

Zařízení pro broušení rovinných ploch dřevěných výrobků

Petr Mana

Bakalářská práce
2019

 Univerzita Tomáše Bati ve Zlíně
Fakulta technologická

Univerzita Tomáše Bati ve Zlíně

Fakulta technologická

Ústav výrobního inženýrství

akademický rok: 2018/2019

ZADÁNÍ BAKALÁŘSKÉ PRÁCE

(PROJEKTU, UMĚLECKÉHO DÍLA, UMĚLECKÉHO VÝKONU)

Jméno a příjmení: **Petr Mana**
Osobní číslo: **T16088**
Studijní program: **B3909 Procesní inženýrství**
Studijní obor: **Technologická zařízení**
Forma studia: **prezenční**

Téma práce: **Zařízení pro broušení rovinných ploch dřevěných výrobků**

Zásady pro vypracování:

1. Vypracujte literární rešerši na dané téma.
2. Provedte průzkum trhu s ohledem na požadavky broušení.
3. Provedte konstrukční návrh včetně výrobní dokumentace
4. Provedte realizaci celého návrhu.

Rozsah bakalářské práce: **cca 60 stran**
Rozsah příloh:
Forma zpracování bakalářské práce: **tištěná/elektronická**

Seznam odborné literatury:

1. **PROKEŠ, Stanislav. Obrábění dřeva a nových hmot ze dřeva. Vyd. 3, nezměn. Praha: SNTL, 1982, 584 s. Redakce literatury spotřebního průmyslu.**
2. **VAŠEK, Vladimír a Otakar KAŠTÁNEK. Části strojů. Praha: Státní nakladatelství technické literatury, 1977, 224 s.**
3. **BRENÍK, Přemysl a Josef PÍČ. Obráběcí stroje: konstrukce a výpočty. Praha: Státní nakladatelství technické literatury, 1982, 573 s.**

Vedoucí bakalářské práce: **Ing. Adam Škrobák, Ph.D.**
Ústav výrobního inženýrství
Datum zadání bakalářské práce: **2. ledna 2019**
Termín odevzdání bakalářské práce: **24. května 2019**

Ve Zlíně dne 19. února 2019

L.S.

doc. Ing. Roman Čermák, Ph.D.
děkan

prof. Ing. Berenika Hausnerová, Ph.D.
ředitel ústavu

Příjmení a jméno: MAMA PETR

Obor: TECHNOLOGICKÁ ZAD

PROHLÁŠENÍ

Prohlašuji, že

- beru na vědomí, že odevzdáním diplomové/bakalářské práce souhlasím se zveřejněním své práce podle zákona č. 111/1998 Sb. o vysokých školách a o změně a doplnění dalších zákonů (zákon o vysokých školách), ve znění pozdějších právních předpisů, bez ohledu na výsledek obhajoby¹⁾;
- beru na vědomí, že diplomová/bakalářská práce bude uložena v elektronické podobě v univerzitním informačním systému dostupná k nahlédnutí, že jeden výtisk diplomové/bakalářské práce bude uložen na příslušném ústavu Fakulty technologické UTB ve Zlíně a jeden výtisk bude uložen u vedoucího práce;
- byl/a jsem seznámen/a s tím, že na moji diplomovou/bakalářskou práci se plně vztahuje zákon č. 121/2000 Sb. o právu autorském, o právech souvisejících s právem autorským a o změně některých zákonů (autorský zákon) ve znění pozdějších právních předpisů, zejm. § 35 odst. 3²⁾;
- beru na vědomí, že podle § 60³⁾ odst. 1 autorského zákona má UTB ve Zlíně právo na uzavření licenční smlouvy o užití školního díla v rozsahu § 12 odst. 4 autorského zákona;
- beru na vědomí, že podle § 60³⁾ odst. 2 a 3 mohu užít své dílo – diplomovou/bakalářskou práci nebo poskytnout licenci k jejímu využití jen s předchozím písemným souhlasem Univerzity Tomáše Bati ve Zlíně, která je oprávněna v takovém případě ode mne požadovat přiměřený příspěvek na úhradu nákladů, které byly Univerzitou Tomáše Bati ve Zlíně na vytvoření díla vynaloženy (až do jejich skutečné výše);
- beru na vědomí, že pokud bylo k vypracování diplomové/bakalářské práce využito softwaru poskytnutého Univerzitou Tomáše Bati ve Zlíně nebo jinými subjekty pouze ke studijním a výzkumným účelům (tedy pouze k nekomerčnímu využití), nelze výsledky diplomové/bakalářské práce využít ke komerčním účelům;
- beru na vědomí, že pokud je výstupem diplomové/bakalářské práce jakýkoliv softwarový produkt, považují se za součást práce rovněž i zdrojové kódy, popř. soubory, ze kterých se projekt skládá. Neodevzdání této součásti může být důvodem k neobhájení práce.

Ve Zlíně 22. 05. 2014

¹⁾ zákon č. 111/1998 Sb. o vysokých školách a o změně a doplnění dalších zákonů (zákon o vysokých školách), ve znění pozdějších právních předpisů, § 47 Zveřejňování závěrečných prací:

(1) Vysoká škola nevydávalečně zveřejňuje disertační, diplomové, bakalářské a rigorózní práce, u kterých proběhla obhajoba, včetně posudků oponentů a výsledku obhajoby prostřednictvím databáze kvalifikačních prací, kterou spravuje. Způsob zveřejnění stanoví vnitřní předpis vysoké školy.

(2) Disertační, diplomové, bakalářské a rigorózní práce odevzdané uchazečem k obhajobě musí být též nejméně pět pracovních dnů před konáním obhajoby zveřejněny k nahlížení veřejnosti v místě určeném vnitřním předpisem vysoké školy nebo není-li tak určeno, v místě pracoviště vysoké školy, kde se má konat obhajoba práce. Každý si může ze zveřejněné práce pořizovat na své náklady výpisy, opisy nebo rozmnoženiny.

(3) Platí, že odevzdáním práce autor souhlasí se zveřejněním své práce podle tohoto zákona, bez ohledu na výsledek obhajoby.

²⁾ zákon č. 121/2000 Sb. o právu autorském, o právech souvisejících s právem autorským a o změně některých zákonů (autorský zákon) ve znění pozdějších právních předpisů, § 35 odst. 3:

(3) Do práva autorského také nezasahuje škola nebo školské či vzdělávací zařízení, užíje-li nikoli za účelem přímého nebo nepřímého hospodářského nebo obchodního prospěchu k výuce nebo k vlastní potřebě dílo vytvořené žákem nebo studentem ke splnění školních nebo studijních povinností vyplývajících z jeho právního vztahu ke škole nebo školskému či vzdělávacímu zařízení (školní dílo).

³⁾ zákon č. 121/2000 Sb. o právu autorském, o právech souvisejících s právem autorským a o změně některých zákonů (autorský zákon) ve znění pozdějších právních předpisů, § 60 Školní dílo:

(1) Škola nebo školské či vzdělávací zařízení mají za obvyklých podmínek právo na uzavření licenční smlouvy o užití školního díla (§ 35 odst. 3). Odpírá-li autor takového díla udělit svolení bez vážného důvodu, mohou se tyto osoby domáhat nahrazení chybějícího projevu jeho vůle u soudu. Ustanovení § 35 odst. 3 zůstává nedotčeno.

(2) Není-li sjednáno jinak, může autor školního díla své dílo užít či poskytnout jinému licenci, není-li to v rozporu s oprávněnými zájmy školy nebo školského či vzdělávacího zařízení.

(3) Škola nebo školské či vzdělávací zařízení jsou oprávněny požadovat, aby jim autor školního díla z výdělku jím dosaženého v souvislosti s užitím díla či poskytnutím licence podle odstavce 2 přiměřeně přispěl na úhradu nákladů, které na vytvoření díla vynaložily, a to podle okolností až do jejich skutečné výše; přitom se přihlíží k výši výdělku dosaženého školou nebo školským či vzdělávacím zařízením z užití školního díla podle odstavce 1.

ABSTRAKT

Bakalářská práce je zaměřena na konstrukci zařízení pro broušení rovinných ploch dřevěných výrobků a jeho následnou výrobu. Teoretická část se zabývá problematikou konstrukce rámu a strojního vedení, technologiemi broušení dřeva, vrtáním, frézováním a obráběním pomocí laseru. Praktická část se skládá nejprve z průzkumu trhu, návrhu konstrukce s ohledem na cenovou dostupnost komponentů, výsledné praktické využití a požadovanou přesnost zařízení a následně je popsáno provedení výroby jednotlivých komponentů a kompletace celého zařízení.

Klíčová slova: Broušení dřeva, konstrukce rámu, laserové popisování, stavebnicové systémy

ABSTRACT

This bachelor thesis is focused on the construction of equipment for grinding flat surfaces of wooden products and its subsequent production. The theoretical part deals with the frame design and machine guidance, wood grinding technologies, drilling, milling and laser machining. The practical part consists of market research, design of the construction with regard to the cost of components, resulting practical use and required accuracy of the equipment followed by the production of individual components. The assembling of the whole equipment is described in the end.

Keywords: Wood grinding, frame construction, laser marking, building kit systems

Poděkování:

Rád bych touto cestou poděkoval vedoucímu mé bakalářské práce, panu Ing. Adamu Škrobákovi Ph.D., za vstřícný a profesionální přístup, odborné vedení, cenné rady a čas který mi poskytl při konzultacích.

Poděkování patří také mé rodině a přátelům za pomoc, podporu a trpělivost při mém studiu.

OBSAH

ÚVOD.....	11
I TEORETICKÁ ČÁST.....	12
1 DŘEVO.....	13
2 DŘEVOOBRÁBĚCÍ STROJE.....	14
2.1 BROUŠENÍ	14
2.1.1 Broušící nástroj	14
2.1.2 Počet otáček a volba brusného pásu pásové brusky	15
2.1.3 Kinematika broušení	16
2.1.4 Řezné síly	16
2.1.5 Výkonnost při broušení	16
2.1.6 Jakost broušeného povrchu	17
3 KONSTRUKCE A VÝROBA RÁMŮ	18
3.1 TVAR RÁMŮ	19
3.1.1 Rámy otevřené	19
3.1.2 Rámy uzavřené.....	20
3.2 MATERIÁL RÁMŮ	21
3.2.1 Ocel	21
3.2.2 Šedá litina.....	22
3.2.3 Slitiny hliníku.....	22
4 VEDENÍ	23
4.1 VEDENÍ PŘIMOČARÁ	24
5 SPOJE A SPOJOVACÍ SOUČÁSTI.....	25
5.1 ROZEBÍRATELNÉ SPOJE.....	25
5.1.1 Šrouby	25
5.1.2 Spojovací šrouby	26
5.1.3 Závity spojovacích šroubů	26
5.1.4 Podložky.....	27
5.1.5 Matice.....	27
5.1.6 Silové poměry na šroubu.....	27
6 TECHNOLOGIE DĚLENÍ MATERIÁLŮ, PROFILŮ A TRUBEK.....	29
6.1 DĚLENÍ STROJNÍMI PILAMI.....	29
6.2 DĚLENÍ NA ROZBRUŠOVACÍCH STROJÍCH	29
7 VRTÁNÍ	30
7.1 KINEMATIKA VRTÁNÍ	30
8 FRÉZOVÁNÍ.....	32
8.1 ŘEZNÉ PODMÍNKY	32
8.1.1 Výpočet řezných podmínek.....	33
8.1.2 Doporučené řezné podmínky	33
9 OBRÁBĚNÍ LASEREM.....	34

9.1	POPISOVÁNÍ MATERIÁLŮ A OBROBKŮ	35
II	PRAKTICKÁ ČÁST	36
10	PRŮZKUM TRHU	37
10.1	POPIS BROUŠENÝCH DŘEVĚNÝCH VÝROBKŮ	37
10.2	STOLNÍ BRUSKA FERM BGM 1003	37
11	KONSTRUKČNÍ NÁVRH ZAŘÍZENÍ	38
11.1	KONSTRUKČNÍ NÁVRH S RUČNÍ PÁSOVOU BRUSKOU A KLUZNÝM LINEÁRNÍM VEDENÍM	38
12	POPIS JEDNOTLIVÝCH KOMPONENTŮ ZAŘÍZENÍ.....	39
12.1	PÁSOVÁ BRUSKA PARKSIDE PBSD 600 A1	39
12.1.1	Technické parametry	40
12.1.2	Stacionární upnutí pásové brusky	40
12.2	STAVEBNICOVÝ SYSTÉM Z HLINÍKOVÝCH PROFILŮ	41
12.2.1	Hliníkový profil 8 40×40 L	41
12.2.2	Úhelníky	43
12.2.3	Stavitelné nohy	43
12.3	UPÍNACÍ DESKA BRUSKY	44
12.3.1	Minimální délka závitu v upínací desce	45
12.4	ZÁKLADNÍ UPÍNACÍ DESKA OBROBKŮ	46
12.5	JEZDEC	46
12.6	NOSNÁ DESKA BRUSKY	47
12.6.1	Spodní nosná deska brusky	47
12.6.2	Horní nosná deska brusky	48
12.7	ČEP	49
12.8	RUKOJEŤ	50
12.9	SPOJOVACÍ MATERIÁL	50
13	VÝROBA KOMPONENTŮ	51
13.1	PŘÍPRAVA POLOTOVARŮ	51
13.2	VÝROBA DESEK	52
13.2.1	Výroba základní upínací desky	52
14	MONTÁŽ	57
15	OVĚŘENÍ FUNKČNOSTI VÝROBY	60
16	EKONOMICKÉ ZHODNOCENÍ	62
	ZÁVĚR	63
	SEZNAM POUŽITÉ LITERATURY.....	64
	SEZNAM POUŽITÝCH SYMBOLŮ A ZKRATEK.....	65
	SEZNAM OBRÁZKŮ	67
	SEZNAM TABULEK.....	69

SEZNAM PŘÍLOH.....	70
---------------------------	-----------

ÚVOD

S ruční výrobou rytin, potisků či reliéfů se dnes můžeme setkat už jen výjimečně, a když na nějakou narazíme, jde spíše o ukázkou lidské šikovnosti a umění, než-li vhodný způsob jakým zkrášlovat či popisovat početné série výrobků. Tuto roli zčásti převzala technologie laserového značení a gravírování. Jedná se o technologii velice rychlou, přesnou a automatizovanou. Zmíněné atributy nám dovolují vytvořit na povrchu předmětů nápisy, loga a jiné grafické vzory za zlomek času oproti ruční výrobě. Ovšem i tato technologie má své nevýhody.

Jeden z doprovodných jevů laserové technologie nastává především při úpravě dřevěných výrobků. Na jejich povrchu může dojít k nežádoucímu ohoření dřeva kolem místa dopadu laserového paprsku a tím k ovlivnění celkových vizuálních vlastností povrchu. Vytvořený nápis pak není dostatečně kontrastní se zbytkem povrchu, hůře vynikne a může být špatně čitelný. Opravit takto znehodnocený povrch můžeme jeho přebroušením, kterým tenkou opálenou vrstvou na ploše povrchu odstraníme. Možností, kterými můžeme provést broušení, je hned několik. Ať už ruční broušení, broušení na stolní nebo pásové brusce atd.

Na trhu se bohužel v přijatelné cenové hladině v současnosti nenachází vhodné zařízení, které by dokázalo brousit a urychlit úpravu povrchu ploch početnějších sérií výrobků. Tato bakalářská práce se proto věnuje konstrukčnímu návrhu a výrobě zařízení, které by dokázalo broušením opravit povrch rovinných ploch dřevěných výrobků, jejichž plochy jsou po obrábění na laseru znehodnoceny.

I. TEORETICKÁ ČÁST

1 DŘEVO

Je nejstarší a stále používaný materiál díky své lehkosti (malá měrná hmotnost), dobré obrobiteľnosti, snadnému spojování a po úpravě povrchu i estetičnosti.

Technické dřevo je organický, vláknitý, vrstvený a kvůli tomu nestejnorodý materiál, získávaný rozřezáním kmenů stromů. Základní chemickou látkou jsou buňky celulózy a hemicelulózy, spojené dřevitou hmotou zvanou lignin. Dále obsahuje konzervační a zásobní látky - vodu, škrob a další, které lze z dřeva extrahovat.

Z nedostatků dřeva je třeba uvést:

- a) Nehomogenost a vady růstu (suky, trhliny)
- b) Možnost napadení škůdci a hnilobou
- c) Malá odolnost proti opotřebení
- d) Navlhavost způsobující nestálost rozměrů (sesychání v suchu a bobtnání ve vlhkém prostředí)

Díky lepším vlastnostem mají proto velký význam i dřeva upravená, například:

- a) Překližky - vrstvené desky vyráběné lepením dřevěných dýh (velmi tenkých desek) křížem. Jsou na sebe kladeny pod úhlem $45^\circ \div 90^\circ$. Tím se získají stejné vlastnosti dřeva ve dvou kolmých směrech, které jsou u přírodního dřeva (ve směru a napříč vláken) dosti rozdílné.
- b) Lignol (vrstvené dřevo) - desky podobné překližkám. Dřevěné dýhy jsou napuštěny tvrditelnými pryskyřicemi. Poté se navrství do požadované tloušťky a zatepla slisují. Výsledná pevnost, chemická stálost i odolnost proti bobtnání je vyšší než u přírodního dřeva. Proto se používá v prostředí s účinkem vody (např. slévárenské modely).
- c) Aglomerované dřevo - vyrábí se z dřevěných třísek, vláken, pilin a jiných celulózových odpadů, spojených různými pojivy (např. pryskyřice). Dle druhu použitého pojiva mají buď horší nebo lepší vlastnosti než přírodní dřevo. Používají se jako obkladový materiál ve stavebnictví a v nábytkářství. Nejpoužívanější jsou pilinové a dřevotřískové desky [3].

