

**Česká zemědělská univerzita v Praze,
Fakulta lesnická a dřevařská
Katedra zpracování dřeva a biomateriálů**



Proces broušení a brusné prostředky na dřevo

Bakalářská práce

Autor: Milan Langhamer

Vedoucí práce: doc. Ing. Monika Sarvašová Kvietková, PhD.

2020

ČESKÁ ZEMĚDĚLSKÁ UNIVERZITA V PRAZE

Fakulta lesnická a dřevařská

ZADÁNÍ BAKALÁŘSKÉ PRÁCE

Milan Langhamer

Dřevařství

Podnikání ve dřevozpracujícím a nábytkářském průmyslu

Název práce

Proces broušení a brusné prostředky na dřevo

Název anglicky

Grinding process and wood abrasives

Cíle práce

Cílem bakalářské práce je rozbor a analýza problematiky procesu broušení. Rozdělení brusných prostředků a jejich vhodnost použití.

Metodika

Charakteristika procesu vyrovnávání nerovností povrchu dřeva jako přírodního materiálu. Rozdělení základních dokončovacích metod a výsledná kvalita povrchu po procesu obrábění. Přiblížení strojních zařízení a nástrojů používaných při tomto způsobu obrábění. Charakteristika vyniklého odpadu při procesu broušení. Výhody a nevýhody tohoto způsobu obrábění.

Doporučený rozsah práce

35 – 45 stránek

Klíčová slova

brusné prostředky, dřevo, materiál, nerovnost

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.
- KVIETKOVÁ, M. Obrábění dřeva. CARTER Praha. 2015. 295 s., ISBN 978-80-213-2604-0.
- LISIČAN, J. et al. Teória a technika spracovania dreva. Zvolen: Mat-centrum, 1996. s. 567-568, ISBN 80-967315-6-4.
- MARUŠÁK, R. Porovnání kvality broušeného povrchu bukových nábytkových dílců kombinací různých zrnitostí brusných prostředků. Brno. 2011. 84 s.
- MIKOLÁŠIK, Ľ. Drevárske stroje a zariadenia I. Alfa, Bratislava, SNTL, Praha 1981.
- ŘASA, J., GABRIEL, V. Strojírenská technologie 3. 1. díl, Metody, stroje a nástroje pro obrábění. Praha: Scientia, 2000. ISBN 80-7183-207-3
- STELLMAN, D. S. a kol. Cancer Mortality and Wood Dust Exposure Among Participants in the American Cancer Society Cancer Prevention Study-II (CPS-II). American Journal of Industrial Medicine. Vol. 34, Iss. 3. Sept. 1998. p. 229-237. ISSN 1097-0274.
-

Předběžný termín obhajoby

2019/20 LS – FLD

Vedoucí práce

doc. Ing. Monika Sarvašová Kvietková, PhD.

Garantující pracoviště

Katedra zpracování dřeva a biomateriálů

Elektronicky schváleno dne 27. 2. 2020

Ing. Radek Rinn

Vedoucí ústavu

Elektronicky schváleno dne 3. 3. 2020

prof. Ing. Róbert Marušák, PhD.

Děkan

V Praze dne 22. 03. 2020

Čestné prohlášení

Prohlašuji, že jsem bakalářskou práci na téma Proces broušení a brusné prostředky na dřevo vypracoval samostatně pod vedením doc. 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..... dne.....

Podpis autora

Poděkování

Rád bych tímto poděkoval vedoucí mé bakalářské práce doc. Ing. Monice Sarvašové Kvietkové, PhD. za poskytnutí podpory a odborných rad při tvorbě této práce.

Abstrakt

Milan Langhamer

Proces broušení a brusné prostředky na dřevo

Klíčová slova: brusné prostředky, dřevo, materiál, nerovnost

Tato bakalářská práce je zaměřena na popis procesu broušení dřeva a jednotlivých brusných prostředků. V první fázi je popsána historie obrábění dřeva a také základní fyzikální veličiny kinematiky broušení, které proces přímo ovlivňují. Dále se práce zabývá základním rozdělením typů broušení na ruční a strojové a jsou zde uvedeny jednotlivé stroje. Na to navazuje kapitola o brusných prostředcích a materiálech, ze kterých jsou vyráběny. Také jsou v práci popsány jednotlivé dokončovací metody. Závěrečná část práce se věnuje vzniku a charakteristice brusného odpadu, dřevního prachu a jeho vlivu na lidské zdraví a základním pravidlům bezpečnosti práce a ochraně zdraví při broušení.

Abstract

Milan Langhamer

Grinding process and wood abrasives

Keywords: abrasives, wood, material, roughness

This bachelor thesis is focused on the description of the process of sanding wood and individual abrasives. The first phase describes the history of woodworking as well as the basic physical quantities of grinding kinematics that directly affect the process. Furthermore, the work deals with the basic division of grinding types into manual and machine and there are listed individual machines. This is followed by a chapter on abrasives and the materials from which they are made. The work also describes the individual finishing methods. The final part of the work deals with the origin and characteristics of abrasive waste, wood dust and its impact on human health and the basic rules of occupational safety and health during grinding.

Obsah

1	Úvod	9
2	Cíl práce.....	10
3	Historie broušení	11
4	Charakteristika a proces broušení.....	12
5	Kinematika broušení.....	13
6	Typy broušení.....	15
6.1	Ruční broušení	15
6.2	Strojové broušení	20
7	Brusné prostředky.....	24
7.1	Přírodní brusiva.....	24
7.2	Syntetické brusiva	25
7.3	Spojení brusných pásů.....	26
7.4	Vlastnosti brusných zrn.....	28
7.5	Podkladový materiál a pojivo.....	29
7.6	Hustota posypu.....	30
7.7	Skladování brusných prostředků.....	31
8	Dokončovací práce	31
8.1	Druhy dokončovacích prací	33
9	Vedlejší produkt broušení.....	35
9.1	Charakteristika dřevního prachu	35
9.2	Vliv brusného prachu na zdraví	35
10	Bezpečnost práce	37
11	Metodika	38
12	Závěr	39
13	Citovaná literatura.....	40

Seznam obrázků, tabulek, grafů

Obrázek 1 - Čelní bruska	11
Obrázek 2 - Průběh broušení.....	12
Obrázek 3 - Druhy seků pilníků	16
Obrázek 4 - Brusná houba čtyřstranná	17
Obrázek 5 - Brusná houba dvoustranná.....	18
Obrázek 6 - Vibrační bruska	19
Obrázek 7 - Ruční pásová bruska	20
Obrázek 8 - Kotoučová bruska.....	21
Obrázek 9 - Vřetenová bruska	22
Obrázek 10 - Širokopásová bruska	23
Obrázek 11 - Spojení brusných pásů	27
Obrázek 12 - Hustota posypu	30
Obrázek 13 - Princip honování (obr. vlevo) a charakteristický vzhled honované plochy (obr. vpravo)	34
Tabulka 1 - Hodnoty měrné síly přitlačování	14
Tabulka 2 - Mohsova stupnice tvrdosti.....	28
Tabulka 3 - Prach různých typů dřev (dle NV 178/2001 Sb., příloha č.9).....	36
Graf 1 - Vliv oscilace na drsnost povrchu při válcovém broušení.....	32
Graf 2 - Závislost drsnosti broušeného povrchu na době broušení pásem.....	33

1 Úvod

Obrábění materiálů, zvláště dřeva, je v lidské historii již dávno a s každým novým věkem je obrábění materiálů dokonalejší. Dříve se používal pazourek nebo křemen a nyní se vyrábí chemicky čisté, syntetické brusné prostředky.

Dřevo je materiál, jehož potenciál není v dnešní době plně využit, ačkoliv se to mění k lepšímu. Vzhledem k dnešnímu pohledu na ekologii, je dřevo jedním ze základních recyklovatelných a obnovitelných materiálů. Používá se ve všech různých odvětvích např. jako konstrukční materiál, na nábytek, ale i na ozdobné prvky, obklady nebo hudební nástroje. Ve většině případů je nutná jeho povrchová úprava. Je to z důvodu zvýraznění kresby dřevin a ochraně výrobku proti biotickým a abiotickým činitelům. A právě před procesem povrchové úpravy je nutné povrch dřeva obrousit. Odstraní se tím nečistoty, vyrovnají se nerovnosti a zejména se zvýší jakost povrchu.

Broušení je jedním z procesů úpravy povrchu dřeva. Použití správného typu stroje, ať už ručního či strojového, a brusného prostředku ovlivňuje kvalitu broušeného povrchu.

Stejně jako u každého jiného typu obrábění, tak i u broušení je důležité věnovat pozornost bezpečnosti práce a ochraně zdraví. Při broušení vzniká velké množství pevných částic o různých velikostech. Ačkoliv se může zdát, že dřevní prach je neškodný, při dlouhodobé expozici způsobuje závažná onemocnění. Proto je důležité dbát zejména na ochranu dýchacích cest.

2 Cíl práce

Cílem této bakalářské práce je literární rešerše na téma „Proces broušení a brusné prostředky na dřevo“. Což zahrnuje analýzu problematiky procesu broušení, rozdělení brusných prostředků a jejich vhodnost použití. Dále shrnout vlastnosti dřevního prachu a jeho vliv na lidské zdraví a pracovní prostředí.

K naplnění hlavního cíle byli potřebné dílčí cíle a to:

- teorie broušení,
- síly působící při procesu broušení,
- typy broušení,
- použité materiály,
- zdravotní aspekty broušení.

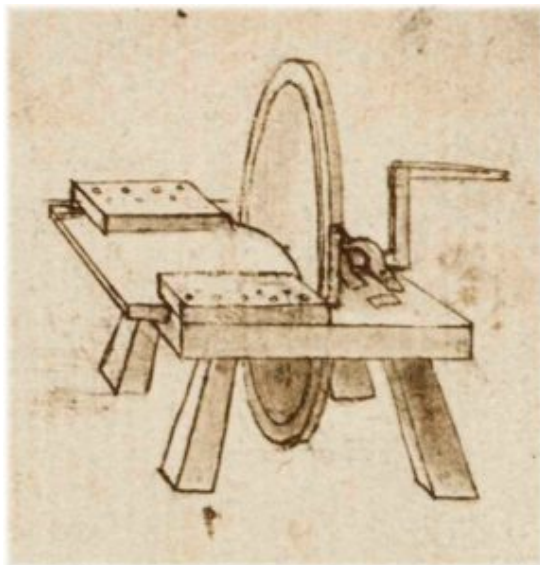
3 Historie broušení

Historie broušení začíná již u pračlověka, který zjistil, že může nabrousit pazourek třením o pískovec. V pozdější době se začaly vyrábět kamenné nádoby, čímž započalo využívání broušení nejenom k ostření nástrojů, ale i k obrábění pro dosažení požadovaného tvaru. Nejčastěji používaným materiálem v pravěku byl pískovec, křemen ve formě sypkého písku a pazourek. Pískovcem se brousily například kamenné bloky používané při stavbě pyramid v Gíze.

Asi 2000 let př. n. l. byl vynalezen první kov – bronz, který je slitinou mědi a cínu. V této době, ve starověkém Egyptě, započalo broušení kovových materiálů. Začalo se také využívat přírodních brusných materiálů jako smirek, granát a diamant. Vznikly také brusné kotouče, které byly vytesány z pískovce. Používali se k broušení nástrojů a mletí obilí. Později, ve středověku byly poháněny vodou (Malkin a spol. 2008).

