roven 90° , jak je možné sledovat na následujícím obrázku.¹⁵

¹⁵ PROKEŠ, S.: *Obrábění dřeva a nových hmot ze dřeva*. Praha: Nakladatelství technické literatury, n. p. 1982. s. 354.

JOSTEN, E.; REICHE, T.; WITTCHEN, B.: *Dřevo a jeho obrábění*. Praha: Grada Publishing. 2010. s. 219-226.

HORÁK, J.; OSTRČIL, J.: *Stolárská technológia*. Bratislava: Vydavateľstvo Alfa, 1986. s. 27-33.

JANÍČEK, F.; VOZÁR, J.; ZBOŘIL, F.: *Výrobní zařízení pro učební obory zpracování dřeva na SOU*. Praha: Nakladatelství technické literatury, n. p., 1986. s. 72-74.



Obr. č.13: Geometrie ostří

Vysvětlivky: Úhel $\alpha = 10^\circ-15^\circ$; Úhel $\beta = 60^\circ-70^\circ$; Úhel $\gamma = 20^\circ-30^\circ$

Zdroj: Kvietková, 2015.

5.5. Ploché nože

Ploché nože jsou nástroje, které mají mnohočetné využití, nejčastěji se však používají k srovnání opracovávaných ploch. V tomto případě se nože upevňují do frézovacích hlav nebo hřídelí. Nástroj se pohybuje rotačním pohybem. V praxi se však můžeme setkat i s nástrojem, který se nepohybuje do řezu. U loupaček se do řezu pohybuje obráběný materiál.

Nože jsou nejčastěji vyrobeny z plátované jemnozrné oceli, nebo z kompaktní oceli. Ve frézovacích hlavách nebo nožových hřídelích jsou nože buď naložené nebo vložené. Jejich tvar, konstrukce a uložení závisí na účelu použití.

V praxi je velké množství strojů využívajících těchto nožů, například rovinné frézky, profilovací frézky, sekačky, roztřískovače, loupačky dýh, kráječky dýh a stroje na dřevní vlnu. Podle jejich využití je také rozdělujeme na nože frézovací, krájecí, loupací, hoblovací a sekací. Mohou být s otvory nebo bez otvoru.

Frézovací nože jsou upevňovány do nožových hlav, ale také do nožových hřídelí, kde mohou být ve spirále. Vyrábí se z oceli třídy 19, v tloušťkách 3 až 10 mm, délkách 40-1810 mm a šířkách 30-220 mm.

Loupací nože se používají na výrobu dýhy o určité tloušťce. Loupání dýhy je složeno z dvou pohybů. V tomto případě je hlavní řezný pohyb vytvářen obrobkem. Nůž je upevněn spolu s přítlačnou lištou v suportu stroje, který se posouvá k ose otáčení výřezu stejnou rychlostí. Rychlost závisí na počtu otáček výřezu. Aby nevznikali velké trhliny, je třeba volit malý úhel řezu, který je omezen úhlem řezného klínu. Řezný

klín by měl mít úhel mezi 18° až 23°, a proto musíme volit velmi kvalitní materiály pro výrobu tohoto nástroje. Konečným produktem loupání je nekonečný pás dýhy.

Hoblovací nože bývají široké 100-120 mm, dlouhé 300 mm a 6-7 mm tlusté. Úhel řezného klínu mají 33°. Přesah ostří nože nad nožovými stěnami je doporučena 2 mm, protože při vyšším přesahu se nože příliš zahřívají. Hoblovací nože se používají při řezání dřevní vlny. Vyrábí se z rychlořezné oceli nebo oceli 19 711.

Nože do sekacích strojů se používají v sekacích strojích diskového nebo bubnového typu. Jejich tvar, velikost a upnutí se liší podle druhu stroje. Jejich délka je do 800 mm, šířka do 247 mm, tloušťka 4-20 mm. Úhel řezného klínu je 25°-30°.

Krájecí nože se využívají k výrobě dýh. Nůž je spolu s přítlačnou lištou umístěn na suportu a tvoří nástroj stroje. Přítlačná lišta zabraňuje praskání dýhy. Hlavní řezný pohyb může vykonávat jak nástroj, tak obrobek. V tomto případě je to pohyb přímočaře vratný. Úhel řezného klínu je 15°-23°. Tyto nože se vyrábějí z oceli 19 711 a přítlačné lišty z oceli 19 452. Krájení je beztrískové obrábění dřeva, které se provádí v rovině kolmé na jejich délku. Krájet se může horizontálně i vertikálně.¹⁶

5.6. Vrtáky

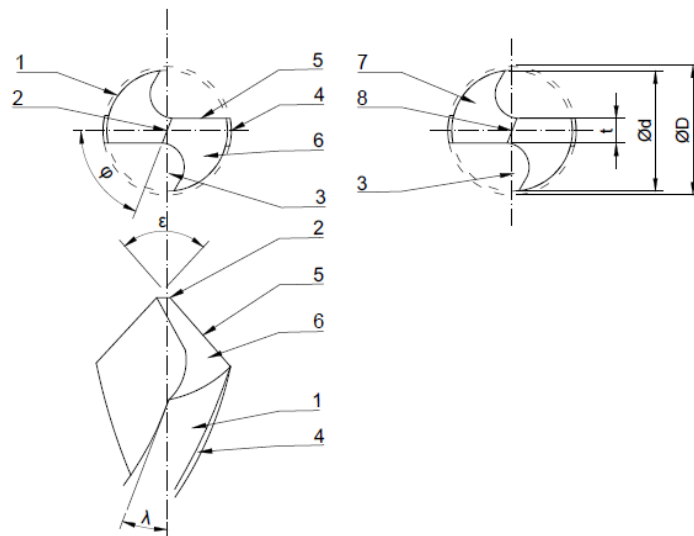
Vrtáky jsou řezné nástroje, kterými se tvoří kruhové otvory do obráběného materiálu (viz. následující obrázek). Používají se při operacích vrtání a dlabání. Popisujeme při tom dva typy pohybů. A to, hlavní otáčivý a vedlejší posuvný. Hlavní pohyb vykonává vrták kolem své osy. Posuvný pohyb může zajišťovat jak pohyb vrtáku, tak pohyb materiálu, přičemž záleží na použitém zařízení. Vrtáky se vyrábějí z rychlořezných ocelí HSS. Vrták se skládá z pracovní části a dřívku krku. Pracovní část válcového tvaru je šroubovitě drážkovaná. Vedlejší řezné hrany s drážkami začištějí vrtaný otvor a odvádějí z něho třísky. Stopka je část vrtáku, která se upíná do stroje a může být různého tvaru. Fasetka je část hřbetu, která vede vrták v otvoru.

Vrtání je činnost jejím účel je vytvoření kruhových otvorů pomocí vrtáku. Schopnost vrtat dávají vrtákům čelní hroty. Konstrukce, tvar a rozměry vrtáku se liší a jsou ovlivněny mnoha faktory. Závisí na obráběném materiálu, pracovních podmínkách, rozměrech a kvalitě požadovaného otvoru a produkce práce. Význam vrtaných otvorů

¹⁶ PROKEŠ, S.: *Obrábění dřeva a nových hmot ze dřeva*. Praha: Nakladatelství technické literatury, n. p. 1982. s. 400.

do dřeva je různý, od tvorby konstrukčních spojů až po opravy vad dřeva. Při vrtání vzniká tříska, která zanáší vrtaný otvor a způsobuje zahřívání nástroje a s tím je třeba počítat.