2 DŘEVOOBRÁBĚCÍ STROJE

Přestože je dřevo strojně obráběno při velkých rychlostech, jsou dřevoobráběcí stroje i ruční nástroje jednodušší než stroje na obrábění kovů. K rozřezávání a přeřezávání dřeva slouží různé pily (pásová, kružní, rámová). K vlastnímu obrábění dřeva jsou určeny frézky, vrtačky, soustruhy a k dokončování různé typy brusek (kotoučových, pásových) a leštiček [3].

2.1 Broušení

Funkci břitů při broušení vykonávají brusná zrna, která jsou spojená s podkladem (papír, plátno, kombinace papíru a plátna). Broušení se vyznačuje negativním úhlem čela brusných zrn. Tříska je odebírána škrábáním za současného rozmačkávání a otírání dřevních vláken. Další ze znaků je malý prostor pro ukládání odebírané třísky, odstraňování otupených břitů po vylomení celého zrna, nebo dochází i k obnově ostří díky lomu části zrna při broušení. Řezné úhly nabývají odlišných hodnot kvůli různorodým tvarům zrn a proměnlivá je i tloušťka třísky. Prostor, kde se ukládá tříska, se v průběhu životnosti pásu zmenšuje jeho postupným zanášením. Tento prostor někdy lze obnovit vyčištěním pásu (ofukováním apod.).

Při broušení není hlavním cílem dosáhnout určitého rozměru obrobku kvůli velmi malé tloušťce třísky. Broušení je využíváno pro vyrovnání nerovností, zmenšení úchylek a zvýšení jakosti obrobené plochy. Jednou ze zvláštností tohoto způsobu obrábění je vlhčení obrobku. Díky tomu vyvstanou dřevní vlákna a při broušení se lépe odstraní [1].

2.1.1 Brousicí nástroj

Brousicím nástrojem je nosná část (papír, plátno) na níž je nalepeno brusivo.

Brusivo může být přírodní (křemen, granát), nebo umělé (sklo, oxid hlinitý, karbid křemíku). Jakost brusného zrna je závislá na jeho pevnosti (křehkosti), tvrdosti, ostrosti hran, štípatelnosti a na schopnosti vytvořit ostrou hranu i po lomu.

Hustota uložení zrn se volí podle brusných podmínek. Při větších vzdálenostech zrn jsou větší také mezery pro odebraný materiál, proto se tento posyp využívá při broušení dřeva s vysokým obsahem pryskyřice a měkkého nebo vlhkého dřeva. Hustěji uložená zrna se zanášejí dříve. Používají se proto pro hladké broušení a tvrdá dřeva [1].

Nejobvyklejším podkladovým materiálem je papír. Musí být pevný v tahu, pružný a s malou roztažností. Pokud je papír vyztužen plátnem kvůli větší pevnosti, jedná se o podklad kombinovaný.

Vazbu mezi zrnem a podkladem zajišťuje lepidlo. Příliš zapuštěné zrno způsobí horší výkonnost, v extrémních případech pálení dřeva. Při nedostatečném zapuštění dochází k předčasnému vypadávání zrn.

Tvrdot brusiv vybraných materiálů dle Mohsovy stupnice: sklo 4 až 6, křemen 7, oxid hlinitý 9 [1].

Dle velikosti brusných zrn se rozlišují tato čísla zrnitosti:

Tab. 1: Rozdělení čísel zrnitosti.

12 - 17	zvlášť hrubá
18 - 22	velmi hrubá
24 - 40	hrubá
50 - 80	střední
90 - 120	jemná
150 - 280	velmi jemná
320 - 600	zvlášť jemná

2.1.2 Počet otáček a volba brusného pásu pásové brusky

Při broušení na pásové brusce je nutno v závislosti na obráběném materiálu zvolit optimální rychlost a vhodnou zrnitost brusného pásu.

Tab. 2: Doporučené hodnoty zrnitosti a otáček pro dřevěné materiály.

Pracovní oblast	Měkké dřevo	Tvrde dřevo	Dřevotřískové desky
Hrubé broušení (zrnitost)	60	60	60
Jemné broušení (zrnitost)	240	180	150
Doporučené otáčky	vysoké (5-6)	vysoké (5-6)	vysoké (5-6)

Tab. 3: Doporučené hodnoty zrnitosti a otáček pro ostatní materiály.

Pracovní oblast	Přebroušení laků	Plasty	Neželezné kovy
Hrubé broušení (zrnitost)	150	120	80
Jemné broušení (zrnitost)	320	240	150
Doporučené otáčky	nízké (1-2)	nízké/střední (2-3)	střední/vysoké (3-4)

2.1.3 Kinematika broušení

Řezná rychlost:

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

D - průměr brousícího kotouče nebo válce u pásové brusky [m]

n - frekvence otáčení brousícího kotouče [ot. min⁻¹]

[1]

2.1.4 Řezné síly

Při broušení je nutné obrobek a brousící nástroj vzájemně přitlačovat určitou přitlačnou silou v závislosti na zrnitosti nástroje a druhu broušení:

$$P_o = p_o * F_p [N] \quad (2)$$

p_o - měrná síla přitlačování, volí se podle druhu broušení v rozsahu 0,1 - 20 N [N.cm⁻²]

F_p - plocha broušeného obrobku [cm²]

Celková síla potřebná k broušení:

$$P = f * P_o [N] \quad (3)$$

f - koeficient tření mezi obrobkem a brousícím nástrojem, volí se v rozmezí 0,25 - 0,55

[1]

2.1.5 Výkonnost při broušení

Hlavním ukazatelem výkonnosti při broušení je množství hmoty odbroušené z obrobku za čas. Výkonnost je vyjádřena vztahem:

$$A = \frac{G}{t} [g \cdot min^{-1}] \quad (4)$$

G - množství odbroušené hmoty [g]

t - doba broušení [min]

[1]

2.1.6 Jakost broušeného povrchu

Drsnost broušeného povrchu ovlivňuje způsob broušení (pásem, kotoučem, válcem), zrnitost brusiva (Tab. 1), tvar brusných zrn, směr dřevních vláken vzhledem ke směru řezného pohybu (při broušení proti vláknům se drsnost zvyšuje), vlastnosti dřeva, poměr řezné rychlosti a posuvu, stav broušicího nástroje a síla přitlačování. Jakost broušeného povrchu lze zlepšit oscilací broušicího nástroje [1].

3 KONSTRUKCE A VÝROBA RÁMŮ

Rám obráběcího stroje je soustava spolu spojených těles, která váže mezi sebou složky řezných sil a odporů a přenáší hmotové síly na základ. Musí za všech řezných podmínek a po dlouhou dobu zajišťovat stálou relativní polohu mezi nástrojem a obrobkem. Na jeho dynamické stabilitě a tuhosti závisí schopnost stroje pracovat za plného využití výkonových možností s požadovanou přesností. Vodicí plochy zajišťují přesnost vzájemných pohybů nástroje a obrobku, a tím správnou funkci celého zařízení, díky své odolnosti proti opotřebení a stálostí tvaru.

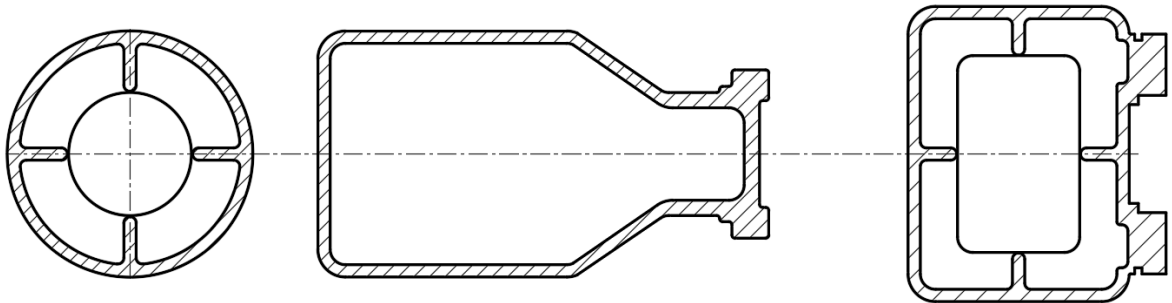
Požadavky na rám zařízení proto jsou:

- a) Stálost tvaru - zajišťuje se volbou vhodného materiálu na výrobu rámu a správným zvolením technologie jeho výroby tak, aby v materiálu nezůstala vnitřní pnutí, způsobující deformace částí rámu zařízení.
- b) Tuhost - velikost konstrukce je přizpůsobena největším silám vznikajícím za chodu stroje, aby nedocházelo k překročení meze stanovené s ohledem na dovolené odchylky rozměrů obrobku.
- c) Dynamická stabilita - zabezpečuje odolnost proti chvění. Má vliv na drsnost povrchu obrobených ploch a délku trvanlivosti ostří nástrojů.
- d) Odolnost proti opotřebení vodicích ploch - zajišťuje dostatečně dlouhodobou přesnost pohybů stroje tak, aby se nemusely často opravovat opotřebené plochy a vymezovat zvětšené vůle.
- e) Dokonalý odpad třísek - má velký význam u vysokovýkonných strojů. Velké množství vznikajících třísek obsahuje značné množství tepla, což může vést k tepelným deformacím rámu stroje, pokud nejsou třísky dostatečně rychle odstraněny. Poháněcí mechanismy, vodicí plochy a jejich části musí být umístěny takovým způsobem, aby padající třísky neohrožovaly jejich funkci a nezpůsobovaly jejich rychlé opotřebení.
- f) Hospodárnost výroby - závisí na volbě vhodných a jednoduchých tvarů částí rámu a jejich nízké hmotnosti [4].

3.1 Tvar rámu

O základním tvaru a velikosti rámu stroje rozhodují především rozměry obrobku, členitost a tvar obráběných ploch a z toho odvozená vzájemná poloha základních vodicích ploch na rámu.

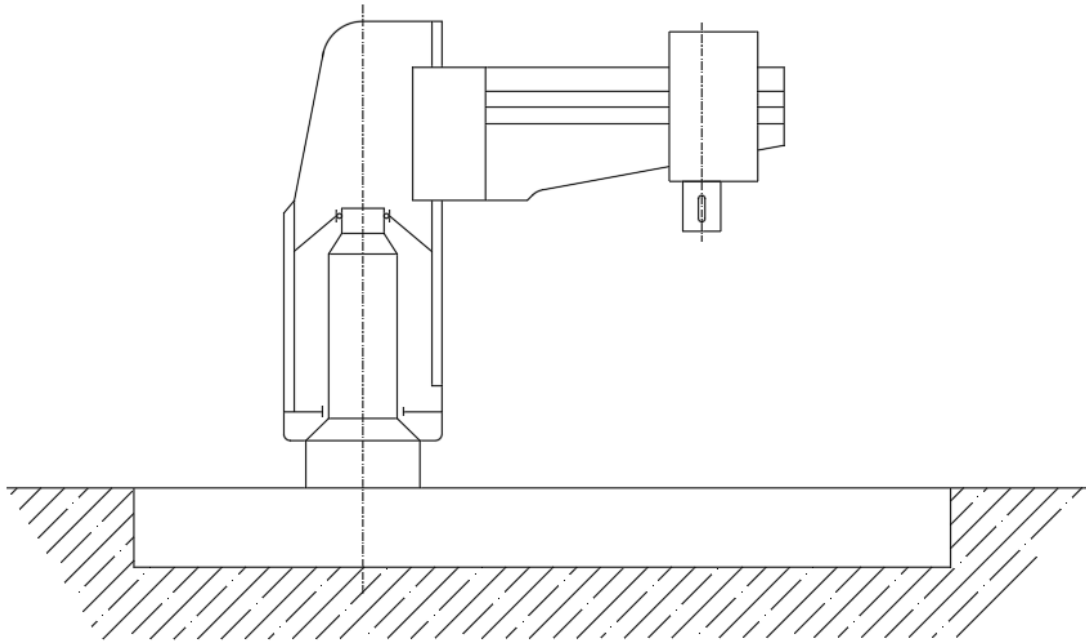
Rámy obráběcích strojů bývají převážně konstruovány jako dělené, tj. skládané z částí (lože, stojany, konzoly, příčníky), jejichž vzájemná poloha může být stálá nebo proměnlivá. Pokud jsou jednotlivé části rámu vzájemně nepřestavitelné, může být konstrukce rámu provedena jako nedělitelná - monolitická. Z hlediska výsledného celkového tvaru rozlišujeme rámy otevřené a uzavřené [4].



Obr. 1: Základní tvary průřezů stojanů.

3.1.1 Rámy otevřené

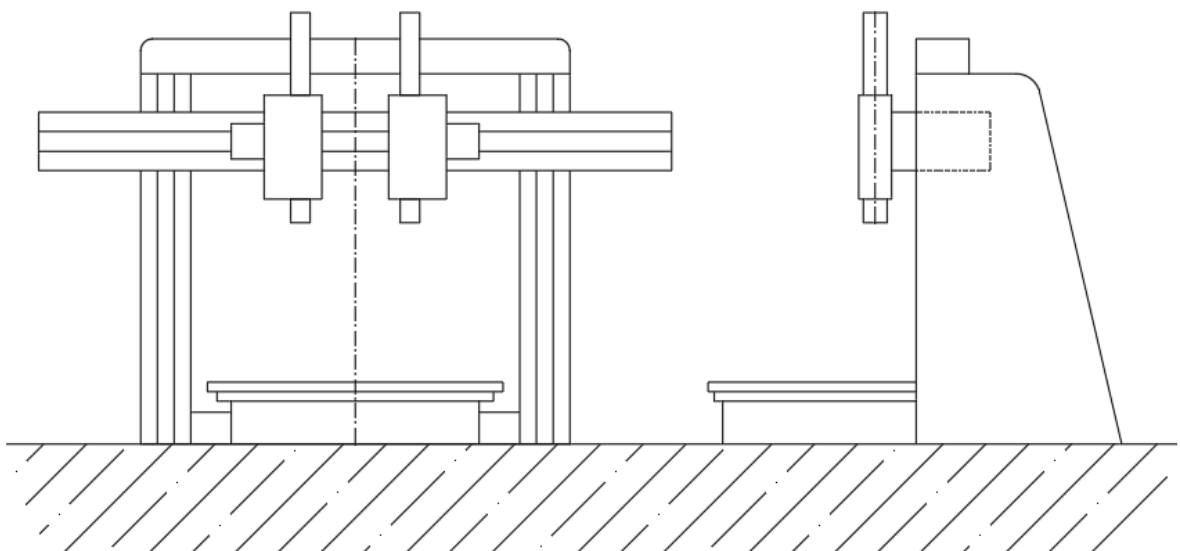
Tyto rámy jsou charakteristické pro určité druhy obráběcích strojů (např. otočná vrtačka, soustruh), ale mohou se vyskytovat téměř u všech. Typickým znakem je robustní konstrukce jednotlivých částí a jejich značná hmotnost [4].



Obr. 2: Otevřený rám otočné vrtačky.

3.1.2 Rámy uzavřené

Využití uzavřených rámu lze najít především u velkých obráběcích strojů (karusely, hoblovky, rovinné frézky), ale vyskytují se prakticky u všech strojů, u nichž jsou kladeny vyšší požadavky na přesnost a výkon. Vyznačují se menší robustností konstrukce a větší složitostí [4].



Obr. 3: Uzavřený rám dvoustojanového svíslého soustruhu

Při rozhodování mezi uzavřeným a otevřeným rámem se uvažují všechny výhody a nevýhody podle následujících kritérií:

- a) Tuhost - je snáze dosažitelná u rámu uzavřeného, který je přes svou složitost a vyšší počet dílů při stejné hmotnosti tužší než rám otevřený.
- b) Manipulace s obrobkem - je výhodnější u otevřeného rámu, který má pracovní prostor snáze přístupný a je rovněž výhodný pro manipulaci s nástroji, obsluhu a řízení práce stroje.
- c) Rozměry obrobku - jsou u uzavřeného rámu jednoznačně omezeny. Na stroji s otevřeným rámem lze v případě nutnosti obrobit i součást větších rozměrů, než pro jakou byl konstruován.

Z těchto kritérií lze konstatovat, že otevřené rámy jsou výhodnější pro univerzální stroje, které mají menší rozměry. Pro stroje s požadavkem na vysokou přesnost, větších výkonů a rozměrů je výhodnější rám uzavřený [4].

3.2 Materiál rámu

Rámy obráběcích strojů i jejich jednotlivé části se vyrábějí zásadně jako svařence nebo odlitky. Podle toho jsou dále uvažovány vhodné materiály [4].

3.2.1 Ocel

S ohledem na vyšší kvalitativní znaky oceli je rozšířena výroba dílů rámu obráběcího stroje jako svařenců z plechů a válcovaných profilů. Svařenec má řadu technologických výhod oproti odlitku především v kusové a malosériové výrobě. Jeho výroba je rychlejší a jednodušší, protože není nutné navrhovat model a formu. Po svaření ale vzniká vnitřní pnutí, které je odstraněno vždy umělými cestami.

Svařenec poskytuje možnost výroby zcela uzavřeného profilu nosníku, čímž se dosáhne vysoké tuhosti zejména při namáhání krutem. Mezi další výhody patří snadná oprava a podstatně menší přídatky na obrábění. Vzhledem k vyššímu modulu pružnosti a lepším mechanickým vlastnostem oceli v porovnání s litinou je nižší i spotřeba materiálu. Úspory hmotnosti mohou dosahovat 25 až 60 %. Nevýhodou oceli oproti litině je menší tlumení chvění, což lze odstranit vhodnou volbou tvaru svařence, žebry a výztuhami. Špatné třecí vlastnosti oceli mají za následek nutnost výroby vodících ploch z kalených lišt, které se poté připevňují k základnímu tělesu [4].

