

Univerzita Hradec Králové
Pedagogická fakulta
Katedra technických předmět

**Přehled strojího obrábění kovů
a jeho využití při výuce na středních
odborných školách**

Bakalářská práce

Autor: Radek Urban

Studijní program: B7507 Specializace v pedagogice

Studijní obor: Základy techniky se zaměřením na vzdělávání
Tělovýchovné a sportovní aktivity se zaměřením na
vzdělávání

Vedoucí práce: prof. Ing. Rozmarína Dubovská, DrSc.

UNIVERZITA HRADEC KRÁLOVÉ

Pedagogická fakulta

Akademický rok: 2014/2015

ZADÁNÍ BAKALÁŘSKÉ PRÁCE

(PROJEKTU, UMĚLECKÉHO DÍLA, UMĚLECKÉHO VÝKONU)

Jméno a příjmení: **Radek Urban**
Osobní číslo: **P111996**
Studijní obor: **UB7507 Specializace v pedagogice**
Studijní obor: **Tělovýchovné a sportovní aktivity se zaměřením na vzdělávání**
Základy techniky se zaměřením na vzdělávání
Název tématu: **Přehled strojního obrábění kovů a jeho využití při výuce na středních odborných školách.**
Zadávající katedra: **Katedra technických předmětů**

Zásady pro vypracování:

Cílem bakalářské práce je zpracovat přehled základních způsobů strojního obrábění. Využití je obsahem praktické části, ve které je uvedena výkresová dokumentace a výrobní postup na konkrétní výrobky. Práce může být využita jako informační materiál pro studenty v oboru Základy techniky i učitele praxe na středních odborných školách.

Rozsah grafických prací:

Rozsah pracovní zprávy:

Forma zpracování bakalářské práce: **tištěná/elektronická**

Seznam odborné literatury:

ŘASA, J. *Strojírenská technologie*. 1. vyd. Praha: Scientia, 2001, 221 s. ISBN 80-718-3227-8, ŠVAGR, J. *Technologie ručního zpracování kovů*. 3. vyd. Praha: Institut výchovy a vzdělání Ministerstva zemědělství ČR, 2000, 91 s. ISBN 80-7105-214-0, HLUCHÝ, M. *Strojírenská technologie 2*. 2. vyd. Praha: Scientia, 2006, 176 s. ISBN 80-7183-245-6, LEINVEBER, J. *Strojirenské tabulky*. 3.vyd. Praha: Albra, 2006, 907 s. ISBN 80-7361-033-7, DUFKA, J. *Práce s kovy: dělení, obrábění, tváření a spojování kovů v domácí dílně*. 1. vyd. Praha: Grada, 1999, 83 s. ISBN 80-7169-755-9, FRISCHHERZ, A. *Technologie zpracování kovů 1-základní poznatky*. 3. vyd. Praha: SNTL, 1999, 268 s. ISBN 80-902110-7-0, KŇOUREK, M. *Frézování pro 2. a 3. ročník středních odborných škol*. 1. vyd. Havlíčkův Brod: Fragment, 1998, 111 s. ISBN 80-7200-264-3.

Vedoucí bakalářské práce: **prof. Ing. Rozmarína Dubovská, DrSc.**
Katedra technických předmětů

Datum zadání práce bakalářské práce: **6. února 2015**
Termín odevzdání bakalářské práce: **14. května 2015**

L.S.

doc. PhDr. Pavel Vacek, Ph.D.
děkan

prof. Ing. Rozmarína Dubovská, DrSc.
vedoucí katedry

dne 10.5.2015

Prohlášení

Prohlašuji, že jsem tuto bakalářskou práci vypracoval pod vedením vedoucího bakalářské práce samostatně a uvedl jsem všechny použité prameny a literaturu.

V Hradci Králové dne 10.5.2015

Radek Urban

Poděkování

Děkuji vedoucí práce prof. Ing. Rozmaríně Dubovské, DrSc. za cenné rady, připomínky a čas, který mi věnovala při konzultacích a vedení práce. Dále bych chtěl poděkovat SOU Letohrad za poskytnutí prostředků, které mi napomohly k zhotovení praktické části práce. Poděkování patří též Milanu Balajovi, mistrovi odborného výcviku na SOU Letohrad.

Anotace

URBAN, Radek. *Přehled strojího obrábění kovů a jeho využití při výuce na SOŠ*. Hradec Králové: Pedagogická fakulta Univerzity Hradec Králové, 2015. 74 s. Bakalářská práce.

Cílem bakalářské práce je zpracovat přehled základních způsobů strojího obrábění. Využití je obsahem praktické části, ve které je uvedena výkresová dokumentace a výrobní postup na konkrétní výrobek. Práce může být využita jako informační materiál pro studenty v oboru základy techniky i učitele praxe na SOŠ.

Klíčová slova: strojírenská technologie, konvenční obrábění, výkresová dokumentace, výrobní postup

Annotation

URBAN, Radek. *Overview machining of metals and its use in practical teaching at secondary vocational schools*. Hradec Králové: Faculty of Education, University of Hradec Králové. 2015. 74 pp. Bachelor Thesis.

The use of those methods is content of practical part, in which includes drawing and manufacturing processes to specific product. The work can be used as information material for students in the field of basic of technique and also for practise teacher at secondary vocational schools.

Key words: engineering technology, conventional machining, drawings, manufacturing process

Obsah

ÚVOD	10
1 Základy teorie obrábění	11
1.1 Základní pojmy	11
2 Soustružení	13
2.1 Řezné podmínky	13
2.2 Nástroje pro soustružení	14
2.3 Broušení soustružnických nožů	16
2.4 Upínání obrobků	16
2.5 Upínání nástrojů	17
2.6 Druhy soustruhů	18
2.7 Základní popis soustruhu	19
3 Frézování	20
3.1 Řezné podmínky	20
3.1.1 Sousedné frézování	22
3.1.2 Nesousedné frézování	22
3.1.3 Válcové frézování	23
3.1.4 Čelní frézování	23
3.1.5 Okružní frézování	23
3.1.6 Planetové frézování	23
3.2 Nástroje pro frézování	23
3.3 Upínání nástrojů	26
3.4 Upínání obrobků	27
3.5 Stroje na frézování	28
4 Broušení	30
4.1 Řezná rychlost	30
4.2 Obrábění podle tvaru obrobků	31
4.3 Brousící nástroje	34
4.3.1 Druhy brusných kotoučů	36
4.4 Upnutí nástroje	36
4.4.1 Statické vyvažování kotouče	37

4.4.2	Orovnání kotouče.....	37
4.5	Upínání obrobků.....	37
4.6	Brusky.....	37
5	Vrtání, vyvrtávání.....	40
5.1	Řezné podmínky.....	40
5.2	Vrtací a vyvrtávací nástroje	41
5.3	Ostření vrtáků.....	42
5.4	Upínání obrobků.....	43
5.5	Vrtací stroje.....	43
5.6	Vyhrubování, vystružování	44
5.7	Výhrubník	46
5.8	Výstružník.....	46
5.9	Zahlubování	46
6	Hoblování a obrážení.....	47
6.1	Řezné podmínky.....	47
6.2	Druhy nástrojů	47
6.3	Upnutí nástrojů	48
6.4	Hoblovky a obrážečky.....	48
	Zadání praktické části	50
	Závěr	70
	Seznam obrázků.....	71
	Seznam použitých zkratek a symbolů	73
	Použitá literatura.....	74

ÚVOD

Strojní obrábění je velice rozsáhlým vědním oborem ve strojírenském průmyslu. Samotné obrábění je základním odvětvím výrobní strojírenské technologie, slouží k výrobě součástí odebráním materiálu. Obrábění rozdělujeme podle použitého postupu na konvenční a nekonvenční. Nekonvenční obrábění se používá k úběru materiálu elektrickým či chemickými pochody. Konvenční obrábění je tzv. obrábění třískové, pro vytvoření ploch se používají řezné nástroje. Tato práce se bude zabývat konvenční metodou obrábění. Technologie obrábění navazuje na proces výroby polotovarů jiných technologií, jako je slévání nebo tváření.

V této práci se budeme zabývat základním způsobem obrábění, jako je soustružení, frézování, broušení, vrtání, vyvrtávání, vyhrubování, vystružování, zahlubování, hoblování nebo obrážení. U těchto operací charakterizují jednotlivé způsoby obrábění, a to drsnost a jakost povrchu, druhy strojů a jejich stručný popis, upínání nástrojů a obrobků. Práce je zaměřena jako stručný informační materiál pro studenty v oboru základy techniky i učite praxe na SOŠ.

Praktická část bakalářské práce se bude skládat z výkresové dokumentace a technologického postupu, podle nichž se zhotoví daný výrobek.

1 Základy teorie obrábění

Obrábění je technologický proces, při kterém vytváříme součást určitého tvaru, rozměrů a jakosti. Tohoto procesu docílíme úběrem částic nebo oddělováním částí materiálu pomocí fyzikálních nebo chemických metod, případně jejich kombinací.

Obrábění můžeme rozdělit podle použitého postupu na konvenční a nekonvenční obrábění. Nekonenční obrábění je obrábění, při kterém se používá k úběru materiálu elektrickými, chemickými pochody nebo jejich kombinací. Konvenční obrábění je tzv. obrábění třískové, pro vytvoření určitých ploch použijeme řezné nástroje, při obrábění dochází k požadovanému úběru materiálu břitem řezného nástroje. Tento způsob obrábění si přiblížíme v této práci.

1.1 Základní pojmy

V této kapitole si uvedeme základní pojmy při obrábění, jak uvádí SOVA [1] i někteří další autoři, jako např. MADL, BARCAL. [2]

Obrobek – je obráběný nebo již obroběný předmět.

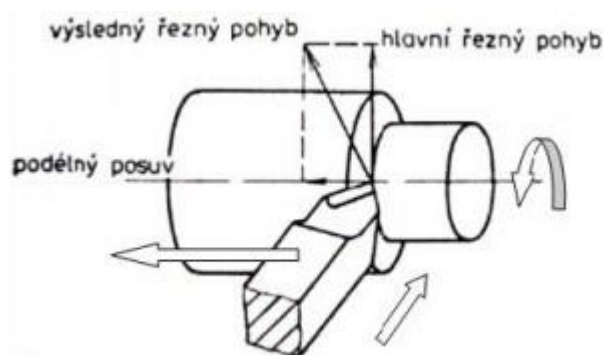
Obráběná vrstva – vrstva materiálu odebíraná z obrobku.

Obrobená plocha – plocha obrobku vzniklá obráběním.

Plocha řezu (řezná plocha) – plocha obrobku vznikající těsně za břitem nástroje.

Tříska – vrstva materiálu odříznutá z obrobku.

Aby došlo k oddělování materiálu z výchozího polotovaru (obrobku), musí se nástroj pohybovat proti obrobku určitou rychlostí po určité dráze.



Obrázek 1: Pojmy u soustruhu

Dostupné: www.mlgeardesigns.blog.cz/1503/zaklady-soustruzeni

Řezný pohyb – pohyb mezi nástrojem a obrobkem umožňující obrábění. Pohyb vykonává nástroj (vrtání) nebo obrobek (hoblování) nebo současně.

Hlavní pohyb – hlavní pohyb vykonávaný na stroji obrobkem nebo nástrojem. Při soustružení je to rotační pohyb obrobku, při hoblování je to přímočarý pohyb obrobku, při obrázení je to přímočarý pohyb nástroje.

Posuv – je pohyb nástroje nebo obrobku, který současně s hlavním pohybem umožňuje oddělování třísek. Zpravidla probíhá kolmo ke směru hlavního řezného pohybu, a to buď plynule, nebo přerušovaně.

Posuv plynulý – posuv, který probíhá trvale s hlavním pohybem.

Posuv přerušovaný – posuv, který probíhá po přítržích, v úvratích před pracovním zdvihem, kdy je přerušen hlavní pohyb.

Řezná rychlost v_c – rychlost hlavního řezného pohybu.

Udává se v [$\text{m}\cdot\text{min}^{-1}$], pouze při broušení obvodová rychlost brousícího kotouče se udává v [$\text{m}\cdot\text{s}^{-1}$] a při rotačních pohybech se vypočte ze vztahu.

$$v_c = \frac{\pi \cdot D \cdot n}{1000} \quad (1)$$

kde: D je průměr obrobku nebo nástroje v mm

n jsou otáčky obrobku nebo nástroje v min

1000 převod z metrů na milimetry

Rychlost posuvu – je dráha, kterou vykoná břit nástroje vůči obrobku za jednotku času, za jednu otáčku obrobku, jeden dvojjdvih.

Rozeznáváme proto: Posuv za minutu – S_{min} – posuv, který vykoná nástroj vůči obrobku za minutu (mm/min)

Posuv za otáčku – f_{ot} – posuv, který vykoná nástroj vůči obrobku za jednu otáčku (mm/zub)

Posuv na zub – f_z – posuv, který vykoná vícebřitý nástroj vůči obrobku v době pootočení o jeden zub (mm/zub)

Přísuv – pohyb nástroje nebo obrobku, kterým nastavujeme nástroj do pracovní polohy.

Hloubka řezu – vzdálenost mezi plochou obráběnou a obrobenou. Označuje se písmenem h (mm).

2 Soustružení

Soustružení je třískové obrábění jednobřítým nástrojem. Hlavní rotační pohyb vykonává obrobek, který je současně i řeznou rychlostí v_c . Posuv vykonává nástroj, který je přímočarý nebo obecný. Nástroj je pevně upnut v suportu. Obrábí se především válcové plochy jak vnitřní, tak i vnější (pohyb nástroje je rovnoběžný k ose obrobku). Je možné obrábět rovinné plochy zapichováním (nástroj se pohybuje kolmo k obrobku) nebo kuželové plochy (nástroj se pohybuje současně ve směru rovnoběžném i kolmém k ose obrobku). Na soustruhu lze také vrtat, vyvrtávat, vyhrubovat, vystružovat nebo řezat závit. [3]

Počet otáček vypočítáme ze vzorce:

$$n = \frac{v_c \cdot 1000}{\pi \cdot d} \text{ [ot/min]} \quad (2)$$

kde: n je počet otáček za minutu

v_c je řezná rychlost [$\text{m} \cdot \text{min}^{-1}$]

d je průměr obrobku [mm]

2.1 Řezné podmínky

Velikost řezných podmínek při soustružení závisí na několika faktorech:

- na obráběném materiálu,
- na řezných vlastnostech materiálu nástroje,
- na operaci obrábění (hrubování, na čisto),
- na trvanlivosti nástroje,
- na přesnosti obrábění.