Dlabání je důležitá činnost při výrobě nábytku a dalších produktů ze dřeva. Základem tohoto procesu je tvorba otvorů do různých dřevěných materiálů pro konstrukční spoje nebo nábytkové kování. Otvory takto vytvořené nazýváme dlabem a jejich tvar závisí na použité technologii. Dlaby se mohou vytvářet dlabacími vrtáky, dlabacími řetězy nebo speciálními dlabacími pilkami.



Obr. č.14: Popis částí vrtáku

Vysvětlivky: 1-hlavní ostří, 2-příčné ostří, 3-hřbet břitu, 4-fasetka, 5-hřbet vrtáku, 6-drážka, 7-žebro, 8-jádro, d-průměr těla vrtáku, D-pracovní průměr vrtáku

Zdroj: Prokeš, 1982.

Vrtáky lze **rozdělit** podle více aspektů. **Podle tvaru**, materiálu, z kterých jsou vyrobeny nebo podle rozměrů. Dalším z nich je **směr vrtání** na příčné, tedy kolmo na směr vláken a podélné, tedy rovnoběžně na směr vláken. Vrtáky na příčné vrtání musí být vždy vybaveny břity proti vytrhávání vláken vrtaného materiálu. Nejčastěji se ale rozdělují tyto dřevořezné nástroje podle tvaru, a to na:

- a. spirálovitý vrták**, který tvoří obyčejné válcové otvory. Dělí se na dva typy, podle směru vrtání. Vrták pro podélné vrtání nemá předřezávací břity a jeho

řezné břity svírají úhel od 70° do 75°. Vrták pro příčné vrtání má dva předřezávací břity a řezné břity jsou téměř kolmé ke směru vrtu.

- b. kolíkovací vrták** je určen pro vrtání otvorů v dřevu, ale i materiálech na bázi dřeva. Je speciální typ spirálovitého vrtáku s hrotem, dvěma řezacími a předřezávacími břity. Déle je vybaven válcovou stopkou s ploškou a stavěcím šroubem. Jeho hlavní břity svírají úhel od 50° do 60°, jsou zpravidla kratší než spirálovité vrtáky.
- c. stupňovitý vrták** je vrták, který je schopný vytvořit otvory různých průměrů. Tyto vrtáky mohou být jak pravořezné, tak levořezné. Nejznámější variantou je sdružený vrták jak pro vrtání, tak i zahloubení otvoru pro nábytkové šrouby.
- d. plochý vrták**, jak už název napovídá, má plochou funkční část, kterou doplňuje středový hrot. Hrot je zde pro přesné vedení vrtu. Hlavní břity jsou kolmé k ose vrtáku. Je také vybaven bočními břity, které předřezávají vlákna a začištějí otvory. Jeho využití je pro tvorbu větších otvorů zejména do měkkých materiálů.
- e. hadovitý vrták** existuje ve dvou provedeních. Jedním z nich je vrták se závitovým hrotem a jedním předřezávacím břitem a druhým je vrták se závitovým samocetrovacím hrotem. Dále se rozděluje na jednochodé nebo dvouchodé. Tento typ vrtáků je vybaven šestihrannou stopkou, která zabraňuje prokluzu vrtáku. Hadovité vrtáky umožňují přesné vrtání i do větších hloubek.
- f. frézovací vrták** je velice univerzální vrták, protože nám mimo běžného vyvrtání otvoru umožňuje také rozšíření otvoru ve směru kolmém na osu. Uplatňuje se nejčastěji při montážních pracích, ale ve směs se v praxi objevuje zřídka.
- g. Forstnerův vrták** nám umožňuje vytvoření přesných otvorů ve dřevě, a to díky středícímu hrotu. Dále má dva předřezávací břity a dva řezací břity. Stopku mají tyto vrtáky hladkou nebo šestihrannou. Umožňuje tvorbu otvorů do všech dřevěných materiálů. Forstnerův vrták je někdy také nazýván jako sukovník. Rozdělujeme ho podle předřezávacích břitů na vrtáky s hladkou hranou, které mají tendenci přehřívát se a na vrtáky s ozubenými hranami. Vyrábějí se z nástrojových ocelí nebo s SK plátky.
- h. zátkovník** se používá k vrtání zátek pro opravy vad dřeva. Je to dřevoobráběcí nástroj vícebřitý s čelním ostřím a stopkou. Odvrtávaná zátky prochází dutým vnitřkem nástroje a poté se odřezává.
- i. záhlubník** se používá už na vyvrtané otvory, kde strhává vstupní hrany otvoru. Nejčastěji kvůli zapuštění hlav vrtů a šroubů. Má až pět hlavních břitů, které

spolu svírají úhel 90°. V praxi se již používají záhlubníky přímo osazené na vrtáky, které umožňují vytvoření otvorů spolu se zahloubením v jedné operaci.

- j. dlabací vrták se středovým hrotem** je pravotočivý dvoubřitý vrták, který je nejčastěji používaný dlabací vrták.
- k. dlabací vrták bez středového hrotu** se používá k začišťování drážek opakovaným řezným pohybem. Dobře vrtá měkké i tvrdé materiály ze dřeva. Je vybaven dvěma břity, dvěma drážkami a stopkou. Můžeme ho vidět jak v pravém, tak i v levém provedení.
- l. dlabací vrtáky se spirálovým ostřím** mají boční ostří do spirály, a navíc mohou být vybaveny lamači třísek. Používají se dvoubřité pravotočivé i levotočivé. Tyto vrtáky jsou určeny pro dlabací stroje. Jsou vhodné pro měkké i tvrdé dřevo.¹⁷

5.7. Pilové řetězy

Pilové řetězy jsou složeny z mnoha článků, které jsou vybaveny pracovními břity. Dělí se na dva typy, tj. ozubení sekací a hoblovací. Sekací se však už téměř nepoužívá, protože je daleko výhodnější použití hoblovacího ozubení, které má vyšší oběžnou rychlost, možnost řezu ve všech směrech, jednodušší ostření a vyšší výkon. Hoblovací ozubení je použito u motorových pil. Tento typ řetězu je složen z hoblovacího článku, vodícího článku a spojovacího článku. Všechny tyto články jsou spojeny mezi sebou nýty. Hoblovací článek je řezným prvkem řetězu a obsahuje dva břity boční a hřbetní. Vodící článek, jak už název napovídá vede řetěz v drážce lišty, ale také čistí drážku vodící lišty. Spojovací článek má za úkol spojovat hoblovací článek s tím vodícím.¹⁸

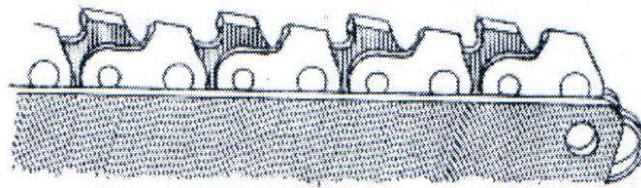
¹⁷ PROKEŠ, S.: *Obrábění dřeva a nových hmot ze dřeva*. Praha: Nakladatelství technické literatury, n. p. 1982. s.418.

JOSTEN, E.; REICHE, T.; WITTCHEN, B.: *Dřevo a jeho obrábění*. Praha: Grada Publishing, 2010. s. 231-235.