3.2.2 Šedá litina

Přesný druh šedé litiny se volí dle požadavků na vodící plochy pro pracovní pohyby. Litinové plochy se třením opotřebovávají tím pomaleji, čím je struktura bližší perlitické struktuře a tato přednost vynikne zřetelněji, pokud na vodící plochu působí velký tlak. Perlitická litina disponuje i lepšími mechanickými vlastnostmi, což vzhledem k menšímu namáhání některých částí stroje není nezbytně nutné. U rozměrnějších odlitků je tedy výhodnější výroba rámu z obyčejné šedé litiny a připevnění ocelových a vodících lišt [4].

3.2.3 Slitiny hliníku

Slitiny hliníku jsou obecně dobře tvárné za tepla i za studena, mají dobré mechanické vlastnosti a malou měrnou váhu. Hliníkových slitin se vyrábí značné množství a jsou u namáhaných konstrukcí používány více než čistý hliník. Hliník se leguje nejčastěji mědí, zinkem, hořčíkem a křemíkem. V menším množství se přidává i mangan, nikl a další prvky.

Podle způsobu dalšího zpracování rozeznáváme slitiny k tváření a slitiny k odlévání. Slitiny určené k tváření jsou méně legované a lépe obrobitelné než slitiny pro odlévání [5].

4 VEDENÍ

Vedení je soustava tzv. vodicích ploch, na nichž se stýká pohyblivá část (např. stůl, saně, smýkadlo) s nepohyblivou (např. lože) a zaručuje pohyb po geometricky přesných dráhách.

Podle tvaru drah, po kterých se pohybují jednotlivé body těchto těles, se rozlišují vedení přímočará (body se pohybují po přímkách) a kruhová (body se pohybují po soustředných kružnicích). Druh tření mezi styčnými plochami rozděluje vedení na kluzná a valivá.

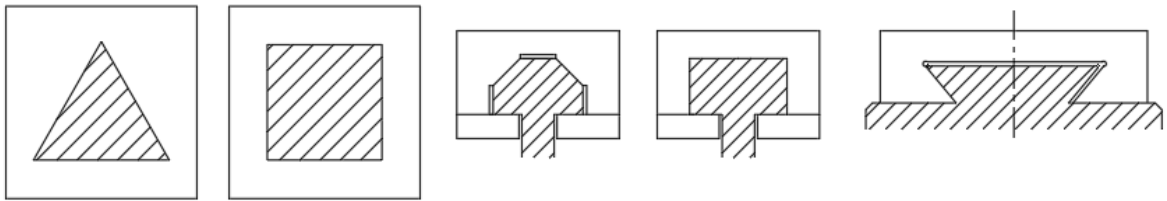
Na vedení jsou kladeny tyto požadavky:

- a) Přesnost - jednotlivé body pohyblivých částí se musí pohybovat vůči nepohyblivým po dráhách, jejichž tvar se v určitých mezích požadované přesnosti stroje liší od geometricky přesného tvaru.
- b) Nejmenší možná vůle - pohyblivá část se může na úkor přesnosti pohybovat v mezích vůle ve směru kolmém ke směru vedení. Z tohoto důvodu musí být u obyčejného kluzného vedení pouze taková vůle, která je třeba k umožnění pohybu a vytvoření mazacího olejového filmu. U hydrostatických a valivých vedení lze vůli zcela odstranit.
- c) Tuhost - deformace vedení je relativní deformace mezi obrobkem a nástrojem a ovlivňuje přesnost práce stroje. Pokud se během pohybu mění, má vliv na jeho přesnost. Do deformace vedení se u obyčejných vedení počítají deformace způsobené povrchovými nerovnostmi styčných ploch, u hydrostatických deformace olejové vrstvy a u valivých deformace valivých tělísek.
- d) Odolnost proti opotřebení - přesnost dosažená při výrobě by měla být při provozu zachována co nejdéle. Z toho vyplývá požadavek vymezení vůle, která vznikne opotřebením při provozu.
- e) Vhodné konstrukční uspořádání vodicích ploch - snadná výroba vodicích ploch, s ohledem na vznik co nejmenších silových a momentových zatížení ve vodicích plochách.
- f) Malý odpor proti pohybu
- g) Ochrana před vnikáním nečistot, prachu a třísky - zamezí rychlému opotřebení.
- h) Tlumení kmitání - tento požadavek plně splňuje pouze obyčejné kluzné a hydrostatické vedení. U valivého vedení se používá zvláštní lišta, která je přitlačována k vodicí ploše pružinami a slouží jako tlumič kmitání.
- i) Dokonalé mazání - zmenšuje odpor proti pohybu a opotřebení [4].

4.1 Vedení přímočará

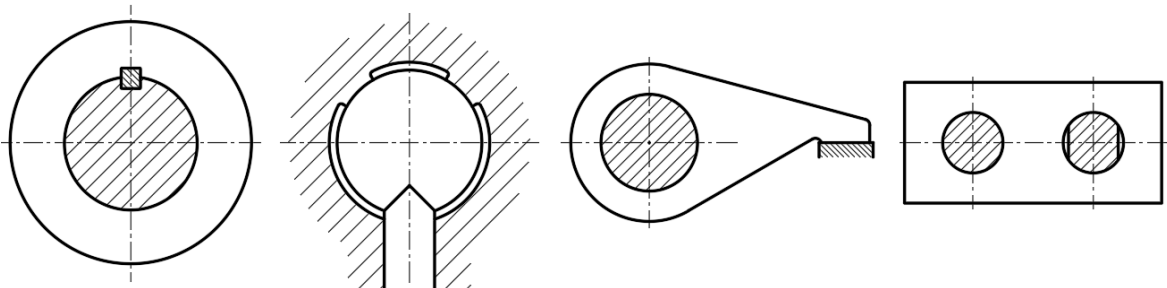
Podle tvaru se přímočará vedení dělí na hranolová a válcová. Dále se rozlišují přímočará vedení jednoduchá a složená.

Jednoduché vedení je vytvořeno souvislou soustavou vodicích ploch. Prakticky je použitelné pouze pro poměrně úzké saně nebo jako vedení smýkadel. Pro široké saně je nutné vedení složené dvojnásobné (dvoudráhové), trojnásobné (trojdráhové) nebo čtyřnásobné (čtyřdráhové).

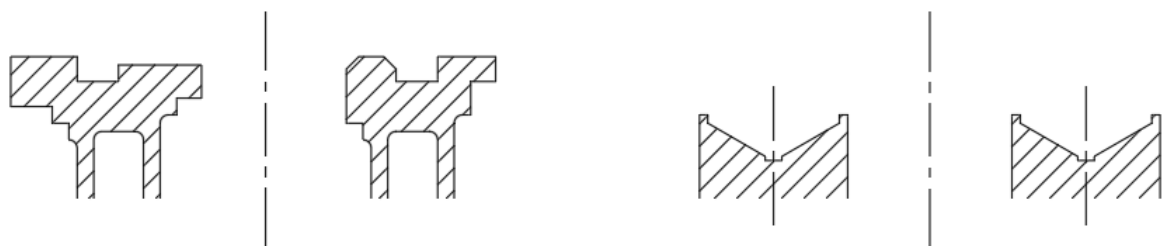


Obr. 4: Přímocará vedení hranolová, jednoduchá

Válcové vedení lze vyrobit snadno a přesně. Samostatně ale nezaručuje pohyb o jednom stupni volnosti. U jednoduchého vedení se otáčení zamezí použitím pera, u složeného vedení zabraňuje rotaci další rovinné nebo válcové vedení.



Obr. 5: Přímocará vedení válcová



Obr. 6: Přímocará vedení dvoudráhová

Součásti pohybující se po vedení se dělí na smýkadla a saně. Vodicí plochy saní jsou kratší než vodicí plochy nepohyblivé části, u smýkadel je tomu naopak [4].

5 SPOJE A SPOJOVACÍ SOUČÁSTI

Všechny stroje a zařízení jsou složeny z jednotlivých součástí. Základní a zpravidla největší součástí strojů je rám (fréma, stojan, lože), v níž jsou další funkční části stroje, většinou menších rozměrů, uloženy tím způsobem, aby stroj jako celek:

- a) plnil požadovanou funkci.
- b) byl rozebíratelný za účelem kontroly, oprav, výměny opotřebovaných součástí atd.

Možností spojování je celá řada, a proto se jednotlivé způsoby volí s ohledem na tato kritéria.

Podle rozebíratelnosti rozlišujeme spoje:

- a) Rozebíratelné - dají se bez poškození jak spojovaných tak spojovacích součástí uvolnit a zase spojit (např. uvolněním šroubů, vyražením kolíků).
- b) Nerozebíratelné - při uvolnění spoje je třeba spojovací nebo spojovanou součást porušit a pro další spojení ji nelze použít (např. nýt, přivařená příruba).

Dále se spojení součástí dělí na:

- a) Dočasné - např. po dobu montáže. Pro tyto případy se používá pokaždé jen rozebíratelné spojení.
- b) Trvalé - může se použít nerozebíratelné i rozebíratelné spojení (např. svarové, šroubové)

Druh spojení se volí dle těchto úvah:

- a) způsob zatížení a namáhání (namáhání tahové, tlakové, ohybové; zatížení statické, dynamické, rázové)
- b) požadavky na těsnost a nepropustnost
- c) snadnost montáže a demontáže
- d) výrobní náklady [2]

5.1 Rozebíratelné spoje

5.1.1 Šrouby

Šrouby se řadí mezi rozebíratelné spoje a dělí se z funkčního a účelového hlediska na:

- a) spojovací nebo upevňovací - ke spojení jednodušších částí strojů.

- b) pohybové, hnací - pro přeměnu rotačního pohybu na posuvný, např. vřetena soustruhů.
- c) pro zvláštní účely - např. stavěcí. [2]

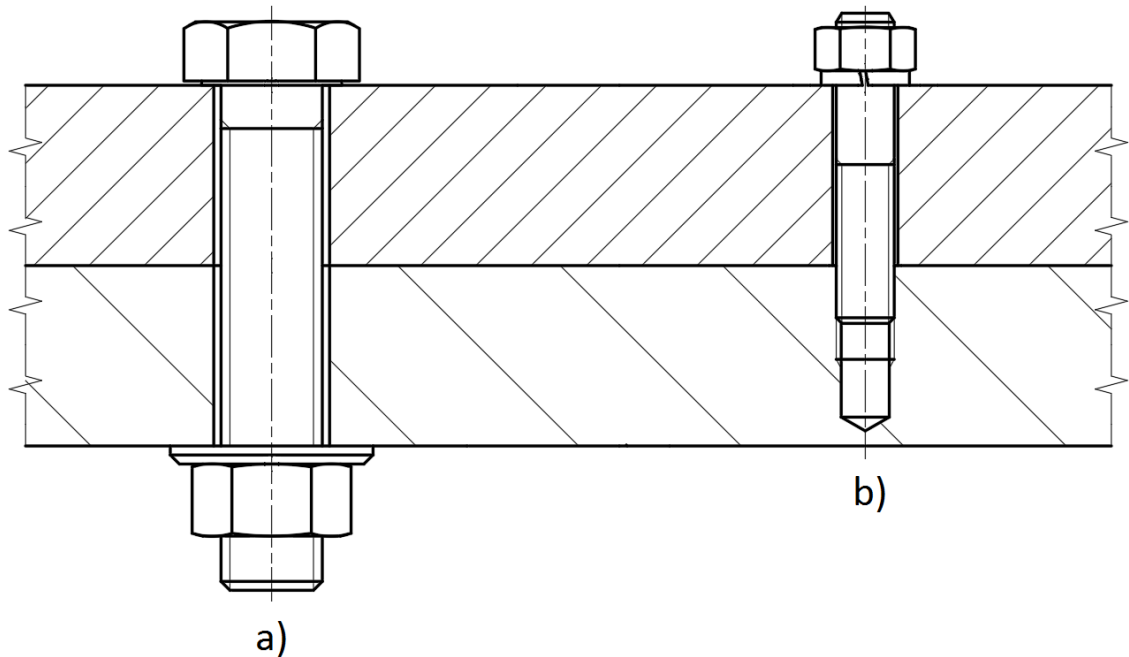
5.1.2 Spojovací šrouby

Jsou nejrozšířenějším elementem pro pevné rozebíratelné spoje strojních součástí. Mají rozmanité konstrukční provedení, které závisí na účelu upotřebení, tvaru spoje a materiálu spojovaných součástí.

Dle tvaru se rozlišují šrouby:

- a) maticové s hlavou a maticí
- b) závrtné
- c) pro zvláštní účely

Spojovací součásti jsou normalizované v řadě ČSN ISO 4759-1. Tato norma určuje podmínky pro výrobní závody a druhy jakosti a rozměrové přesnosti [2].

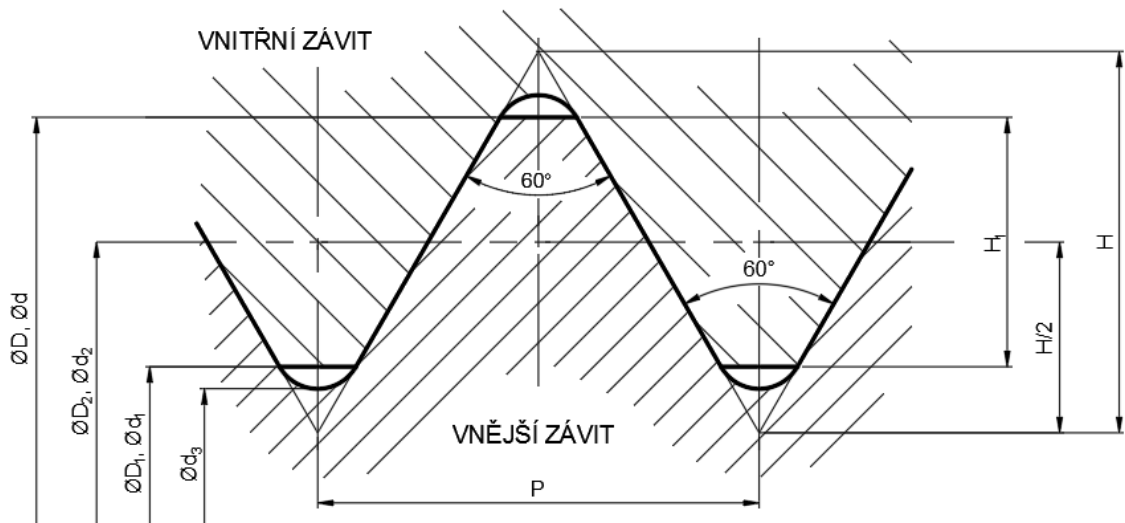


Obr. 7: Šroubové spojení: a) s šestihrannou hlavou, podložkou a maticí, b) závrtné

5.1.3 Závity spojovacích šroubů

Nejčastěji používanými jsou závity jednoduché metrické pravočodé.

Metrický závit základní řady vzniká na svorníku vinutím rovnostranného trojúhelníku s vrcholovým úhlem 60° v osové rovině šroubu ve šroubovici o daném stoupání [2].



Obr. 8: Rozměry metrického závitu základní řady

5.1.4 Podložky

Podložky se vkládají pod matici nebo hlavu šroubu za účelem:

- a) přesnějšího dosednutí (dotyku) styčných ploch spojované součásti a šroubového spoje
- b) rozložení tlaku, zejména při spojování měkčích materiálů
- c) přenesení tlaku přes celou dosedací plochu na spojovanou součást, jejíž dosedací plocha je šikmá
- d) usnadnění uvolnění u spojů, které se často demontují [2]

5.1.5 Matice

Matice mají podle účelu a použití různé tvary, nejčastějším typem je však matice šestihránná [2].

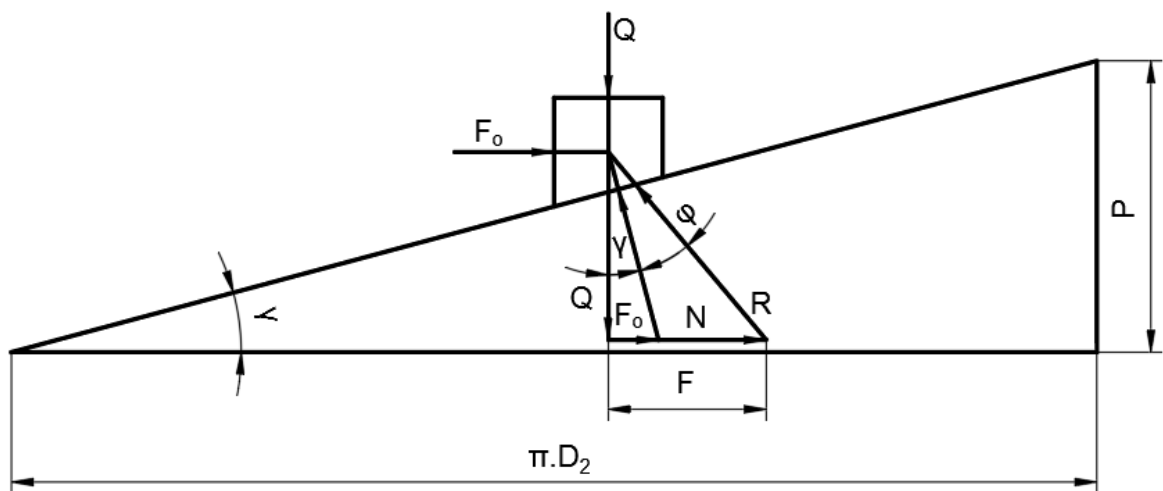
5.1.6 Silové poměry na šroubu

Je-li osová síla působící na šroub stálá a neproměnná, počítáme jeho zatížení ze statické pevnosti. Pokud je působící síla proměnlivá, vycházíme z únavové pevnosti.

Mezi nejrozšířenější případy zatížení patří:

- matice nebo šroub se utahují v nezátíženém stavu, např. matice závěsného háku jeřábu
- matice nebo šroub jsou při utahování zatíženy určitou silou, např. šroub zvedáku
- matice nebo šroub se utahují v nezátíženém stavu tak, aby vzniklo ve šroubu určité napětí, to je případ většiny spojovacích šroubů.