Ve středověku se pro hrubší broušení dřevěného nábytku používala „písková kůže“, což byla srnčí nebo kozí kůže, která se vypnula, natřela hustým klijem a posypala jemným býlím pískem. Pro jemné broušení se používala rybí kůže zejména z mořské štiky nebo žraloka. Další hojně využívaným prostředkem byla přeslička či pemza (Losos, 2013).

V roce 1500 se objevuje první koncept brusky, kterou nakreslil Leonardo da Vinci. Výkres můžeme vidět na obrázku č.1. Brusné kotouče, které popsal, obsahoval smirek. Jednalo se o kotoučovou brusku s ručním pohonem pomocí kliky. Trvalo ale dalších 300-400 let, než byl tento koncept uveden do praxe.



Obrázek 1 - Čelní bruska

zdroj: <http://leonardo.cadtip.eu/wp-content/uploads/2017/04/ca0879r-vzor-288x300.jpg>

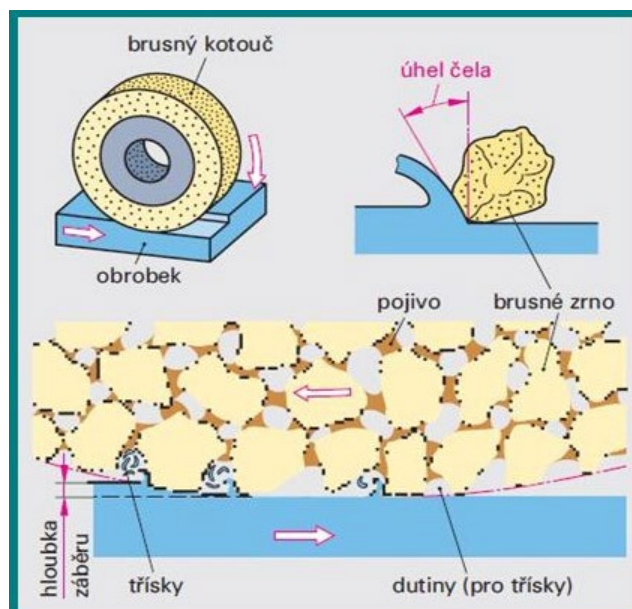
V době průmyslové revoluce se začaly intenzivně rozvíjet mechanické stroje, které ulehčovali lidem práci. Byl to počátek strojního broušení. Na konci 19. století byly vynalezeny syntetické brusné materiály jako například karbid křemíku nebo oxid hlinitý (syntetický korund) (Malkin a spol. 2008).

Proces broušení se postupně zdokonaloval až do „podoby“ kterou známe dnes. V rámci následujících kapitol přiblížím tenhle proces jak z pohledu charakteristiky, rozdělení, základů kinematiky až po vedlejší produkt, který nám vzniká při broušení.

4 Charakteristika a proces broušení

Činnost, kterou se snažíme dát dřevu konkrétní velikost a tvar se nazývá obrábění. Prvním typem je třískové obrábění, kde jako sekundární výstup jsou třísky, hobliny nebo dřevný prach. Do tohoto obrábění patří např. řezání, vrtání, broušení, frézování nebo soustružení. Druhým typem je beztřískové obrábění. Sem patří krájení, loupání nebo ohýbání.

Broušení je základní metodou vyrovnávání povrchu dřeva a používá se nejenom na vyrovnání surových a zadýhovaných konstrukčních desek, ale i na vyrovnání povrchu upraveného tmelením, vyplňováním, ale i podkladovými foliemi (Trávník a další, 2007). Na obrázku č. 2 vidíme schéma procesu broušení.



Obrázek 2 - Průběh broušení

zdroj:

<https://slideplayer.cz/slide/3397758/11/images/6/ZRNA+BRUSIVA+Opot%C5%99eben%C3%AD+a+tvary+zrn+brusiva.jpg>, 20.3.2020

Materiál, který se dostane k procesu broušení je již naformátován na přesné rozměry, proto se broušením již neupravují jmenovité rozměry výrobku. Hlavní důvod broušení je tedy vyrovnání povrchu materiálu, odstranění nečistot a zvýšení jakosti povrchu před následnou úpravou povrchu jako je lakování, moření, aj.

Broušení je jedna z posledních operací při úpravě dřevěných výrobků, ať už se jedná o nábytek, hračky, obklady apod. Na dobré povrchové úpravě zpravidla záleží, zda výrobek získá profesionální vzhled, či nikoliv. Bez dobré přípravy povrchu nepomůže ani kvalitní mnohonásobný nátěr (Kvietková, 2015).

5 Kinematika broušení

Pro kvalitní výsledný povrch broušeného dřeva je důležité hlídat si správné nastavení a parametry strojů i nástrojů. Důvodů je zde několik. Při nesprávně nastavené řezné rychlosti může být povrch broušeného obrobku poškozen, spálen, ale také může dojít k přetrhnutí brusného pásu a zranění pracovníka. Základní veličiny, které je potřeba správně nastavit si přiblížíme v této kapitole.

Řezná rychlost

Výpočet řezné rychlosti můžeme provést podle vzorce (Prokeš, 1982):

$$v = \frac{\pi * D * n}{60} \quad (\text{m} * \text{s}^{-1}) \quad (1)$$

kde: D ... průměr (m) hnacího nebo brousícího válce u pásové nebo válcové brusky, popř. u kotoučové brusky průměr, na kterém řeznou rychlost zjišťujeme,
n ... otáčky hnacího válce (min^{-1}).

Řezná rychlost závisí na schopnosti stroje, na broušeném materiálu a na druhu brousících papírů nebo pláten. Doporučují se tyto průměrné řezné rychlosti brousících pásů:

- pro broušení měkkého dřeva 15-17 $\text{m} * \text{s}^{-1}$,
- pro broušení tvrdého dřeva a dých 20-25 $\text{m} * \text{s}^{-1}$.

Čím větší je řezná rychlost při broušení tvrdého dřeva, tím menší je spotřeba brousících pásů a tím větší je výkonnost stroje. Při broušení měkkého dřeva se však vyšší rychlostí pásy zanášejí a výkonnost stroje klesá (Havránek, a další, 1951).

Řezná síla

Při broušení je třeba obrobek a brousící nástroj vzájemně přitlačovat určitou přitlačnou silou. Vypočítat ji lze dle vzorce (Prokeš, 1982):

$$P_0 = p_0 * F \quad (\text{N}) \quad (2)$$

kde: p_0 ... měrná síla přitlačování ($\text{N} \cdot \text{cm}^{-2}$), která se volí podle druhu broušení v rozsahu 0,01 až $2 \text{ N} \cdot \text{cm}^{-2}$,

F ... plocha broušeného obrobku (cm^2).

Hodnoty měrné síly přitlačování jsou uvedeny v tabulce 1:

Tabulka 1 - Hodnoty měrné síly přitlačování

Prokeš (1982) citující Beršadskij (1967)

	Zrnitost	
	24 až 46	60 až 120
Broušení s pevným stolem,		
při větší broušené ploše F	0,015 – 0,04	0,01 – 0,025
při menší broušené ploše F	0,05 – 0,2	0,02 – 0,05
u válcových brusek	0,5 – 2,0	0,2 – 0,5

A následně můžeme vypočítat celkovou potřebnou sílu P:

$$P = P_0 * f \quad (\text{N}) \quad (3)$$

kde: f ... koeficient tření mezi obrobkem a brousícím nástrojem (hodnoty 0,25 – 0,55).

Síla odporu

Celková síla odporu F_{es} se vypočítá dle vztahu (Kvietková, 2015):

$$F_{es} = p * S_k * (K_a + K_t) \quad (\text{N}) \quad (4)$$

kde: p ... měrný tlak přitlačného přípravku na dřevo (MPa),

S_k ... plocha kontaktu brusného prostředku s přitlačným přípravkem (mm^2),

K_a ... faktor vplyvu abrazívneho trení,

K_t ... faktor vplyvu trení prítlačného prípravku po páse ($K_t = 0,3 \dots 0,4$).

Rychlost posuvu

Rychlost posuvu v_f můžeme vypočítat podle vzorce (Kvietková, 2015):

$$v_f = \frac{60 \cdot Q_{M1} \cdot v_c \cdot l_k}{t} \quad (\text{m} \cdot \text{min}^{-1}) \quad (5)$$

kde: l_k ... šířka a délka kontaktu (cm),

Q_{M1} ... měrná výkonost ($\text{cm}^3 \cdot \text{cm}^2 \cdot \text{min}^{-1}$),

v_c ... řezná rychlost ($\text{m} \cdot \text{s}^{-1}$).

Po základních zákonitostech kinematiky procesu přejdeme na samotné druhy broušení. Jak ruční, tak i strojní obrábění.

6 Typy broušení

V další kapitole se budeme věnovat základnímu rozdělení typu broušení. Broušení dělíme na dvě skupiny, broušení pomocí ručních nástrojů, pak je to ruční broušení, nebo můžeme brousit stroji za přítomnosti obsluhy. Ke každému typu broušení je možné využít více druhů nástrojů a strojů. Níže si popíšeme jednotlivé druhy a jejich výhody a nevýhody.

6.1 Ruční broušení

Jeden z nejzákladnějších typů broušení dřeva je pomocí ručních nástrojů. Téměř každý truhlář má u sebe v dílně pilník nebo rašplí. Ruční nástroje mohou být také elektrické např. vibrační brusky, pásové brusky, delta brusky, ale i kartáčové brusky na strukturování dřeva. Ruční nástroje najdeme zejména v malých dílnách, truhlárnách, kde je výroba zakázková.

Rašplováním opracováváme nepravidelné tvary dřevěných součástek nahrubo, a to odebráním větší vrstvy dřeva. Rašplujeme šikmo přes vlákna. Stopy po rašplování odstraňujeme pilováním (Panáčková, 1990).

Rašple se dělí podle hrubosti na jemné, střední a polohrubé. Toto dělení se určuje podle množství zubových hrotů na cm^2 . Vzhledem k hrubosti seků rašple, je odebráno dané množství materiálu. Rašplování je proces úpravy, po kterém zůstávají hrubé rýhy, a proto se nejedná o finální úpravu. Je tedy důležité dbát na to, aby materiál nebyl rašplován na jmenovitý rozměr, ale zbyla zde vrstva materiál pro konečné dobroušení (Stolari-truhlari.cz, 2015).