HORÁK, J.; ŠIMÁNEK, J.: *Truhlář*. Praha: Nakladatelství technické literatury, 1980. s. 103-104.

PATŘIČNÝ, M.: *Pracujeme se dřevem základní příručka*. Praha: Grada Publishing, 2010. s. 74-75.

¹⁸ PROKEŠ, S.: tamtéž s. 337.



Obr. č.15: Hoblovací ozubení

Zdroj: Barcík a kol., 2013.

Sekací ozubení je starší typ ozubení. Dnes už se využívá pouze u velkých statických pil pro příčné řezání.



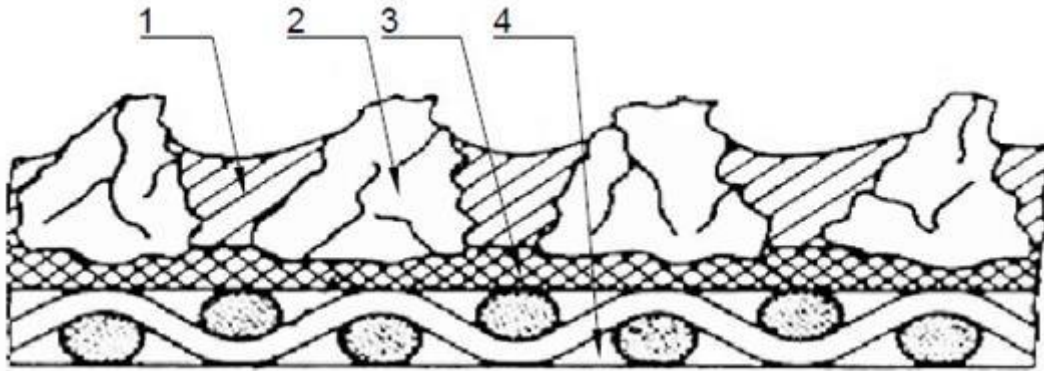
Obr. č.16: Sekací ozubení

Zdroj: Barcík a kol., 2013.

5.8. Brusné prostředky na dřevo

Brusné prostředky jsou složeny z brusných zrn klínovitého tvaru, které vnikají do dřeva a upravují jeho povrch podle potřeby. Při tomto procesu se ze dřeva uvolňují částice, které nazýváme dřevním prachem. Brusivo může být volné, v nějaké emulzi, nebo nalepené na podkladový materiál, nejčastěji papír či plátno. S brusným prostředkem se často setkáme připevněným na podkladu. Takový prostředek se skládá z podkladového materiálu, pojiva a brusného zrna.¹⁹

¹⁹ JOSTEN, E.; REICHE, T.; WITTCHEN, B.: *Dřevo a jeho obrábění*. Grada Publishing. Praha. 2010. s.173.



Obr. č.17: Složení brusného papíru

Vysvětlivky: 1 - vrchní pojivo, 2 - brusné zrno, 3 - základní pojivo, 4 – podkladový materiál

Zdroj: Kvietková, 2015.

Kvalita brusných prostředků je dána všemi vstupními faktory od podkladového materiálu až po samotná zrna.

Nosný podklad může být vyroben z papíru, tkaniny anebo kombinací těchto materiálů. Papír na výrobu brusného papíru musí být pružný, pevný v tahu a musí mít malou rozpínavost. V praxi se podkladový papír značí podle normy písmeny A až F, a to podle jejich plošné hmotnosti, která se pohybuje od 80 g.m^{-2} do 300 g.m^{-2} .

Jako podkladová tkanina se používá bavlna nebo polyesterové textilie, které se rozdělují podle poddajnosti na velmi a středně flexibilní, pevné s mírkou poddajnosti a pevné na broušení dřeva a kovů. Jejich značení se provádí písmeny podle normy.

Kombinace papíru a textilie se používá zejména při broušení na válcových bruskách nebo nekonečnými pásy. Na papír je nalepena textilie, která papíru dodává odolnost proti natrnutí krajních částí podkladu.

Pojivo je velice důležitá součást brusných prostředků, protože spojuje podkladový materiál a brusná zrna. Lze je dělit na dvě části. První vrstvu pojiva je kotvící. Druhá část pojiva je krycí, která jak již název napovídá, se nanáší po ukotvení zrna na podkladový materiál. Pro lepení se využívají jakostní kožní klíh nebo syntetické pryskyřice na bázi močoviny. Tyto lepidla se ve zmíněných vrstvách mohou také kombinovat. Kožní klíh je méně nákladný, ale také méně kvalitní, a proto se využívá na brusná prostředky pro ruční broušení. Podle použitého pojiva se brusné prostředky dělí do čtyř cenově a kvalitativně rozdílných skupin, které určují jejich použití.

- **A:** Obě vrstvy lepené klihem určují, že je brusivo doporučeno používat pouze na broušení za sucha kde neodchází k většímu zahřívání.
- **B:** První vrstva je lepená klihem a druhá pryskyřicí. Tyto výrobky mají dobrou odolnost proti teple a částečně i proti vlhkosti
- **C:** Obě vrstvy lepeny pryskyřicí, mají za následek úplnou odolnost proti teple
- **D:** Vše je lepeno vodovzdornou syntetickou pryskyřicí. Tento fakt zaručuje brusnému prostředku úplnou odolnost proti vlhkosti.

Jedním z nejdůležitějších faktorů ovlivňující kvalitu pojiva je jeho nános a hloubka ukotvení zrn. Pokud jsou zrna nedostatečně ukotvena, dochází k jejich předčasnému uvolňování. Jestli jsou zrna utopena v pojivu příliš hluboko, tak prostředek ztrácí svou brusnou schopnost a dochází k jeho pálení.

Brusné zrno je částice abrazivního materiálu. Zrna mohou být z různých materiálů, které dělíme do dvou skupin na přírodní a umělé.

Přírodní zrna bývají vyrobená z křemenu, granátu, pazourku, přírodního korundu, smirku a přírodního diamantu. Každý z těchto materiálů má však odlišné vlastnosti a v dnešní době se používají zřídka.

Mezi **umělá brusiva** patří syntetický korund, karbid křemičitý, karbid bóru, kubický nitrid bóru a syntetický diamant. Tyto materiály jsou uměle vytvořené a splňují požadavky na daný druh abrazivního materiálu. V praxi jsou tedy používány zejména syntetická brusiva.

Zrnitost brusných prostředků je v podstatě velikost zrn udávaná se číslem, které je odvozeno od počtu děr v síti na ploše 1 cm² nebo čtverečního palce. Zrnitost se pohybuje od 16 až do 2000, ale v dřevařství se pohybuje mezi hodnotami 40 až 400. Každá z těchto hrubostí má specifické využití, které je částečně popsáno v tabulce č.3.

Tab. č.3: Oblast použití brusných prostředků podle zrnitosti

Zdroj: Josten a kol., 2010.

Použití	Hodnota zrnitosti
Odstranění zbytků starých barev, broušení parket	40, 60
Hrubě broušení jehličnatého a listnatého dřeva	80, 100
Jemné broušení jehličnatého a hrubě pórovitého listnatého dřeva	120, 150
Jemné broušení jemně pórovitého listnatého dřeva	150, 180, 220
Broušení mezi povrchovými úpravami	220, 240
Broušení plniče pórů a laku	280, 400 (i za mokra)

Brusné zrno se na podklad může pokládat různými způsoby. Posyp se provádí mechanicky nebo orientovaný v elektrostatickém poli. Rozdíly mezi těmito nánosy jsou znázorněny na obrázku č.18.