Na šroubu (na obrázku s plochým závitem), zatíženém osovou silou Q , středního průměru závitu D_2 , úhlu stoupání šroubovice γ , se břemeno zvedá, nepřihlížíme-li ke tření, působením ideální síly F_0 . Za jednu otáčku se břemeno zvedne o výšku stoupání závitu P . Břemeno Q se pohybuje po nakloněné rovině, při utahování se zvedá, při uvolňování klesá [2].



Obr. 9: Silové poměry na šroubu

Z podmínek rovnováhy břemena a působící síly F_0 platí rovnice:

$$F_0 * \pi * D_2 = Q * P \quad (5)$$

$$F_0 = \frac{Q * P}{\pi * D_2} = Q * \tan \gamma \quad (6)$$

6 TECHNOLOGIE DĚLENÍ MATERIÁLŮ, PROFILŮ A TRUBEK

Materiály, profily a trubky lze třískově dělit na strojních pilách, rozbrušovacích strojích nebo upichováním na soustruzích. Nevýhodou jsou relativně dlouhé časy na dělení, ztráty materiálu a opotřebení pil [6].

6.1 Dělení strojními pilami

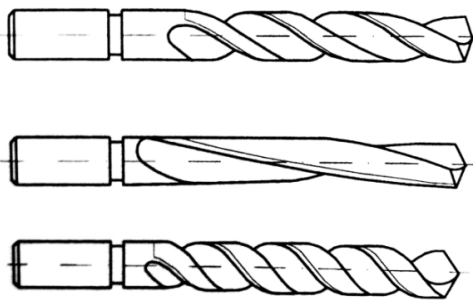
Univerzální způsob třískového dělení materiálů, kterým lze dosáhnout čisté plochy řezu a přesného úhlu dělení. Vzniklý odpad je roven objemu materiálu, který je součinem průřezu materiálu a šířky pily. Pro dělení jsou používány pily rámové, pásové a kotoučové [6].

6.2 Dělení na rozbrušovacích strojích

Rozbrušovací stroje jsou používány k rychlému dělení tenkostěnných profilů a trubek, především z korozivzdorných a ledeburitických ocelí, protože řezání strojními pilami je v těchto případech neekonomické kvůli nízké životnosti nástroje. K dělení se používá obvykle kotouč z elektritu nebo jiného materiálu, který má dostatečnou trvanlivost při velké obvodové rychlosti [6].

7 VRTÁNÍ

Vrtáním se zhotovují válcové díry nebo se zvětšují díry již předvrtané. Obvykle vykonává rotační hlavní řezný pohyb nástroj, méně často obrobek. Osa nástroje je zpravidla kolmá k ploše, ve které nástroj vstupuje do obrobku. Charakteristickým znakem je rozměrový nástroj, v převážné většině případů vícebřitý, který svým tvarem a technologickými vlastnostmi určuje parametry obrobene díry. Řeznou rychlostí je obvodová rychlost na maximálním průměru nástroje, která se zmenšuje od obvodu směrem ke středu nástroje [8; 9].

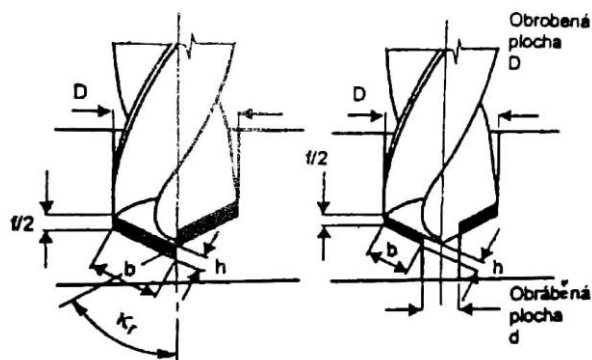


Obr. 10: Základní tvary šroubového vrtáku s rozdílným úhlem stoupání šroubovice [8].

7.1 Kinematika vrtání

Jmenovitý průřez třísky při vrtání do plného materiálu:

$$A_D = h * b = \frac{D * f}{4} \text{ [mm}^2\text{]} \quad (7)$$



Obr. 11: Jmenovité rozměry třísek při vrtání šroubovým vrtákem [9].

Výpočet řezné síly z obecného vztahu:

$$F_C = k_c * A_D [N] \tag{8}$$

k_c - měrná řezná síla, její velikost se určuje podle druhu obráběného materiálu [MPa]

Výpočet řezné síly F_c a F_f pomocí empirických vztahů:

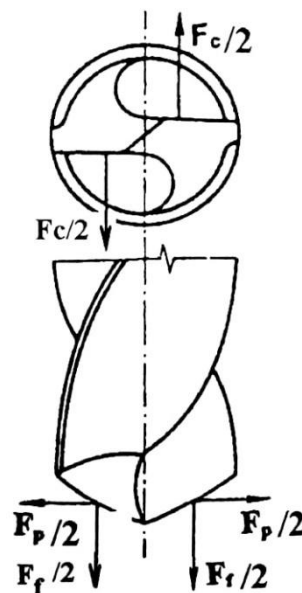
$$F_C = C_{FC} * D^{X_{FC}} * f^{Y_{FC}} [N] \tag{9}$$

$$F_f = C_{Ff} * D^{X_{Ff}} * f^{Y_{Ff}} [N] \tag{10}$$

Orientační hodnoty konstant a exponentů potřebných pro výpočet F_c a F_f :

Tab. 4: Hodnoty konstant a exponentů pro výpočet řezné síly při vrtání [9].

Obráběný materiál	C_{FC}	X_{FC}	Y_{FC}	C_{Ff}	X_{Ff}	Y_{Ff}
Ocel Rm = 750 MPa	3 650	0,9	0,78	865	1	0,72
Litina 200 HB	2 450	0,85	0,8	630	1	0,78



Obr. 12: Řezné síly při vrtání [9].

8 FRÉZOVÁNÍ

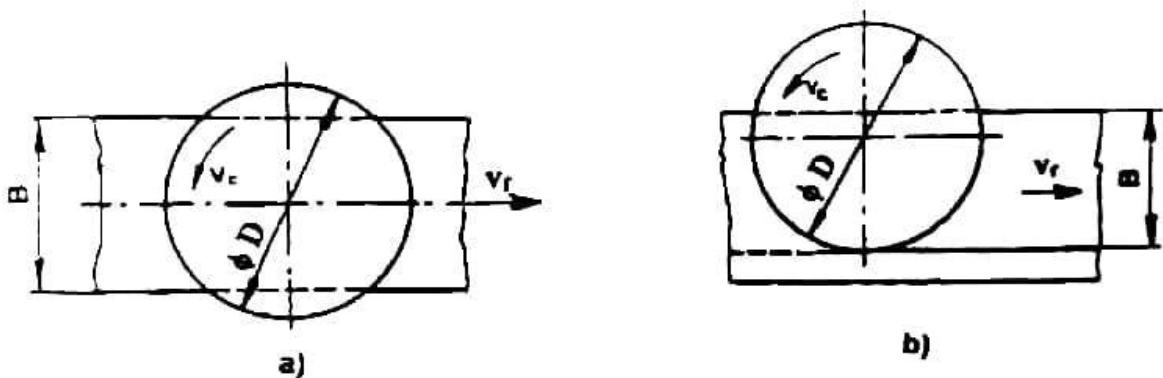
Je to technologie, při které břity otáčecího se nástroje odebírají materiál obrobku. Posuv koná nejčastěji součást, převážně v kolmém směru k ose nástroje. U moderních frézovacích strojů se posuvné pohyby realizují ve všech směrech a jsou plynule měnitelné (víceosé CNC frézky, obráběcí centra). Každý zub frézy odebírá krátké třísky proměnné tloušťky [9].

Z technologického hlediska se frézování rozlišuje na:

- a) válcové - frézování obvodem
- b) čelní - frézování čelem
- c) ostatní - okružní a planetové

Z hlediska kinematiky se frézování dělí na:

- a) sousledné - smysl rotace nástroje je ve směru posuvu obrobku
- b) nesousledné - smysl rotace nástroje je proti směru posuvu obrobku [9]



Obr. 13: Čelní frézování, a) symetrické, b) nesymetrické [9].

8.1 Řezné podmínky

Pro daný frézovací nástroj a obráběný materiál patří k základním řezným podmínkám posuv na zub f_z [mm] a řezná rychlost v_c [m.min⁻¹]. Řezné podmínky se volí podle druhu použité frézy, požadované jakosti obrobků a druhu práce. Při hrubování se volí co největší posuv v závislosti na hloubce odebírané vrstvy, tuhosti obrobku a výkonu na vřetenu frézy. [9]

8.1.1 Výpočet řezných podmínek

Řezná rychlost:

$$V_{cT} = \frac{c_v * D^{x_D}}{(T_{opt})^{\frac{1}{m}} * a_e^{x_e} * a_p^{x_p} * f_z^{y_v} * z^{x_z}} [m * min^{-1}] \quad (11)$$

D - průměr frézy [mm]

T_{opt} - trvanlivost nástroje [min]

a_p - hloubka frézování [mm]

a_e - šířka frézování [mm]

f_z - posuv frézy na zub [mm]

z - počet zubů frézy [-]

8.1.2 Doporučené řezné podmínky

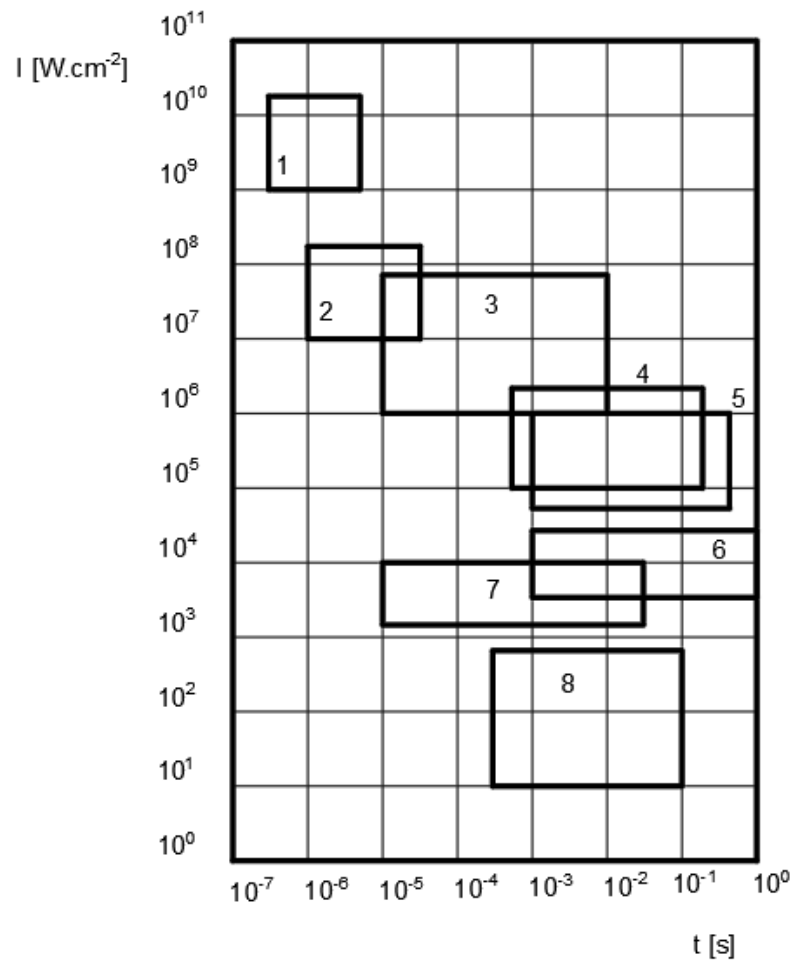
Tab. 5: Doporučené řezné podmínky pro frézovací hlavy s vyměnitelnými břitovými destičkami [9].

Druh SK	Řezná rychlost v _c [m.min ⁻¹]
P20	140 - 170
P30	90 - 140
P40	60 - 90
K15	60 - 125
M10	50 - 80
Hodnoty posuvu f _z [mm.z ⁻¹] podle obráběného materiálu	
Ocel do pevnosti 800 MPa	0,2 - 0,3
800 - 1000 MPa	0,1 - 0,2
1000 - 1250 MPa	0,1 - 0,15
Litina do 200 HB	0,2 - 0,3
nad 200 HB	0,1 - 0,2

9 OBRÁBĚNÍ LASEREM

Tento způsob nekonvenčního obrábění spočívá v soustředění elektromagnetického záření viditelného světla na malou plošku obrobku. Energie záření se v místě dopadu přemění na energii tepelnou, která zahřeje obráběný materiál na teplotu značně přesahující jeho teplotu tavení. Materiál se v místě dopadu taví a vypařuje. Generátorem svazku paprsků světla o velmi vysoké intenzitě je takzvaný laser [10].

Základní oblasti použití laserů:



Obr. 14: Oblasti použití laserů, (1 - odpařování materiálu, 2 - popisování a drážkování, 3 - vrtání, 4 - svařování, 5 - legování a povrchové natavování, 6 - kalení, 7 - obrábění plastů, 8 - polymerace) [10].

9.1 Popisování materiálů a obrobků

V místě kontaktu svazku paprsků světla s popisovaným materiálem dochází ke krátkodobému intenzivnímu zahřátí povrchu, což způsobí jeho strukturální změny, změnu barvy nebo odpaření materiálu do hloubky několika desítek až stovek μm .

V porovnání s konvenčními způsoby značení (např. potisk, ražba) má laserové značení zejména následující výhody:

- bezkontaktní proces
- vysokou rychlost a přesnost značení
- odolnost proti otěru
- značený materiál není vystaven mechanickému, chemickému nebo většímu tepelnému zatížení
- při značení nevznikají zdraví škodlivé produkty
- možnost využití obrovské škály grafických znaků a typů písma
- snadný návrh značících předloh

K nevýhodám laserů patří hlavně:

- vysoká pořizovací cena
- malá účinnost (asi 10 %) s ohledem na celkový příkon zařízení
- náročnost údržby
- přísná bezpečnostní opatření při práci s laserem

Technologie značení laserem nabízí široké možnosti uplatnění na nejrůznějších materiálech jako je ocel, hliník a jiné kovy, plasty, dřevo, keramika, sklo, korund, tvrzené a ušlechtilé kovy a další [13].

II. PRAKTICKÁ ČÁST

10 PRŮZKUM TRHU

Na trhu se nachází celá řada stolních brusek vhodných pro broušení rovinných ploch dřevěných výrobků s různou mírou jejich všestrannosti. Tato všestrannost se pak projeví v její ceně a hmotnosti. Málokterá však nabízí způsob, jakým upnout více obrobků najednou a tím zrychlit výrobu. Cenový limit pro pořízení broušicího zařízení je stanoven na 6 000 Kč.

10.1 Popis broušených dřevěných výrobků

Dřevěné výrobky, které chceme brousit mají kruhový průřez s různými rozměry. Hloubka broušení pak závisí hlavně na hloubce, do které je vyroben laserový popis, a na rozsahu nežádoucího opálení povrchu laserovým paprskem.



Obr. 15: Dřevěné výrobky

10.2 Stolní bruska Ferm BGM 1003

Bruska je opatřena brusným pásem i brusným kotoučem. Na pracovním stole lze nastavit požadovaný úhel broušení. Zařízení je tedy vhodné pro broušení rovinných ploch, bohužel ale není opatřeno vedením, není zde možnost rychle a přesně upnout více obrobků najednou, také je příliš drahé. Pro naše požadavky je nedostačující.



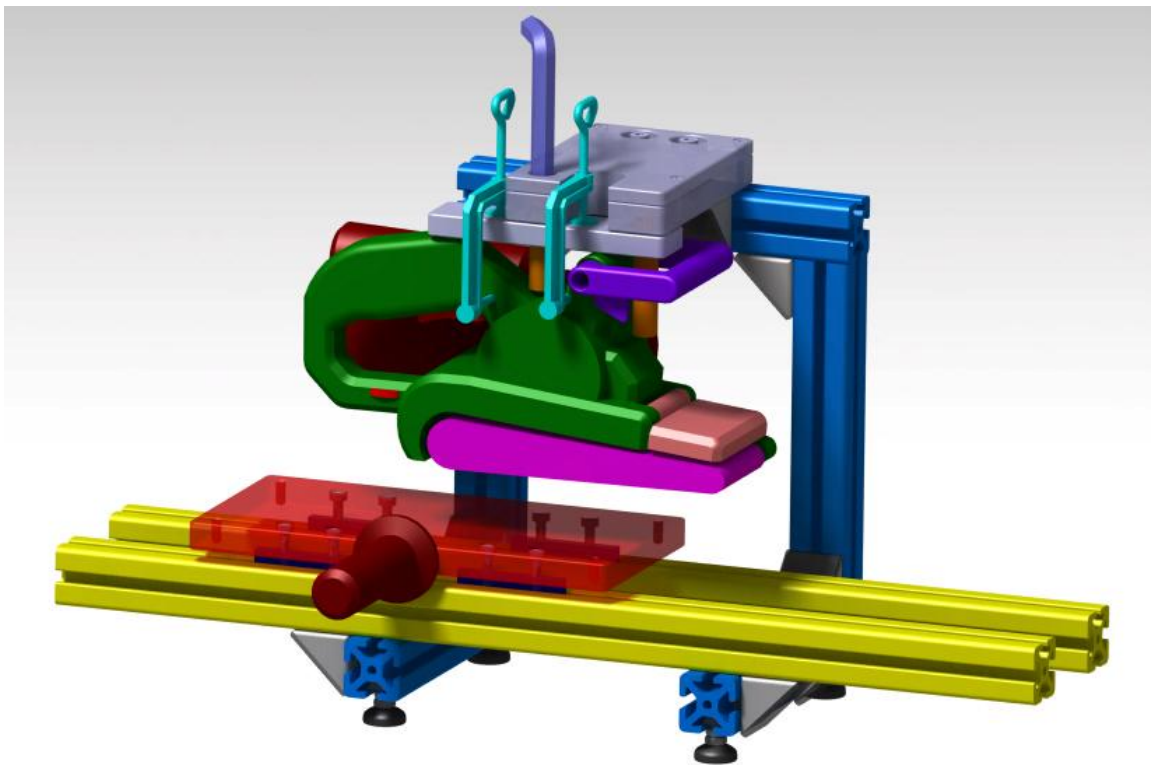
Obr. 16: Stolní bruska Ferm BGM 1003.