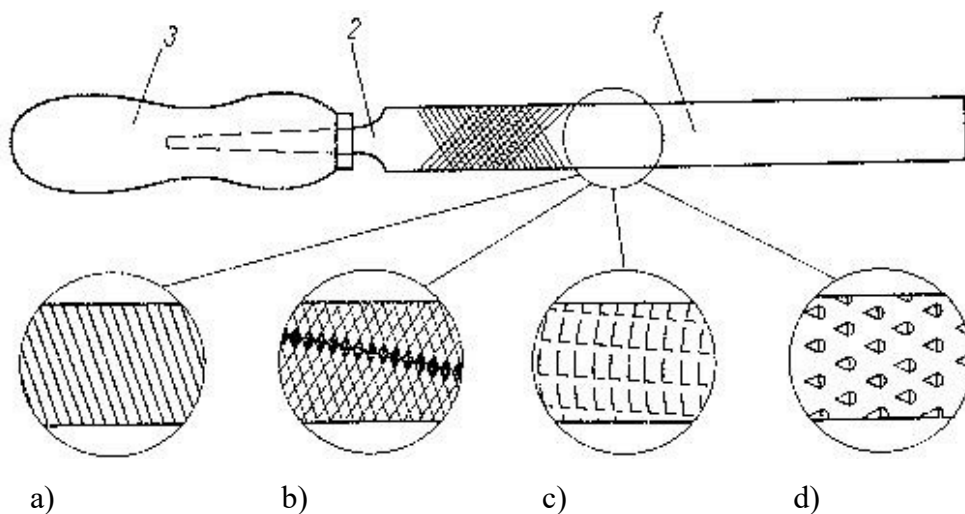
Nevýhodou rašplí je, že se nedají brousit po jejich otupení a že při nesprávném skladování více pilníků nebo rašplí pohromadě se mohou jednotlivé seky olamovat (Štech, 2005).

Dalším způsobem ručního obrábění je pilování. K tomuto procesu obrábění se používá nástroj zvaný pilník. Tímto nástrojem se odebírá vrstva materiálu. Tloušťka odebrané vrstvy a jakost povrchu závisí na typu, tvaru a hrubosti použitého pilníku (ELUC, 10.2.2020).

Pilníky se podle tvaru dělí na půlkulatý, kulatý, velký plochý, malý plochý, trojúhelný a čtyřhranný (ELUC, 10.2.2020).

Půlkulatý pilník je svým tvarem vhodný k pilování zaoblených a rovných ploch a velkých otvorů. Kruhový pilník se také hodí k zbrúšení zaoblených ploch, ale lze ho použít i na kruhové otvory. Ploché pilníky slouží především k pilování rovných ploch a rohů. Čtyřhranný pilník se hodí pro úpravu pravoúhlých otvorů, drážek a rohů. Zatímco trojúhelníkový pilník je vhodný pro pilování ostrých úhlů (Stolari-truhlari.cz, 2015).

Na obrázku č. 3 můžeme vidět 4 druhy seků na pilnicích.



Obrázek 3 - Druhy seků pilníků

Pilníky s jednoduchým sekem (a), křížovým sekem (b), frézované pilníky (c) a rašple (d).

zdroj: https://eluc.kr-olomoucky.cz/uploads/images/22960/content_UC1-760_druhy_seku_pilniku.jpg,

19.3.2020

Další často používaná pomůcka na broušení jsou brusné houby, které jsou dvoustranné nebo čtyřstranné. Jádro brusné houby je z kvalitního molitanu, na který je nanesen brusný materiál, nejčastěji korund nebo keramické zrno.

Dvoustranná brusná houbička (obr. 5) s pružným jádrem se díky své poddajnosti hodí na broušení veškerých profilů a oblých hran. Čtyřstranná brusná houbička (obr. 4) má brusivo nanесeno ze čtyř stran, a proto je vhodná především na broušení rohů.

Na broušení dřeva, laků a tmelů se hodí korundové a keramické zrnо. Keramické zrnо se ještě navíc používá pro broušení kovových materiálů (kvalitníbrusivo.cz, 18. 3. 2020).

Vyrábí se také houba se suchým zipem, kam je možné dokoupit brusné papíry s různou zrnitostí. Výhoda spočívá v tom, že se nemusí skladovat větší množství houbiček o různé zrnitosti, ale pouze jedna houbička s různými brusnými papíry. Výhodou brusné houby je, že se velmi dobře drží v ruce a díky měkkému jádru se s ní dobře brousí i oblé hrany.



Obrázek 4 - Brusná houba čtyřstranná

zdroj: https://www.svetnaradi.com/data/products/2770_3021_pr.jpg, 19.3.2020



Obrázek 5 - Brusná houba dvoustranná

zdroj: https://dopler.eu/1573-thickbox_default/poduska-brusna-p80-flexifoam-dvoustranna.jpg, 19.3.2020

Mezi ruční brusné nástroje je bezesporu potřeba zařadit i ty elektrické. Mají nám práci ulehčit a hlavně zrychlit. Mezi elektrické brusky se řadí vibrační brusky, kotoučové brusky a speciální brusky.

Metoda vibrační brusky spočívá v krátkých a velmi rychlých kmitech (až 30000 kmitů*min⁻¹), které vyústí v krásně hladký povrch. Vibrační brusky jsou tedy vhodné pro konečné broušení povrchu (Hawks, 1995).

Při broušení vibrační bruskou mohou na povrchu obrobku vznikat malá kolečka od brusných zrn, které je poté potřeba doleštit ručně.

Při výběru vibrační brusky je důležité koukat na poměr brusné plochy ku výkonu brusky. Pokud bude plocha brusky větší, měl by být i vyšší příkon motoru. Pro brusnou desku o ploše 160 cm² je vhodné zvolit příkon motoru v rozmezí 200–250 W. Nejmenší brusky, které se používají pouze občas (hobby brusky), mají příkon motoru do 180 W. Brusky pro složitější úkony mohou mít příkon motoru vyšší a to 180–300 W. Příkon motoru nad 300 W je využíván u profesionálních brusek. Počet brusných kmitů se u všech druhů brusek pohybuje v rozpětí 22000–32000 kmitů*min⁻¹ (Valský, 2014).

Standartní upínání brusného papíru je pomocí kovových svorek. To můžeme vidět u vibrační brusky na obrázku č.6.

Další možností upnutí je pomocí suchého zipu. To ovšem vyžaduje speciální brusné papíry, které mají vrstvu chloupků k uchycení. Brusný papír se musí správně

přichytit. Pokud by byl připevněn špatně, mohlo by dojít k protržení papíru. Pro broušení jsou vhodnější brusné papíry s perforací, které zajišťují správné odsávání prachu. Prach tedy nezatěžuje motor brusky v takové míře, čímž se prodlužuje její životnost (Stejskalová, 2017).

Zachycování brusného prachu je u vibračních brusek pomocí váčku nebo je možnost připojení brusky k samostatnému odsávacímu zařízení.



Obrázek 6 - Vibrační bruska

zdroj: https://images.obi.cz/product/CZ/1500x1500/440827_2.jpg, 11.3.2020

Ruční pásové brusky (obr. 7) se kromě velikosti nijak moc neliší od stolových pásových brusek. Brusný pás ručních pásových brusek na dřevo a jiné materiály má šířku mezi 60 a 105 mm. Stejně jako stolová pásová bruska má je složena ze dvou válců, z nichž je jeden poháněný motorem a druhý slouží k napínání pásu. Úběr při broušení pásovou bruskou je větší než u vibrační nebo kotoučové brusky, ale povrch není vybroušen tak do hladka. Proto se používá spíše k hrubšímu broušení trámů, desek a latí. Některé z těchto brusek mají možnost upnutí ke stolu brusným pásem směrem nahoru, čímž se z nich stává stolová bruska. To lze s výhodou uplatnit při broušení malých výrobků, které je nutno přitlačovat rukou nebo bezpečnostním držákem (Tůma, 2019).

Stejskalová (2017) rozděluje ruční pásové brusky na hobby pásové brusky, které mají příkon 600 W a profesionální pásové brusky, které mají i dvojnásobný příkon, tedy 1200 W. Dále říká, že některé pásové brusky umožňují nastavit rychlost motoru, čímž můžeme ovládat rotaci brusného pásu. Zároveň uvádí, že brusný pás běží stále stejně, takže po broušení pásovou bruskou mohou vznikat nežádoucí stopy na obrobku. Doporučuje tedy na jemné broušení použít vibrační nebo excentrickou brusku.



Obrázek 7 - Ruční pásová bruska

zdroj: <https://storage.nako.cz/images/large/f2f451782b119401ca7bc755501abc33.jpg>, 11.3.2020

Kotoučové brusky jsou lehké a hodí se na broušení obkladových desek nebo plochých lišt. U kotoučové brusky je větší riziko poškození povrchu, pokud se bude déle brousit na jednom místě (ANONYM, 11.3.2020).

Obráběcí plocha kotoučové brusky je kruhová a suchým zipem je na ni připnut smirkový kotouč. Ten rotuje vysokou rychlostí v kombinaci s vibrací a obrábí tak danou plochu. Jejich výkony se pohybují od 200 W do 700 W. Upínací talíř na brusný kotouč má u nejmenších typů průměr 115 mm, u středních průměr 125 mm a u největších profi provedení mají průměr až 150 mm (Pecina a Pecina, 2007).

6.2 Strojové broušení

Druhý typ broušení dřeva je pomocí strojů za přítomnosti obsluhy. Existují různé typy brusek – kotoučové, pásové, válcové, ale i kombinované a jiné speciální. Velké strojové brusky se uplatní zejména při velkovýrobě, hromadných a sériových výroбах.

Brusky patří k nejrozšířenějším strojům na zpracování dřeva a jejich uplatnění začíná při egalizaci konstrukčních desek a končí u operace jemného broušení laku (Horák, a další, 1980).

Janíček (1979) kotoučové brusky dělí na obvodové (brusivo je po obvodu kotouče), nebo čelní (s brusivem na čele kotouče, viz. obr. 8). Obvodové brusky dále dělí na vřetenové, svislé a vodorovné. Čelní dělí na svislé (stolové), vodorovné a přenosné. Kotoučová bruska má svisle uložený brusný kotouč, jehož volná plocha je pokryta brusným prostředkem (Josten, a další, 2010).

Kotoučových brusných strojů se používá k broušení čelního dřeva a drobných rovných nebo zaoblených předmětů, k sbrušování rohových spojů při výrobě bedniček apod. (Havránek, a další, 1951).



Obrázek 8 - Kotoučová bruska

zdroj: www.dobrestroje.cz/fotky5238/JET/JDS12-1.jpg, 11.3.2020

Vřetenový či válečkový brousící stroj se podobá frézovacímu stroji. Kromě otáčivého pohybu koná vřeteno též pohyb oscilační. Vřetenové brusičky se používají k broušení zakřivených součástí (Havránek, a další, 1951). Na obrázku č. 9 vidíme vřetenovou brusku s různými průměry brusných válečků.



Obrázek 9 - Vřetenová bruska

zdroj: cdn.uni-max.cz/_t_/UNIMAX/media/Products/51/516693/516693_01_mig_400_400_fit.png,
10.3.2020

Dalším typem strojových brusek jsou brusky pásové.

Pásová bruska je stroj, jímž se brousí materiál širokým, nekonečným brousícím pásem, který obíhá po napínací válcové pásovnici a stykové pásovnici nebo po dvou pomocných pásovnících a přítlačném polštáři (Kvietková, 2015).

Josten, Reiche a Wittchen (2010) popisují stroj jako litinový stojan, jenž nese pracovní stůl a je výškově nastavitelný. Brusný pás je nasazen na dva válce, jež jsou usazené na stojanu. Jeden válec je poháněn motorem, zatímco druhým napínáme brusný pás.

Hnací síla se přenáší řemenem, nebo je pohon stroje přímý, elektromotorem. Obvodová rychlost je $15-25 \text{ m} \cdot \text{s}^{-1}$ (Havránek, a další, 1951).