Tabulka 1: Řezné rychlosti

Materiál obrobku	Hrubování $f > 0,3$ [mm]		Soustružení na čisto $f = 0,3$ až $0,05$ [mm]		Jemné soustružení $f < 0,05$ [mm]	
	materiál nástroje		materiál nástroje		materiál nástroje	
	RO	SK	RO	SK	RO	SK
Nelegovaná ocel	17-45	65-155	25-70	100-200	70-120	170-300
Nelegovaná ocel	12-40	45-110	20-55	80-160	60-90	150-250
Legovaná ocel	10-40	40-120	20-55	50-180	35-70	70-170
Litina	17-35	35-100	25-55	70-110	-	70-130
Slitiny hliníku	25-90	90-220	45-120	140-350	100-150	150-600

Zpracováno podle: [4]

Dosahovaná přesnost a drsnost povrchu

Tyto vlastnosti závisí především na řezných podmínkách, zejména na posuvu. Vliv na kvalitě obrobene plochy má i geometrie nástroje, jakost jeho ostření, způsob chlazení a mazání. Velký vliv při obrábění pro dosaženou přesnost a drsnost povrchu má i chvění, které je možno odstranit pouze za předpokladu zabezpečení tuhosti soustavy **stroj – nástroj – obrobek**.

Tabulka 2: Přesnost a drsnost povrchu

Způsob práce	Stupeň přesnosti IT [μm]	Drsnost povrchu Ra [μm]
Hrubování	11 až 14	12,5 až 100
Na čisto	9 až 11	1,6 až 12,5
Jemné soustružení	5 až 8	0,2 až 1,6

Zpracováno podle:

http://dokumenty.uk.fme.vutbr.cz/vyuka/Struktura_povrchu_vybranych_technologii_obrabeni.pdf

2.2 Nástroje pro soustružení

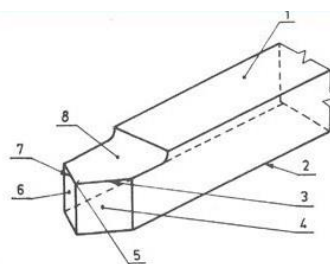
Řezný nástroj, kterým obrábíme obrobek při soustružení, se nazývá soustružnický nůž. [5]

Nástroj se skládá z částí:

- funkční (břit),
- upínací – navazuje na část řeznou přímo nebo pomocí těla nástroje,
- těla nástroje – u různých nástrojů jiné nástrojové držáky, upínací stopky, upínací otvory.

Břit – řezná část nástroje ve tvaru klínu. Plochy, které tvoří tuto, část se nazývají čelo, hřbet a vedlejší hřbet.

Ostří – hrana mezi plochou čela a hřbetu.



Obrázek 2: Soustružnický nůž

1. nožový držák, 2. základna, 3. hlavní ostří, 4. hlavní hřbet nože 5. špička nože, 6. vedlejší hřbet nože, 7. vedlejší ostří, 8. čelo nože

Dostupné: www.uvp3d.cz/drtic/?page_id=2677

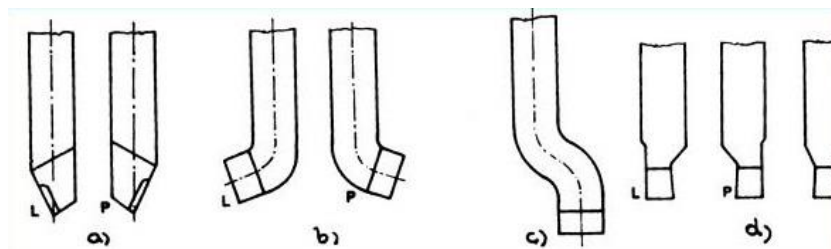
Pro soustružení se používají různé druhy soustružnických nožů, existují ve velkém množství i v mnoha typech. Nůž můžeme rozdělit dle polohy ostří na pravý nebo levý. Nebo je můžeme rozdělit podle:

- druhu materiálu břitu,
- konstrukce,
- geometrického tvaru.

Největší zastoupení řezného materiálu u soustružnických nožů má slinutý karbid. Nože rychlořezné oceli (HSS - High speed steel) mají uplatnění u těžko obrobitelných materiálů při upichování obrobku. Existují i soustružnické nože s řeznými destičkami ze slinutého karbidu, z řezné keramiky, diamantu. Řezné destičky jsou připevněny k nástroji mechanicky nebo jsou napájeny. Mechanicky přidělané destičky se dají po otupení pootočit, čímž přinášejí úsporu a pohodlnost.

Podle konstrukce (tvaru) lze nože rozdělit na normální a tvarové.

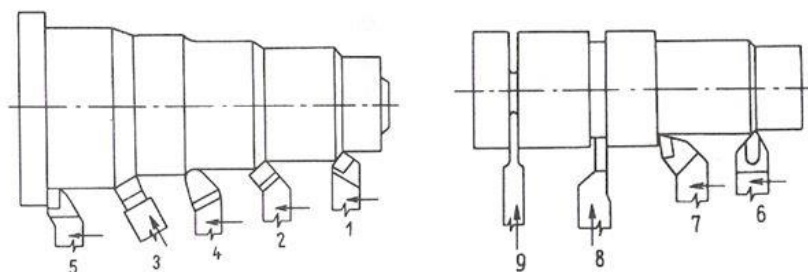
Radiální nože normální – vyrábí se dle ČSN a souvisejících norem z rychlořezné oceli nebo slinutého karbidu. Ostří má tvar přímky, u tvarových nožů má tvar odpovídající obráběné součástky. Průřez nožů je čtvercový, obdélníkový nebo kruhový.



Obrázek 3: Radiální nože

a) nože přímé b) nože ohnuté c) nože prohnuté d) nože osazené

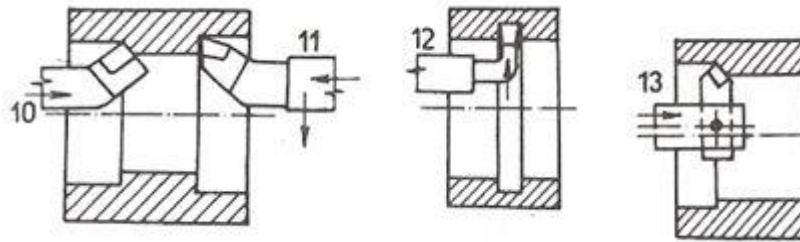
Dostupné: www.uvp3d.cz/drtic/?page_id=2677



Obrázek 4: Vnější nože

1 – uběrací nůž přímý 2- uběrací nůž ohnutý, 3 – nabírací nůž, 4 – rádiusový uběrací nůž, 5 – uběrací nůž stranový, 6 – hladící nůž, 7 – rohový nůž, 8 – zapichovací nůž, 9 – upichovací nůž

Dostupné: www.uvp3d.cz/drtic/?page_id=2677



Obrázek 5: Vnitřní nože

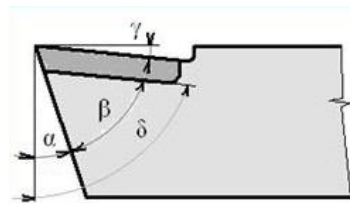
10 – vnitřní uběrací nůž, 11 – vnitřní rohový nůž, 12 - vnitřní zapichovací nůž, 13 – vyvrtávací nůž kolmý

Dostupné: www.uvp3d.cz/drtic/?page_id=2677

Tvarové nože – většinou vyrobeny z rychlořezné oceli. Ostří se pouze na čele.

2.3 Broušení soustružnických nožů

Radiální nože se ostří na hřbetu nebo na čele, popřípadě na obou plochách, a to na speciálních strojích. Tyto brusky mají naklápěcí stůl, na kterém je možné nastavit určitý úhel dle potřeby broušení. Pro ostření soustružnického nože je nutné znát geometrii břitu.



Obrázek 6: Geometrie soustružnického nože

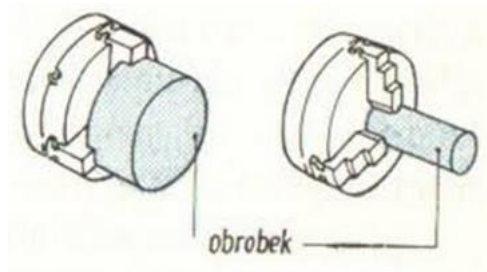
Dostupné: www.uvp3d.cz/drtic/?page_id=2677

Řezná část soustružnického nože je tvořena plochami čela a hřbetu. Společná hrana těchto ploch se nazývá hlavní břit, při soustružení odebírá podstatnou část třísky. Špička nože je zaoblena, aby nedocházelo k její lámavosti. Úhel hřbetu α v rozmezí od $+3^\circ$ do $+12^\circ$, jeho velikost ovlivňuje tření a nesmí být 0° . Úhel břitu β vniká do obrobku, je omezen rovinou čela a hřbetu. Úhel řezu δ je součet velikostí úhlů $\alpha + \beta$.

2.4 Upínání obrobků

Obrobky se na soustruzích upínají mnoha způsoby. Je to ovlivněno tvarem, velikostí, hmotností, průměrem a délkou obrobku, rozhoduje i daný druh soustruhu a přesnost obrobku. Upnutí musí být spolehlivé, má vykazovat dostatečnou tuhost a musí zajistit jednoznačnou polohu obrobku vzhledem k funkčním částem obráběcího stroje. [2]

Nejpoužívanější upínacím zařízením u soustružení je univerzální sklíčidlo, které má široké uplatnění a rychlé provedení upnutí. Kratší obrobky se upínají pouze do sklíčidla, pro delší obrobky se používá upínání mezi hroty, kdy je druhý konec opřen o otočný hrot nebo opěru, které jsou upevněny v koníku soustruhu. Univerzální sklíčidlo má zpravidla tři čelisti, méně časté jsou dvě nebo čtyři. Čelisti se obsluhují pomocí tzv. pastorku, který nejčastěji ovládáme ručně, pomocí kličky. Čelisti lze dle potřeby obráběného materiálu otočit. V potaz musíme brát to, že sklíčidlo jen neupíná, ale i středí, proto je důležité nezapomenout na pravidlo-osa obráběné plochy odpovídá s osou plochy, za kterou se upíná.



Obrázek 7: Tříčelistové sklíčidlo

Dostupné: www.encrypted-tbn0.gstatic.com/images?q=tbn:ANd9GcSTPLde-Wm3MdttuNEt1bs_MYFjFpsGuAACUAu6H0G055Jjvzn

Pro upínání nepravidelných, těžších obrobků použijeme univerzální upínací desku, která má čtyři stavitelné čelisti ovládané samostatně šrouby. Proto je možné na desku upnout i obrobky, kterým nesouhlasí osa obráběné plochy.

Při obrábění dlouhých tenkých obrobků se obrobek upíná do lunet.

2.5 Upínání nástrojů

Soustružnické nástroje se upínají mnoha způsoby. Nejčastěji však do nožových hlav, které jsou otočné a lze do nich upnout až 4 nože z každé strany jeden. U větších soustruhů se nože upínají jednotlivě pomocí upínek. Základní pravidla pro upínání nožů jsou:

- Upínat nakrátko, aby se nůž neohýbal nebo nevybroval, přečnívá-li nůž příliš daleko přes upínací plochu mohlo by dojít k jeho zlomení nebo k změně nástrojových úhlů (drsňý povrch obrobku).
- Upínat pevně, jinak by mohlo hrozit uvolnění nástroje.
- Všechny soustružnické nástroje musí být v ose obrobku. K tomu nám poslouží podložky, které umístíme mezi nástroj a nožovou hlavu.



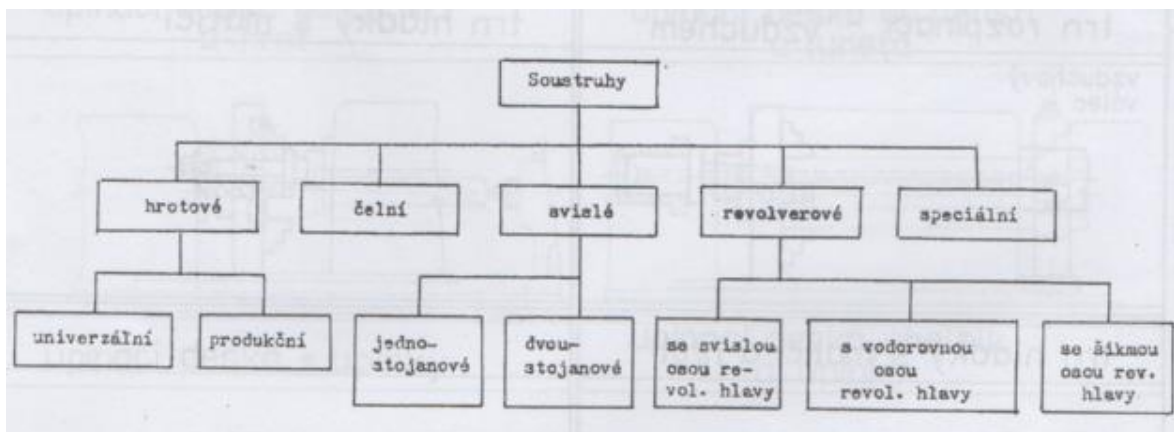
Obrázek 8: Nožová hlava soustruhu

Dostupné: www.slideplayer.cz/slide/1885005

Upínání menších vrtáků s válcovou stopkou upínáme v čelistových hlavičkách, které se upevní do koníku. Vrtáky s kuželovou stopkou se upínají do kuželové dutiny ta se pak nasadí do koníku. Tento způsob upnutí drží třením, proto je důležité, aby styčné plochy byly čisté. Upínání otočných hrotů, závitorezné hlavy je stejné jako upínání vrtáků s kuželovou stopkou. Upínání strojních závitníku, pro vnitřní závit upínáme do vratidla, které se podepře hrotem koníku, aby se zajistila souosost závitníku s otvorem.