Obr. č.18: Nanášení zrna – různé posypy

1 – obyčejný posyp, 2 – orientovaný posyp

Zdroj: Barcík a kol., 2013.

Brusné prostředky na dřevo jsou vyráběny v různých tvarech, pro různá použití a pro upnutí do různých strojů. V praxi je můžeme vidět v podobě nekonečného pásu, rolích, archách, kotoučích.

Broušení je závěrečnou a dokončovací prací před povrchovou úpravou. Významně ovlivňuje konečný vzhled a kvalitu výrobku. Je často nejpracnější operací v dřevařské výrobě. Cílem broušení je vyrovnaní povrchu obrobku, odstranění nečistot a zvýšení jeho jakosti. Technologická operace broušení se provádí na mnoha druzích brusek, které se dělí do čtyř základních skupin, a to na kotoučové, válcové, pásové a ruční elektrické.²⁰

²⁰ PROKEŠ, S.: *Obrábění dřeva a nových hmot ze dřeva*. Nakladatelství technické literatury, n. p. Praha. 1982. s.481.

5.9. Další rozdělení řezných nástrojů

Řezné nástroje můžeme dělit i podle dalších kritérií.

a. podle tvaru na:

- listové
- pásové
- kotoučové
- nožové
- stopkové
- řetězové
- brusné

b. podle materiálu řezné části:

- nástrojová ocel
- stelit
- rychlořezná ocel
- slinuté karbidy
- keramika
- diamanty

PANÁČKOVÁ, M.; PANÁČEK, P.: *Technologie obrábění dřeva I. pro SOU*. Praha: Nakladatelství Sobotáles, 1984. s. 79-81.

MÁDL, J.; VRABEC, M.; KAFKA, J.; DVOŘÁK, R.: *Technologie obrábění*. Praha: Nakladatelství ČVUT, 2007. s.12-14.

HORÁK, J.; ŠIMÁNEK, J.: *Truhlář*. Praha: Nakladatelství technické literatury, 1980. s. 105-107.

6. Materiály řezných nástrojů

Materiál řezných nástrojů výrazně ovlivňuje řezný proces při obrábění dřeva. V praxi se tedy používají materiály vysokých jakostí, které se vyrábějí v obloukových a indukčních vysokofrekvenčních pecích. Podle mnoha faktorů se určuje, z kterých materiálů budou jaké nástroje vyrobeny. Od kvalitních nástrojových ocelí vyžadujeme trvanlivost řezného klínu, řezivost, čistotu oceli, žádné skryté vady a rozměrovou přesnost. Důležitá je však i vhodnost použití materiálů pro určitý druh operace. Dle použití od nástrojových ocelí vyžadujeme různé mechanické a fyzikální vlastnosti.

6.1. Rozdělení nástrojových ocelí²¹

Nástrojové oceli můžeme dělit do skupin podle různých kritérií.

a. podle chemického složení na:

- **uhlíkové** – houževnatost a tvrdost této oceli závisí na obsahu uhlíku, která se pohybuje od 0,6 % do 1,1 %. Její obsah se určuje podle tvrdosti řezaného materiálu. Dále tato ocel obsahuje křemík, mangan, titan, fosfor a síru. Kvalita uhlíkové oceli záleží ještě na kalitelnosti. Pro řezné nástroje se aplikuje kalitelnost malá, aby jádro zůstalo houževnaté.
- **slitinové** – při použití na řezání dřeva tyto oceli obsahují karbidotvorné prvky (chrom, vanad, wolfram). Tyto prvky výrazně zlepšují vlastnosti této oceli. Zabraňují popouštění, zvyšují tvrdost a odolnost ostří.
- **rychlořezné** – jsou to vysokolegované nástrojové oceli, které se používají k výrobě vysokovýkonných řezných nástrojů. Mají rozdílný poměr legujících prvků a jiné tepelné zpracování než ostatní oceli. Oproti dvou předchozím typům ocelí mají větší tvrdost, řezivost a odolnost proti popouštění, ale mají menší houževnatost. Hlavními obsaženými prvky jsou uhlík, chrom, wolfram, kobalt, vanad.
- **oceli na lité nástroje**

²¹ FOREJT, M.; PÍŠKA, M.: *Teorie obrábění, tváření a nástroje*. Brno: Akademické nakladatelství Cerm., 2006. s.189-201.

JOSTEN, E.; REICHE, T.; WITTCHEN, B.: *Dřevo a jeho obrábění*. Praha: Grada Publishing, 2010. s. 272-276.

HORÁK, J.; OSTRČIL, J.: *Stolárska technológia*. Bratislava: Vydavateľstvo Alfa, 1986. s. 12-14.

b. podle druhu použitého materiálu na:

- **běžné konstrukční oceli**
- **stelity** – jsou slitiny neželezných kovů. Stelit je tvrdý, ale poměrně křehký materiál, který dobře odolává opotřebení. Hlavní jejich složkou je kobalt, který je v těchto slitinách obsažen v rozsahu 50–65 %. Není vhodný na nástroje s vysokou řeznou rychlostí, protože podléhá studenému tečení. Umožňují zvýšení podávací rychlosti.
- **slinuté karbidy** jsou v současnosti nejrozšířenější nástrojový materiál na obrábění dřeva a zejména aglomerovaných materiálů. Jsou charakterizovány dobrým výkonem, jakostí, trvanlivostí ostří, tvrdostí a nízkým řezným odporem. Mají vynikající houževnatost a možnost optimalizace řezné geometrie i pro měkké dřevo. Dále mají mnohonásobnou trvanlivost oproti nástrojovým ocelím, snadný servis a jsou cenově dostupné. Jsou vyrobeny spečením prášků tvrdých karbidů a pojiva kobaltu. Jejich tvrdost dosahuje hodnot až HRC 90. Destičky ze slinutých karbidů se na tělo nástroje pálí měděnou pájkou při teplotě 1000 °C. SK jsou rozděleny do tří základních skupin a to P, K a M.
- **řezné keramiky** – vyrábí se spékáním prášků z chemických sloučenin, které jsou velmi tvrdé a tepelně odolné. Jsou velice podobné spékaným karbidům, ale neobsahují kovové pojivo. Z toho vyplývá, že je lze výrazně teplotně zatížit, ale zase jsou křehčí.

c. podle účelu použití na:

- řezné nástroje
- tvarovací nástroje
- měřidla
- pomocné nástroje a přípravky

d. podle druhu ochlazování při kalení:

- do vody
- do oleje
- na vzduchu

e. podle obsahu uhlíku:

- velmi houževnaté uhlíkové oceli (uhlík do 0,5 %)

- houževnaté uhlíkové oceli (uhlík od 0,55 do 0,7 %)
- houževnaté uhlíkové oceli s vyšší tvrdostí (uhlík od 0,8 do 1,2 %)
- tvrdé uhlíkové oceli s menší houževnatostí (uhlík nad 1,2 %)

Každý z těchto materiálů má určité přednosti a jejich použití závisí na obráběném materiálu. Jednotlivé příklady zachytává následující tabulka.