Slouží pro broušení ploch desek a dílů položených na pracovním stole. Pásové brusky jsou univerzální stroje, které dle provedení mohou brousit masiv, kompozit i plast (houfek.com, 30.5.2020).

Dále existují brusky širokopásové viz. obr. 10. Tyto brusky se velmi dobře uplatnily v závodech pro své výborné vlastnosti. Pracují celkem bez poruch s maximální produktivitou, a i jinak mají mnohé přednosti, jako je bezprašné prostředí – mají dokonalé odsávání, odstraňují fyzickou námahu, mají jednodušší výměnu brusného pásu než u brusky válcové a jejich výkon proti pásovým brusným je několikanásobný (Horák, a další, 1980).

Šíře brusných pásů u širokopásových brusek se pohybuje od 610 do 1300 mm. Oproti pásovým bruskám jsou tyto pásy podstatně širší a mohou tedy obrábět celou plochu obrobku. Pásy mohou být umístěny nahoře, obrábí materiál shora, nebo dole. Posuv brusek je mechanický a je řešen protismykovým pásem nebo pogumovanými podávacími válci, které posouvají obrobek na výstupní stranu stroje (Josten, a další, 2010).

Jejich používání je bezpečné a využití univerzální. Brousit s nimi můžete masivní dřevo, dýhované povrchy i další materiály (houfek.com, 30.5.2020).



Obrázek 10 - Širokopásová bruska

zdroj: www.houfek.com/data/catalog-products/images/800x800/b5-web.jpg, 10.3.2020

Dalším typem je hranová bruska. V těchto strojích obíhá pás přes dva svislé válce. Stojan stroje nese motor, kterým je přímo poháněn jeden z válců, dále nese stojan pracovní stůl se stavitelnou výškou a náklonem. Druhý válec umožňuje přestavováním napínání pásu. Některé konstrukce dovolují naklánění pásu nebo oscilující pohyb válců (Josten, a další, 2010).

Tato bruska se hodí zejména pro obrábění hran a boků obrobku. Množství odebraného materiálu závisí na přítlačné síle, kterou musí pracovník vyvíjet (houfek.com, 30.5.2020).

Válcové brusky jsou stroje s jedním, dvěma nebo třemi brousícími válci. Brousící válce jsou uloženy buď pod rovinou stolu – brusička se spodními válci, nebo nad stolem – s horními válci. Posuv broušeného dřeva u spodních brusiček je válečkový, u strojů s horními brousícími válci se děje nekonečným pryžovým pásem, běžícím na hladce opracovaném, pružně uloženém stole a bývá $4-5 \text{ m} \cdot \text{min}^{-1}$ (Havránek, a další, 1951).

Brusný pás je připevněn pomocí upínacího zařízení na válec, který rotuje ve směru posuvu nebo protiběžně. Dále tyto válce oscilují, čímž zamezují usazování brusného prachu (Josten, a další, 2010).

První dva válce tříválcových strojů mají $1200 \text{ otáček} \cdot \text{min}^{-1}$, třetí válec pro jemné dobroušení až $1600 \text{ otáček} \cdot \text{min}^{-1}$. U některých novějších typů tříválcových strojů se otáčí střední válec opačným směrem než válec první a třetí (Havránek, a další, 1951).

Jedna ze speciálních typů brusek je bubnová bruska. V těchto zařízeních se obrušují boky drobných součástí. Do bubnu se přidává brusný prášek. Převrácením se boky obrousí a uhladí. Velmi dobře se tento způsob broušení uplatňuje při výrobě hraček (Horák, a další, 1980).

7 Brusné prostředky

Abychom mohli skutečně brousit, je zapotřebí stroje vybavit brusným prostředkem, který se skládá z mnoha jednotlivých brusných zrn, o různých vlastnostech a tvrdosti, a podkladového materiálu, jenž jsou spojeny pojivem. Existují dva typy brusných zrn, a to buď přírodní minerály nebo syntetické hmoty, které jsou vyrobeny uměle člověkem. Je důležité znát jednotlivé části brusných prostředků, abychom byli schopni je vhodně použít pro požadovanou jakost broušení a daný stroj. A proto si je přiblížíme v této kapitole.

7.1 Přírodní brusiva

Dříve, než se člověk naučil vyrábět syntetické hmoty, musel používat materiály, které se vyskytovaly volně v přírodě např. křemen, pazourek nebo smírek. Dnes se jich používá méně, jelikož se jejich množství v přírodě snižuje a nejsou chemicky čisté.

Jednou z nejstarších známých brusných hmot je křemen. Je to často se vyskytující tvrdý, lomivý nerost, špatně štípatelný. Čistý křemen, jako kysličník křemitý SiO_2 , mívá

podle Mohse tvrdost 6 až 7. Bývá často znečištěn příměsí železa. Pro výrobu brusných papírů se používá rozdrčených zrníček křemene, který je obvykle smíchán s drčeným sklem (Houdek, 1953).

Pazourek je odrůdou křemene znečištěného silikáty. Je hnědé, světle žluté až žlutavě bílé barvy, při lomu tvoří ostré hrany a rohy a má podle Mohse tvrdost 5 až 6. Pazourkové brusné papíry nemají zvláštní trvanlivost a jakost, nahrazují se brusnými pásy s dokonalejším povrchem (Houdek, 1953). Pazourek může obsahovat železo, jenž má negativní účinky na dřeva bohatá na tříslovinu (Křupalová, 2008).

Přírodní pemza je sopečný, sklovitý produkt s jemnými vlákny a vytváří jej zchladlá pěna lávy. Chemické složení je různé, závislé na nalezišti, obvykle se převážně skládá z karbidu křemíku a kyslíčnicku hlinitého. Tvrdost podle Mohse je 3 až 6 (Houdek, 1953). Přírodní pemza je šedobílé až tmavě šedé barvy, tvoří tupouhlé krystalky. Nezanechává po broušení rýhy, proto se používá k broušení lakových filmů (Křupalová, 2008).

Pískovec dle Houdka (1953) je usazenina, kde jsou zrna křemene spojena hlínovitou zeminou. Pískovec je jemnozrný, střednězrný a hrubozrný. Pískovec se používá jako brusný kámen na broušení nástrojů a při výrobě brusného prostředku k rozmělnění dřeva. V dnešní době je pískovec téměř nepoužívaný.

Nejpoužívanější přírodní brusivo je čistý granát. Jedná se o polodrahokam s ostrohrannými zrny a tvrdostí 6,5 – 7,5. Oproti pazourku je tvrdší a houževnatější.

Nejstarším brusným materiálem je smirek. Jeho největším zdrojem je Malá Asie. Jedná se o oxid hlinitý obsahující různé příměsi. Má hnědou až šedočernou barvu. Jeho tvrdost je 7,5 – 8. Používá se především na broušení kovů, méně pak na dřevo.

Oxid hlinitý, nazývaný také jako přírodní korund. Má vysokou tvrdost (dle Mohse 9 – 9,5) a trvanlivost. Jeho barva je šedobílá až nazelenalá. Svými vlastnostmi je ideální pro broušení dřeva. Avšak pro jeho nedostupnost je drahý (Křupalová, 2008).

7.2 Syntetické brusiva

Syntetická brusiva se začala vyrábět z důvodu nedostatku přírodních brusiv, ale hlavně proto, že jsou chemicky čistá. Neobsahují žádné vedlejší látky, které by mohly nepříznivě působit na proces broušení nebo na samotný obrobek.

Mezi nejpoužívanější syntetické brusivo na dřevo patří syntetický korund (Křupalová, 2008). Syntetický korund neboli elektrokorund, se vyrábí tavením hydroxidu

hlinitého (bauxitu). Je ostrý, tvrdý a houževnatý. Dle Mohseho stupnice má tvrdost 9 – 9,5.

Dalším brusivem je syntetická pemza. Ta se dodává v kusech nebo v prášku. Kusová se používá k broušení lakových filmů za mokra, prášková slouží k plnění pórů a ručnímu leštění (Křupalová, 2008).

Karbid křemíku neboli karborundum se vyrábí spékáním křemíku a uhlíku v elektrických pecích. Je po diamantu nejtvrdší, nejostřejší, ale zrna je poměrně křehké (odlamováním se sice zrna ostří, ale snižuje se jejich životnost). Po korundu je nejpoužívanější brusivem na dřevo (Křupalová, 2008). Používá se na broušení skla, bakelitu, celuloidu, ale i diamantu. Protože se při broušení ulamují zrna, vznikají tak stále nové řezné hrany a brusný pás zůstává ostrý až do vypotřebování brusných zrn. Karborundum se velmi dobře hodí na vodovzdorné brusné papíry (Houdek, 1953).

Karbid boru je vysoce účinný brousící materiál s chemickými a fyzikálními vlastnosti podobnými diamantu (chemická odolnost, tvrdost). Je tak tvrdý, že je přezdíván „černý diamant“ a stal se jedním z předních brusných materiálů (Abrasivesasia.com, 16.2.2020). Používá se především na kovy.

Mezi syntetické brusivo patří také sklo. Jeho tvrdost podle složení je až 6 (podle Mohsovy tabulky tvrdosti). Dnes je použití na brusné papíry značně omezené, neboť skleněné zrna se rychle opotřebovává a má velmi krátkou trvanlivost (Houdek, 1953).

Ocelová vlna je výrobek ze speciální zvláště kvalitní oceli. Je vysoce pevná a velmi elastická s povlakem s pryskyřicí chránící před korozí. Má 7 stupňů hrubosti (od velmi jemného 000 až po velmi hrubý 4), což zaručuje perfektní pracovní výsledky při opracování různých povrchů laků, dřeva, plastů, kovů i kamene (brusivojimi.com, 16.2.2020).

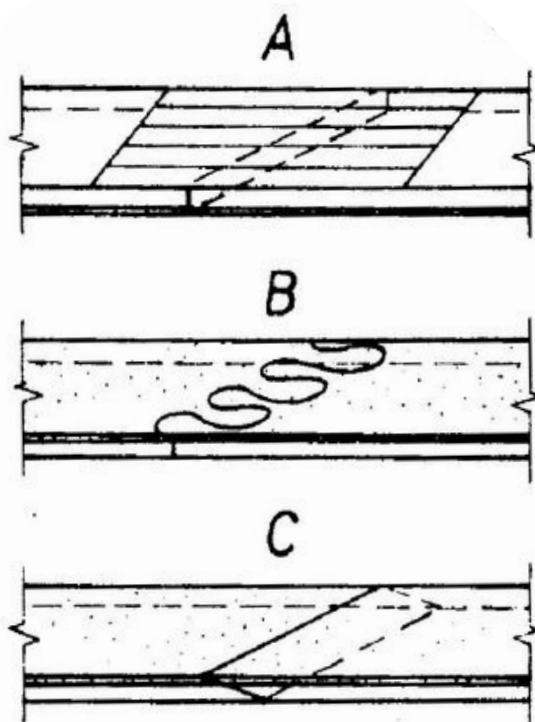
7.3 Spojení brusných pásů

Některé stroje, např. pásová bruska, vyžaduje brusný prostředek jako jeden celistvý nekonečný pás.

Výroba nekonečného brusné pásu probíhá spojením dvou, předem oříznutých konců pásů v úhlu 45°-80° vůči směru pohybu pásu. Spoj musí být bezpečný a trvalý. (Klingspor.cz, 10.2.2020).