2.6 Druhy soustruhů

Soustružnické stroje představují největší zastoupení ve strojírenství. Vyskytují se ve velkém počtu typů z hlediska pracovních možností, výkonu, rozměrů a stupně mechanizace a automatizace. Jak uvádí SOVA [1] soustruhy lze rozdělit dle konstrukčního hlediska:



Obrázek 9: Druhy soustruhů

Hrotové soustruhy – uplatnění v kusové a malosériové výrobě, lze na nich i brousit, frézovat. Vyrábějí se ve dvou provedeních:

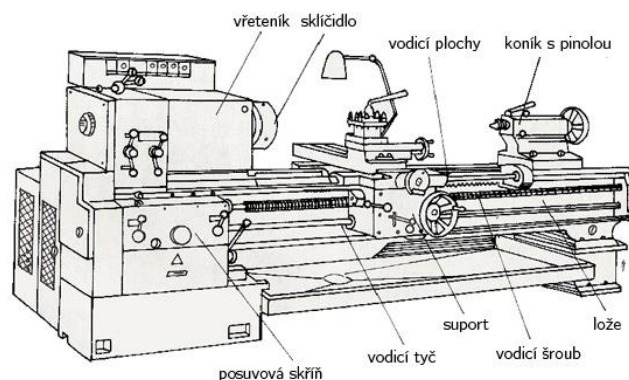
- Hrotové soustruhy univerzální – širší uplatnění, dostatečně odstupňované otáčky a posuv, vodící šroub pro výrobu závitu.
- Hrotové soustruhy produkční – robustné konstrukce, vyšší příkon stroje, nelze řezat závity, široké uplatnění pro hrubovací operace.

- Čelní soustruhy – obrábění obrobků velkých průměrů a malé délky, obrobek se upíná na lícni desku, soustruh nemá koník.
- Svislé soustruhy (karusely) – obrábění velkých a těžkých obrobků, mají otočný stůl.
- Revolverový soustruh – lze upnout více nástrojů do revolverové hlavy a jejím pootočením lze obrobek obrábět na jedno upnutí. Dle umístění hlavy lze dělit soustruhy na svislé, vodorovné nebo se šikmou hlavou.
- Speciální soustruhy – pro zvláštní soustružnické práce. Výroba klikových a vačkových hřídelů nebo obrábění tvarových fréz s podtáčeným tvarem hřbetu zubu. [5]

2.7 Základní popis soustruhu

Hrotový univerzální soustruh se skládá z:

- Lože – vodící plochy pro vedení suportu a koníku.
 - Vřeteníku – vně uloženo vřeteno soustruhu.
 - Vřeteno – dutá část, aby bylo možné upnout delší konce obrobku.
 - Suportu – umožňuje podélný nebo příčný pohyb nástroje k obrobku.
 - Koníku – slouží k podepření delších obrobků a zhotovení vnitřních otvorů nebo závitů.
 - Převodové skříně - slouží ke změně otáček vřetena.
 - Vodící šroub – slouží k podélnému řezu při řezání závitů.
 - Elektrické vybavení – elektromotor, osvětlení a ovládací prvky.
- Otáčivý pohyb elektromotoru je převeden pomocí řemenových převodů a ozubených kol (převodovkou) na vřeteno. Na vřeteno se upíná sklíčidlo.



Obrázek 10: Univerzální hrotový soustruh

Dostupné: ww.vyuka.odbornaterminologie.cz/multimedia/photo/strojirenstvi/5-11/5-11-4-1-1-univerzalni-hrotovy-soustruh-popis-cz.jpg

3 Frézování

Obrábění rovinných, tvarových ploch mnohobřitým nástrojem. Nástroj koná hlavní pohyb rotační. Posuv vykonává obrobek, a to převážně ve směru kolmém k ose nástroje. Řezný postup je přerušovaný, každý zub odebírá třísku proměnné tloušťky. [6]

Fréza = frézovací nástroj

Frézka = frézovací stroj

3.1 Řezné podmínky

Velikost řezných podmínek volíme podle: druhu práce, použité frézy, požadované jakosti a obrobitelnosti povrchu obrobku. Při hrubování volíme co největší posuv, avšak dbáme na hloubku odebíraného materiálu, na tuhost a výkon stroje. Hloubka řezu se nejčastěji používá mezi 2 až 10 mm, při hrubování čelními frézami je i větší. Frézování na čisto se běžně hloubka řezu volí 0,5 až 1mm.

Počet otáček vřetene frézky se vypočítá z řezné rychlosti a průměru frézy.

$$n = \frac{V_c \cdot 1000}{\pi \cdot d} \quad [\text{ot/min}] \quad (3)$$

kde: n je počet otáček za minutu

v_c je řezná rychlost [$\text{m} \cdot \text{min}^{-1}$]

d je průměr obrobku [mm]

1000 převod z metrů na milimetry

Rychlost posuvu získáme z posuvu na zub, počtu zubů frézy a počtu otáček.

$$v_f = f \cdot n = f_z \cdot z \cdot n \quad [\text{mm/min}] \quad (4)$$

kde: v_f je velikost posuvu [mm]

f_z je posuv na zub [mm]

z počet zubů nástroje

n počet otáček za minutu

Tabulka 3: Řezné rychlosti při frézování

Materiál obrobku R _m , HB	Mat. nástroj e	Frézovací hlavy		Kotoučové a válčové frézy			Čelní stopkové frézy	válčové frézy
		V _c [m·min ⁻¹]	f _z [mm]	V _c hrubová [m·min ⁻¹]	V _c na čisto [m·min ⁻¹]	f _z [mm]	V _c [m·min ⁻¹]	f _z [mm]
Ocel R _m 500-800 MPa	RO	45	0,1-0,2	27	35	0,1-0,3	30	0,1-0,2
Ocel R _m 800-1000 MPa	RO	30	0,1-0,15	20	25	0,1-0,2	25	0,1-0,2
Ocel R _m 500-800 MPa	SK (P25)	100	0,1-0,2	175	195	0,15-0,25	135	0,1-0,25
Ocel R _m 800-1000 MPa	SK (P25)	80	0,1-0,15	145	160	0,15-0,25	100	0,1-0,15
Šedá litina HB 160	RO	35	0,1-0,3	25	30	0,1-0,2	35	0,1-0,2
Šedá litina HB 200	RO	25	0,1-0,3				25	0,1-0,15
Šedá litina HB 160	SK (K10)	60	0,1-0,35	75	100	0,1-0,3	70	0,1-0,3
Šedá litina HB 200	SK (K10)	50	0,1-0,25				55	0,1-0,2
Hliník střední	RO	250	0,1-0,3	280	390	0,1-0,2	110	0,1-0,2
Hliník střední	SK (K10)	700	0,1-0,25	550	650	0,1-0,2	650	0,1-0,2
Hliník tvrdý	SK (K10)	250	0,1-0,25				250	0,1-0,2

Zpracováno podle: MADLA, BARCALA [2]

Tabulka 4: Přesnost a drsnost povrchu

Způsob práce	Stupeň přesnosti IT [μm]	Drsnost povrchu Ra [μm]
Hrubování	10 až 13	6,3 až 25
Na čisto	7 až 13	1,6 až 6,3
Jemné soustružení	7 až 8	0,8 až 1,6

Zpracováno podle:

www.dokumenty.uk.fme.vutbr.cz/vyuka/Struktura_povrchu_vybranych_tehnologii_obrabeni.pdf

Způsoby frézování

Podle DILLINGERA [7] lze frézování rozdělit podle záběru nástroje do obrobku na:

- Sousedné
- Nesousedné
- Válcové
- Čelní (frézování čelem)
- Planetové
- Okružní

3.1.1 Sousedné frézování

Obrobek se posouvá ve stejném směru jako zuby nástroje. Řezná síla působí do materiálu (směrem dolů), což nám zjednodušuje možné upnutí obráběného materiálu. Maximální tříska materiálu vzniká při vnikání zubu frézy do obrobku. Sousedným frézováním můžeme obrábět jen na přípustných frézovacích strojích, které mají vymezené vůle a předpětí mezi posuvovým šroubem a maticí stolu frézky. Nesplňuje-li stroj tato kritéria, vůle způsobuje nestejnou posuv a dochází k poškození stroje, nástroje nebo dokonce obrobku.

Výhody:

- Vyšší tvrdost břitů, umožňuje nám volit vyšší řezné rychlosti a posuv
- Menší potřebný výkon
- Řezná síla přitlačuje obráběný materiál ke stolu, takže můžeme volit jednodušší upínací přípravky
- Menší sklon ke chvění
- Menší sklon k tvorbě nárůstku
- Menší drsnost obrobeného povrchu

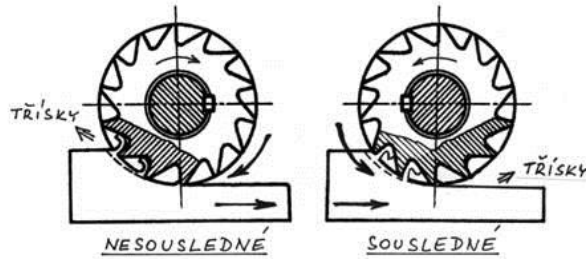
3.1.2 Nesousedné frézování

Obráběný materiál se posouvá do řezu, proti směru pohybu břitů frézy. Nástroj odebírá materiál od minimální tloušťky třísky do maximální. K oddělení třísky nedochází v okamžiku její nulové tloušťky, ale po určitém skluzu břitů po ploše vytvořené předcházejícím zubem. Vzniká tak silové účinky a deformace, které způsobují vlnivý povrch obrobené plochy a zvýšené opotřebení nástroje.

Výhody:

- Tvrdost nástroje – první záběr zubu frézy vzniká v čistém materiálu, bez okují a povrchových nečistot.
- Měkčí chod.
- Nemá zapotřebí vymezovat vůle mezi posuvovým šroubem a maticí stolu stroje.

- Menší opotřebení šroubu a matice.
- Záběr zubů frézy, při jejichž vřezávání nezávisí na hloubce řezu.



Obrázek 11: Nesousledné a sousledné frézování

Dostupné: www.ome.tiscali.cz/novyl/praxes3.htm

3.1.3 Válcové frézování

Válcové (obvodové) frézování se uplatňuje při práci s válcovými a tvarovými frézami. Zuby frézy jsou pouze po obvodu nástroje. Obrobená plocha je rovnoběžná s osou otáčení frézy. Rozdělujeme tak obrábění na nesousledné a sousledné.

3.1.4 Čelní frézování

Uplatňuje se při práci s čelními frézami, kdy jsou břity nástroje vytvořeny na obvodu i čele. Osa nástroje je kolmá k obráběné ploše. Frézování může být symetrické nebo nesymetrické. Závisí na tom frézovaná plocha vůči průměru frézy. Symetrickým frézováním pokryje fréza celou obráběnou plochu obrobku. Nesymetrickým frézováním nám zbyde neobrobená plocha na obrobku.

3.1.5 Okružní frézování

Uplatňuje se při obrábění dlouhých válcových tyčí, při výrobě závitů. Nástrojem je několikanožová frézovací hlava, která má po obvodě nebo uvnitř frézky upnutý řezné břity. Obrobek koná rotační pohyb, nástroj se otáčí a posouvá podél obrobku.

3.1.6 Planetové frézování

Používá se u frézek, které mají číslicové řízení stroje nebo u obráběcích center. Nástroj vykonává hlavní řezný a posuvový pohyb po kruhové dráze, obrobek zpravidla stojí. Využívá se pro frézování vnitřních závitů, velkých vnitřních závitů v nerotačních obrobkách, vnějších válcových výstupků a čelních ploch.

3.2 Nástroje pro frézování

Frézy jsou několikabřité nástroje, které mají břity uspořádané na válcové, kuželové, tvarové nebo čelní ploše. Vzhledem k velkému uplatnění frézování ve strojírenské výrobě je i velký výběr fréz. [5]

Frézy můžeme rozdělit do jednotlivých skupin podle jednotlivých hledisek:

- Podle geometrického tvaru.
- Podle způsobu upnutí.
- Podle nástrojového materiálu břitů.
- Podle tvaru, směru a počtu zubů.
- Podle konstrukčního uspořádání.

Podle geometrického tvaru rozlišujeme frézy:

- Válcové - nástrčné
se stopkou.
- Čelní válcové – nástrčné
se stopkou.
- Kotoučové – s přímými zuby
zuby vystřídány.
- Tvarové – úhlové jednostranné.
- Úhlové oboustranné.
- Obecně tvarové.
- Rádiusové.
- Kopírovací.
- Na drážky.

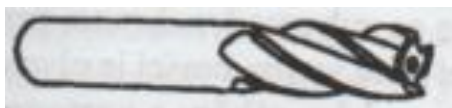
Válcové frézy mají ostří pouze na válcové ploše, obrábí se jimi jen materiál, který je užší než řezná délka nástroje.



Obrázek 12: Válcová fréza nástrčná

Zdroj: SOVA [1], upraveno

Čelní válcové frézy ostří mají na čelní i válcové části frézy. Může se tedy frézovat jak obvodem, tak i čelem frézy.



Obrázek 13: Čelní válcová fréza se stopkou

Zdroj: SOVA [1], upraveno

Kotoučové frézy slouží k obrábění drážek nebo určitého vybrání.



Obrázek 14: Kotoučová fréza

Zdroj: SOVA [1], upraveno

Další typy fréz dle SOVY [1]



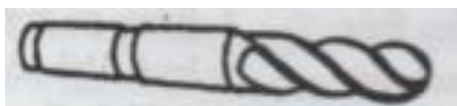
Obrázek 15: Tvarová fréza



Obrázek 16: Čelní fréza



Obrázek 17: Frézovací hlava



Obrázek 18: Kopírovací fréza



Obrázek 19: Drážkovací fréza

Podle způsobu upnutí do frézky rozeznáváme frézy nástrčné s válcovou nebo kuželovou stopkou.