11 KONSTRUKČNÍ NÁVRH ZAŘÍZENÍ

Hlavním požadavkem na konstrukci je cenová dostupnost, snadné ovládání a jednoduchá práce na stroji. Pro co největší efektivitu zařízení by měl být brán zřetel na počet obrobků, které by zařízení dokázalo s dostatečnou přesností brousit najednou.

11.1 Konstrukční návrh s ruční pásovou bruskou a kluzným lineárním vedením

V tomto konstrukčním návrhu je zařízení složeno z jednoduchého otevřeného rámu určeného k pevnému upnutí ruční pásové brusky a zajištění dráhy posuvu kluzného lineárního vedení s upínací deskou pro dřevěné obrobky. Jedná se o zařízení převážně jednoúčelové, rozsah přísuvu brusky je 40 mm. Výhodou tohoto řešení je možnost broušení více výrobků najednou a jejich snadné a rychlé upínání.



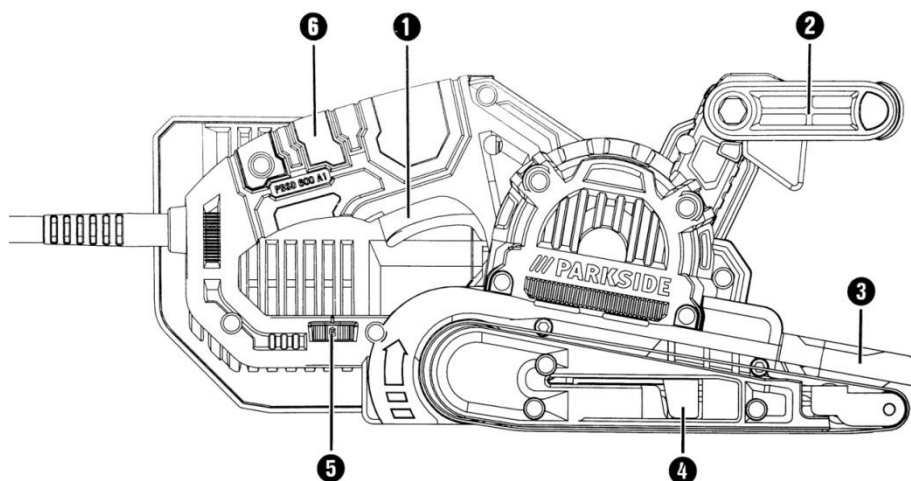
Obr. 17: Sestava konstrukčního návrhu vytvořená v programu Catia V5.

12 POPIS JEDNOTLIVÝCH KOMPONENTŮ ZAŘÍZENÍ

Pro konstrukční návrh byla vybrána pásová bruska Parkside PBSD 600 A1, a to hlavně kvůli její cenové dostupnosti. Rám je složen ze stavebnicového systému hliníkových profilů, které jsou velmi univerzální a poskytují snadnou montáž. Dále jsou s rámem spojeny desky, ve kterých je zasazeno ovládání přísuvu a čep pro ustavení polohy brusky. Vedení upínací desky je složeno z jezdců vložených do drážek hliníkových profilů.

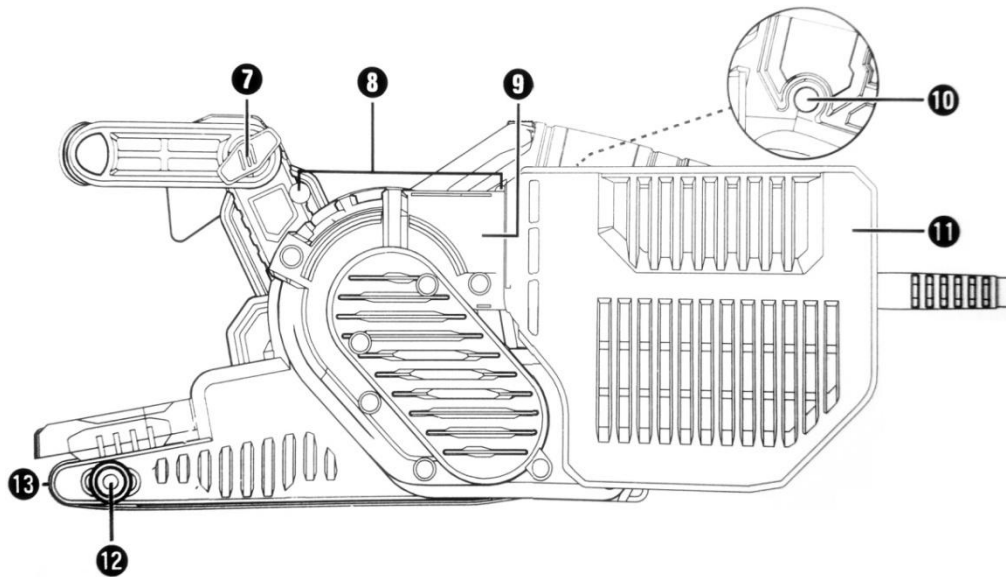
12.1 Pásová bruska Parkside PBSD 600 A1

Pásová bruska je určena v závislosti na použitém brusném papíru pro broušení povrchů dřeva, plastů, kovů, tmelu a lakovaných povrchů. Příklad se smí používat pouze pro suché broušení.



Obr. 18: Pohled na pravou stranu brusky,

- 1) vypínač, 2) přídatná rukojeť, 3) čelní kryt, 4) upínací páka brusného pásu, 5) stavěcí kolečko rychlosti pásu, 6) rukojeť.



Obr. 19: Pohled na levou stranu brusky,

- 7) šroub pro nastavení rukojeti, 8) díry pro šroubové svorky, 9) přípojka pro nádobu na prach, 10) stavěcí tlačítko vypínače, 11) nádoba na prach, 12) seřizovací šroub chodu pásu, 13) brusný pás.

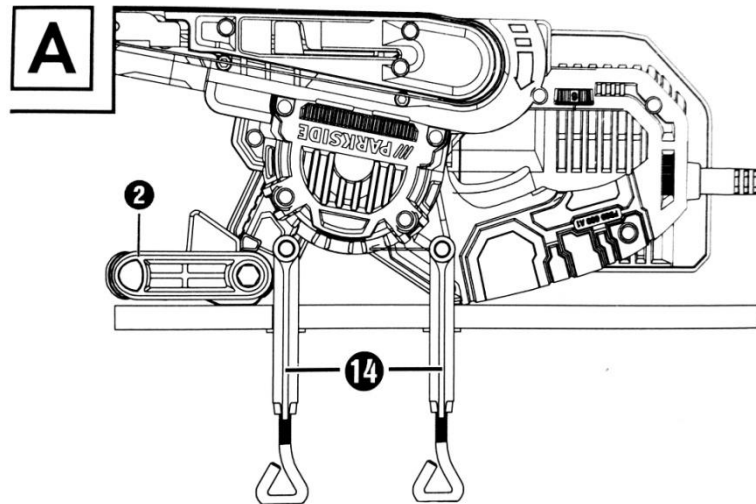
12.1.1 Technické parametry

Tab. 6: Technické parametry pásové brusky.

Jmenovité napětí	230 V ~ 50 Hz (střídavý proud)
Jmenovitý příkon	600 W
Rychlost pásu při chodu naprázdno	170 - 250 m.min ⁻¹
Jmenovité volnoběžné otáčky	360 - 560 min ⁻¹
Rozměry brusného pásu	75 × 457 mm

12.1.2 Stacionární upnutí pásové brusky

Pevné upnutí pásové brusky je možno po přesunutí přídavné rukojeti (2) do horizontální polohy. S použitím stabilní desky a dvou šroubových svorek (14) pak lze bruska přesně upevnit.



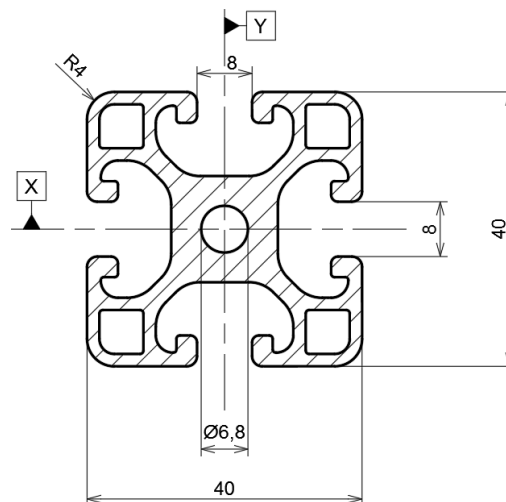
Obr. 20: Stacionární upnutí brusky.

12.2 Stavebnicový systém z hliníkových profilů

Stavebnicové systémy jsou výhodné zejména pro svou velkou variabilitu. Složeny mohou být z dílů různých průřezů a tvarů. Na výběr je nepřehledné množství způsobů jejich vzájemného spojení, s možností změny polohy jednotlivých částí. Montáž i demontáž je rychlá a bez nutnosti výroby dalších prvků nutných pro spojování součástí např. děr, závitů.

12.2.1 Hliníkový profil 8 40×40 L

Jedná se o odlehčenou verzi s čtyřmi drážkami a předpřipravenou dírou pro závit ve středu průřezu.



Obr. 21: Průřez hliníkového profilu.

Tab. 7: Průřezové charakteristiky profilu.

Drážka profilu	8 mm
Hmotnost	1,75 kg.m ⁻¹
Moment setrvačnosti $I_x = I_y$	9,18 cm ⁴
Průřezový modul $W_x = W_y$	4,59 cm ³
Plocha průřezu	6,48 cm ²

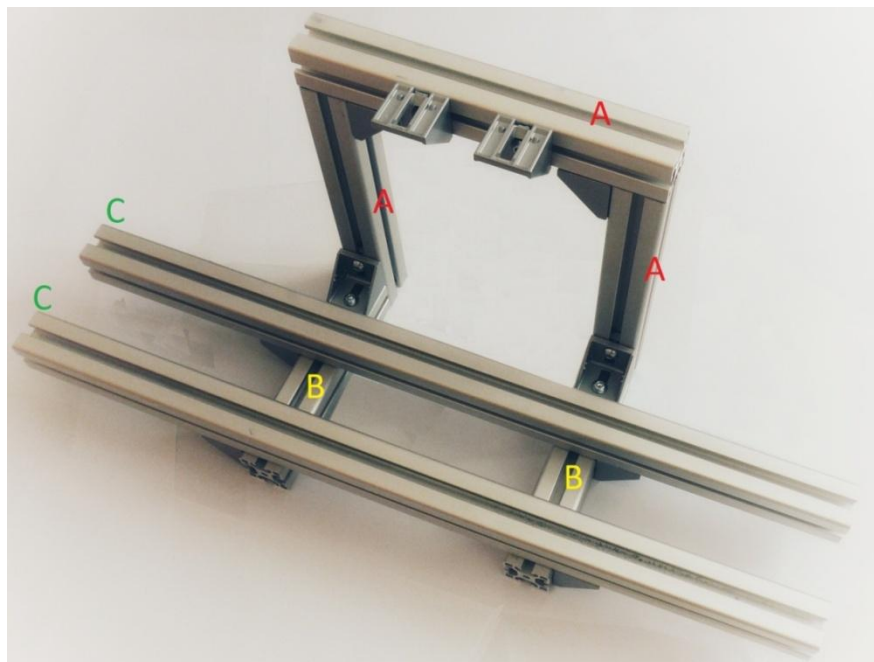
Tento použitý profil je dále rozdělen do tří skupin v závislosti na jeho funkci a délce:

- Profil A - 2 stojiny a 1 příčnick sloužící k upnutí nosné desky brusky.
- Profil B - je podstavou rámu a spojuje lineární vedení se stojinami profilu A.
- Profil C - jeho drážka zajišťuje dráhu kluzného vedení.

Do dvou profilů A byl dodatečně vyroben závit M8 pro uchycení stavitelných nohou.

Počet ks a délka v navrženém zařízení:

- 3 ks A o délce 280 mm
- 2 ks B o délce 200 mm
- 2 ks C o délce 700 mm



Obr. 22: Složený základ rámu.

12.2.2 Úhelníky

Úhelník 40x40 s drážkou, upínací sadou a krycím víčkem zajišťuje spolehlivé upevnění a polohu součástí. Při povolení šroubů umožňuje posuv profilů. Úhelník je zinkový odlitek s barvou RAL 9006 (jako eloxované profily).

Tab. 8: Složení sady úhelníku.

Součást	Počet kusů
Úhelník 40x40 s drážkou	1 ks
Krycí víčko	1 ks
Šroub s čokovitou hlavou M8x16 ISO 7380	2 ks
Matice do drážky M8 sklopná s pružinou	2 ks
Počet kusů sady úhelníku v navrženém zařízení	10 ks



Obr. 23: Úhelník s upínací sadou a krycím víčkem.

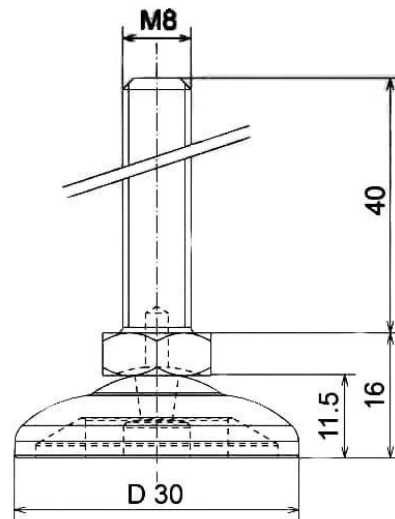
12.2.3 Stavitelné nohy

Stavitelná noha Ekonomik D 30 M8x40 - PA je z pozinkované oceli s dosedací polyamidovou částí a pryžovým tlumícím kroužkem. Spojení závitové tyče a dosedací části je tvořeno ocelovým trnem, který je vlisován přes dosedací talířek do závitové tyče. Tento bez kloubový spoj umožňuje vyrovnání nerovností.

Maximální zatížení: 350 kg

Rozsah vyrovnání nerovností: $\pm 2,5^\circ$

Počet ks v navrženém zařízení: 4 ks



Obr. 24: Schéma stavitelné nohy.

12.3 Upínací deska brusky

Zajišťuje stacionární upnutí pásové brusky. Je opatřena průchozí závitovou dírou pro ovládací šroub přísuvu a dírou pro čep.

Materiál: Slitina hliníku EN AW 5052

Rozměry polotovaru: 180 × 50 × 15 mm



Obr. 25: Upínací deska brusky.

12.3.1 Minimální délka závitu v upínací desce

Upínací deska na sobě nese pásovou brusku o hmotnosti 2,6 kg. Deska je tedy zatěžována tíhovou silou přenášenou přes závitovou díru a ovládací šroub přísuvu.

Rozměry vnitřního závitu M16:

Tab. 9: Rozměry vnitřního závitu M16.

D [mm]	D ₂ [mm]	D ₁ [mm]	P [mm]
16	14,701	13,835	2

Výška závitu H:

$$H = \frac{D - D_1}{2} = \frac{16 - 13,835}{2} = 1,0825 \text{ mm}$$

Síla působící na závit:

Hmotnost brusky: $m_1 = 2,6 \text{ kg}$

Hmotnost upínací desky brusky: $m_2 = 0,1 \text{ kg}$

$$F = (m_1 + m_2) * g = (2,6 + 0,1) * 9,81 = 26,487 \text{ N}$$

Počet činných závitů i:

Materiál: EN AW 5052

$p_{DOV} = 10 \text{ MPa}$

$$p_{DOV} = \frac{F}{S}$$

$$i = \frac{F}{\pi * D_2 * H * p_{DOV}} = \frac{26,487}{\pi * 14,701 * 1,0825 * 10} = 0,053 \rightarrow 1 \text{ závit}$$

Minimální délka závitu v upínací desce brusky L_{min}:

$$L_{min} = i * P = 1 * 2 = 2 \text{ mm}$$

Délku závitu v upínací desce volím $L_{min} = 15 \text{ mm}$, stejnou jako tloušťku upínací desky.

12.4 Základní upínací deska obrobků

Horní část slouží jako základní plocha pro upnutí roštu na dřevěné obrobky. Rošt je upnut šrouby umístěnými ve čtyřech slepých závitových dírách v rozích upínací desky. Na boku desky je pak závitová díra určená pro ovládací rukojeť posuvu desky a ze spodní strany desky jsou umístěni jezdcí vedení. Ti jsou spojeni s deskou šrouby, které se nachází v 8 zahloubených dírách.

Materiál: Slitina hliníku EN AW 5052

Rozměry polotovaru: 310 × 160 × 20 mm



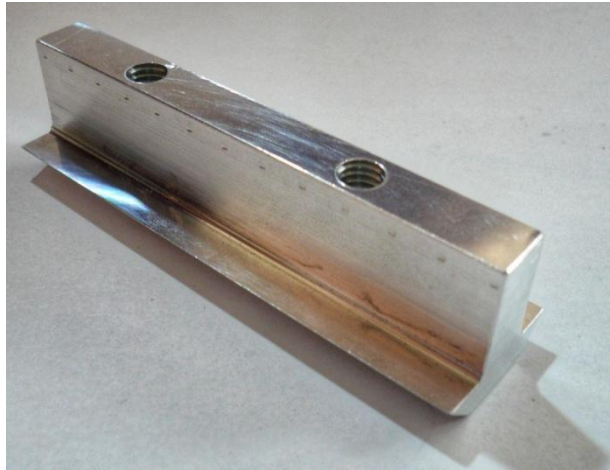
Obr. 26: Základní upínací deska obrobků.