Rozeznáváme tyto druhy spojů brusných pásů, viz. obr. 11:

- spojení na tupo (A) - nejběžnější typ spoje, oba konce se seříznou v pravém nebo šikmém úhlu (obvykle 45°), přisadí se těsně k sobě a podlepí se plátěným páskem ze spodní hladké strany brusného pásu.
- Spojení na rybinu (B) - konce brusného papíru se seříznou pod úhlem 45° a ve speciálním stroji se vyrazí na obou stranách rybina, které do sebe zapadnou. Spoj se opět podlepí plátěným páskem. Je vhodné podlepit i okraje spoje brusného pásu 2 cm širokým a 20–30 cm dlouhým plátěným proužkem.
- Spojení přeplátované (C) – používá se hlavně v kovoprůmyslu, na jednom konci pásu se odstraní brusné zrna z podkladového materiálu tak, aby se nepoškodil a nezeslabil. Přeplátování se provádí v šířce 20-30 mm tak, že přes očištěný konec se přesadí a překlíží konec s brusným zrnem. Překlížené místo se více nepodlepuje.
- Zcela podlepené pásy – používají se tam, kde jde o mimořádné zatížení brusného pásu nebo o vysokou oběžnou rychlost (Houdek, 1953).



Obrázek 11 - Spojení brusných pásů

zdroj:

<https://slideplayer.cz/slide/15373304/93/images/13/Brusiva%2C+brusn%C3%A9+p%C3%A1sy+%C5%A0ikm%C3%BD+->

[+na+tup%C3%BD+sr%C3%A1z+Na+ozuby+P%C5%99ep%C3%A1tov%C3%A1n%C3%ADm.jpg,](#)
24.3.2020

7.4 Vlastnosti brusných zrn

Nejdůležitější vlastností je tvrdost brusných zrn. Čím je brusivo tvrdší, tím je efektivita broušení a trvanlivost brusného pásu vyšší. Tvrdost se stanovuje pomocí Mohsovy stupnice, viz. tabulka č. 2, která má rozsah od 1 do 10. Čím vyšší číslo, tím je tvrdost materiálu vyšší. Nejtvrdší materiálem Mohsovy stupnice je diamant s tvrdostí 10. Pro broušení dřeva je ideální použít brusivo s tvrdostí 7 – 9,5 (Křupalová, 2008).

Existují i tvrdší materiály na bázi uhlíku jako je diamant, jsou ale uměle vyrobené.

Tabulka 2 - Mohsova stupnice tvrdosti

Zdroj: <http://www.prvky.com/mohsova-stupnice.html>, 19.3.2020

Tvrdost	Látka	Chemický vzorec
1	mastek	$Mg_3Si_4O_{10}(OH)_2$
2	sůl kamenná	NaCl
3	kalcit	$CaCO_3$
4	kazivec	CaF_2
5	apatit	$Ca_3(PO_4)_2$
6	živec	$KAlSi_3O_8$
7	křemen	SiO_2
8	topaz	$Al_2[SiO_4(F,OH)_2]$
9	korund	Al_2O_3
10	diamant	C

Další důležitou vlastností brusných zrn je velikost a tvar.

Velikost brusných zrn určuje množství odebrané dřevní hmoty. Velká zrna ubírají větší množství, avšak v obrobku zanechávají větší rýhy. Z tohoto důvodu jsou používány pro úpravu hrubých nerovností. Pro úpravu na požadovanou jakost (jemné dobroušení) se používají prostředky s menšími zrnky (Křupalová, 2008).

Pro posouzení velikosti brusných zrn, bylo zavedeno číslování brusných papírů. Rozlišují se zrna velmi hrubá s číslem 12-17 až zrna velmi jemná s číslem 320-600. Číslo zrnění závisí na počtu ok síta na ploše $6,5\text{cm}^2$ (jednoho čtverečného palce), přes která se prosekávají brusná zrna při výrobě brusných papírů (Panáčková, 1990).

Tvar brusného zrna stanovuje schopnost brusiva proniknout do obráběného materiálu. Nejsnadněji do materiálu pronikají ostrohranná zrna, avšak musí mít

dostatečnou tvrdost, jelikož se rychleji otupuje. Brusivo s oblými hranami se používá pro dokončovací proces broušení lakovaných ploch, protože daný povrch tolik nepoškrábe (Křupalová, 2008).

Zrno kulaté se hodí pro broušení kovů. Pro broušení dřeva je nejvhodnější masivní kompaktní zrno s drsnou plochou, ostrými hranami a rohy. Tento výhodný tvar je nejčastěji u granátu a kysličníku hlinitého. Proto se jejich zrna nejlépe hodí pro broušení dřeva (Houdek, 1953).

7.5 Podkladový materiál a pojivo

Jako podkladový materiál se používá papír nebo tkanina různých druhů, např. bavlna nebo polyester.

Barcík a kol. (2013) uvádí, že jako podkladový papír se používá manilový resp. sulfáto – sulfitový (75 + 25 %) s pevností v podélném směru 2,0 MPa a plošnou hmotností 70–300 g*m⁻². Hlavní důraz kladený na papír je jeho rovinnost, pružnost, malá rozpínavost, pevnost v tahu a malé tření na vnitřní straně pásů.

Rozdělení podkladového materiálu se dělí podle gramáže papíru a označuje se velkými písmeny abecedy A, B, C, D, E, F (lignotrade.cz, 25.3.2020).

Podkladová tkanina (bavlna, polyesterové textilie), se rozdělují podle flexibility na velmi a středně flexibilní, pevné s mírnou poddajností a pevné pro široké a úzké pásy na broušení dřeva a kovů.

Používá se také kombinace papíru a tkaniny. Obvyklé provedení kombinace představuje podkladový papír E, na který je kožním kličem přilepená řídká bavlněná tkanina. Tímto se dosáhne vysoké pevnosti, kterou zajišťuje papír, a odolnosti proti natrhnutí kraje, kterou zajišťuje tkanina. Kombinace se používá pro hrubé broušení nekonečnými pásy, nebo na válcových bruskách (Barcík a kol., 2013).

Pro správnou funkci a dlouhou trvanlivost brusiva je důležité brusné zrno spojit s podkladovým materiálem. K tomu se používají různá pojiva, která se dávají ve dvou vrstvách. První základní kotvící vrstva lepidla a druhá krycí vrstva lepidla.

U první vrstvy lepidla rozeznáváme dva typy: jakostní kožní klíč nebo syntetické pryskyřice na bázi močoviny CH₄N₂O. Kožní klíč je kvalitativně horší lepící směs, a proto je určený pro výrobu brusných prostředků k ručnímu broušení a všude tam, kde se nekladem velké nároky na kvalitu.

Druhá vrstva lepidla se ve výrobních procesech nanáší ve dvou vrstvách před a po nánosu brusného zrna. Kombinace klišu a pryskyřice v těchto dvou vrstvách určují čtyři kvalitativně i cenově odlišné skupiny brusných materiálů:

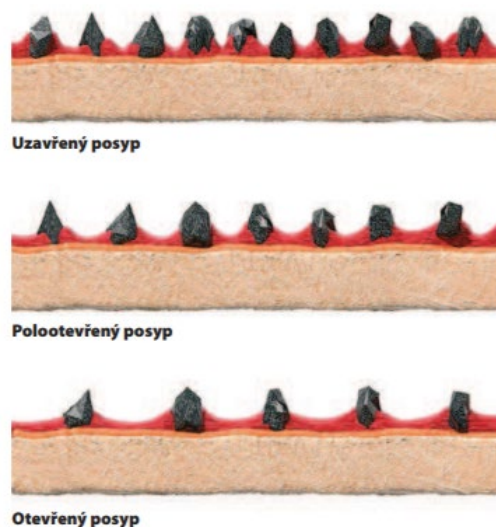
- A. 1. i 2. vrstva – klíš,
- B. 1. vrstva klíš a 2. vrstva pryskyřice,
- C. 1. i 2. vrstva pryskyřice,
- D. 1. i 2. vrstva vodovzdorná syntetická pryskyřice.

Dle skladby jednotlivých vrstev pojiva je i použití jednotlivých skupin různé:

- A. broušení za sucha,
- B. odolnost vůči teplu a částečně odolné vůči vlhkosti,
- C. při broušení nedochází k narušení pojiva teplem,
- D. vhodné k broušení za mokra (Barcík a kol., 2013).

7.6 Hustota posypu

Hustota brusiva rozhoduje o výsledku broušení. Základním pravidlem je, že hustší posyp zajistí lepší brusný úběr materiálu a lepší strukturu povrchu. S ohledem na co nejdélší životnost brusiva může být optimálnější, zejména při broušení měkkých materiálů a dřevin, použití více otevřeného posypu. Polootevřený posyp lze použít také tehdy, brousíme-li mnoho různých typů materiálu (Ingtech.cz, 31.5.2020). Jednotlivé typy vidíme na obrázku č. 12.



Obrázek 12 - Hustota posypu

zdroj:

https://www.ingtech.cz/MIRKA%20Brou%20C5%A1en%C3%AD%20d%C5%99eva.pdf?fbclid=IwAR0fciBXJV-Wt_qXcVK47R-dg94f5yfUGgT3XO0_MlxwjBNbjCLOFDOHYC0, 31.5.2020

7.7 Skladování brusných prostředků

Brusné papíry mají být uloženy v nepříliš suché, a ne příliš vlhké místnosti. Relativní vlhkost vzduchu nemá překročit 70 % a teplota nemá být vyšší než 18°C. Není-li tento ideální stav možný, má se zabránit aspoň značným změnám teploty a rychlým změnám relativní vlhkosti vzduchu (Havránek, a další, 1951).

Barčík a kol. (2013) naopak říká, že brusné pásy by měly být skladovány při teplotě 18 °C až 22 °C a relativní vlhkosti vzduchu 45 % až 65 %. Nesprávné uskladnění brusných prostředků má za následek snížení výkonnosti a odolnosti, případně může vést k jejich poškození nebo zničení. Dále také doporučuje, před použitím brusný pás zaklimatizovat na podmínky, v kterých bude použit. Doporučuje se 24 hodin před použitím umístit pásy na místo k tomu určená.

Brusné pásy mohou v nesprávných podmínkách křehnout a při samotné práci prasknout.

8 Dokončovací práce

U dřeva je dokončovací práce broušení brusným papírem s velmi jemným zrnem tak, aby na povrchu obrobku nebyly vidět žádné rýhy po předchozím broušení apod.

V důsledku toho, že dřevo je organická látka a má vlastnosti surového dřeva, na vlastnosti a jakost polotovaru a výrobků ze dřeva vyplývají tyto činitele:

- vnitřní struktura dřeva – druh dřeviny, část stromu, ze kterého dílce pochází, ošetření dřeva na skladech, chyby dřeva,
- příprava dřeva – stupeň a jakost vysušení, paření, vaření, zhuštění, nanesení lepidlem aj.,
- obrobení dřeva.