Podle použitého materiálu břitu nástroje rozeznáme frézy z rychlořezné oceli, slinutého karbidu, řezné keramiky, kubického nitridu bóru nebo diamantu. Frézy z rychlořezné oceli, jsou vyráběny z oceli třídy 19. Výhodou těchto fréz je snadné ostření. Pro velké úběry materiálu se téměř používají jen frézy ze slinutého karbidu (P20, P30 nebo P40). Frézy s označením M10, M20, M30 se používají u houževnatých materiálů. Frézování neželezných kovů nebo litin se používají frézy s označením K10.

Podle směru zubů máme frézy s přímými zuby, zuby ve šroubovici (pravé nebo levé). Frézy se zuby ve šroubovici mají lepší plynulost záběru, protože v materiálu je větší počet zubů. Nevýhodou těchto fréz je, že řezné síly vytahují frézu z upínacího zařízení nebo naopak zatěžují ložisko vřetene.

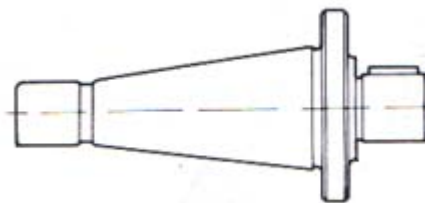
Podle počtu zubů frézy rozeznáváme jemnozubé, polohrubozubé a hrubozubé. Jemnozubé frézy se používají pro práci na čisto. Polohrubozubé pro střední úběr a hrubozubé pro hrubování. Hrubozubé frézy jsou vybaveny na frézách vybroušením tzv. dělič třísky, který má za úkol odvod třísky z místa řezu.

Podle konstrukčního uspořádání rozlišujeme frézy celistvé. Ty mají těleso a zuby z jednoho kusu. Frézy s vkládanými destičkami, frézy dělené, sdružené a frézy složené ze sady fréz k obrábění členitých povrchů.

3.3 Upínání nástrojů

Fréza musí být upnuta pevně a bezpečně, aby se zabránilo poškození nástroje, obrobku nebo nedošlo ke zranění obsluhy. Nedostatečné upnutí má vliv na životnost nástroje, stroje a na kvalitu obráběné plochy.

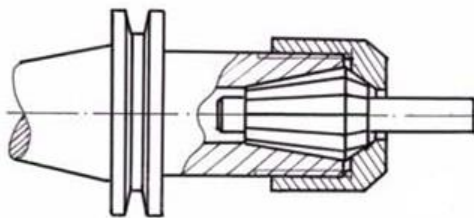
Nástrčné frézy se upínají do upínacího trnu za pomoci distančního kroužku, péra a matice. Tyto trny mají kuželovou stopku, která má stejnou kuželovitost jako vřeteno frézky. Podle velikosti frézky zvolíme velikost upínacího trnu (průměr, délka). Fréza musí být větší než část upínací části trnu. V případě nedostatku podložíme frézu tzv. distančními kroužky. Poté nasadíme křížový šroub do trnu a dotáhneme speciálním klíčem. [8]



Obrázek 20: Upínací trn

Dostupné: www.ome.tiscali.cz/cz706577/FrezTrny.htm

Frézy s válcovou stopkou se upínají do kleštinových upínačů nebo přímo do dutiny vřetene za pomoci redukčních pouzder (stopková fréza s kuželovou stopkou). Dbáme na správnost a pevnost upnutí. Velikost kleštinové klece se určuje podle velikosti frézky, kterou budeme obrábět. Vybranou klec vložíme do matice kleštinového upínače, dokud klec nedosedne za drátěný kroužek v matici. Stopku frézky zasuneme zespod do kleštinové klece a matici zašroubujeme do upínače. Upneme kleštinový upínač do dutiny vřetene frézky a utáhneme.



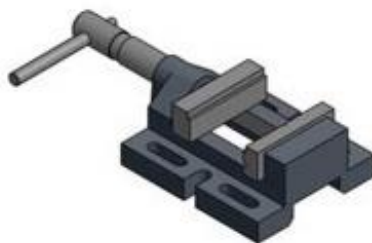
Obrázek 21: Kleštinový upínač

Dostupné: http://www.technickytydenik.cz/rubriky/serialy/upinace-nastroju/upinace-nastroju-2_8498.html

3.4 Upínání obrobků

Upnutí obrobků musí být dostatečně pevné, jelikož se při obrábění mění řezné síly. Je důležité, aby obrobek při upínání nebyl deformován a upínací i obráběná plocha byla co nejbližší vřetenu frézky.

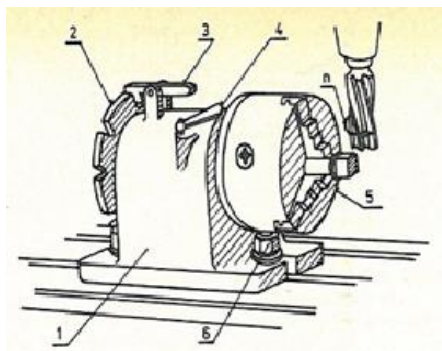
Strojní svěrák - připevňuje se na pracovní stůl frézky pomocí šroubů, podložek a matic. Upíná se do něj menší obrobky. Při obrábění drážek, obvodových ploch nebo přesných roztečí se musí svěrák upnout do roviny s pracovním stolem za pomoci číselníkového uchylkoměru.



Obrázek 22: Strojní svěrák

Dostupné: www.naradiprofesional.cz/strojni-sverak-bms-100-s-prizmou

Dělicí přístroje – umožní pootočení obrobku o určitý úhel při frézování čtyřhranů, šestihranů, ozubených kol, vícedrážkových hřídelů, obrábění na čelní ploše apod.



Obrázek 23: Dělicí přístroje

1. těleso přístroje, 2. dělicí přístroj, 3. západka, 4. šroub k zajištění polohy vřetene, 5. sklíčidlo, 6. upínací šroub

Dostupné: www.zozei.sssebrno.cz/delici-pristroje

Otočný stůl – připevňuje se na pracovní stůl frézky. Otáčení je možné provést ručně nebo pomocí teleskopické hřídele. Tento stůl nám umožní frézovat různé rotační tvary, vačky, segmenty, drážky.

Větší obrobky se upínají přímo na stůl frézky, pomocí upínek, upínacích podpěr, šroubů, matic, podložek.

3.5 Stroje na frézování

Stroj, kterým frézujeme, se nazývá frézka. Velikost stroje se určuje podle šířky upínací plochy a velikosti vřetene pro upnutí nástroje. Důležitou vlastností je rozsah pohybujícího se pracovního stolu, vřeteníku, volení otáček vřetene, posuvů a samozřejmě kvalita obrobenej plochy obrobku. Dle HUMÁRA [9], se frézky vyrábějí v mnoha typech, můžeme je rozdělit dle druhu vykonávané práce na:

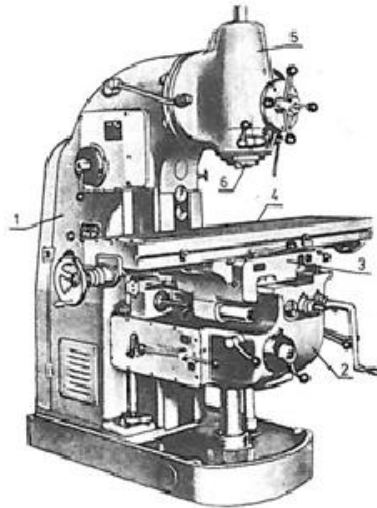
- Frézky konzolové
- Frézky stolové
- Frézky rovinné
- Frézky speciální

Frézky konzolové - nejpoužívanější, pro menší a střední obrobky. Slouží k obrábění rovinných, tvarových ploch v kusové a malosériové výrobě. Konzola je výškově přestavitelná, je to část stroje, po které se pohybuje příčný stůl s podélným pracovním stolem. Konzolové frézky jsou vyráběny svislé, vodorovné a univerzální.

Svislé frézky - frézují se převážně rovinné plochy rovnoběžné. Pracovní vřeteno mají kolmo k ploše stolu. Vřeteno v hlavě stroje a lze s ním natáčet o (+45°, -45°).

Vodorovné frézky – osa pracovního vřetene je vodorovná vzhledem k pracovnímu stolu. Frézovací trn může být podepřen ve více opěrných ložiscích.

Univerzální frézky – podobné jako vodorovné konzolové frézky, mají otočný podélný stůl, kterým lze pohybovat na obě strany ve vodorovné rovině.



Obrázek 24: Svislá konzolová frézka

1. stojan, 2. konzola, 3. příčné saně, 4. podélný stůl, 5. vřeteník, 6. vřeteno

Dostupné: www.zozei.sssebrno.cz/1189-frezovani

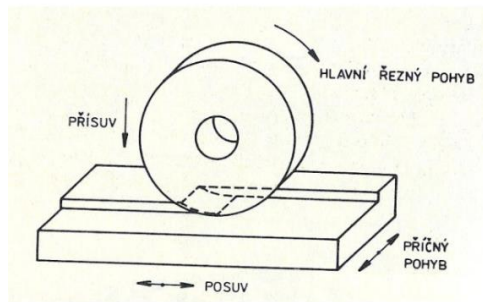
Frézky stolové - nemají konzolu a stůl, který by se pohyboval. Stůl je umístěn na spodní části stroje. Obrábí se na něm rozměrnější a hmotnější součástky než u frézek konzolových.

Frézky rovinné - pro obrábění obrobků největších rozměrů a hmot. Nejvýkonnější druh frézek, jejich konstrukce je mohutná a lze obrábět několika nástroji najednou. Obrobek je upnut na pracovním stole, který je uložen na pevném loži. Pracovní pohyb vykonává vřeteník stroje.

Frézky speciální - jsou vyráběny pro určitý druh práce. Například frézky pro pera hřídelů, frézky na vačky, na ozubení, na závity nebo kopírovací frézky.

4 Broušení

Metoda obrábění mnohobřitým nástrojem, a to brusným kotoučem. Broušení se používá pro obrábění součástí s vyššími požadavky na přesnost rozměrů, tvarů a jakosti povrchu. Je to dokončovací metoda obrábění, při broušení koná hlavní pohyb nástroj. Podstata broušení je v zásadě shodná s frézováním. Břity nástroje (zrna brusiva), jsou nepravidelně uspořádány po obvodu nástroje (brousícího kotouče). Broušení se liší od ostatního obrábění tím, že má schopnost tzv. samoostření. Způsobeno v důsledku malým upevněním brousících zrn na kotouči. [10]



Obrázek 25: Pohyby brusky

Zdroj: GAZDA, JERSAK [10], upraveno

4.1 Řezná rychlost

Dráha, kterou opíše brusné zrno na obvodu brusného kotouče za jednotku sekundy. Vypočítá se ze vzorce. [11]

$$v = \frac{\pi \cdot d \cdot n}{1000 \cdot 60} \quad (5)$$

$$n = \frac{1000 \cdot 60 \cdot v}{\pi \cdot d} \quad (6)$$

Kde: v je řezná rychlost [m/s]

n je počet otáček za sekundu

d je průměr obrobku [mm]

π Ludolfovo číslo - konstanta

60 převod z minut na sekundy

1000 převod z metrů na milimetry

Přísuv

Pohyb, kterým se nástroj přibližuje k obrobku, nebo naopak. Tím pak dochází k úběru materiálu.

Tabulka 5: Přesnost a drsnost povrchu

Způsob práce		Stupeň přesnosti IT [μm]	Drsnost povrchu Ra [μm]
Hrubování	Čelem kotouče	9 až 11	0,8 až 6,3
	Obvodem kotouče	8 až 11	0,8 až 3,2
Na čisto	Čelem kotouče	6 až 7	0,4 až 1,6
	Obvodem kotouče	5 až 7	0,2 až 1,6
Jemné	Obvodem kotouče	3 až 4	0,2 až 1,6

Zpracováno podle:

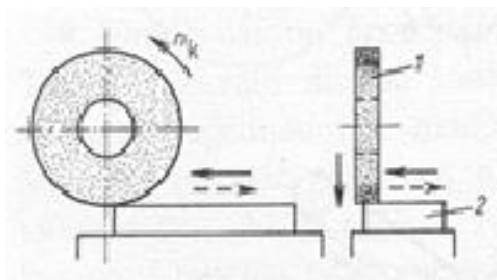
http://moodle2.voskop.eu/download/teu/U01_Technologie_brouseni.pdf

4.2 Obrábění podle tvaru obrobků

- rovinné broušení (výsledkem je rovinná plocha obrobku),
- broušení do kulata (výsledkem je rotační povrch obrobku),
- broušení vnitřních rotačních ploch,
- broušení na otáčivých stolech (broušení s rotačním posuvem),
- tvarové broušení (broušení závitů, ozubených kol apod.),
- broušení tvarovými kotouči (profil nástroje určuje konečnou fázi obrobku),
- kopírovací broušení (NC stroje).

Broušení rovinných ploch můžeme obrábět čelem, nebo obvodem brusného kotouče. Při obvodovém broušení vykonává stůl pohyb přímočarý vratný nebo kruhový pohyb. U brusek s kruhovým stolem vykonává bruska příčný posuv, tak se obrábějí například čela fréz. [10]

- Obvodové broušení se provádí válcovou plochou brusného kotouče. Řezná plocha je malá, tudíž se kotouč nezanáší. Broušení s přímočarým pohybem, patří mezi nejpřesnější způsoby broušení. Obrábí se s tenkým kotoučem, tudíž se obrobek méně zahřívá, nedeformuje se tolik a nedochází v něm tolik k vnitřnímu pnutí.



Obrázek 26: Obvodové broušení

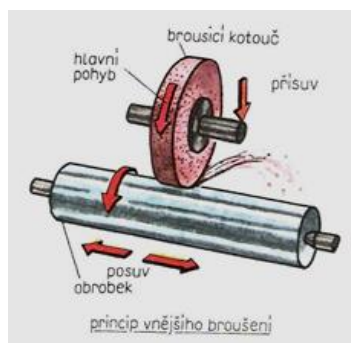
1. brousící kotouč, 2. obrobek

Dostupné: www.jirijosifko.blog.cz

- Broušení čelem kotouče je vhodné pro obrábění širších ploch. Výkonnější než broušení obvodem, ale méně přesné, proto se volí pro hrubší práce. V záběru je stále velká plocha kotouče, proto se zanáší třískami. Na obrobek působí velký tlak ze strany kotouče velký brousící výkon.