12.5 Jezdec

Zajišťují dvoudráhové kluzné lineární vedení spolu s drážkou ve dvou hliníkových profilech. V jedné dráze (drážce profilu) se nachází dva jezdcí. Jsou spojeni se základní upínací deskou, každý pomocí dvou šroubů.

Materiál: Slitina hliníku EN AW 5052

Rozměry polotovaru: 80 × 25 × 25 mm



Obr. 27: Jezdec.

12.6 Nosná deska brusky

Je složena ze dvou kusů, které jsou následně spojeny 4 šrouby. V obou kusech jsou dvě zahloubení, která vytváří prostor, do něž je umístěn ovládací šroub přísuvu a čep. K rámu jsou desky připevněny pomocí dvou úhelníků, pro jejichž šrouby jsou vyvrtány dvě závitové díry ve spodní nosné desce.

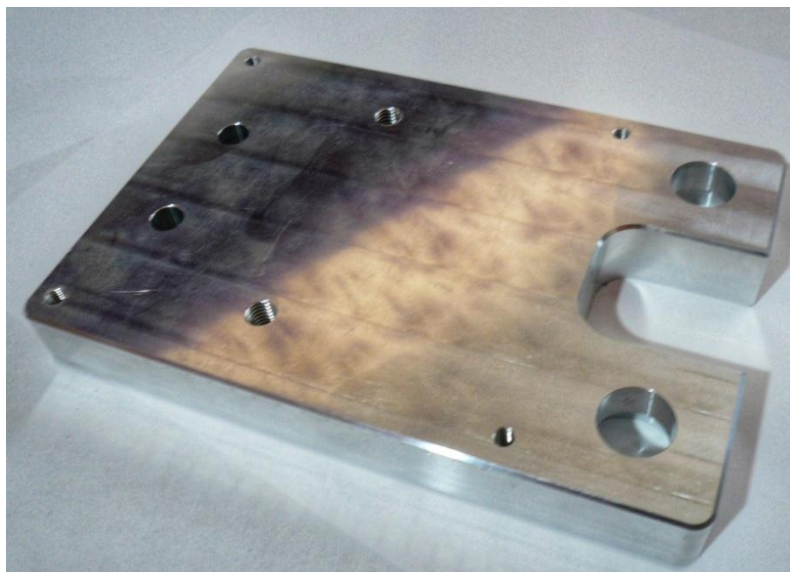
12.6.1 Spodní nosná deska brusky

Materiál: Slitina hliníku EN AW 5052

Rozměry polotovaru: 180 × 120 × 25 mm



Obr. 28: Spodní nosná deska brusky, pohled shora.

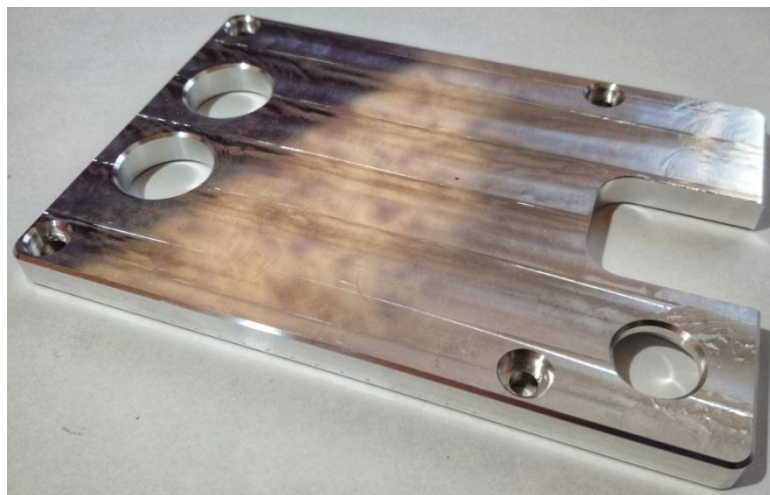


Obr. 29: Spodní nosná deska brusky, pohled ze spodu.

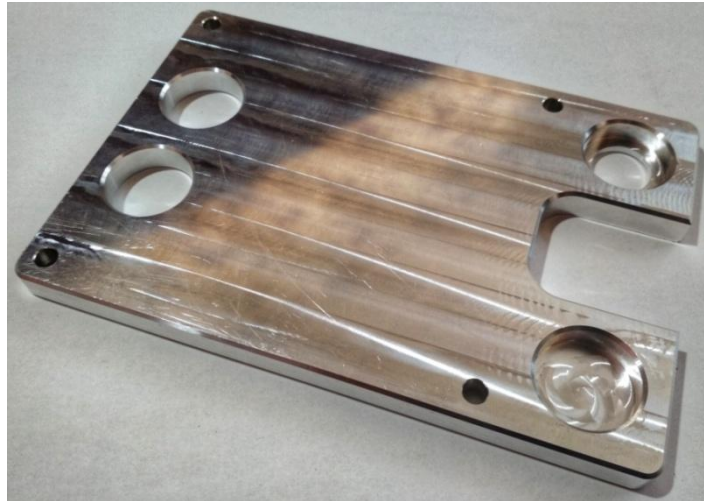
12.6.2 Horní nosná deska brusky

Materiál: Slitina hliníku EN AW 5052

Rozměry polotovaru: 180 × 120 × 12 mm



Obr. 30: Horní nosná deska brusky, pohled shora.



Obr. 31: Horní nosná deska brusky, pohled ze spodu.

12.7 Čep

Je zasazen mezi horní a spodní nosnou desku brusky. Zabraňuje rotaci a pohybu upínací desky brusky při otáčení ovládacího šroubu přísuvu. Mezi čepem a upínací deskou brusky musí být co nejmenší vůle, aby při broušení docházelo k co nejmenším vibracím brusky a připevňovaná bruska měla dostatečnou tuhost.

Materiál: Ocel 11 600, ČSN 42 5510

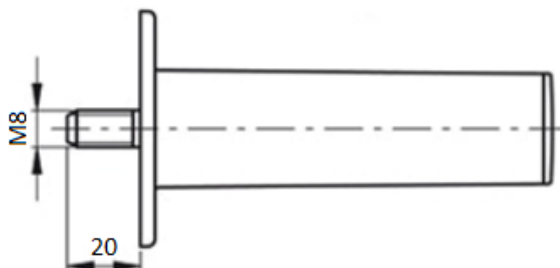
Rozměry polotovaru: $\text{Ø}30 \times 110 \text{ mm}$



Obr. 32: Čep.

12.8 Rukojeť

Rukojeť s ochranným lemem je vyrobena z polymeru na bázi polyamidu. Upevněna je pomocí závitového čepu M8 × 20 z pozinkované oceli, se zkoseným plochým koncem podle UNI 947: ISO 4753.



Obr. 33: Rukojeť.

12.9 Spojovací materiál

Kromě úhelníků, které spojují jednotlivé profily, byly pro spojení rámu a ostatních komponentů použity následující spojovací součásti:

Tab. 10: Použitý spojovací materiál.

Název a rozměr spojovací součásti	Norma	Účel spojovací součásti	Počet kusů
Šroub s válcovou hlavou s vnitřním šestihranem M6 × 16	DIN 912	Spojení jezdců se základní upínací deskou obrobků	8 ks
Šroub s válcovou hlavou s vnitřním šestihranem M8 × 30	DIN 912	Spojení nosných desek brusky s rámem	2 ks
Podložka plochá M8	DIN 125A	Spojení nosných desek brusky s rámem a stavěcích nohou s rámem	4 ks
Matice přesná M8	DIN 934	Spojení nosných desek brusky s rámem a stavěcích nohou s rámem	4 ks
Šroub s válcovou hlavou s vnitřním šestihranem M5 × 20	DIN 912	Spojení horní a spodní nosné desky	4 ks
Šroub s válcovou hlavou s vnitřním šestihranem M16 × 60	DIN 913	Ovládací šroub přísuvu	1 ks
Šroub záпустný M8 × 16	DIN 7991	Šroub pro upínání šablony na obrobky	4 ks

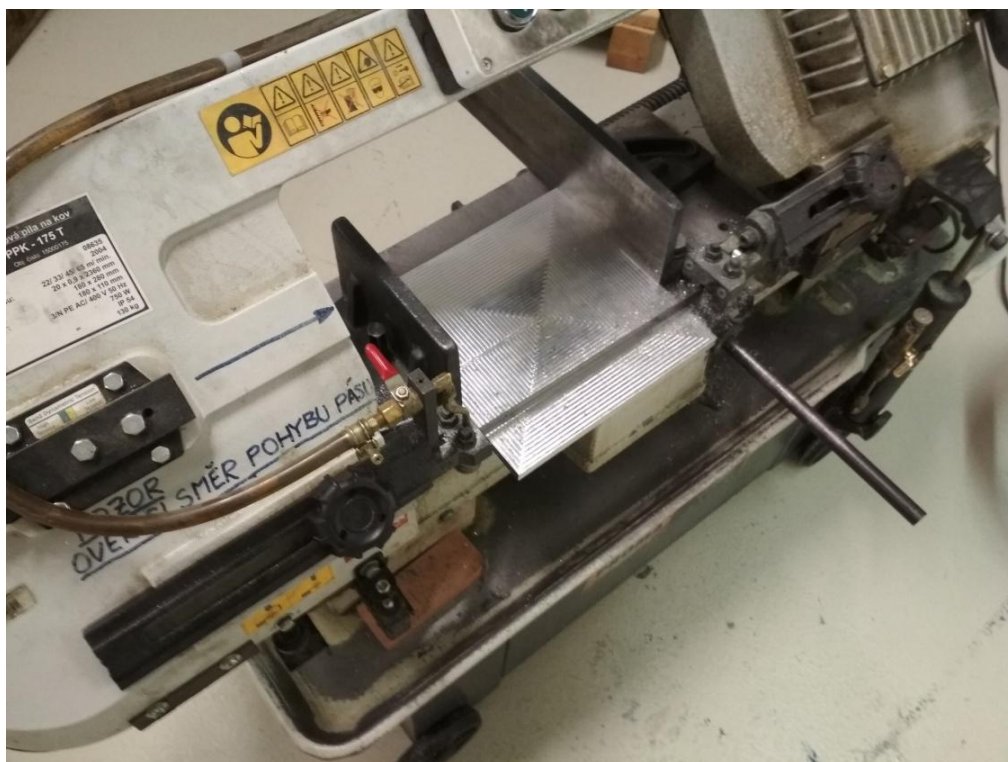
13 VÝROBA KOMPONENTŮ

Do výroby byly zařazeny díly, které nejsou dostupné v obchodech a nebo je dokážeme vyrobit za menší cenu.

Postup výroby probíhal u většiny dílů obdobně. Pro výrobu desek se nejvíce nabízela výroba frézováním, kvůli obrobení velkého množství rovinných ploch na deskách. Čep byl jako rotační součást vyroben na soustruhu. Před samotnou výrobou jsme museli na pásové pile na kov ještě upravit rozměry polotovarů.

13.1 Příprava polotovarů

Úprava rozměrů polotovarů proběhla na pásové pile na kov PPK - 175 T. Pila je určena pro řezání všech běžně používaných materiálů (např. hliníku a jeho slitin, neželezných kovů, ocelí). Řezání materiálu pod úhlem je umožněno otočným svěrákem. K dispozici je také chladicí systém.



Obr. 34: Řezání polotovaru pro horní část nosné desky brusky na pásové pile.

13.2 Výroba desek

Všechny desky byly vyrobeny frézováním na univerzální frézce DMG MORI DMU 50. Jedná se pětiosou frézku s možností simultánního obrábění. Nechybí ani zásobník nástrojů s možností automatizované výměny nástrojů mezi jednotlivými kroky programu, což výrobu značně urychluje.

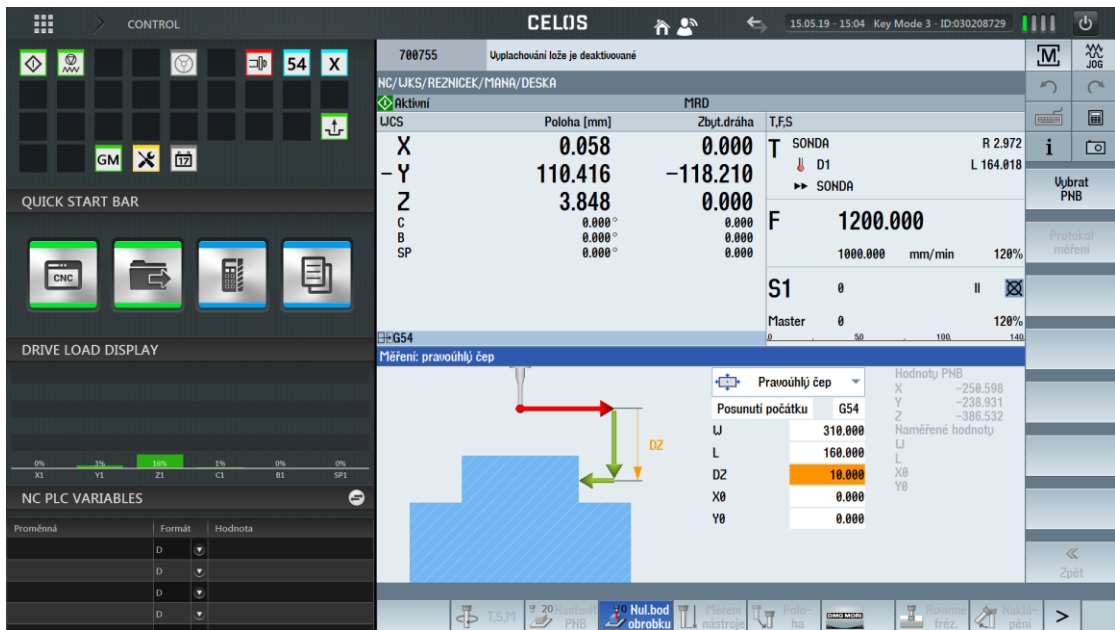
Frézka je vybavena řídicím systémem Celos s programovacím prostředím ShopMill, které je vhodné zejména pro programování při práci přímo na dílně. Programovací prostředí je intuitivní a efektivní.



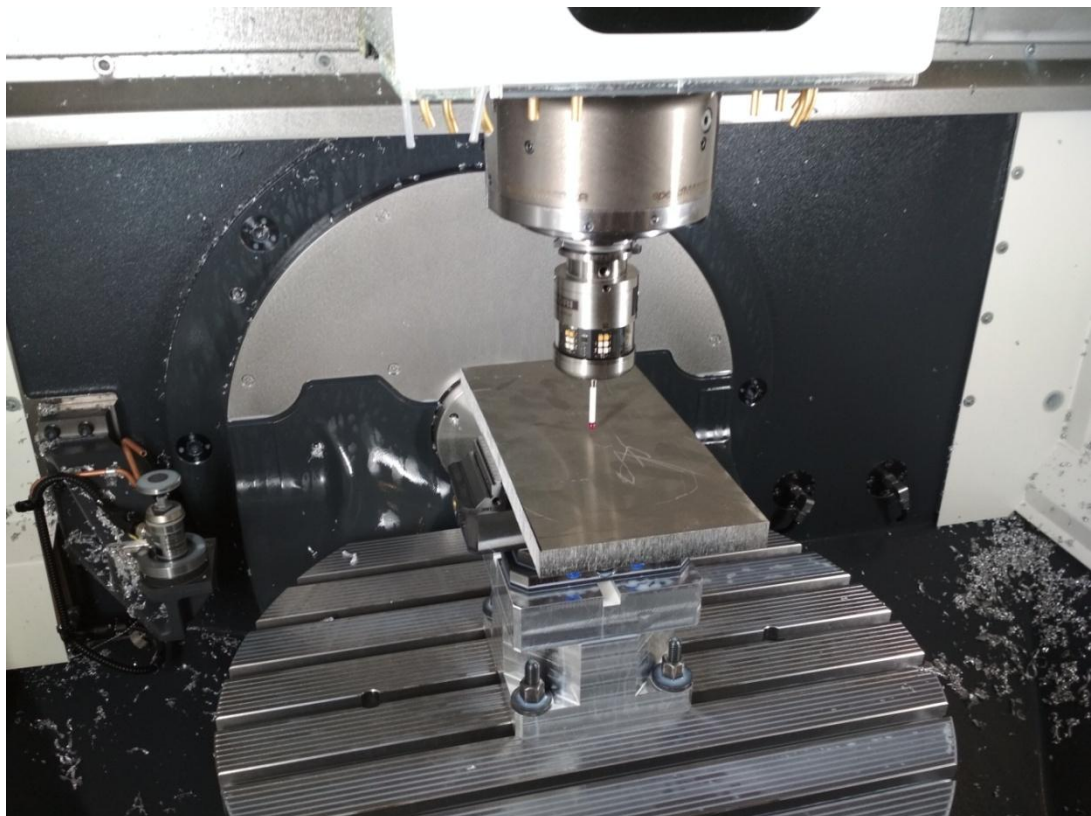
Obr. 35: Frézka DMG MORI DMU 50.

13.2.1 Výroba základní upínací desky

První operací při výrobě bylo upnutí polotovaru, následované nalezením nulového bodu obrobku pomocí sondy. Nulový bod můžeme hledat buď manuálně nebo automatickou funkcí, která po zadání přibližných (větších) rozměrů polotovaru sama změří polotovar a nulový bod přesně dopočítá. Od nulového bodu se pak odvíjejí všechny polohy vyráběných prvků (děr, kapes, apod.) a dráhy nástroje.