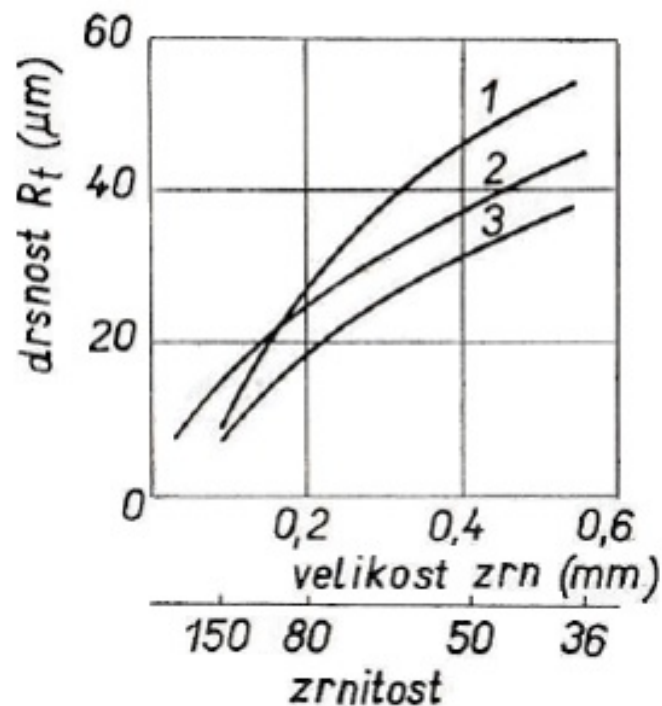
Všeobecně pojmem jakost (kvalita) polotovaru nebo výrobku rozumíme, že všechny jeho vlastnosti mají požadované hodnoty (Mikolášik, 1981).

Kvalitu dokončovacích prací představuje hodnota drsnosti povrchu Ra, která se projevuje tím, že dřevní částičky více nebo méně nepravidelně vystupují z obrobeného povrchu, což zapříčiňuje např. otupení řezné hrany. Rozměry povrchové nerovnosti určují stupeň hladkosti povrchu. Každý způsob obrábění zanechává na povrchu charakteristické uspořádání nerovnosti. Jakost povrchu vyjadřujeme střední hodnotou maximálních výšek

nerovnosti H_{\max} měřených od vrcholu ke dnu profilové křivky na místech největších nerovností (Mikolášik, 1981).

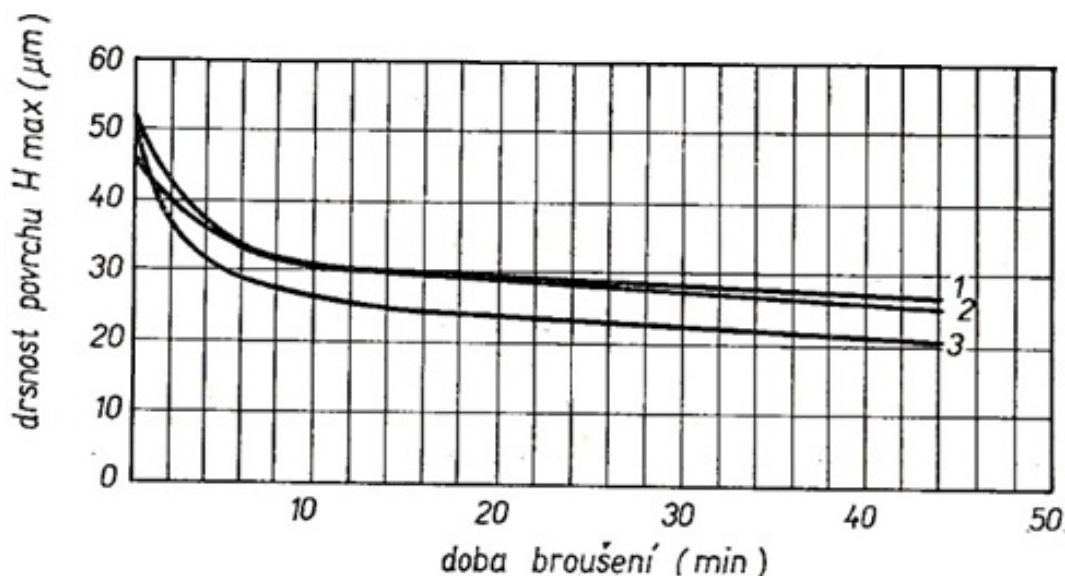
Na drsnost broušeného povrchu má vliv způsob broušení (kotoučem, válcem, pásem), zrnitost brusiva, tvar brusných zrn, ale i směr dřevních vláken vzhledem ke směru řezného pohybu. Dále na to mají vliv dle Řasy (1982) vlastnosti dřeva, stav brousícího nástroje, poměr řezné rychlosti a posuvu a síla přitlačování.

Výsledná drsnost povrchu dřeva je známka kvalitního broušení a stále se vymýšlí technologie broušení tak, aby drsnost byla co nejnižší. Mezi takové technologie patří například oscilace brusného pásu. Na grafu 1 Prokeš (1982) citující Pahlitzsche (1956) uvádí závislost zrnitost brusného pásu na výslednou drsnost. Na grafu 2 můžeme vidět závislost drsnosti povrchu na době broušení pásem Prokeš (1982) citující Žukova (1959).



Graf 1 - Vliv oscilace na drsnost povrchu při válcovém broušení

Prokeš (1982) citující Pahlitzsche (1956)



Graf 2 - Závislost drsnosti broušeného povrchu na době broušení pásem
Podmínky: buk; $v = 19,15 \text{ m} \cdot \text{s}^{-1}$; síla přitlačování $0,25 \text{ N} \cdot \text{cm}^{-2}$
1 - křemen 46; 2 - elektrokorund 46; 3 - sklo 46

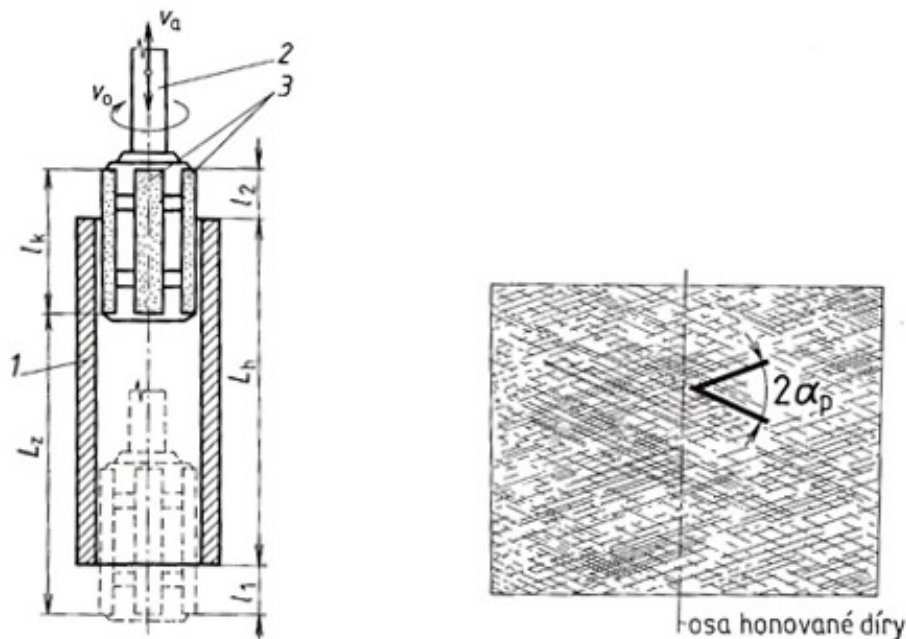
Prokeš (1982) citující Žukova (1959)

8.1 Druhy dokončovacích prací

Mezi dokončovací operace patří například lapování, honování, superfinišování, leštění nebo omílání. Na dřevo se tyto operace nevyužívají, používají se především na kovy. Výsledná jakost obrobeného povrchu se pohybuje v hodnotách menších než $0,8 \mu\text{m}$. U lapování může být konečná drsnost až $0,005 \mu\text{m}$. Jakost povrchu dřeva se přitom pohybuje po konečném broušení v řádech jednotek μm . Je ale důležité tyto dokončovací operace zmínit.

Lapování je proces řezání s volnými brusnými zrny rozptýlenými v pastě, která není v lapovacím nástroji směrově vedená. Lapování se používá při broušení plochy, kde není zohledněn tvar obrobku (Marinescu, 2007). Hodnota drsnosti (R_a) je $0,005$ až $0,2 \mu\text{m}$ (Řasa a další, 2000).

Honování je dokončovací proces zejména ve strojírenství. Je to vnější i vnitřní obrušování malou řeznou rychlostí válcového povrchu brusnými kameny upnutými v honovací hlavě, jak je vidět na obr. 13. Kameny jsou přitlačovány k obráběné ploše tlakem $0,35 - 1,40 \text{ MPa}$. Počet brusných kamenů bývá 3-12. Jsou vyrobeny z karbidu křemíku, umělého korundu nebo technického diamantu. Honováním se dosahuje velké přesnosti geometrického tvaru válcových ploch, odstraní se ovalita, kuželovitost a vlnitost ploch (ELUC, 7.2.2020). Hodnota R_a je $0,1$ až $0,8 \mu\text{m}$ (Řasa a další, 2000).



Obrázek 13 - Princip honování (obr. vlevo) a charakteristický vzhled honované plochy (obr. vpravo)

1 – obrobek, 2 – honovací hlava, 3 – honovací kameny

(Řasa a další, 2005)

Superfinašování je obrábění jemnozrnnými brousícími kameny při nízkých řezných rychlostech, malých měrných tlacích nástroje na obráběnou plochu a při kombinaci kmitavého, otáčivého a přímočarého posuvného pohybu. Hodnota R_a je 0,01 až 0,2 μm .

Leštění je operace obrábění, kterou se odstraní drobné nerovnosti, docílí se zrcadlový lesk a vysoká jakost obrobeného povrchu (až $R_a = 0,1 \mu\text{m}$). Jedná se pouze o malý úběr materiálu, kdy se odstraňují vrcholky nerovností po předchozím obrábění. Leštění je strojní i ruční (Řasa a další, 2000).

Omílání je speciální proces leštění, při kterém se obrobky a lešticí prostředek dostávají do vzájemného pohybu otáčením nebo vibrační strojního zařízení. Úběr materiálu se děje třením a nárazy lešticího prostředku na povrchu obrobku. Hodnota R_a je 0,4 až 1,6 μm (Řasa a další, 2000).

Pro srovnání, v práci Gurau a kol. (2004), brousili dub, buk a smrk brusným papírem zrnitosti P1000 a výsledná naměřená drsnost dubu byla 0,48 μm , buku 0,36 μm a smrku 1,05 μm . U smrku je vyšší drsnost způsobena tím, že smrk je měkké dřevo.

9 Vedlejší produkt broušení

Při manipulaci a zpracování dřeva, ať už je to řezání nebo broušení, vzniká odpad. Při broušení je to primárně tzv. dřevní prach, který je pro okolí, ale i člověka nebezpečný. Existují různé druhy prachu, lišící se velikostí částic a dle toho mají i rozdílný vliv na lidské zdraví. V této kapitole si vše blíže popíšeme.