Vnější broušení tzv. do kulata, obrobky lze upnout do sklíčidla (krátké obrobky), mezi hroty (přímo nebo za pomoci kuželových trnů), unášeči, do kleštin nebo na rozpínací trny. Dlouhé a štíhlé obrobky se často opírají proti kotouči opěrkami.

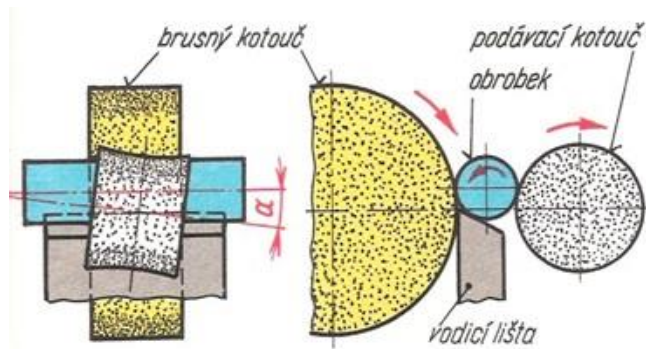
- Broušení mezi hroty, kdy je obrobek je upnut mezi hroty. Rotační pohyb koná brousící kotouč i obrobek. Příčný přímočarý posuv koná pracovní stůl s obrobkem. Brusný kotouč musí vždy přesáhnout obrobek o jednu třetinu své šířky, aby nevznikaly různé rozměry obrobku.



Obrázek 27: Broušení mezi hroty

Dostupné: <http://eluc.cz/verejne/lekce/1825>

- Zápichovým broušením se obrábějí krátké a tuhé součásti. Brusný kotouč je širší než broušená plocha obrobku. Lze brousit několik ploch najednou, kdy kotouče složíme v sadu.
- Bezhraté broušení vnějších válcových ploch. Obrobek je volně vedený mezi podávacím a brusným kotoučem. Podávací kotouč s měkkým pojivem se otáčí pomalu a tím pohání obrobek. Obrobek má přibližně stejnou rychlost jako podávající kotouč.



Obrázek 28: Bezhraté broušení

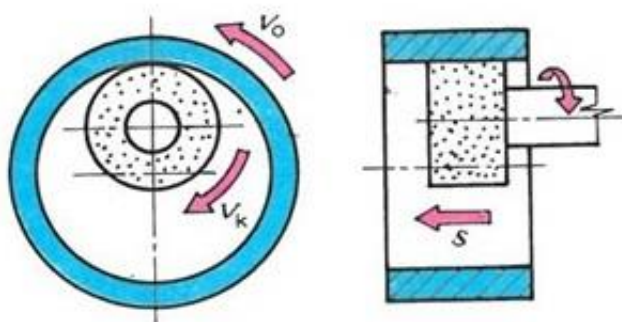
Dostupné: www.eluc.cz/verejne/lekce/1825

Broušení kuželových ploch se provádí:

- natočením vrchního stolu,
- natočeným unášecím vřeteníkem,
- natočením brousícího vřeteníku.

Broušení vnitřních rotačních ploch. Rozdíl od vnějšího obrábění, je ve větší ploše záběru a dlouhých tenkých třískách, které zanášejí brusný kotouč. Průměr kotouče musí být vždy menší jak průměr obráběné díry. Řezná plocha je velká, proto vzniká velké množství tepla a dochází k velkému opotřebení nástroje. Lze brousit válcové i kuželové plochy. [10]

- Obrábění s otáčejícím se obrobkem - pro obrábění souosých děr menšího průměru. Rotační pohyb koná jak nástroj, tak i obrobek. Posuvný pohyb koná nástroj na stejném místě.



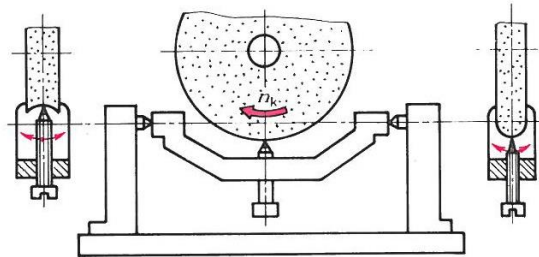
Obrázek 29: Souosé broušení

Dostupné: <http://zoei.sssebrno.cz/brouseni---zpusoby/>

Planetové broušení - používá se pro broušení větších děr. Nástroj obíhá kolem osy po celé ploše obrobku.

Broušení tvarových ploch se provádí úzkými kotouči nebo pomocí tvarových kotoučů, na jejich hraně je vytvořen tzv. negativní profil broušené plochy.

- Broušení tvarovými kotouči je velmi výkonný. Profil v kotouči se pro méně přesné práce vytlačuje ocelovými kladkami, pro přesnější práce se používá diamant upnutý v přípravku.
- Broušení v otočných přípravcích, tzv. kolébkách. Diamantem se tvarují přesné kruhové profily.



Obrázek 30: Otočný přípravek

Dostupné: www.zozei.sssebrno.cz/brouseni---zpusoby

Průmětová metoda - je vhodná pro broušení nástrojů (např. hoblovacích nebo soustružnických nožů). Brousící kotouč se tvaruje podle šablony profilu předmětu.

4.3 Brousící nástroje

Složeny z brousících zrn, které jsou spojeny pojivem v tuhá tělesa vhodného tvaru, tvrdosti a struktury. [12]

Základní parametry brousících nástrojů:

- druh brusiva,
- druh pojiva,
- zrnitost brusiva,
- tvrdost nástroje,
- struktura nástroje,
- geometrický tvary a rozměry.

Brusiva

Jsou to tvrdé, houževnaté a ostrohranné látky, kterými brousíme měkčí materiály. Rozdělují se podle původu na:

- přírodní - vápenec
 - kazivec
 - křemen
 - korund

- diamant
- umělá – umělý korund
 - karbid křemíku
 - karbid boru
 - kubický nitrid boru
 - syntetický diamant

Pojiva

Vzájemně spojují brusná zrna a umožňují uvolňování otupených zrn, která se nahradí novými a zajišťují nám požadovaný tvar nástroje.

- Anorganická – keramická
 - silikátová
 - magnetizovaná
 - kovová
- Organická – pryžová
 - pryskyřičná
 - šelaková
 - plastická
 - polyuretanová

Zrnitost brusiva

Udává nám velikost brusného zrníčka, označuje se číslem, které odpovídá desetině měrného rozměru zrna v mikrometrech. Volí se dle předepsané drsnosti obráběného povrchu.

Tvrdost nástroje je dána tvrdostí pojiva. Označuje se velkým písmenem.

Struktura nástroje

Udává nám poměr pórů v celkovém objemu brousícího nástroje. Je označen čísly. Pro jemnější broušení u tvrdého, křehkého materiálu se volí hutnější struktura nástroje, pro hrubování a houževnatý materiál volíme strukturu pórovitější.

Geometrický tvar a rozměry

Tato vlastnost kotoučů je normalizovaná, však používají se různé tvary brusných nástrojů s ohledem na obráběnou plochu.

Značení brusného kotouče:

A99 60 K 8 V 200 x 10 x 51

A99 – brusivo

60 – zrnitost

K – tvrdost

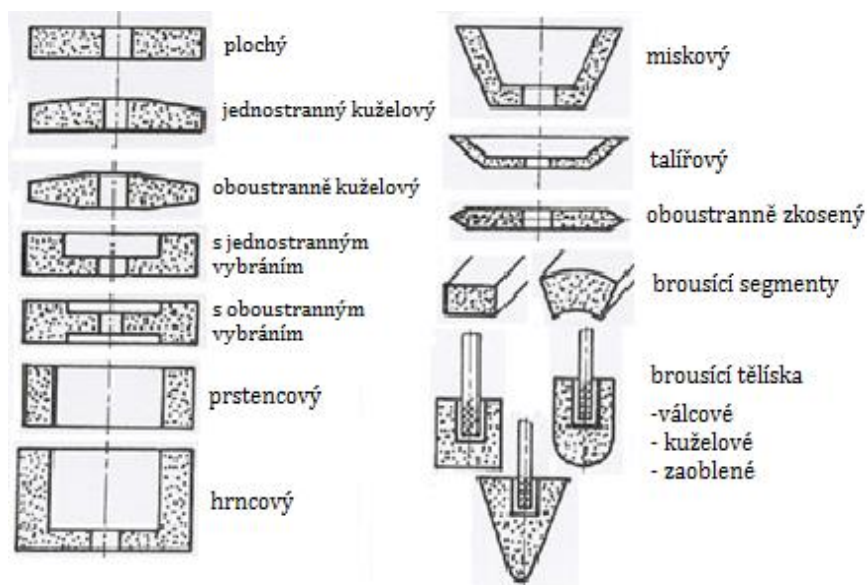
8 – sloh

V – pojivo

200 x 10 x 51 - rozměry

4.3.1 Druhy brusných kotoučů

Vyrábějí se litím nebo lisováním. Výroba litím je směs brusiva nalitá do forem požadovaného tvaru, kdežto u lisování se směs brusiva a pojiva navlhčí a slisuje do určitého tvaru. Poté se kotouče nechají vysušit a vypálit. Lité kotouče jsou kvalitnější, jejich objem je celistvý.



Obrázek 31: Brusné kotouče

Dostupné: www.eluc.cz/verejne/lekce/1256

4.4 Upnutí nástroje

Kotouč je upnut do příložek. Mezi kotouč a příložku se vkládá gumová nebo měkká podložka. Před upnutím je důležité kotouč vizuálně prohlédnout a poklepem zjistit jeho celistvost. Při upínání je ještě důležité kotouč vystředit a vyvážit tak, aby se vůle rozdělila. Těžiště kotouče musí být v ose vřeteny brusky.

4.4.1 Statické vyvažování kotouče

Tímto způsobem se kotouč vyváží pomocí závaží, které se upevňuje do drážek přírub. Pro přesné broušení je kotouč nutné vyvažovat dynamicky na speciálním zařízení. [11]

4.4.2 Orovnání kotouče

Před prvním použitím je nutné brousící kotouče orovnat, aby získal svůj tvar, řezivost a odstranit prach z brousícího kotouče, zlepšit jakost a drsnost broušeného materiálu.

Druhy orovnávacích nástrojů:

- bezdiamantové (méně přesné orovnění)
- diamantové (přesné orovnění kotoučů)
- pevně stojící (jednokamenové, vícekamenové)

4.5 Upínání obrobků

Broušení vnějších válcových a kuželových ploch je obrobek upnut mezi hroty.

Při broušení vnitřních ploch se obrobek upíná do přesných sklíčidel nebo vhodnými upínkami na upínací desku.

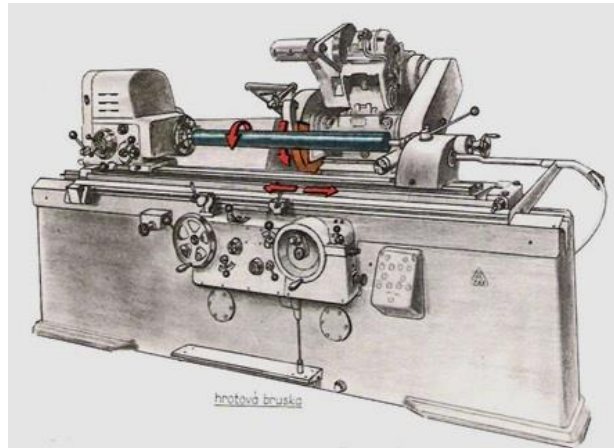
Při rovinném broušení se většinou obrobek upíná na magnetickou upínací desku. Obrobky nemagnetické a nevhodného tvaru se upínají do svěráků.

4.6 Brusky

Podle způsobu práce rozeznáváme brousící stroje:

- Brusky pro vnější rotační plochy (hrotové, bezhroté),
- Brusky pro vnitřní rotační plochy (sklíčidlové, planetové, bezhroté),
- Brusky rovinné (svislé, vodorovné),
- Nástrojařské brusky (ostříčky),
- Speciální brusky.

Hrotové brusky se používají pro broušení válcových, kuželových nebo čelních rovinných ploch. Tyto brusky se skládají z lože, po kterém se pohybuje pracovní stůl brusky. Z pracovního vřeteníku a koníku, mezi které se upíná obrobek. Brousícího vřeteníku, do kterého se upíná brusný kotouč.



Obrázek 32: Hrotová bruska

Dostupné: www.eluc.cz/uploads/block_images/3555/hrotova_bruska.jpg

Bezhraté brusky mají dva kotouče (brusný a unášecí). Každý vřeteník má svůj elektromotor, brousící vřeteník má stálé otáčky, kdežto u podávající vřeteníku je lze měnit dle potřeby. Obrobek se vkládá mezi brusný a unášecí kotouč na podpěrné pravítko.

Skličidlové brusky slouží pro broušení válcových nebo kuželových otvorů. Obrobek je upnut ve sklíčidle vřeteníku, kterým lze pohybovat, a tím volit požadovaný průměr obrobku.

Vodorovné rovinné brusky - brousí se obvodem kotouče. Pro kusovou a malosériovou výrobu, kde jsou nároky na přesnější opracování. Obrobky se nejčastěji upínají na elektromagnetický stůl, který vykonává přímočarý vratný pohyb.



Obrázek 33: Vodorovná bruska

Dostupné: www.uniron.cz/nastrojarna

Svislé rovinné brusky - pro velké úběry materiálu s horší přesností povrchu. Pracovní stůl koná pouze přímočarý vratný pohyb, tudíž brusný kotouč musí být větší jak šířka obrobku.

Nástrojové brusky - používají se k ostření nástrojů. Vřeteník je výškově stavitelný a otočný o 360°.

Speciální brusky - používají se pro speciální broušení. Patří sem brusky na ostření určitých nástrojů, závitů, ozubení, klikových hřídelů, vačkových hřídelů, apod.