Tab. č.4: Příklady použití řezných materiálů

Řezný materiál	Označení	Příklad použití
Legovaná nástrojová ocel	SP	Měkké masivní dřevo
Vysoce legovaná nástrojová ocel	HL	Výroba palubek
Rychlořezná ocel	HS	Výroba nekonečných vlysů, hoblování, měkké i tvrdé dřevo
Nepovlakovaný slinutý karbid	HW	Aglomerované materiály
Povlakovaný slinutý karbid	HC	Aglomerované materiály
Stelity	ST	Zpracování vlhkého dřeva
Chemicky povlakovaný SK	CVD	Abrazivní velkoplošné materiály

6.2. Požadavky na vlastnosti materiálů

Od materiálů na nástroje se obecně požaduje řada základních vlastností. Tyto vlastnosti se splňují vhodnou volbou oceli a následným tepelným zpracováním.

Konkrétně se jedná o:

- tvrdost a pevnost** – Hodnota tvrdosti se pohybuje podle způsobu práce a velikosti namáhání. Je důležitá zejména pro řezná nástroje, kdy je vyžadována vysoká tvrdost. Tvrdost a pevnost je závislá na obsahu uhlíku. Pokud vzrůstá obsah uhlíku, tak vzrůstá i tvrdost materiálu. Tento vztah platí do obsahu 1 % uhlíku, poté se tvrdost výrazně nemění. Zvýšení tvrdosti lze dosáhnout přísadou karbidotvorných prvků (chrom, vanad, wolfram, molybden, titan). Pro vysokou pevnost a tvrdost je také nutný správný postup tepelného zpracování.
- houževnatost** – Je schopnost materiálu odolávat mechanickému zatížení silou a rázem. Závisí na chemickém složení oceli, tepelném zpracování, na velikosti zrna, přítomnosti nečistot a výrobních vad.

- c. odolnost proti popouštění** – Vlivem tření se zvyšuje teplota funkčních částí rezných nástrojů na poměrně vysoké teploty. To má za důsledek snížení tvrdosti a pevnosti nástroje, který má poté sníženou řezivost, životnost nástroje a odolnost proti oděru. Zabránit tomuto nepříjemnému jevu můžeme správným výběrem oceli. U uhlíkových ocelí, klesá tvrdost již od 300°C. U slitinových ocelí je tato hranice výš, a to někde kolem 600°C. Větší odolnost proti popouštění můžeme zabezpečit přísadou karbidotvorných prvků nebo chlazením nástroje.
- d. řezivost a odolnost proti otěru** – U rezných nástrojů platí, že čím je řezivost nástroje větší, tím lépe. Otěr vzniká při každém procesu obrábění a má negativní vliv na opotřebení nástroje a řezivost, ale bez něho by obrábění nemohlo probíhat. Jejich odolnost závisí na tvrdosti, obsahu uhlíku, karbidů a karbidotvorných prvků. Čím je jejich obsah vyšší, tím je vyšší i řezivost s odolností proti otěru.
- e. prokalitelnost a zapalitelnost** – U velké řady nástrojů vyžadujeme vysokou tvrdost povrchu a současně houževnatost jádra. Vždy záleží na chemickém složení oceli a velikosti nástroje. Například u uhlíkových ocelí je prokalitelnost velmi omezená, takže musíme většinou použít ocel legovanou.
- f. stálost rozměrů** – Udržení stálých rozměrů je v praxi velice obtížné a v některých případech až nemožné. Změny rozměrů materiálu jsou způsobené působením tepla a strukturálním pnutím uvnitř materiálu. Rozměrovou stálost lze u nástrojů zaručit pomocí vhodného výběru oceli a kvalitním postupem při tepelném zpracování. Pro měřidla a tvarové obráběcí nástroje je tvarová stálost rozhodujícím faktorem, a tak jsou pro tyto typy produktů vyráběny speciální oceli.
- g. další požadavky** – Požadavky mohou být různé podle použití nástrojů. Mezi speciální požadavky patří například odolnost proti trhlinám, odolnost proti korozi roztavenými kovy, malá tepelná roztažnost, nízká cena oceli, dobrá obrobitelnost, odolnost proti přehřátí atd.²²

²² PROKEŠ, S.: *Obrábění dřeva a nových hmot ze dřeva*. Nakladatelství technické literatury, n. p. Praha. 1982. s.87-88.

6.3. Úprava vlastností ocelí

Na materiály pro výrobu dřevořezných nástrojů je kladena celá řada požadavků, které musí splňovat. Za účelem jejich splnění se oceli různým způsobem upravují, aby přesně vyhovovala našim požadavkům. Mezi úpravy nástrojových ocelí řadíme příměsi legujících prvků, tepelné úpravy a povrchové úpravy.

6.3.1. Legujícími prvky

Příměsí legujících prvků je standartní úprava oceli, která nám dokáže výrazně změnit vlastnosti dané oceli. Je třeba dobře znát vliv přidávaných látek do ocelí, protože u každé z nich pozitivní vylepšení vlastností doprovázejí i ty negativní.

Uhlík při vyšším obsahu snižuje houževnatost, plastické vlastnosti a tepelnou vodivost. Jeho přítomnost však zvyšuje kalitelnost, a tím tedy tvrdost. S některými dalšími prvky způsobuje odolnost oceli proti popouštění a otěru.

Mangan v ocelích značně zvyšuje prokalitelnost a s tím související obsah austenitu. Může způsobovat také vznik popouštěcí křehkosti.

Křemík zvyšuje prokalitelnost a odolnost proti popouštění.

Chróm zlepšuje prokalitelnost, zvyšuje odolnost proti popouštění a teploty kalení. Pozitivně působí proti korozi a oxidaci, ale podporuje popouštěcí křehkost.

Wolfram podporuje odolnost proti popouštění, zvyšuje prokalitelnost, odolnost proti oděru, ale jeho větší množství podporuje tvorbu austenitu. Při vyšším obsahu snižuje odolnost proti tvorbě trhlinek v oceli, snižuje houževnatost a plastické vlastnosti.

Molybden zlepšuje houževnatost oceli, zvyšuje odolnost proti popouštěcí křehkosti a prokalitelnost. Je velice podobný wolframu.

Vanad příznivě podporuje houževnatost, zvyšuje prokalitelnost a odolnost proti popouštění. Negativem je, že podporuje křehnutí oceli za tepla.

Titan je velice stálý jako karbid, který se někdy používá proti popouštění.

Kobalt značně snižuje prokalitelnost, zvyšuje odolnost proti popouštění a teploty kalení.

Nikl netvoří karbidy, podporuje tvorbu jemného zrna, příznivě ovlivňuje houževnatost, ale zvyšuje růst zbytkového austenitu.

Fosfor zvyšuje tvrdost, ale přitom i křehkost oceli. Způsobuje hrubnutí při krystalizaci oceli.

Síra snižuje houževnatost. Podle jejího obsahu spolu s fosforem zařazujeme uhlíkové oceli do jakostních tříd.

6.3.2. Tepelné úpravy

Tepelné úpravy ocelí jsou všechny činnosti, při kterých cíleně určitým způsobem ohříváme materiál a následně ochlazujeme za účelem zlepšení jeho vlastností. Tento proces se skládá ze tří základních operací, a to žihání, kalení a popouštění.