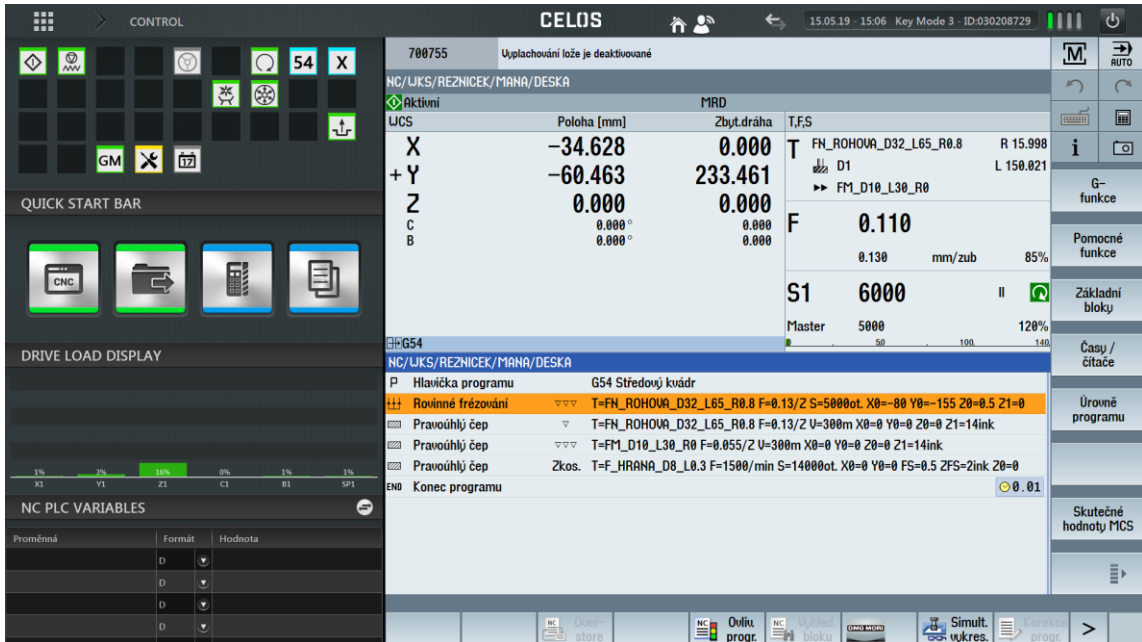


Obr. 36: Hledání počátečního bodu obrobku v programu ShopMill.

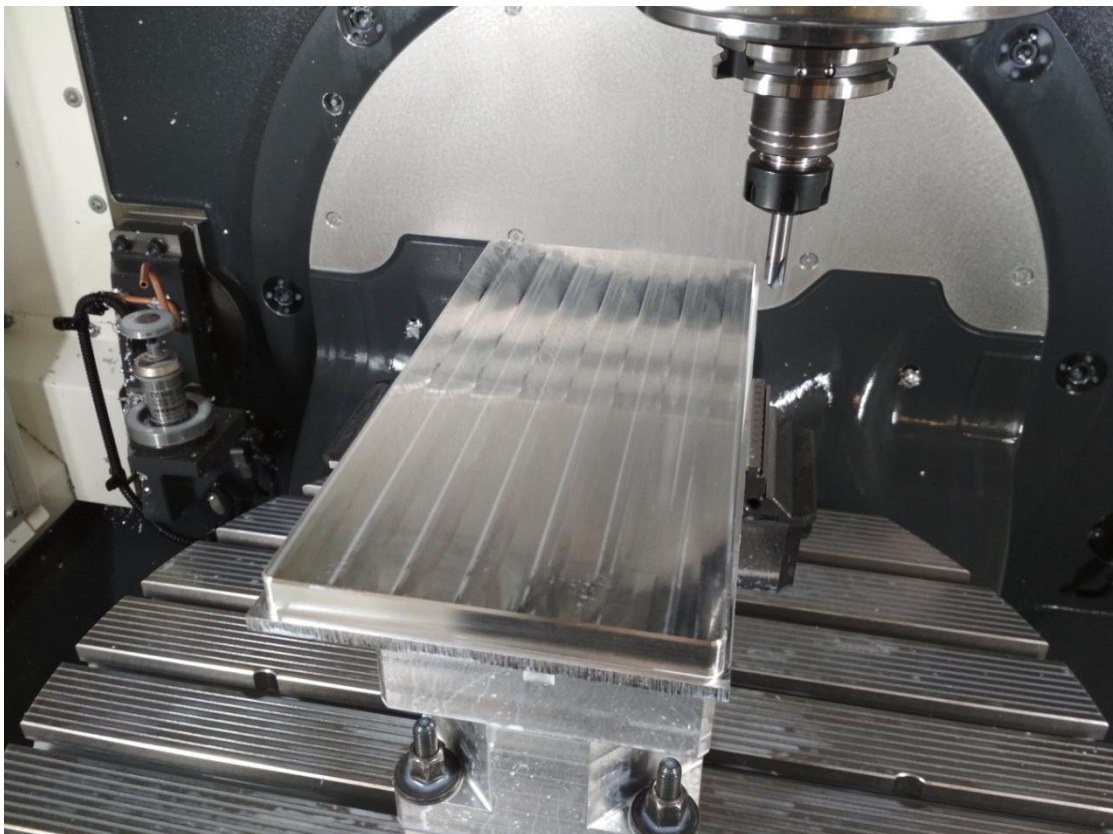


Obr. 37: Upnutí polotovaru základní upínací desky a hledání nulového bodu obrobku pomocí sondy.

V prvním programu jsme funkcí Rovinné frézování obrobili vrchní plochu desky. Obrábění pokračovalo hrubováním délky a šířky desky funkcí Pravoúhlý čep. Následně došlo k dokončování a zkosení hran po obvodu desky pomocí stejné funkce.

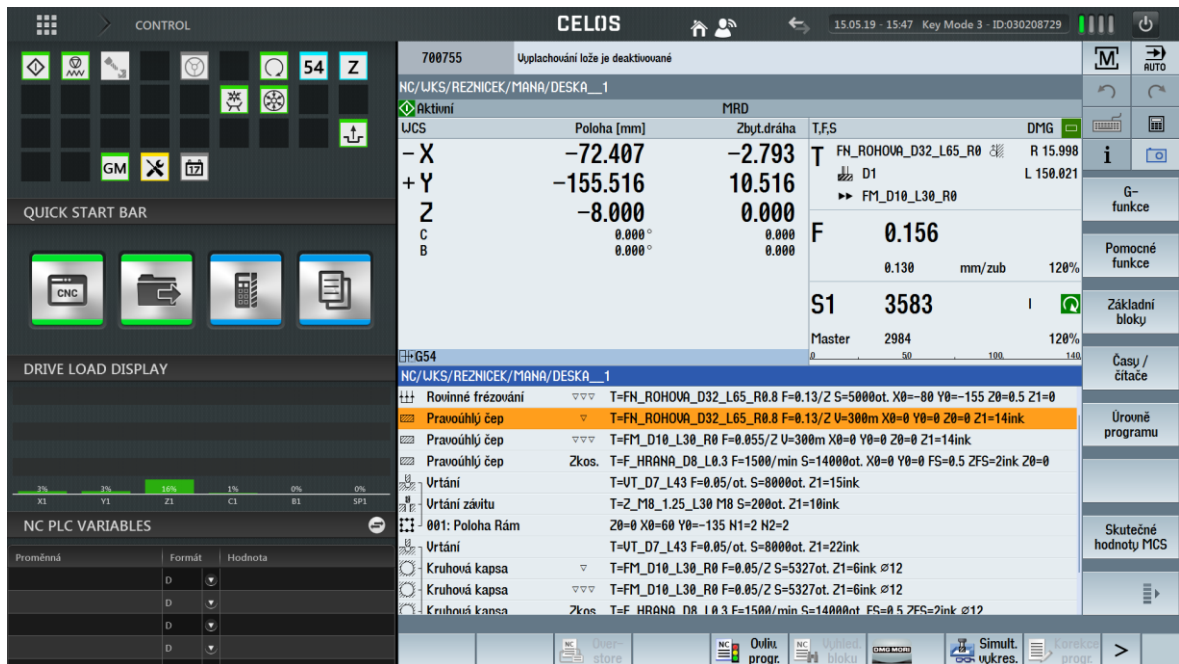


Obr. 38: Schéma prvního programu pro obrábění spodní strany základní upínací desky

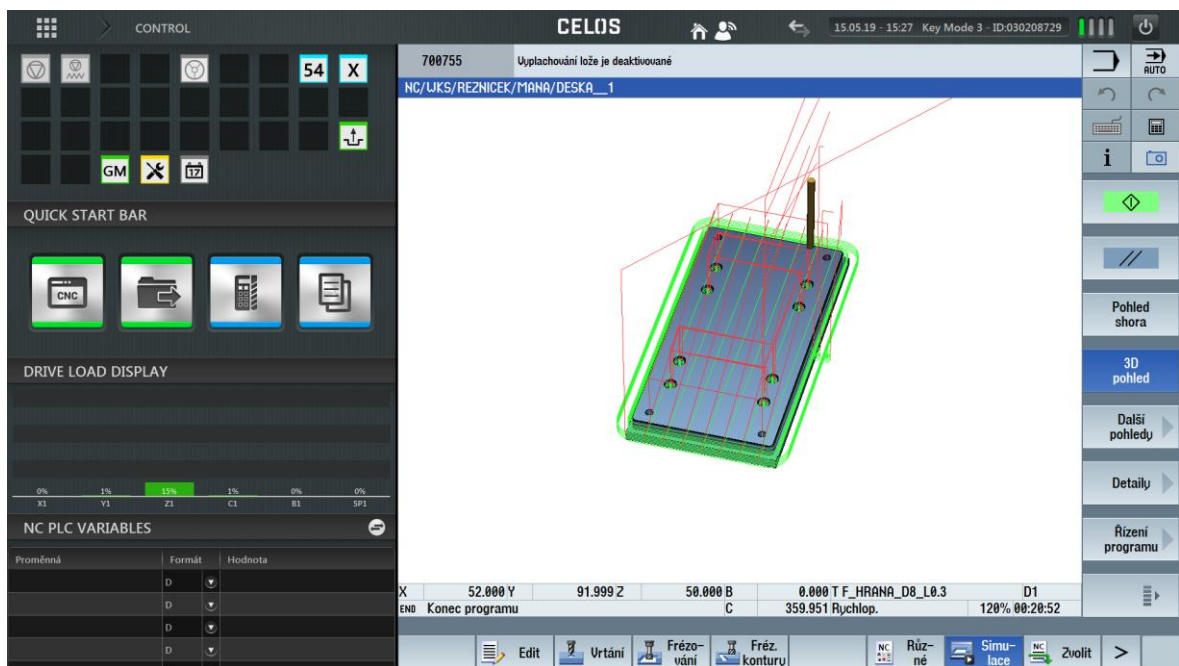


Obr. 39: Dokončená spodní strana základní upínací desky

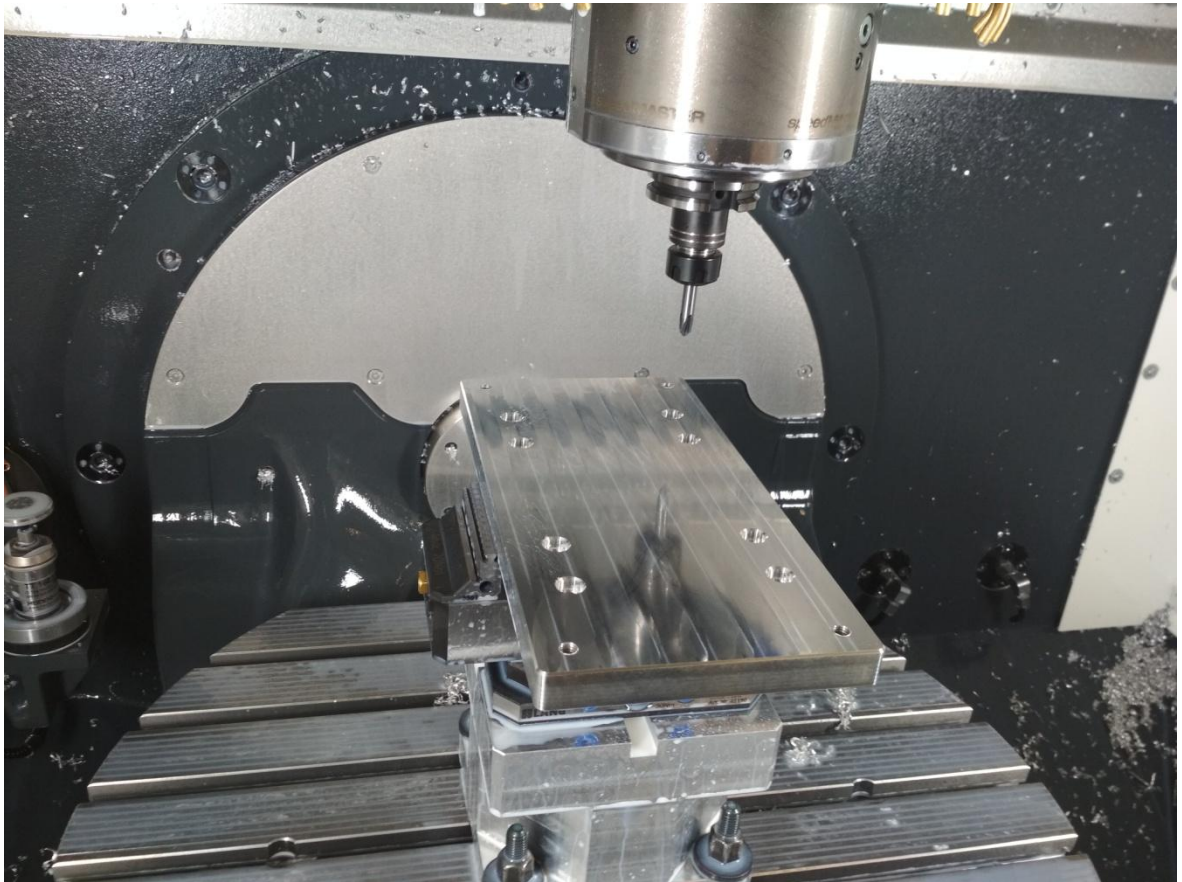
Pro obrobení horní strany bylo zapotřebí nejprve přepnout obrobek a znova najít nulový bod. Začátek programu byl stejný jako u prvního kroku. Dále se funkcí Vrtání vyvrtaly díry pro zahloubené a závitové díry, které jsou slepé, a proto se tato operace provedla z této strany desky. Zahloubení děr bylo provedeno pomocí funkce Kruhová kapsa a to v pořadí hrubování - dokončování - zkosení hrany otvoru.



Obr. 40: Schéma programu pro obrábění horní strany základní upínací desky



Obr. 41: Simulace programu pro obrábění horní strany základní upínací desky



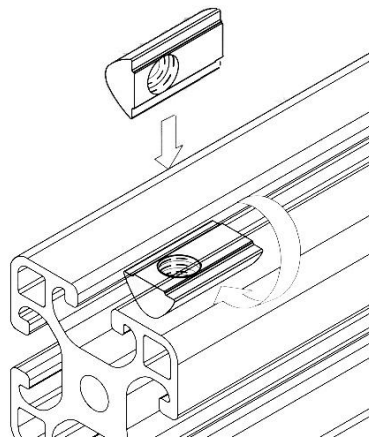
Obr. 42: Dokončená horní strana základní upínací desky

Poslední operací bylo vyrobení závitové díry pro rukojeť v boku desky. Obrobek se podruhé přeupnul, našel se znova nulový bod a následovalo vrtání díry a závitu do ní.

14 MONTÁŽ

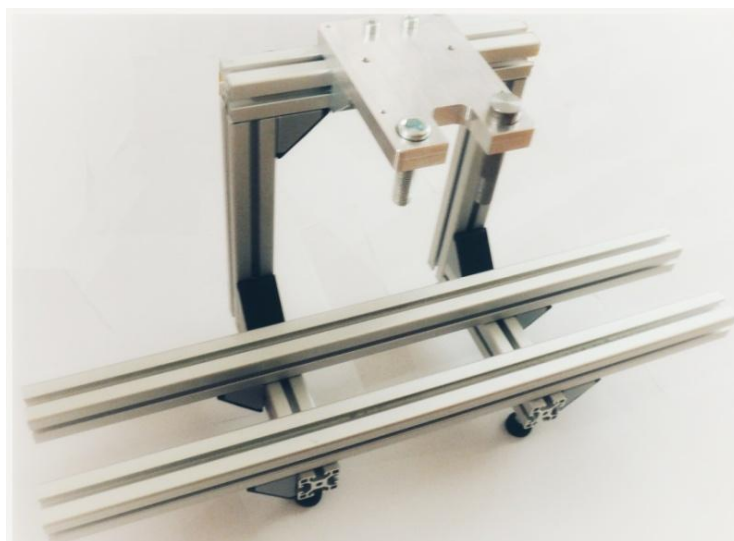
Montáž začíná složením skeletu rámu, a to s ohledem na rozdělení jednotlivých profilů (znázorněno v Obr. 21). První profil C je doražen až na úhelníky spojující profily A a B. Mezi prvním a druhým profilem C je mezera 60 mm.

Pro spojení profilu s úhelníkem je důležité správné ustavení matice v drážce. Matice je opatřena pružinou, která vymezí její vůli v drážce a zároveň je schopna se v ní hladce posouvat.



Obr. 43: Postup zavedení matice do drážky.