5 Vrtání, vyvrtávání

Je třískové obrábění, při kterém vyrábíme díry válcového průřezu. Nástroj je vícebřítý, ten koná hlavní řezný pohyb i posuv. Hlavní pohyb je rotační. Osa nástroje je kolmá k styčné ploše obrobku. Vrtání je obrábění díry do plného materiálu, kdežto vyvrtávání je obrábění již předvrtané, předlité nebo jinak upravené díry, kterou zvětšujeme na předepsaný rozměr. Při vyvrtávání je možné obrábět i zápichy, čelní plochy, kuželové plochy nebo řezat závity. [9]

5.1 Řezné podmínky

$$v = \frac{\pi \cdot D \cdot n}{1000} \quad (7)$$

$$n = \frac{1000 \cdot v}{\pi \cdot D} \quad (8)$$

Kde: v je řezná rychlost [$\text{m} \cdot \text{min}^{-1}$]

n je počet otáček za minutu

D je průměr obrobku [mm]

π Ludolfovo číslo - konstanta

1000 převod z metrů na milimetry

Tabulka 6: Přesnost a drsnost povrchu

Vrtání		
Nástroj	Stupeň přesnosti IT [μm]	Drsnost povrchu Ra [μm]
Šroubovitý vrták	11 až 14	6,3 až 50
Při použití vrtacích pouzder	7 až 10	1,6 až 6,3
Kopinatý drták	8	3,2
Hlavňový vrták	7	1,6
Vrtací hlavy	8	3,2 až 6,3
Vyvrtávání		
Hrubování	11 až 14	12,5 až 50
Na čisto	7 až 11	1,6 až 6,3
Jemné vyvrtávání	5 až 8	0,8 až 1,6

Zpracováno podle: <http://techstroj.g6.cz/T/T15.pdf>

5.2 Vrtací a vyvrtávací nástroje

Nástroje lze dělit podle druhu konstrukce, geometrie nástroje, technologie vrtání na:

- Středící vrtáky.
- Šroubovitě vrtáky.
- Kopinaté vrtáky.
- Vrtáky s výměnitelnou špičkou.
- Vrtáky s výměnitelnými destičkami (Frézovací vrtáky).
- Vrtáky do plechu.
- Frézovací vrtáky.

Středící vrtáky slouží k navrtání středících důlku, pro přesnější vrtání. Často jsou oboustranné, ale vyrábějí se i jednostranné od průměru 0,5 do 10 mm. [13]



Obrázek 34: Středící vrták

Dostupné: www.nakol.cz/proxxon-stredici-vrtaky-3-kusy-24630#lightbox

Šroubovitě vrtáky jsou nejpoužívanější nástroje pro vrtání krátkých děr. Vyrábějí se od průměru 0,12 do 100 mm dle ČSN. Na těle vrtáku jsou dvě ostří vytvořená dvěma šroubovitými drážkami, které odvádějí třísku. Vrták je veden ve vrtané díře fazetkou, která se nachází na okraji vrtáku. Existují i proudloužené šroubovitě vrtáky, které mají upravený přívod kapaliny k ostří vrtáku. Vrtáky jsou vyráběny z houževnaté rychlořezné oceli třídy 19.



Obrázek 35: Šroubovitý vrták

Dostupné: www.nakol.cz/vrtak-221140-hss-s-kuzelovou-stopkou---stredni-rada#lightbox

Kopinaté vrtáky jsou tuhé vrtáky, které umožňují vrtat díry v rozmezí od průměru 28 do 128 mm bez potřeby navrtání, tudíž je horší drsnost povrchu.

Vrták do plechu se používá jen pro díry do plechu. Vrták je kuželovitého tvaru, tudíž lze vrtat libovolný průměr díry.

Frézovací vrták má 2 až 3 výměnitelné destičky, které se upínají za středový otvor, pomocí šroubů se zapaštěnou hlavou.

Vyvrtávací nástroje se skládají z tyče a vyvrtávací hlavy. Nástrojem je tzv. vyvrtávací nůž, který je podobný nožům soustružnickým, má však jiný tvar. Tento nůž se upíná

do vyvrtávací hlavy nebo tyče, který je upevněn pevně nebo stavitelně. Pevným spojem nelze nastavovat jiný průměr nástroje, u stavitelného upnutí lze přesně nastavit průměr nástroje. To pomocí mikrometrických vložek, měrkami, speciálními měřidly. Vyvrtávat se dá do průměru 50 mm.

5.3 Ostření vrtáků

Správným naostřením ovlivníme výkon a přesnost vrtáku. Vrtáky ostříme ručně nebo na přípravcích v brusírně.

Zásady:

- Volit správný druh a tvar brusného kotouče.
- Znat a dodržovat vrcholový úhel vrtáku.
- Ulomené, spálené vrtáky je nutné nejdříve zkrátit a teprve pak je můžeme naostřit.
- Při ostření se vrták musí chladit.
- Během ostření kontrolovat ostří vrtáku (sklon břitu, stejnou délku obou ostří, úhel hrotu) pomocí šablon.



Obrázek 36: Broušení vrtáku

Dostupné: www.eluc.cz/verejne/lekce/1210



Obrázek 37: Šablony vrtáků

Dostupné: www.eluc.cz/verejne/lekce/1872

Upnutí nástrojů

Nástroje se upínají do pracovního vřetene vrtačky, a to pomocí Morse kuželu nebo upínací hlavice. Vrtáky větších rozměrů a s kuželovou stopkou se upínají do Morse kuželu. Při montáži musíme dbát na čistotu kuželů, při vyrážení použijeme vyrážecí klín stejně jako u hlavice. Vrtáky s válcovou stopkou a menších rozměrů do průměru (16 mm) se upínají do upínací hlavice. Tyto hlavice mohou být dvoučelistové, tříčelistové nebo rychloupínací. Utahování / povolení upínacího sklíčidla se používá pomocí ozubeného upínacího klíče. Vyvrtávací tyče se upínají taktéž do vřetene stroje. [8]



Obrázek 38: Válcová stopka

Dostupné: www.nakol.cz/vrtak-221121-hss-s-valcovou-stopkou---stredni-rada#lightbox



Obrázek 39: Kuželová stopka

Dostupné: www.nakol.cz/vrtak-221140-hss-s-kuzelovou-stopkou---stredni-rada#lightbox

5.4 Upínání obrobků

Při vrtání působí síly na obrobek, proto je nutné obrobek pevně upnut. Střed díry musí být přesně pod středem špičky vrtáku. Nejčastěji upínáme pomocí strojního svěráku (pevný, otočný), ručních svěrek, upínek, vrtacích přípravků.

Velké a těžké obrobky se neupínají pouze se přidržují. Malé obrobky a plechy vždy upneme pomocí ruční svěrky. Obrobky s rovnoběžnými stěnami upneme pomocí svěráků u válcových obrobků se používá tzv. prizmatický svěrák. Při vyvrtávání se obrobek upíná na pracovní stůl nebo desku, princip upnutí je obdobný jako u frézování.

5.5 Vrtací stroje

Provádí se na nich oparece jako je vrtání, vyhrubování, vystružování a zahlubování. Vřeteno vrtačky vykonává rotační a posuvný pohyb. Posuvný pohyb může být ruční nebo strojní. [5]

Vrtačky dělíme podle konstrukce na:

- Stolní
- Sloupové

- Stojanové
- Otočné
- Vodorovné na hluboké díry
- Speciální

Stolní vrtačky - jednoduchá konstrukce. Otáčky vřetene měníme klínovým řemenem, který ručně přesuneme. Posuv nástroje je ruční.

Sloupové vrtačky - pracovní stůl i vřeteník je posuvný po sloupu vrtačky. Posuv vřetene je mechanický.

Stojanové vrtačky - vřeteník i stůl je veden ve vertikálním směru.

Otočné vrtačky (radiální vrtačky) - pro větší a těžší vrtání otvorů v obrobku. Součástí stroje je rameno, po němž se pohybuje vřeteník, který vykonává vodorovný směr.

Speciální vrtačky slouží pro speciální vrtací práce, jsou to souřadnicové, vícevřetenové, stavebnicové vrtačky.

Vyvrťovací stroje

- Stolové vyvrťávačky vodorovné - pracovní stůl se pohybuje po podélných saních. Stolem lze otáčet o 360°, na jednom konci je stojan s vřeteníkem na druhém je ložisko pro vyvrťovací tyče.
- Deskové vyvrťávačky vodorovné - obrobek se upíná na desku. Vřeteník se pohybuje podél pracovní desky.
- Jemné vyvrťávačky - mají jeden nebo více vřeteníků, které jsou upevněny jednostranně, oboustranně na loži. Obrobek je upnut na pracovní stůl stroje.
- Souřadnicové vyvrťávačky - slouží pro výrobu přesně zhotovených rozměrů a roztečí.

5.6 Vyhrubování, vystružování

Používá se pro zlepšení vlastností vyvrtaných děr, tudíž je to dokončovací operace. Jsou to vícebřité nástroje. Výhrubník předvrtanou díru hrubuje, výstružník je dokončuje na čisto (na přesný rozměr, drsnost a geometrický tvar). Díry do průměru 10 mm se jen vystružují, větší průměry se nejprve vyhrubují a pak vystružují. Zvolené přídatky na operace závisí na požadované drsnosti a přesnosti povrchu díry, druhu obráběného materiálu, konstrukci nástroje. [14]

Hodnoty průměrů vrtáku, výhrubníků a výstružníku

Tabulka 7: Hodnoty vrtáků, vyhrubníků a výstružníků

Průměr díry mm	Průměr vrtáku [mm]	Průměr výhrubníku [mm]	Průměr výstružníku [mm]
4	3,8	-	4
6	5,8	-	6
8	7,8	-	8
10	9,8	-	10
12	11,25	11,8	12
14	13,25	13,8	14
16	15,25	15,8	16
18	17,0	17,8	18
20	19,0	19,75	20
22	20,5	21,75	22
24	22,25	23,75	24
26	24,25	25,75	26
28	26,25	27,75	28
30	28,25	29,75	30

Zpracováno podle: LEINVEBERA, VAVRY [4]

Upínání nástrojů je pomocí válcové nebo kuželové stopky, tedy stejné jako u vrtáků.

Tabulka 8: Přesnost, drsnost děr

Způsob práce	Stupeň přesnosti IT [μm]	Drsnost povrchu Ra [μm]
Vyhrubování	10 až 12	3,2 až 12,5
Ruční výstružování	6 až 8	0,4 až 1,6
Strojní výstružování	7 až 9	0,4 až 1,6
Výstružování jednobřítým výstružníkem ze SK	5 až 6	0,15 až 0,2

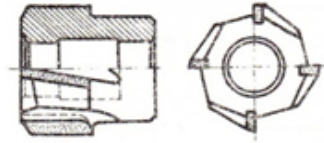
Zpracováno podle: <http://techstroj.g6.cz/T/T15.pdf>

5.7 Výhrubník

Složen z 3 až 5 zubů, počet zubů závisí na průměru výhrubníku. Lze je dělit na celistvé s kuželovou stopkou a nástrčné výhrubníky. Celistvé se vyrábějí do průměru 32 mm, nástrčné od 24 mm. [14]



Obrázek 40: Celistvý výhrubník



Obrázek 41: Nástrčný výhrubník

Dostupné: www.kvs.sjf.stuba.sk/E-learning%20Technol%C3%B3gia%202/V%C5%95tanie/Vyhrubovanie/Vyhrubovanie.htm

5.8 Výstružník

Složen ze 4 až 18 zubů, závisí na tom průměr výstružníku. Výstružníky jsou v provedení ručním a strojním, ty se od sebe liší v provedení zubů a délkou řezné části. Výstružník má řezné zuby rovné (rozteč zubů nerovnoměrný, to vede k lepší kruhovitosti díry) nebo ve šroubovici. [14]

Vyrábějí se v různém provedení:

- Ruční výstružník – válcová stopka zakončena s čtyřhrannem.
- Strojní výstružník – s kuželovou stopkou nebo nástrčné.
- Rozpínací výstružník – lze rozpínat a tím zvětšovat průměr výstružníku.
- Stavitelné výstružníky – břity nástroje jsou posuvné na těle výstružníku, posunováním břitů se mění průměr výstružníku.
- Jednobřité výstružníky – na těle nástroje břitová destička a vodící destičky.
- Kuželový výstružník – pro otvory s kuželovým tvarem.

5.9 Zahlubování

Pro válcové nebo kuželové zahloubení děr, zarovnání čelní plochy nebo sražení hrany. Záhlubník je vícebřítý nástroj, složen z 2 až 10 zubů, který je veden v předvrtané díře vodícím čepem. Zuby záhlubníku jsou přímé nebo v pravé šroubovici. Rozdělují se podle tvaru ploch, které mají obrábět na: válcové, kuželové nebo tvarové. Upínání nástrojů je pomocí válcové nebo kuželové stopky. [15]

6 Hoblování a obrážení

Hoblováním se obrábí dlouhé, rovinné plochy jednobřítým nástrojem, obráběné plochy mohou být svislé, vodorovné. Hlavní řezný přímočarý vratný pohyb koná obrobek, nástroj koná přísuv. [13]

Obrážením se obrábí rovinné i vnitřní plochy obrobku, též jednobřítým nástrojem. Hlavní řezný přímočarý vratný pohyb koná nástroj, obrobek koná pouze přísuv.

6.1 Řezné podmínky

Jsou podobné jak u soustružení, hodnotu řezné rychlosti v_c se snižuje o 10 až 30 %.