Žihání je první operací, při které se ocel nahřívá na určenou žihací teplotu a poté se pomalým způsobem ochladí. Žihací teplota je pod hranicí tvorby austenitu, tedy od 600 °C do 950 °C podle materiálu a typu provedení. Tato operace v oceli odstraňuje vnitřní pnutí, odstraňuje deformaci krystalů, zvyšuje jemnozrnnost struktury s vyšší pevností, ale může také snížit tvrdost oceli a zvýšit její obrobitelnost. To, co se s ocelí při tomto procesu stane určují konkrétní postupy, které podřizujeme požadovanému výsledku operace.

Kalení je způsob tepelné úpravy, který spočívá v ohřevu materiálu pod teplotu krystalizace a následného rychlého ochlazení. Ocel se ohřívá na kalící teploty 740–1000 °C. Ochlazení se může provádět ve vodě, v oleji nebo na vzduchu. Význam kalení spočívá ve zvýšení tvrdosti oceli. Proces chlazení se skládá ze tří stupňů, a to stupně vrstvy par, přenosu par a ochlazování kapalinou.

Popouštění je úpravou prováděnou po kalení. Její účel je snížení křehkosti ocele a vnitřního napětí vzniklého v minulém kroku. Popouštění se provádí při různých teplotách, které jsou děleny do dvou základních skupin. Nízkoteplotní popouštění probíhá při teplotách mezi 150 °C až 350 °C a vysokoteplotní popouštění, které probíhá při teplotách 350 °C až 650 °C. Popouštění je třeba provádět vícekrát za sebou s výdrží 1 hodiny na 25 mm tloušťky materiálu.²³

²³ PROKEŠ, S.: *Obrábění dřeva a nových hmot ze dřeva*. Nakladatelství technické literatury, n. p. Praha. 1982. s.88-90.

6.3.3. Povrchová úprava

Povrchové úpravy řezných nástrojů se provádí na účel zvýšení životnosti řezného klínu. Mezi tyto operace zahrnujeme nitridaci, difúzní chromování, sulfinizaci, fosfatizaci, cementace, karbonitridace a tvrdé chromování.

Nitridace je postup chemicko-tepelného zpracování, při němž je povrch nástroje obohacen dusíkem. Při tomto procesu vznikají na povrchu oceli tvrdé nitridy, které dodávají povrchu vysokou tvrdost bez dalších operací. Ocel získá také vyšší odolnost proti mechanickému opotřebení, vyšší mez únavy, vysokou žáruvzdornost a lepší odolnost proti korozi. Takto upravený povrch je stálý až do teplot kolem 600 °C. Nejlépe se nitridují oceli slitinové, které obsahují hliník. Před tímto procesem je dobré nástroje žíhat a zbavit je tak vnitřního pnutí.²⁴

Tvrdé chromování je elektrochemický proces, který spočívá v nanesení vrstvy chromu na podkladový materiál. Používá se na místech, kde požadujeme vysoké tvrdosti a ořezuvzdornost materiálů. U metody tvrdého chromování je výhoda, že se můžou nanášet i silné vrstvy. Použitím u uhlíkových a nízkolegovaných nástrojů se tvrdost materiálů zvýší až trojnásobně.

Difúzní chromování spočívá v difúzi chromu do povrchových vrstev nástroje. Chrom se v materiálu slučuje s uhlíkem obsaženým v oceli na velmi tvrdé karbidy a tím zlepšuje odolnost proti otěru a opotřebování.

Sulfinizace je difuzní sycení kovových povrchů sírou v solných lázních.

²⁴ Tumlikovo. Metal Cutting Technologies. *Nitridování oceli*. [online]. 2017. [cit. 2017-04-12]. Dostupné z WWW: <http://www.tumlikovo.cz/nitridovani-oceli/>.

7. Faktory ovlivňující kvalitu produkce

V současné době jsou stále větší požadavky na kvalitu výrobků. Právě tento faktor často rozhoduje o úspěšnosti dřevěného výrobku na přesyceném trhu. V dřevařství rozdělujeme kvalitu výsledného produktu podle kvality rozměrové, tvarové a kvality povrchu.

Jakost povrchu závisí na použité technologii opracování. Je třeba ji kontrolovat po celou dobu výroby, protože i jedna nesprávná operace dokáže znehodnotit celý výrobek. Opracovaný povrch není nikdy ideálně rovný, to je způsobené samotným materiálem, nedokonalostmi řezných nástrojů, technologií a způsobů obrábění. Nerovnosti, a tedy kvalita dřevěných povrchů se definuje drsností povrchu. Drsnost povrchu je souhrn nerovností na určité délce materiálu. Drsnost se skládá z několika základních parametrů a to:

- maximální výška nerovností (Rz max)
- průměrná aritmetická odchylka profilu (Ra)
- průměrné rozpětí nerovností profilu podle prohlubní (Sz)

Drsnost povrchu se u dřevěných materiálů označuje třídami. Tento parametr lze zkontrolovat optickými, dotykovými přístroji anebo porovnáním se vzorem. Optická kontrola se provádí na speciálních mikroskopech. Dotykové měření se provádí na indikátorových profilometrech.

Rozměrová a tvarová kvalita je jasně měřitelná a je vždy určená výrobními výkresy. Celková jakost produkce závisí na obráběném materiálu, dřevořezném nástroji a řezných podmínkách.

Nerovnosti mohou být různého původu, a to:

- anatomické nerovnosti, které jsou vytvořené odkrytými dutinami cév;
- nerovnosti struktury, jsou závislé na povrchových částicích dřeva;
- pružné nerovnosti dřeva, vznikají na místech s rozdílnou hustotou a tvrdostí při působení nástroje;
- nerovnosti po řezném nástroji, tvoří řezný nástroj (rýhy, vlnitost);
- deformační nerovnosti, vznikají vyštípnutím nebo vytrhnutím dřevních vláken;

- chlupatost povrchu, je způsobena zdvihnutím dřevních vláken na povrchu dřeva;
- štrapatost povrchu, vytváří nedokonale oddělené svazky vláken a kousků dřeva.²⁵

7.1. Dřevo jako řezaný materiál

Důležitý prvek řezného procesu je vstupní materiál. Tedy druh dřeva, které chceme zpracovávat do konečných tvarů a rozměrů. Dřeviny dělíme podle více faktorů, a to následovně²⁶:

a. podle základních kritérií:

- jehličnaté (smrk, jedle, borovice, douglaska, vejmutovka, modřín);
- listnaté (lípa, topol, olše, bříza, dub, buk, javor, jasan, jilm, ořešák, akát, habr).

b. podle hustoty:

- měkké (smrk, jedle, borovice, douglaska, vejmutovka, lípa, topol, olše);
- polotvrdé (modřín, bříza);
- tvrdé (dub, buk, javor, jasan, jilm, ořešák, akát, habr).

c. podle pórovitosti:

- kruhovitě pórovité (dub, jasan, jilm, akát);
- polokruhovitě pórovité (ořešák, třešeň);
- roztroušeně pórovité (buk, bříza, habr, javor, lípa, olše, topol, vrba).

²⁵ VARKOČEK, J., ROUSEK, M., HOLOPÍREK, J.: *Dělení, obrábění a tváření materiálů*. Brno: MZLU v Brně. 2004. s.77-78.

SACHAROV, M. D.: *Automatizácia srevárskej výroby*. Bratislava: Vydavateľstvo Alfa, 1983. s. 72-79.