9.1 Charakteristika dřevního prachu

Hejma (1981) prach definuje jako částice v rozsahu velikosti od 0,001 asi do 0,3 až 0,5 mm. Horní hranice velikosti částic se uvádí různě, ale maximální velikost bývá 1 mm. Obecnou vlastností prachu je jeho špatná sedimentační schopnost, která způsobuje, že velmi dlouhou dobu zůstává v ovzduší. Charakter prachových částic závisí jak na druhu nástroje, tak na vlhkosti dřeva. Všeobecně je známá zdravotní závadnost a poměrně snadná výbušnost dřevního prachu

Longauer – Sujová (2000) dělí frakce dřevního prachu na:

- velmi jemný prach v rozmezí 0,1 μm až 10 μm ,
- jemný prach s rozměry 10 μm až 100 μm ,
- hrubý prach s rozměry 100 μm až 1000 μm .

9.2 Vliv brusného prachu na zdraví

Prach jsou mikroskopické částice, které jsou všude kolem nás. Při broušení vzniká primárně dřevní prach. Jedná se o hořlavou látku, která se může vznítit, a i při malé koncentraci ve směsi se vzduchem může vybuchnout. O dřevním prachu víme to, že je nebezpečný, je vznětlivý a již při nízké koncentraci se vzduchem rovněž výbušný. Minimální koncentrace dřevního prachu ve vzduchu, při které vzniká výbušná směs, je 20 %. Dřevní prach je také nebezpečný pro lidské zdraví, ale neví se, v jaké míře. Obsahuje chemické látky, které tvoří dřevo, např. celulóza, hemicelulóza, lignin, terpeny, pryskyřice atd. ale také např., živé organismy, jejich zbytky, fungicidní, insekticidní přípravky a přírodní i syntetická lepidla (Anonym, 11.3.2020).

Dřevní prach patří mezi dráždivé prachy. Dělí se podle dřeviny na prach z měkkých, tvrdých a exotických dřevin, viz. tabulka č. 3. Jejich účinek je různý a liší se podle druhu dřeviny (Harazím, Klimovič, 2008).

Tabulka 3 - Prach různých typů dřev (dle NV 178/2001 Sb., příloha č.9)

zdroj: vetrani.tzb-info.cz/4838-zvlhcovani-vzduchu-cesta-ke-snizovani-prasnosti, 11.3.2020

Dřevní prach – dle typu dřeva	Účinky dřevního prachu
Dřevní prach z měkkého dřeva	nižší podíl respirabilní frakce ¹
Dřevní prach z tvrdého dřeva	velmi jemný, s větším podílem respirabilní frakce
Dřevní prach z exotického dřeva	toxický, senzibilizující ²

Přípustné expoziční limity v České republice (* dle NV 178/2001 v plném znění) pro tři skupiny dřev dělených podle buněčné stavby a účinku:

- pro dřeviny exotické – toxické, senzibilizující – přípustná hodnota PEL nižší než $1 \text{ mg} \cdot \text{m}^{-3}$,
- pro dřeviny tvrdé – senzibilizující – přípustná hodnota PEL_C nižší než $2 \text{ mg} \cdot \text{m}^{-3}$,
- pro dřeviny měkké – přípustná hodnota PEL_C nižší než $5 \text{ mg} \cdot \text{m}^{-3}$,
- pro dřevní prach z třískových desek a jím podobných podle podílu dřeva a ostatních přídatných látek, pokud není přesně znám platí nejnižší přípustná hodnota PEL 2–5 $\text{mg} \cdot \text{m}^{-3}$ (Harazím, Klimovič, 2008).

PEL – Přípustný expoziční limit chemické látky nebo prachu je celosměnový časově vážený průměr koncentrací plynů, par nebo aerosolů v pracovním ovzduší, jimž může být podle současného stavu znalostí vystaven zaměstnanec v osmihodinové nebo kratší směně týdenní pracovní doby, aniž by u něho došlo i při celoživotní pracovní expozici k poškození zdraví, k ohrožení jeho pracovní schopnosti a výkonnosti (Baumruk, 2008).

Prach se dostává do lidského organismu dýcháním. Proto nejvíce ohrožuje plíce. Hrubé prachové částice jsou zachytávány řasinkovým epitelem, který se nachází v nosní dutině a zabraňuje pronikání prachových částic hlouběji do dýchacích cest. Tyto částice, které jsou větší než $5 \mu\text{m}$, jsou vykašlány nebo spolknuty. Zatímco částice menších

¹ Respirabilní frakce – hmotnostní frakce vdechovaných částic, které pronikají do dýchacích cest, kde není řasinkový epitel. (Hollerová, 2007)

² Senzibilizující – zvýšení, rozšíření citlivosti

rozměrů pronikají hlouběji až do plicních sklípků. Čím jsou částice menší, tím se pravděpodobnost průchodu zvyšuje a zvyšuje se tak i míra nebezpečnosti pro zdraví. U částic velikosti 3 μm je tato pravděpodobnost minimálně 50 % (Hollerová, 2007).

Vdechováním dřevního prachu se zvyšuje riziko respiračních onemocnění, které je ovlivněné hlavně velikostí částic a typem dřeva: záněty sliznic, onemocnění dýchacích cest.

Dále může způsobovat alergické respirační problémy: alergie na složky dřevního prachu – astma, bronchitidy, alergie na plísňe a houby ve dřevě.

Také působí jako karcinogen: karcinom nosu a paranosálních dutin (Harazím, Klimovič, 2008).

Jeho karcinogenní vlastnosti také dokazuje studie vedená Stellmanem a kol. (1998), která poukazuje na to, že delší expozice v prostředí s dřevním prachem může způsobit zejména rakovina plic, prostaty ale i tlustého střeva.

Vzhledem k nebezpečnosti dřevního prachu na lidský organismus je nutností se proti němu bránit. Ať už se jedná o ochranné pomůcky pracovníka, roušky, respirátory, nebo strojové odsávací zařízení. V poslední době se začíná používat i zvlhčování vzduchu.

10 Bezpečnost práce

Jedna z prvních věcí, se kterou musí být pracovník v dílně seznámen je bezpečnost a ochrana zdraví při práci (BOZP).

BOZP je v podstatě prevence rizik. Jedná se tedy o opatření, která mají zamezit zranění či usmrcení pracovníků nebo újmě na majetku. Tato opatření stanovuje zaměstnavatel (Šimek, 2015).

Pracovní prostředí je jedním z nejdůležitějších faktorů při získávání nových zaměstnanců, jejich udržení a zvyšování jejich výkonu a pohody, redukci chyb zaměstnanců, snížení nepřiměřené pracovní zátěže a únavy, pracovní neschopnosti, či nemocí z povolání (Kvietková, 2015).

Úrazy při práci ohrožují zdraví pracujících, jsou příčinou jejich utrpení, snižují pracovní schopnost a způsobují ztráty ve výrobě. Mnoho úrazů je způsobováno nekázní. Je třeba, aby pracující používal ochranných zařízení a nevyřazoval je z provozu (ochranné brýle, kryty atd.), aby dodržoval příkazy o správném a bezpečném pracovním postupu a chování při práci, nepoužíval zakázaných cest, nemanipuloval se zařízením a stroji, k jejichž obsluze není určen a proškolen (Havránek, 1958).

Před zahájením práce na stroji je nutné znát dokonale jeho obsluhu, bezpečnostní předpisy a přesvědčit se, že jak nástroj, tak obrobek jsou dokonale upnuty a nástroj není poškozen (Řasa, a další, 2000).

Nástroje a nářadí pro ruční opracování dřeva musí vyhovovat ustanovením příslušných norem i z hlediska bezpečnosti práce. Aby se při přenášení dlát nepoškodilo jejich ostří o jiné nástroje nebo aby nedošlo k poranění pracovníka, obalujeme čepel ostří do látky nebo dláto ukládáme do usňového pouzdra. Podobně chráníme vrtáky, rašple a pilníky (Panáčková, 1990).

11 Metodika

Pro psaní práce jsem využíval především odbornou literaturu a studijní materiály. Použitá literatura byla novodobá i starší. Problematika broušení se v posledních 50 letech výrazně nezměnila. Doplňující informace jsem poté dohledával v elektronických zdrojích. Obrázky strojů jsou převzaty od prodejců.

12 Závěr

Ve své práci jsem shrnul teoretické a fyzikální hlediska procesu broušení. Broušení je jednou z posledních úprav povrchu materiálu a závisí na ní konečná jakost a drsnost povrchu. Aby se docílilo požadované jakosti, je důležité správně nastavit fyzikální parametry brusných strojů. Například řezná síla určuje hloubku úběru materiálu. V případě vysoké řezné rychlosti může dojít k poškození broušené plochy obrobku.

Dále je také důležité zvolit vhodný brusný nástroj. Ty se dělí na ruční a strojové. Vzhledem k rozdílné velikosti a výkonu se ruční nástroje využívají především v „hobby“ dílnách nebo operativně na místě montáže výrobku. Oproti tomu strojové brusky jsou vhodné do větších dílen a zejména podniků se sériovou výrobou.

Hlavní prvkem brusných strojů je brusný pás, který je složený z podkladového materiálu (tkanina, papír) a brusiva, jež jsou spolu spojeny pomocí pojiva. Brusivo se dělí na přírodní minerály a syntetické látky. Sledují se u něj vlastnosti jako tvar, velikost nebo tvrdost zrna. Na dřevo je nejvhodnější použít z přírodních brusiv granát nebo korund a ze syntetických pak karborundum. Volba vhodného pojiva určuje odolnost brusného vůči teple nebo vysoké vlhkosti.

Při procesu broušení vzniká jako sekundární výstup odpad (brusný prach, piliny), který má ve spojitosti se zbytky brusiva a pojiva negativní vliv na lidské zdraví, a proto je důležité při práci používat ochranné pomůcky nebo stroje, které v sobě již mají zabudované odsávání brusného odpadu. Jako při každé jiné manuální práci, je také důležité pracovníka seznámit s BOZP a dbát na jeho dodržování.

Vzhledem k využití starší a novodobé literatury jsem zjistil, že princip fungování strojů se nezměnil, avšak nové technologie a syntetické materiály přispívají k lepším a přesnějším výsledkům broušení.

13 Citovaná literatura

1. **Barčík, Š., Kvietková, M., Bomba, J. a Siklienka, M. 2013.** Dřevoobráběcí nástroje – údržba a provozování: vysokoškolská učebnice. Praha: Powerprint, 355 s. ISBN 978-80-874-15-80-1.
2. **Blažek, V. 1970.** Strojní obrábění dřeva. Praha: SNTL, 1970, 80str.
3. **Havránek, K. a Babák, S. 1951.** Strojní obrábění dřeva. Praha: Práce, 1951.
4. **Havránek, K. 1958.** Ruční obrábění dřeva. Praha: PRÁCE, 1958.
5. **Hejma, J. a kol. 1981,** Vzduchotechnika v dřevozpracovávajícím průmyslu, Praha, SNTL – Nakladatelství technické literatury, 1981, 398str. ISBN 04-829-81.
6. **Horák, J. a Šimánek, J. 1980.** Truhlář. Praha: SNTL, 1980, 256str.
7. **Houdek, J. 1953.** Broušení dřeva. Praha: Státní nakladatelství technické literatury, 1953.
8. **Janiček, F. 1979.** Stroje a zařízení. Praha: SNTL, 1979, 304str.
9. **Josten, E., Reiche, T. a Wittchen, B. 2010.** Dřevo a jeho obrábění. Praha: Grada, 2010, 336str. 978-80-247-2961-9.
10. **Kozák, V. 1966.** Truhlář. Praha: SNTL, 1966, 128str.
11. **Křupalová, Z., 2008.** Nauka o materiálech: pro 1. a 2. ročník SOU učebního oboru truhlář. 3., upr. vyd. Praha: Sobotáles, 256 s. ISBN 978-80-86817-25-5.
12. **Kvietková, M. 2015.** Obrábění dřeva. Praha: Česká zemědělská univerzita v Praze, Fakulta lesnická a dřevařská, 2015. 295str. 978-80-213-2604-0.
13. **Longauer, J. - Sujová, E. 2000.** Vybrané vlastnosti tuhých částic. Vedecké štúdie, TU vo Zvolene, 2000, ISBN 80-228-1022-3
14. **Losos, Ludvík. 2013.** Historický nábytek: konstrukce, údržba, restaurování. Praha: Grada, 2013. ISBN 978-80-247-3546-7.
15. **Malkin, S. a Changsheng GUO. 2008.** Grinding technology: theory and application of machining with abrasives. 2nd ed. New York: Industrial Press, 2008. ISBN 978-0-8311-3247-7.
16. **Marinescu, Ioan D., Eckart Uhlmann a Toshiro K. Doi. 2007.** Handbook of lapping and polishing. Boca Raton, FL: CRC Press, c2007. ISBN 9781574446708.
17. **Mikolášik, Ľ. 1981.** Drevárske stroje a zariadenia. Bratislava: Alfa, 1981, 272str.