Dosahovaná přesnost a drsnost povrchu

Tabulka 9: Přesnost a drsnost povrchu

Způsob práce	Stupeň přesnosti IT [μm]	Drsnost povrchu Ra [μm]
Hrubování	11 až 12	6,3 až 25
Na čisto	9 až 11	3,2 až 6,3
Jemné obrábění	7 až 8	1,6 až 3,2

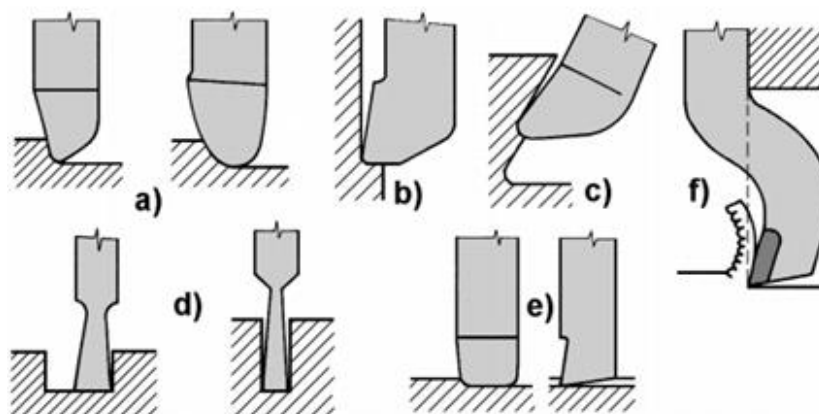
Zpracováno podle: <http://techstroj.g6.cz/T/T18.pdf>

6.2 Druhy nástrojů

Nástroj pro hoblování a obrážení je obráběcí nůž, který je podobný svou geometrií nožům soustružnickým. Podle způsobu práce se volí vhodný nůž pro obrábění. [15]

Podle tvaru rozeznáváme nože na:

- Hoblovací nože s prohnutým tělem – tělo nože je robustne, obrábí se jím hluboké drážky.
- Upravené uběrací nože – pro polohrubovací práce, umožňuje práci větším posuvem.
- Naběrací nože – pro dokončovací rovinné práce, obrábění šedé litiny.
- Široké nože – pro dokončování úzkých, dlouhých ploch, nahrazuje se broušením.



Obrázek 42: Druhy hoblovacích nožů

a) uběrací b) uběrací stranový c) na šikmé plochy d) drážkovací e) hladící f) prohnutý

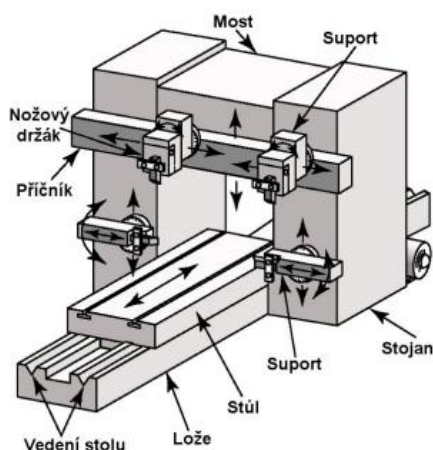
Dostupné: www.eluc.cz/verejne/lekce/1365

6.3 Upnutí nástrojů

Hoblovací nože se upínají do nožových držáků, který je uchycen na suportu, ten umožňuje nástroj naklápět na obě strany. Hoblovky mají na jednom stroji více suportů. Většinou dva na příčnicku a další jsou umístěny přímo na vedení strojanu. Obrázcí nože se upínají stejným způsobem jako nože hoblovací. Nožové držáky jsou však upnuty na smýkadle.

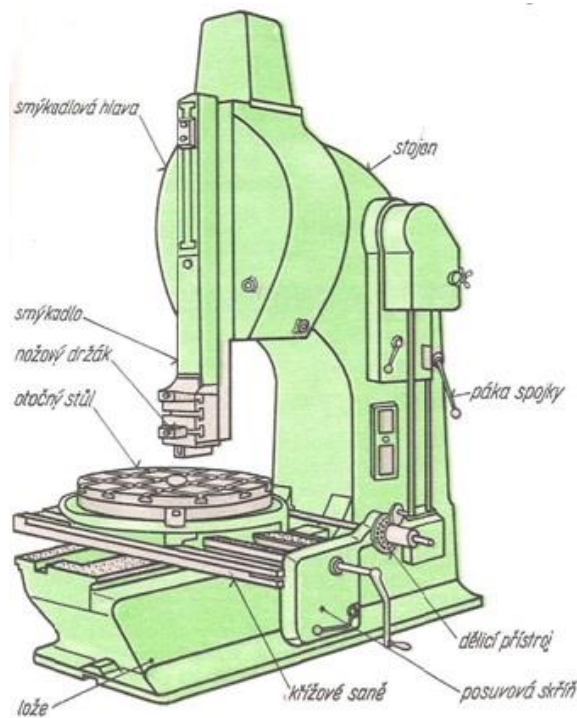
6.4 Hoblovky a obrážeky

Na obráběčkách, hoblovkách se obrobky upínají pomocí upínek, podpěr a upínacích šroubů, menší obrobky lze upnout do svěráku. Při tomto druhu práce dochází k rázovému záběru nástroje, proto je důležité dbát na upínání.



Obrázek 43: Hoblovka

Dostupné: www.ust.fme.vutbr.cz/obrabeni/opory-save/TI_TO-2cast.pdf



Obrázek 44: Obrážečka

Dostupné: www.eluc.cz/verejne/lekce/1826

Hlavní části hoblovek je pracovní stůl, lože, stojany, příčnick a suport.

Druhy hoblovek:

- Jednostojanové – mají jeden stojan, po kterém se pohybuje příčnick s jedním nebo dvěma suporty, další suport je na vedení suportu.
- Dvoustojanové – stojany jsou spojeny nahoře tzv. mostem, stroj má vysokou tuhost. Zpravidla má dva suporty na příčnicku a dva stojanové, často je vybaven frézovacím nebo brousícím vřetenem.
- Vodorovné – nástroj je upnut v nožovém držáku na smýkadle.
- Svislé – dva druhy hoblovek menší, větší provedení. U malého provedení je konzole s pracovním stolem přestavitelná a vedená po stojanu. Na ní je příčné a podélné vedení otočného stolu. Větší typy obrážeček nemají pracovní stůl výškově přestavitelný, obrobek upnutý na otočném stole se může pohybovat v podélném i příčném směru.

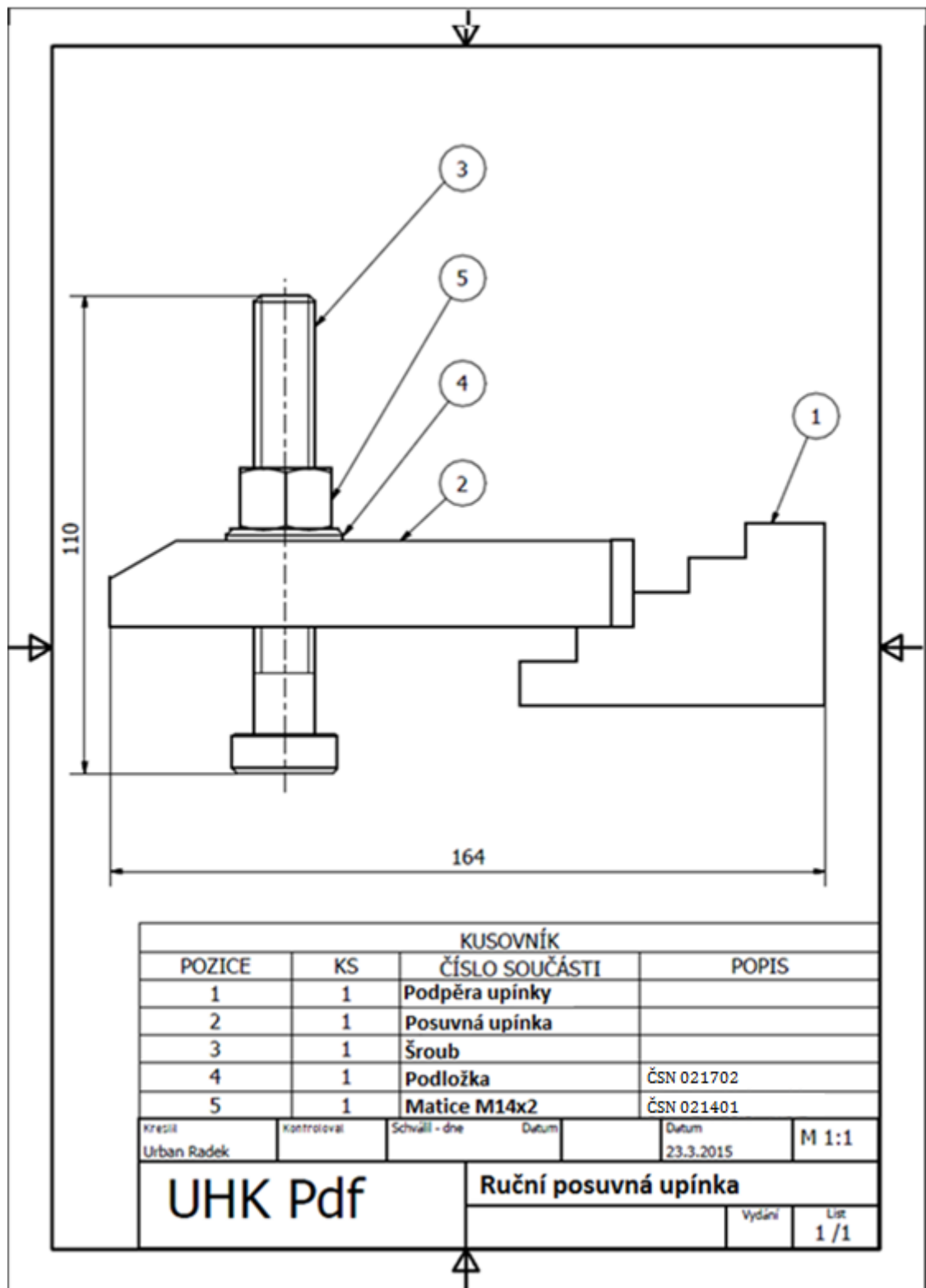
Zadání praktické části

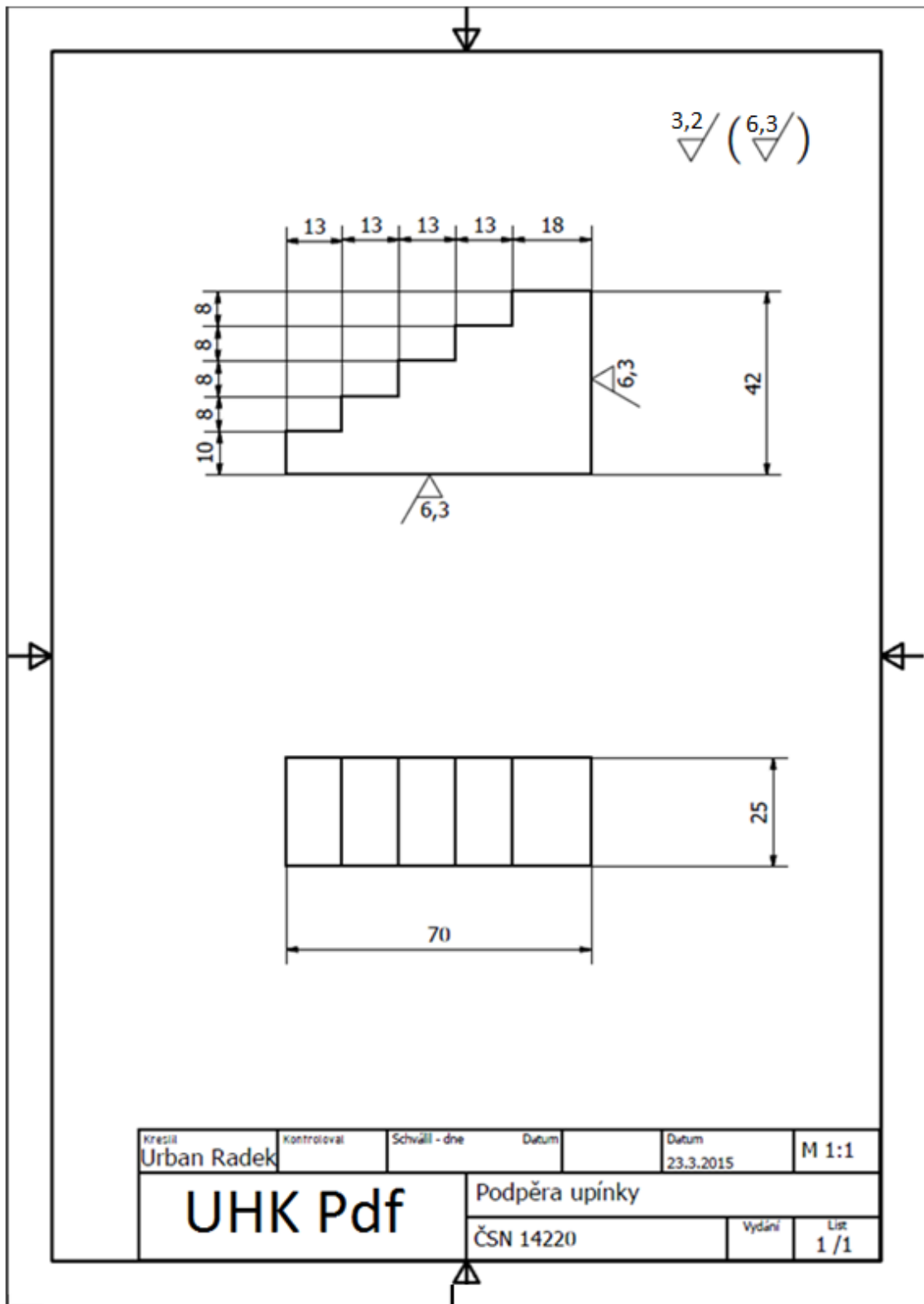
V praktické části bakalářské práce se budeme zabývat výrobou ruční posuvné upínky. Tato část bude obsahovat výkresovou dokumentaci, technologický postup práce a samotnou výrobu upínky. Ruční posuvná upínka je tvořena z podpěry upínky, šroubu, posuvné upínky, matice a podložky. Matici zvolíme M14x2, která je normalizovaná dle ČSN EN ISO 4032. Podložka je také normalizovaná dle ČSN EN ISO 7089. Zbývající součásti, a to podpěru upínky, šroub a posuvnou upínku budeme vyrábět.

- Podpěra upínky - zvolený materiál je dle ČSN 14 220. Tato ocel je vhodná k cementování, je dobře obrobitelná, používá se k strojním součástem. Podpěru obrábíme pomocí frézky.
- Šroub – zvolený materiál je dle ČSN 11 500. Konstrukční ocel, používá se pro strojní součásti. Šroub obrábíme pomocí soustruhu.
- Posuvná upínka - zvolený materiál je dle ČSN 14 220. Tato ocel je vhodná k cementování, je dobře obrobitelná, používá se k strojním součástem. Podpěru obrábíme pomocí frézky.