PANÁČKOVÁ, M.; PANÁČEK, P.: *Technologie obrábění dřeva I. pro SOU*. Praha: Nakladatelství Sobotáles, 1984. s. 58.

²⁶ Nábytkářský informační systém. Dřevo. [online]. 2017. [cit. 2017-04-11]. Dostupné na WWW: <http://www.n-i-s.cz/cz/drevo/page/78/>.

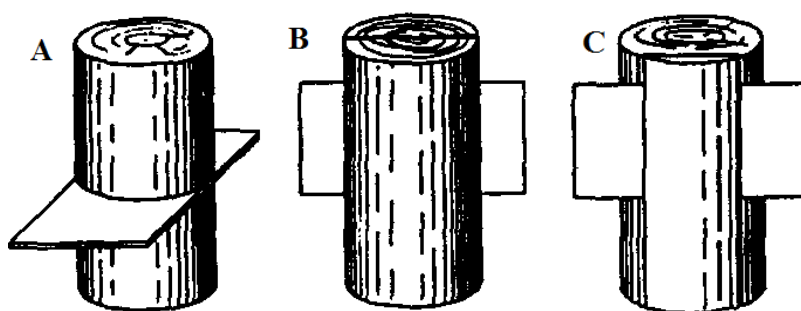
Dalšími materiály, které obrábíme jsou materiály na bázi dřeva. Tyto materiály dělíme do několika skupin podle tabulky č.5.

Tab. č.5: Rozdělení materiálů na bázi dřeva

Zdroj: Böhm, Reisner, Bomba, 2012.

Materiály na bázi dřeva					
Pojené minerálními pojivy		Pojené organickými pojivy			
Cementové	Pojené sádrou	Překlížované	Speciální	Vláknité	Třískové
Vláknité	Třískové	Překlížky	MFO	Vyrobené suchým procesem - MDF - HDF	Lisované válci
Třískové	Vláknité	Bio desky	OSB		Lisované plošně
Štěpkové	Kartonové	SWP	LVL	Vyrobené mokrým procesem - Izolační - Polotvrdé - Tvrdé	Vytlačené lisované
Desky z dřevěné vlny		Složené	PSL		Speciální třískové desky
		Jádrové desky - Laťovky - Dýhovky	LSL		
			TSL	WPC	

Dřevo je anizotropní materiál a v každém směru má rozdílné vlastnosti, takže důležitým hlediskem je také směr obrábění. Mezi tři základní směry ve dřevě patří příčný, radiální a tangenciální, které jsou názorně zobrazené na následujícím obrázku č. 19.



Obr. č.19: Směry ve dřevě

Vysvětlivky: A – příčný řez, B – radiální, C – tangenciální

Zdroj: Dostupné z WWW:
http://ldf.mendelu.cz/und/sites/default/files/multimedia/stavba_dreva/vyuka/makro/zakladni_rezy.htm
 [cit. 2017-04-12].

Příčný řez je vedený kolmo k ose kmene. **Radiální řez** je vedení podélně ke směru vláken, a navíc prochází středem materiálu. **Tangenciální řez** je také vedený podélně ke směru vláken, ale prochází mimo střed materiálu.

Fyzikální vlastnosti dřeva se mohou dělit na vnější a vnitřní. Co se týče řezného procesu, tak vnější vlastnosti nejsou příliš důležité. Zařazujeme sem barvu, vůni, lesk, textura a vláknitost. Naopak vnitřní vlastnosti výrazně dokáží řezný proces ovlivnit, k těmto vlastnostem patří:

- vlhkost dřeva;
- hustota dřeva, nasákavost a pórovitost;
- tepelné, elektrické a zvukové vlastnosti.

Mechanické vlastnosti dřeva vyjadřují odolnost dřeva proti vnějším mechanickým silám. Mezi tyto vlastnosti řadíme²⁷:

- pevnost;
- pružnost;
- tvrdost;
- plastičnost;
- houževnatost;
- odolnost proti tečení;
- odolnost proti trvalému zatížení;
- odolnost proti únavovému lomu;
- schopnost držet spojovací prostředky;
- štípatelnost;
- opotřebovatelnost;
- impregnovatelnost;
- ohýbatelnost.

7.2. Dřevořezný nástroj

Řezný nástroj je dopodrobna popsán v předchozích částech práce.

²⁷ VARKOČEK, J., ROUSEK, M., HOLOPÍREK, J.: *Dělení, obrábění a tváření materiálů*. Brno: MZLU v Brně. 2004. s.1-7.

JOSTEN, E.; REICHE, T.; WITTCHEN, B.: *Dřevo a jeho obrábění*. Praha: Grada Publishing. 2010. s. 58-69.

7.3. Řezné podmínky

Mezi řezné podmínky zařazujeme **řeznou rychlost, posuv a hloubku záběru**. Volbou nesprávných řezných podmínek můžeme nejenom znehodnotit řezaný materiál a nástroj, ale dokonce ohrozit své zdraví. Naopak, správným stanovením je možno pozitivně ovlivňovat výkon obrábění, velikost řezných sil, trvanlivost ostří, příkon stroje, jakost obrobené plochy a další parametry. Aby se předešlo jakýmkoliv chybám v praxi, tak si podniky vytvářejí výrobní postupy, které mají zaručit výrobu v dostačující kvalitě, za co nejnižší náklady a za co nejkratší čas. Od toho je možné odvodit, že záleží také na povaze výroby, zda je kusová, malosériová, sériová nebo hromadná. Řezné podmínky nejvíce ovlivňuje obráběný materiál, materiál nástroje, geometrie řezného klínu, výrobní stroj a požadavky na kvalitu povrchu výrobku.

8. Závěr

Po seznámení s dřevořezným nástrojem, je třeba zhodnotit, že výrazným způsobem ovlivňuje používané technologie při zpracování dřeva a má zásadní vliv na kvalitu produkce. Dále je na něm závislá hospodárnost a produktivita výroby. Musíme si však uvědomit, že celý proces obrábění a výsledek naší práce není pouze o nástroji, ale o provázanosti celé soustavy stroj – přípravek – nástroj – obrobek. Správnou provázaností těchto elementů a správnou volbou řezných podmínek se při kvalitní obsluze stroje dá dosáhnout zvýšení produkce, zlepšení obrobeného povrchu a větší přesnosti výroby.

Při neustálém vývoji materiálů na bázi dřeva se samozřejmě musí posouvat i dřevoobráběcí nástroje, a tak tomu bude i v budoucnosti. Ještě zásadnějším důvodem k vývoji nástrojů je zvyšující se nátlak na snižování nákladů výroby, zvyšování jakosti výrobků, zefektivnění produktivity práce a zvyšování konkurence. Na tyto podmínky musí reagovat i materiály, z kterých jsou nástroje vyrobeny. Jasným příkladem tohoto procesu bylo zpracovávání dřevotřískových desek, pro které se řezné hrany nástrojů na obrábění dřeva začali vyrábět ze slinutých karbidů. Ekonomicky zásadní pro výrobu v tomto oboru je správné ostření a údržba nástroje, která životnost nástroje dokáže prodloužit až několikanásobně.

Táto bakalářská práce se proto věnovala právě dřevořezným nástrojům. Za cíl si kladla popsat jednotlivé druhy nástrojů, jejich výhody při použití, jako i jejich nevýhody. Bez ohledu na zvolený nástroj, je důležité mít na paměti, že každé dřevo má své charakteristické vlastnosti, na které je nutno použít specifické řezné podmínky pro dosažení očekávaného výsledku.