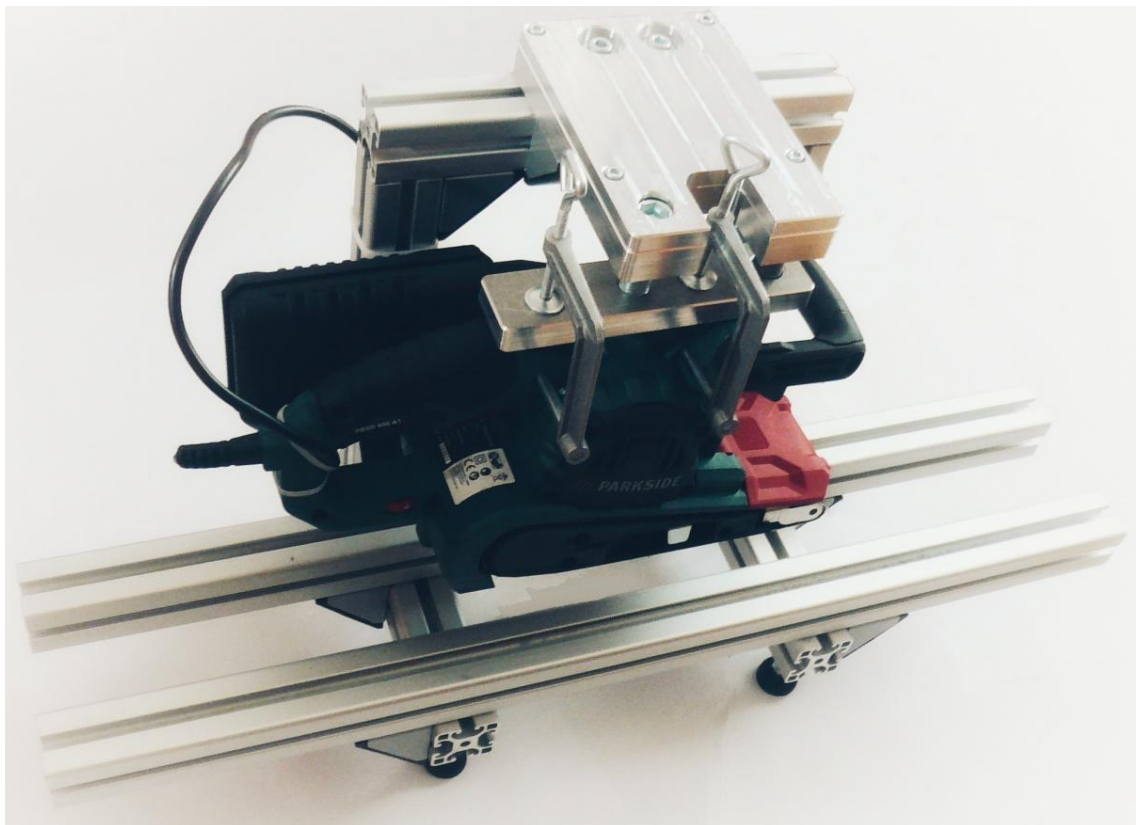
Poté následuje přišroubování 4 stavitelných noh a montáž spodní nosné desky brusky. Do připravených zahloubených děr se zasadí šroub ovládající přísuv brusky a čep.



Obr. 44: Rám se stavitelnými nohami, spodní nosnou deskou brusky, šroubem přísuvu a čepem.

Spodní nosnou desku brusky a součástky v ní zasazené je pak třeba přikrýt horní nosnou deskou brusky.

Pro stacionární upnutí brusky se využijí dvě svorky umístěné v dírách brusky a na upínací desce brusky. Je nutno zvážit také těžiště brusky, dosedací plochy svorek jsou umístěny doprostřed plochy upínací desky a zkontrolovat, zda se upínací deska dotýká jen dosedacích ploch, které jsou na brusce ve tvaru malých rovinných výstupků. Poté se bruska našroubuje na ovládací šroub přísuvu.



Obr. 45: Rám s připevněnou pásovou bruskou.

Dalším krokem je spojení jezdců se základní upínací deskou obrobků a její nasunutí do drážek profilů C. Nakonec se připevnění rukojeť do základní upínací desky.



Obr. 46: Rám s nasunutou základní upínací deskou ve vedení a rukojetí.

Po dokončení montáže je nutno namazat dráhy vedení, popřípadě ještě seřídit vzdálenost mezi dvěma profily C při nasunutí upínací desce pro snadný a plynulý pohyb jezdců ve vedení.

15 OVĚŘENÍ FUNKČNOSTI VÝROBY

Kontrola broušení probíhala s upnutou šablonou na dřevěné žetony s průměrem 35 mm.



Obr. 47: Zařízení se šablonou pro dřevěné žetony.



Obr. 48: Dřevěný obrobek před broušením (vlevo) a po broušení (vpravo).

Při kontrolním broušení jsme ověřili, zda byla dodržena rovinnost broušení a zkontrolovali jsme kvalitu broušeného povrchu. Rovinnost byla dodržena a kvalita broušeného povrchu je dostačující.

Při ověření funkčnosti bylo zjištěno několik nedostatků:

1. Odbroušený materiál se dostává do dráhy vedení, kterou postupně zanáší. Pohyb vedení pak není tak hladký a drážka se proto musí častěji čistit. Tomu by se dalo předejít dodatečným odsáváním odbroušeného materiálu při broušení.
2. Připevňená bruska má vlivem vůle v pohybovém závitovém spoji menší tuhost. Při výrobě mělo být použito jemnější stoupání závitu. Menší vůle vznikla při výrobě také mezi čepem a dírou, ve které je zasazen. Čep měl být vyroben s menší tolerancí rozměrů.

16 EKONOMICKÉ ZHODNOCENÍ

Nejvíce se do celkové ceny promítla konstrukce rámu z hliníkových stavebnicových profilů a jeho komponentů. Další dražší položkou byl nákup polotovarů. Výroba proběhla ve školních dílnách, což náklady výrazně snížilo. Cenový limit 6 000 Kč byl dodržen.

Tab. 11: Pořizovací náklady jednotlivých položek brousicího zařízení

Položka	Cena za kus [Kč]	Množství	Celková cena [Kč]
Pásová bruska Parkside PBSB 600 A1	799	1 ks	799
Profil A	100	3 ks	200
Profil B	67	2 ks	134
Profil C	235	2 ks	470
Řezání profilů	78	7 ks	546
Rukojeť	255	2 ks	255
Úhelník 40×40×40	101	10 ks	1010
Stavitelná noha	65	4 ks	288
Polotovar EN AW 5052 180 × 50 × 15	99	1 ks	99
Polotovar EN AW 5052 310 × 160 × 20	405	1 ks	405
Polotovar EN AW 5052 80 × 25 × 25	45	4 ks	180
Polotovar EN AW 5052 180 × 120 × 25	133	1 ks	233
Polotovar EN AW 5052 180 × 120 × 12	120	1 ks	112
Polotovar ČSN 42 5510 Ø30 × 110	70	1 ks	70
Spojovací materiál	-	-	135
Náklady na dopravu a balení zboží	-	-	455
Celková cena			5391

ZÁVĚR

Cílem práce bylo navrhnout a vyrobit zařízení pro broušení rovinných ploch dřevěných výrobků. V teoretické části je přiblížena problematika broušení dřeva, konstrukce strojních rámu a vedení a způsoby jejich vzájemného spojování. Dále jsou popsány technologie běžně používané při výrobě strojních součástí - vrtání, frézování a nekonvenční technologie obrábění pomocí laseru.

V praktické části byl proveden průzkum trhu s ohledem na požadavky broušení, při kterém bylo zjištěno, že se na trhu nenachází cenově dostupné zařízení splňující naše požadavky. Přistoupili jsme tedy k vlastnímu návrhu zařízení.

Navržené zařízení se skládá z ruční pásové brusky a jednoduchého rámu opatřeného také vedením s upínací deskou pro obrobky. Na základě konstrukčního návrhu byla vytvořena výkresová dokumentace, která byla podkladem pro výrobu jednotlivých komponentů zařízení. Výroba proběhla ve školních dílnách na pětiosé frézce, jejíž všestrannost výrazně zkrátila potřebný čas pro výrobu desek. Celé zařízení bylo posléze smontováno a nakonec došlo k ověření funkčnosti celého zařízení, které proběhlo úspěšně.

Zařízení bude sloužit k broušení rovinných ploch dřevěných výrobků, které byly předtím laserově popsány. Zařízení je schopno obrábět více obrobků najednou v závislosti na jejich velikosti (např. až 14 dřevěných žetonů o průměru 35 mm). K upnutí obrobků bude navíc použita šablona, která výměnu obrobků značně zrychlí. Maximální rozsah přísuvu broušení je 40 mm.

SEZNAM POUŽITÉ LITERATURY

- [1] PROKEŠ, Stanislav. *Obrábění dřeva a nových hmot ze dřeva*. Vyd. 3, nezměn. Praha: SNTL, 1982, 584 s. Redakce literatury spotřebního průmyslu.
- [2] VAŠEK, Vladimír a Otakar KAŠTÁNEK. *Části strojů*. Praha: Státní nakladatelství technické literatury, 1977, 224 s.
- [3] KAŠTÁNEK, Otakar. *Strojírenské materiály a technologie*. Brno: VUT, 1979, 308 s.
- [4] BRENÍK, Přemysl a Josef PÍČ. *Obráběcí stroje: konstrukce a výpočty*. Praha: Státní nakladatelství technické literatury, 1982, 573 s.
- [5] CHVOJKA, Jiří a Miroslav BRZOBOHATÝ. *Zpracování a použití hliníku a jeho slitin*. Praha: SNTL, 1961, 360 s. ". Řada hutnické literatury.
- [6] NOVOTNÝ, Josef a Zdeněk LANGER. *Stříhání a další způsoby dělení kovových materiálů*. Praha: SNTL - Nakladatelství technické literatury, 1980, 213 s.
- [7] DEJL, Zdeněk. *Konstrukce strojů a zařízení I.: spojovací části strojů : návrh, výpočet, konstrukce*. Ostrava: Montanex, 2000, 225 s. ISBN 80-7225-018-3.
- [8] JURKO, Jozef a Imrich LUKOVICS. *Vrtanie: technologická metóda výroby dier*. Zlín: Univerzita Tomáše Bati, 2007, 191 s. Edícia vedeckej a odbornej literatúry: Monografia. ISBN 978-80-7318-488-9.
- [9] KOČMAN, Karel. *Technologické procesy obrábění*. Brno: Akademické nakladatelství CERM, 2011, 330 s. ISBN 978-80-7204-722-2.
- [10] BÍLEK, Ondřej a Imrich LUKOVICS. *Výrobní inženýrství a technologie*. Ve Zlíně: Univerzita Tomáše Bati, 2014, 173 s. ISBN 978-80-7454-471-2.
- [11] ŘASA, Jaroslav a Vladimír GABRIEL. *Strojírenská technologie 3*. 1. díl, Metody, stroje a nástroje pro obrábění. Praha: Scientia, 2000, 256 s. ISBN 80-7183-207-3.
- [12] ŘASA, Jaroslav, Václav HANĚK a Jindřich KAFKA. *Strojírenská technologie: Návrhy nástrojů, přípravků a měřidel : zásady montáže*. 4. Praha: Scientia, 2003, 505 s. ISBN 80-7183-284-7.
- [13] MORÁVEK, Rudolf. *Nekonvenční metody obrábění*. 2. vyd. Plzeň: Západočeská univerzita v Plzni, Fakulta strojní, 1999, 102 s. ISBN 80-7082-518-9.

SEZNAM POUŽITÝCH SYMBOLŮ A ZKRATEK

v	řezná rychlost
D	průměr broušícího kotouče
n	frekvence otáčení broušícího kotouče
P_o	přítlačná síla
p_o	měrná síla přitlačování
F_p	plocha broušeného obrobku
P	celková síla potřebná pro broušení
f	koeficient tření
A	výkonnost broušení
G	množství odbroušené hmoty
t	čas
Q	osová síla
D_2	střední průměr závitu
γ	úhel stoupání šroubovice
P	stoupání závitu
A_D	jmenovitý průřez třísky
h	šířka záběru vrtáku
b	hloubka záběru vrtáku
F_c	řezná síla
k_c	měrná řezná síla
T_{opt}	trvanlivost nástroje
a_p	hloubka frézování

a_e	šířka frézování
f_z	posuv frézy na zub
z	počet zubů frézy
H	výška závitů
m	hmotnost
g	tíhové zrychlení
p_{dov}	dovolený tlak v závitě
i	počet závitů
L_{min}	minimální délka závitů

SEZNAM OBRÁZKŮ

Obr. 1: Základní tvary průřezů stojanů.....	19
Obr. 2: Otevřený rám otočné vrtačky.....	20
Obr. 3: Uzavřený rám dvoustojanového svislého soustruhu.....	20
Obr. 4: Přímočará vedení hranolová, jednoduchá.....	24
Obr. 5: Přímočará vedení válcová.....	24
Obr. 6: Přímočará vedení dvoudráhová.....	24
Obr. 7: Šroubové spojení: a) s šestihrannou hlavou, podložkou a maticí, b) závrtné.....	26
Obr. 8: Rozměry metrického závitu základní řady.....	27
Obr. 9: Silové poměry na šroubu.....	28
Obr. 10: Základní tvary šroubového vrtáku s rozdílným úhlem stoupání šroubovice [8].....	30
Obr. 11: Jmenovité rozměry třísek při vrtání šroubovým vrtákem [9].....	30
Obr. 12: Řezné síly při vrtání [9].....	31
Obr. 13: Čelní frézování, a) symetrické, b) nesymetrické [9].....	32
Obr. 14: Oblasti použití laserů, (1 - odpařování materiálu, 2 - popisování a drážkování, 3 - vrtání, 4 - svařování, 5 - legování a povrchové natavování, 6 - kalení, 7 - obrábění plastů, 8 - polymerace) [10].....	34
Obr. 15: Dřevěné výrobky.....	37
Obr. 16: Stolní bruska Ferm BGM 1003.....	37
Obr. 17: Sestava konstrukčního návrhu vytvořená v programu Catia V5.....	38
Obr. 18: Pohled na pravou stranu brusky, 1) vypínač, 2) přídatná rukojeť, 3) čelní kryt, 4) upínací páka brusného pásu, 5) stavěcí kolečko rychlosti pásu, 6) rukojeť.....	39
Obr. 19: Pohled na levou stranu brusky, 7) šroub pro nastavení rukojetí, 8) díry pro šroubové svorky, 9) přípojka pro nádobu na prach, 10) stavěcí tlačítko vypínače, 11) nádoba na prach, 12) seřizovací šroub chodu pásu, 13) brusný pás.....	40
Obr. 20: Stacionární upnutí brusky.....	41
Obr. 21: Průřez hliníkového profilu.....	41
Obr. 22: Složený základ rámu.....	42
Obr. 23: Úhelník s upínací sadou a krycím víčkem.....	43
Obr. 24: Schéma stavitelné nohy.....	44

Obr. 25: Upínací deska brusky.	44
Obr. 26: Základní upínací deska obrobků.....	46
Obr. 27: Jezdec.	47
Obr. 28: Spodní nosná deska brusky, pohled shora.....	47
Obr. 29: Spodní nosná deska brusky, pohled ze spodu.	48
Obr. 30: Horní nosná deska brusky, pohled shora.....	48
Obr. 31: Horní nosná deska brusky, pohled ze spodu.	49
Obr. 32: Čep.....	49
Obr. 33: Rukojeť.....	50
Obr. 34: Řezání polotovaru pro horní část nosné desky brusky na pásové pile.	51
Obr. 35: Frézka DMG MORI DMU 50.	52
Obr. 36: Hledání počátečního bodu obrobku v programu ShopMill.	53
Obr. 37: Upnutí polotovaru základní upínací desky a hledání nulového bodu obrobku pomocí sondy.	53
Obr. 38: Schéma prvního programu pro obrábění spodní strany základní upínací desky.....	54
Obr. 39: Dokončená spodní strana základní upínací desky.....	54
Obr. 40: Schéma programu pro obrábění horní strany základní upínací desky.....	55
Obr. 41: Simulace programu pro obrábění horní strany základní upínací desky.....	55
Obr. 42: Dokončená horní strana základní upínací desky.....	56
Obr. 43: Postup zavedení matice do drážky.	57
Obr. 44: Rám se stavitelnými nohami, spodní nosnou deskou brusky, šroubem přísuvu a čepem.....	57
Obr. 45: Rám s připevněnou pásovou bruskou.....	58
Obr. 46: Rám s nasunutou základní upínací deskou ve vedení a rukojetí.	59
Obr. 47: Zařízení se šablonou pro dřevěné žetony.	60
Obr. 48: Dřevěný obrobek před broušením (vlevo) a po broušení (vpravo).....	60

SEZNAM TABULEK

Tab. 1: Rozdělení čísel zrnitosti.	15
Tab. 2: Doporučené hodnoty zrnitosti a otáček pro dřevěné materiály.	15
Tab. 3: Doporučené hodnoty zrnitosti a otáček pro ostatní materiály.	15
Tab. 4: Hodnoty konstant a exponentů pro výpočet řezné síly při vrtání [9].	31
Tab. 5: Doporučené řezné podmínky pro frézovací hlavy s vyměnitelnými břitovými destičkami [9].	33
Tab. 6: Technické parametry pásové brusky.	40
Tab. 7: Průřezové charakteristiky profilu.	42
Tab. 8: Složení sady úhelníku.	43
Tab. 9: Rozměry vnitřního závitu M16.	45
Tab. 10: Použitý spojovací materiál.	50
Tab. 11: Pořizovací náklady jednotlivých položek broušicího zařízení.	62

SEZNAM PŘÍLOH

Příloha PI - Výkres upínací desky brusky

Příloha PII - Výkres spodní nosné desky brusky

Příloha PIII - Výkres horní nosné desky brusky

Příloha PIV - Výkres jezdce

Příloha PV - Výkres základní upínací desky obrobků

Příloha PVI - Výkres čepu

Příloha PVII - Výkres sestavy

Příloha PVIII - Kusovník