18. **Panáčková, M. 1990.** Technologie obrábění dřeva I. Praha: SNTL, 1990, 136str. 80-03-00292-3.
19. **Prokeš, S. 1982.** Obrábění dřeva a nových hmot ze dřeva. Praha: SNTL, 1982, 584str.
20. **Řasa, J. a Gabriel, V. 2000.** Strojírenská technologie 3. Praha: Scientia, 2000. 80-7183-207-3.
21. **Stellman, S.D., Demers, P.A., Colin, D. and Boffetta, P. 1998,** Cancer mortality and wood dust exposure among participants in the American Cancer Society Cancer Prevention Study-II (CPS-II). American Journal of Industrial Medicine, p. 229-237, ISSN 1097-0274
22. **Trávník, A. Svoboda, J. 2007.** Technologické procesy výroby nábytku. 1. vyd. Brno: MZLU, 180 str. ISBN 978-7375-056-5

Citované elektronické zdroje

1. **Anonym (2015).** Jak vybírat elektrickou brusku. [online], [cit. 2015-11-11]. Dostupné z: <http://www.naseinfo.cz/jak-vybirat-elektrickou-brusku>
2. **Anonym (2015).** Zvlhčování dramaticky snižuje prašnost prostředí. [online], © 2014 Drekoma s.r.o., [cit. 11.3.2020]. Dostupné z: <http://www.drekoma.cz/trochateorie/zvlhcovani-dramaticky-snizuje-prasnost-prostredi>
3. **Baumruk, J. (2008).** Přípustné expoziční limity chemických látek v pracovním prostředí, SZÚ. SZÚ [online]. Copyright © 2007 [cit. 11.03.2020]. Dostupné z: <http://www.szu.cz/tema/pracovni-prostredi/pripustne-expozicni-limity-chemickych-latek-v-pracovnim-prostredi>
4. **Brusiva a brusné prostředky - Bevedo.cz.** Bevedo.cz - vyhledávač pro váš domov [online]. Copyright © 2016 Bevedo.cz [cit. 04.03.2020]. Dostupné z: <https://www.bevedo.cz/napoveda/clanky/brusiva-brusne-prostredky/>
5. **Brusivojimi.com.** Vlna ocelová. Brusivo, brusné a lamelové kotouče, jádrové vrtáky, DIA kotouče. [Online] JIMI-Brusivo, s.r.o. [Citace: 16. 2. 2020.] <http://www.brusivojimi.com/lestici-pasty-a-nastroje/vlna-ocelova>.
6. **Brusné houby – Kvalitní Brusivo.** Kvalitní Brusivo [online]. Dostupné z: <https://www.kvalitnibrusivo.cz/13-brusne-houby> [Citace: 18. 3. 2020.]
7. **Dragon Abrasives Group.** China Customized Abrasive Boron Carbide for Grinding and Blasting Manufacturers and Suppliers – Buy & Wholesale Boron Carbide from Factory – DRAGON ABRASIVES. China Factory – Abrasives, Sandblasting, Refractory, Abrasive Tools Suppliers and Manufacturers – Dragon Abrasives. [Online] Copyright © Dragon Abrasives Group Limited All rights reserved. [Citace: 16. 2 2020.] <http://www.abrasivesasia.com/abrasives/sic/abrasive-boron-carbide-for-grinding-and.html>.
8. **ELUC.** ELUC – druhy pilníků. Elektronická učebnice. [Online] [Citace: 10. 02 2020.] <https://eluc.kr-olomoucky.cz/verejne/lekce/1134>.
9. **ELUC – honování.** Elektronická učebnice. [Online] [Citace: 7. 2 2020.] <https://eluc.kr-olomoucky.cz/verejne/lekce/1384>.

10. **ELUC** – pilování. Elektronická učebnice. [Online] [Citace: 10. 2 2020.]
<https://eluc.kr-olomoucky.cz/verejne/lekce/1132>.
11. **Gurau, L., Mansfield-Williams, H., & Irle, M. 2004.** Processing roughness of sanded wood surfaces. Holz Als Roh – Und Werkstoff, 63(1), 43–52. doi:10.1007/s00107-004-0524-8
12. **Harazím, M. Klimovič. M. (2008).** Zvlhčování vzduchu – cesta ke snížení prašnosti. [online], c2012, [cit. 11.3.2020], Dostupné z: <https://vetrani.tzb-info.cz/4838-zvlhcovani-vzduchu-cesta-ke-snizovani-prasnosti>, ISSN 1801-4399
13. **Hawks, Leona K. 1995,** "Wood Finishing & Refinishing: Sanding" (1995). All Archived Publications. Paper 531. [cit. 11.03.2020].
https://digitalcommons.usu.edu/extension_histall/531
14. **Hollerová, J. (2007).** Prašnost na pracovišti, SZÚ. SZÚ [online]. Copyright © 2007 [cit. 11.03.2020]. Dostupné z: <http://www.szu.cz/tema/pracovni-prostredi/prasnost-na-pracovisti-1>
15. **Houfek.com.** Hranové brusky | HOUFEK a.s.. Patříme mezi světovou špičku výrobců obráběcích strojů | HOUFEK a.s. [online]. Copyright © 2019 [cit. 30.05.2020]. Dostupné z: <https://www.houfek.com/hranove-brusky>
16. **Houfek.com.** Pásové brusky na dřevo | HOUFEK a.s.. Patříme mezi světovou špičku výrobců obráběcích strojů | HOUFEK a.s. [online]. Copyright © 2019 [cit. 30.05.2020]. Dostupné z: <https://www.houfek.com/pasove-brusky>
17. **Houfek.com.** Širokopásové brusky na dřevo | HOUFEK a.s.. Patříme mezi světovou špičku výrobců obráběcích strojů | HOUFEK a.s. [online]. Copyright © 2019 [cit. 30.05.2020]. Dostupné z: <https://www.houfek.com/sirokopasove-brusky-na-drevo>
18. **Ingtech.cz.** INGTECH, s.r.o. - Výroba a prodej brusiva a příslušenství. INGTECH, s.r.o. - Výroba a prodej brusiva a příslušenství [online]. Copyright © 2018 INGTECH, s.r.o. [cit. 31.05.2020]. Dostupné z: https://www.ingtech.cz/MIRKA%20Brou%20C5%A1en%C3%AD%20d%C5%99eva.pdf?fbclid=IwAR0fciBXJV-Wt_qXcVK47R-dg94f5yfUGgT3XO0_MlxwjBNbjCLOFDOHYC0

19. **Klingspor.cz.** Formy pásových spojů. Klingspor.cz. [Online] [Citace: 10. 02 2020.] <https://www.klingspor.cz/znalosti-o-brouseni/spojeni-pasu>.
20. **Lignotrade.cz,** Brusné papíry. [online]. Copyright © 2020 [cit. 25.03.2020]. Dostupné z: <https://www.lignotrade.cz/inpage/brusne-papiry/>
21. **Pecina, J., Pecina, P. (2007).** Elektrické ruční nářadí pro práci se dřevem. [online], Brno: PF MU, [cit. 11.3.2020]. Dostupné z: <http://www.ped.muni.cz/wtech/elearning/mtd-naradi.pdf>
22. **Pecina, P. (2019).** Materiály a technologie-dřevo (výuková prezentace). [online], Brno: PF MU, [cit. 20.3.2020]. Dostupné z: http://ped.muni.cz/data/TE2BP_MTDR/Drevo_prezentace_10-15.pdf
23. **Přírodní brusiva - Bevedo.cz.** Bevedo.cz - vyhledávač pro váš domov [online]. Copyright © 2016 Bevedo.cz [cit. 04.03.2020]. Dostupné z: <https://www.bevedo.cz/napoveda/clanky/prirodni-brusiva/>
24. **Stejskalová, H. 2017.** Vibrační bruska: Podle čeho ji vybrat - Dřevostavitel.cz. Dřevostavby a bydlení | nezávislý portál Dřevostavitel [online]. [cit. 10.03.2020]. Dostupné z: <https://www.drevostavitel.cz/clanek/vibracni-bruska>
25. **Stejskalová, H. 2017.** Pásová bruska: Výborný pomocník při broušení větších ploch - Dřevostavitel.cz. Dřevostavby a bydlení | nezávislý portál Dřevostavitel [online]. Dostupné z: <https://www.drevostavitel.cz/clanek/pasova-bruska>
26. **Stolari-truhlari.cz. 2015.** Ruční obrábění dřeva – díl IV. - Rašplování a pilování. stolari-truhlari.cz. [Online] 14. 9 2015. [Citace: 28. 12 2019.] <https://www.stolari-truhlari.cz/clanek/rucni-obrabeni-dreva-dil-iv.-rasplovani-a-pilovani-427?idk=60>.
27. **Šimek, M. (2015).** Co je BOZP? Bezpečnost a ochrana zdraví při práci | CRDR. BOZP a PO – bezpečnost práce moderně a efektivně | CRDR [online]. Copyright © 2020 CRDR spol. s r.o. [cit. 09.03.2020]. Dostupné z: <https://www.bozp.cz/aktuality/co-je-bozp/>
28. **Štech, K. 2005.** Ruční broušení dřeva | Chatař Chalupář. Chatař Chalupář [online]. Copyright © Časopisy pro volný čas s.r.o., Táborská 5 [cit. 24.03.2020]. Dostupné z: <https://www.chatar-chalupar.cz/rucni-brouseni-dreva/>

- 29. Tůma, J. (2019)** Pásová bruska | Chatař Chalupář. Chatař Chalupář [online].
Copyright © Časopisy pro volný čas s.r.o., Táborská 5 [cit. 10.03.2020].
Dostupné z: <https://www.chatar-chalupar.cz/pasova-bruska/>
- 30. Valský, T. (2014)**. Jak vybrat vibrační brusku | Rucni-naradi.cz. [online].
Copyright ©2003 [cit. 10.03.2020]. Dostupné z: <https://www.rucni-naradi.cz/jak-vybrat-vibracni-brusku>