Při psaní práce jsem se setkal s nedostatkem aktuálních odborných článků a zdrojů, především v českém jazyku. Jelikož se jedná o problematiku v neustálém vývoji, pevně věřím, že tato práce poskytne svým přehledem přidanou hodnotu do oboru a podnítky k nově vydaným aktualizovaným zdrojům/materiálům.

9. Literatura

Knižní zdroje

1. BARCÍK, Š.; KVIETKOVÁ, M.; BOMBA, J.; SIKLIENKA, M.: *Dřevoobráběcí nástroje*. Praha: Powerprint, 2013. 355s. ISBN 978-80-87415-80-1.
2. BÖHM, M.; REISNER, J.; BOMBA, J.: *Materiály na bázi dřeva*. Česká Zemědělská Univerzita v Praze. Praha, 2012. 183s. ISBN 978-80-213-2251-6. [online]. 2017. [cit. 2017-04-12]. Dostupné z WWW: http://fld.czu.cz/~bohmm/materialy_na_bazi_dreva.pdf.
3. BRYCHTA, J.; ČEP, R.; NOVÁKOVÁ, J.; PETŘÍKOVÁ, L.: *Skripta Technologie II., 1. díl*. Vysoká škola Báňská. 122s.[online]. 2017. [cit. 2017-04-12]. Dostupné z WWW: http://homel.vsb.cz/~cep77/PDF/skripta_Technologie_II_1dil.pdf.
4. CORBETT, S.: *Práce se dřevem. Kompletní praktická příručka – ucelený soubor návodů pro domácí kutily*. Čestlice: Rebo Productions, 2002. 256s. ISBN 80-7234-212-6.
5. FOREJT, M.; PÍŠKA, M.: *Teorie obrábění, tváření a nástroje*. Brno: Akademické nakladatelství Cerm, 2006. 225s. ISBN 80-214-2374-9.
6. GAZDA, J.: *Teorie Obrábění*. Technická univerzita v Liberci. Liberec, 2009. 112s. ISBN 978-80-7372-498-6.
7. GREGOR, R.: *Materiály a technologie – Dřevo a materiály ze dřeva*. Brno: UJEP, 1989. 84s.
8. HORÁK, J.; OSTRČIL, J.: *Stolárska technológia*. Bratislava: Vydavateľstvo Alfa, 1986. 258s.
9. HORÁK, J.; ŠIMÁNEK, J.: *Truhlář*. Praha: Nakladatelství technické literatury, 1980. 256s.
10. HUMÁR, A.: *Materiály pro řezné nástroje*. Praha: MM publishing, 2008. 235s. ISBN 978-80-254-2250-2.
11. JANÁK, K.; KRÁL, P.: *Technologie I*, Praha: INFORMATORIUM, 2004. 208s. ISBN: 9788073330033.

12. JANÍČEK, F.; VOZÁR, J.; ZBOŘIL, F.: *Výrobní zařízení pro učební obory zpracování dřeva na SOU*. Praha: Nakladatelství technické literatury, n. p., 1986. 260s.
13. JOSTEN, E.; REICHE, T.; WITTCHEN, B.: *Dřevo a jeho obrábění*. Grada Publishing. Praha. 2010. 333s. ISBN: 978-80-247-2961-9.
14. KOČMAN, K.: *Technologické procesy obrábění*. Brno: Akademické nakladatelství Cerm, 2011. 330s. ISBN 978-80-7204-722-2.
15. KOČMAN, K.; PROKOP, J. *Technologie obrábění*. 1. vyd., Brno: Akademické nakladatelství CERM, 2001. 270s. ISBN 80-214-1996-2.
16. KVIETKOVÁ, M.: *Obrábění dřeva*. Praha: CARTER, 2015. 295s. ISBN 978-80-213-2604-0.
17. LISIČAN, J. a kol.: *Teória a technika spracovania dreva*, Zvolen: Matcentrum Zvolen, 1996. 626s. ISBN 80-967315-6-4.
18. MÁDL, J.; VRABEC, M.; KAFKA, J.; DVOŘÁK, R.: *Technologie obrábění*. Praha: Nakladatelství ČVUT, 2007. 88s. ISBN 978-80-01-03752-2.
19. NUTSCH, W. a kol.: *Příručka pro truhláře*. Praha: Sobotáles, 1999. 540s. ISBN 80-85920-60-3.
20. PANÁČKOVÁ, M.; PANÁČEK, P.: *Technologie obrábění dřeva I. pro SOU*. Praha: Nakladatelství Sobotáles, 1984. 134 s. ISBN 80-901684-3-4.
21. PATŘIČNÝ, M.: *Pracujeme se dřevem*. Praha: Grada Publishing, 2004. 106s. ISBN 80-247-1090-0.
22. PATŘIČNÝ, M.: *Pracujeme se dřevem základní příručka*. Praha: Grada Publishing, 2010. ISBN 978-80-247-3581-8.
23. PESCHEL, P. a kol.: *Dřevařská příručka*. Praha: Sobotáles, 2002. 320s. ISBN 80-85920-84-0.
24. PLUHAŘ, J.: *Nauka o materiálech*. Praha: Nakladatelství technické literatury, n.p., 1989. 549s. Typové číslo L13-C3-IV-42f/28891.
25. PROKEŠ, S.: *Obrábění dřeva a nových hmot ze dřeva*. Praha: Nakladatelství technické literatury, n.p., 1982. 584s.

26. SACHAROV, M. D.: *Automatizácia srevárskej výroby*. Bratislava: Vydavateľstvo Alfa, 1983. 352s.
27. VARKOČEK, J., ROUSEK, M., HOLOPÍREK, J.: *Dělení, obrábění a tváření materiálů*. MZLU v Brně. 2004. 123s. ISBN 80-7157-759-6.
28. VLÁSEK, E.: *Technická praktika – ruční obrábění dřeva*. Plzeň: Západočeská univerzita, 1996. 120s. ISBN 80-7082-263-5.

Internetové zdroje

1. Mendelova Univerzita v Brně. Lesnická a dřevářská fakulta. *Výuka anatomické stavby dřeva. Makroskopická stavba dřeva. Základní řezy dřevem*. [online]. 2017. [cit. 2017-04-12]. Dostupné z WWW: http://ldf.mendelu.cz/und/sites/default/files/multimedia/stavba_dreva/vyuka/makro/zakladni_rezy.htm.
2. Nábytkářský informační systém. Dřevo. [online]. 2017. [cit. 2017-04-11]. Dostupné na WWW: <http://www.n-i-s.cz/cz/drevo/page/78/>.
3. Pilana. [online]. 2017. [cit. 2017-04-11]. Dostupné z WWW: <http://www.pilana.cz/>.
4. Tumlikovo. Metal Cutting Technologies. *Geometrie britu obecně* [online]. 2017. [cit. 2017-02-08]. Dostupné z WWW: <http://www.tumlikovo.cz/geometrie-britu-obecne/>.
5. Tumlikovo. Metal Cutting Technologies. *Nitridování oceli*. [online]. 2017. [cit. 2017-02-08]. Dostupné z WWW: <http://www.tumlikovo.cz/nitridovani-oceli/>.