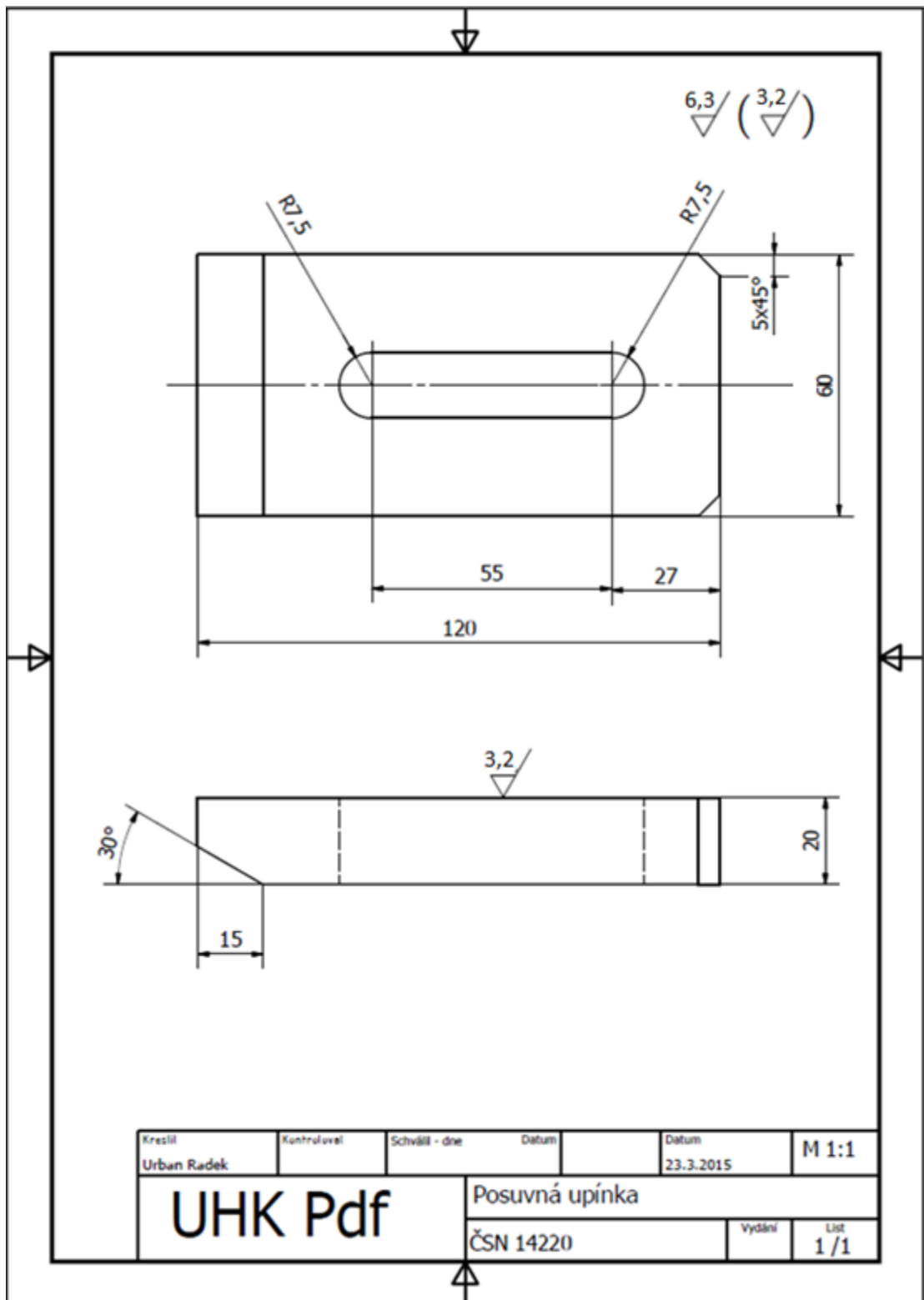
Navržené materiály, nástroje a hodnoty pro obráběcí stroje jsou čerpány ze Strojírenských tabulek. [4]

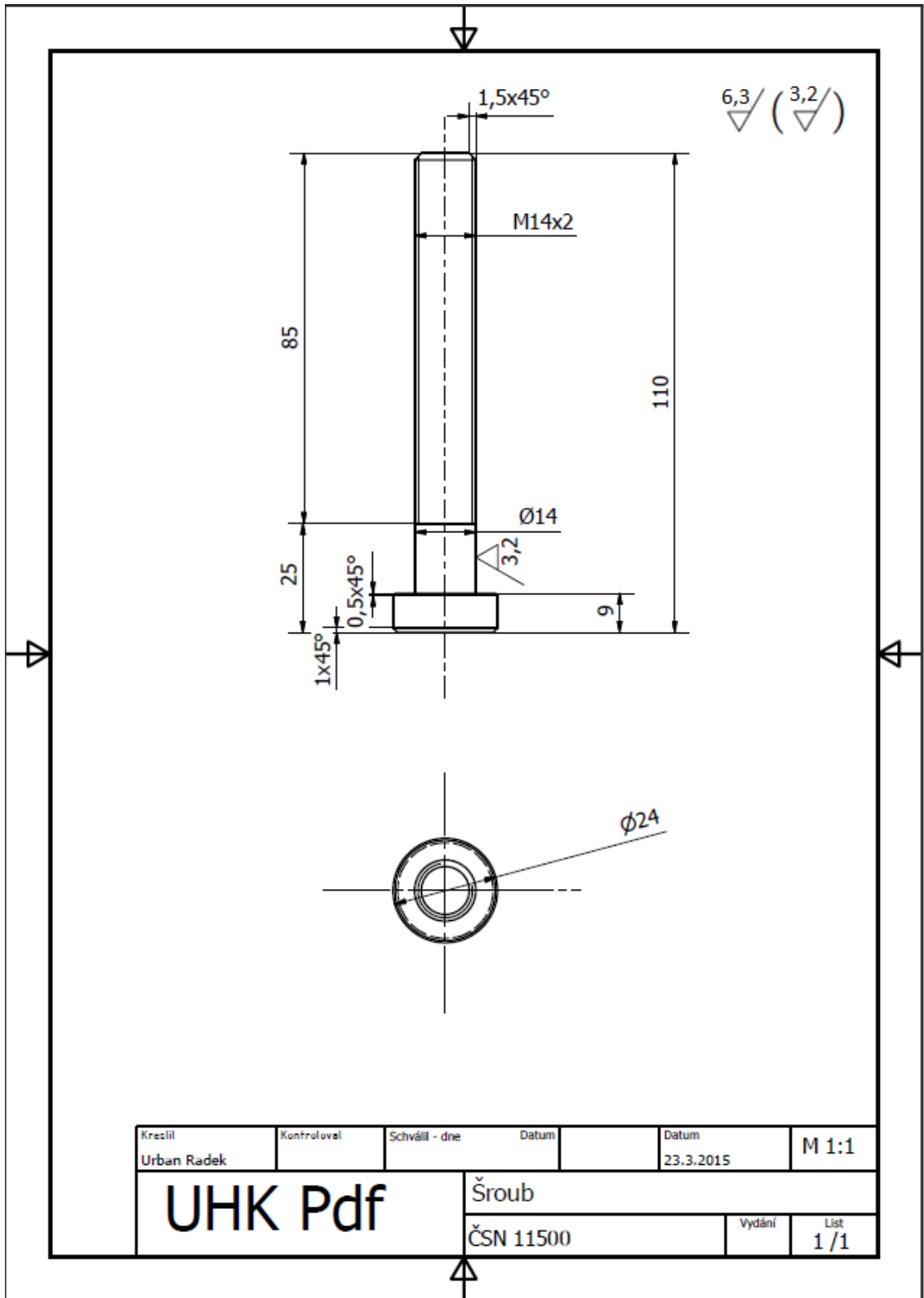
Upínky se používají při upínání větších obrobků nebo tvarově kombinovaných součástí, které se upínají přímo na pracovní stůl frézky nebo vrtačky. Šroub se zasune do tzv. T drážky pracovního stroje. Při upínání dáváme pozor na to, aby upínací šroub byl co nejbližší k upínanému obrobku. Druhý konec obrobku se musí opírat o podložku stejné výšky.

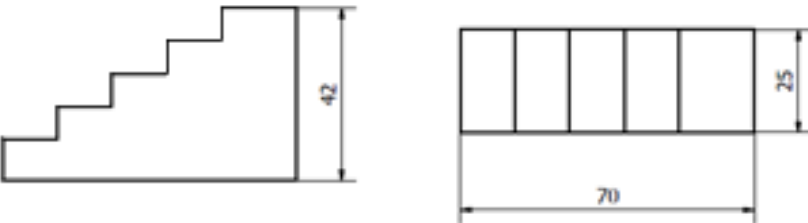
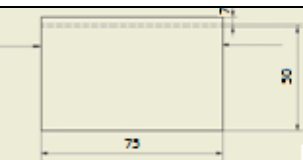
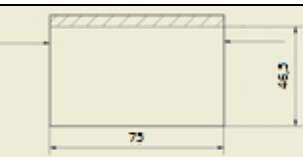


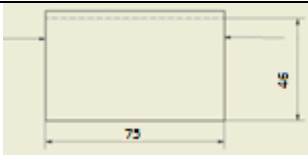
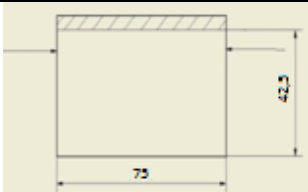
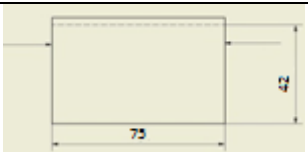

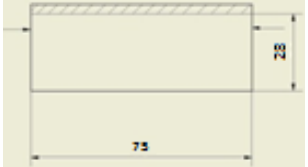


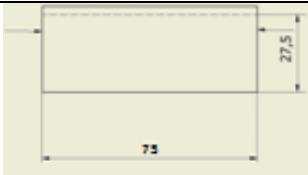
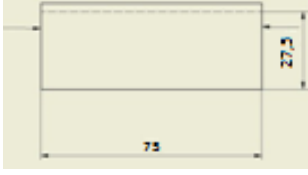
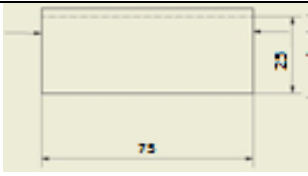
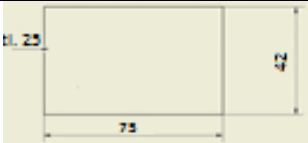
Kresil Urban Radek	Kontroloval	Schválil - dne	Datum	Datum 23.3.2015	M 1:1
UHK Pdf		Podpěra upínky			
		ČSN 14220	Vydání	List 1 / 1	

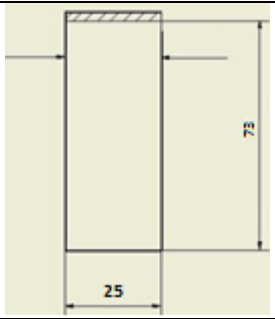
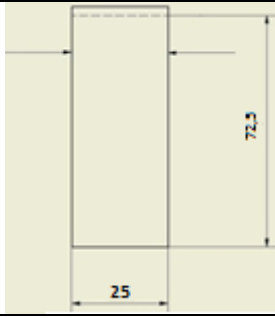
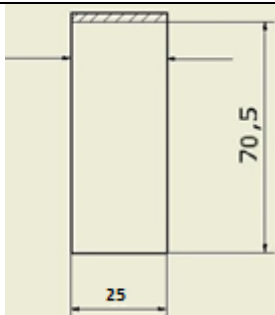


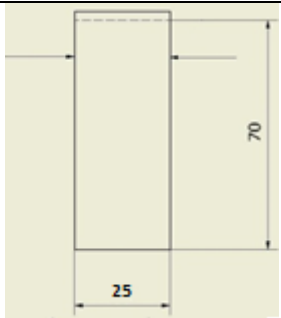
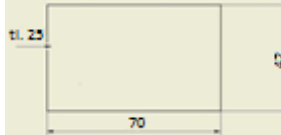
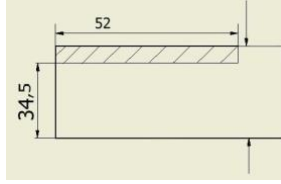
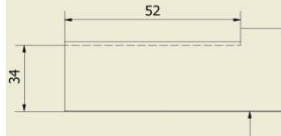
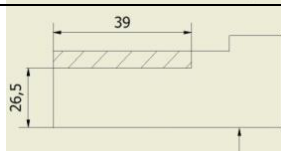
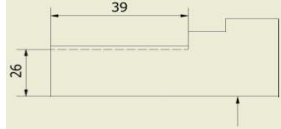


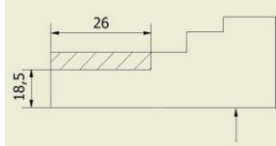
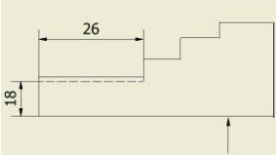
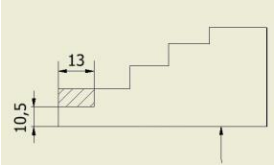
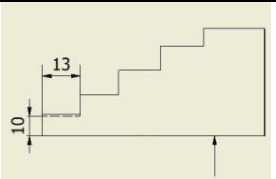
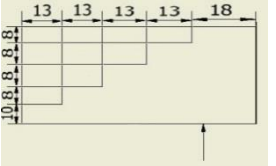
Pdf UHK		Technologický postup				Navrhoval: Urban Radek							
Náčrt: 				Součást		Podpěra a upínky	Hrubá hmota		0,636kg				
				Počet kusů		1		Čistá hmota		0,374kg			
				Materiál		14220		Výchozí rozměr		75x50x30mm			
				Druh polotovaru ČSN 42 5522		75x50x30mm		Výrobek		1,479kg			
Operace	Číslo úseku	Název operace	Náčrt operace	Název zařízení	Řezný nástroj	Přídavek [mm]	Řezné podmínky					čas tr [s]	
							a_p [mm]	i	f [mm ot ⁻¹]	v_c [m/m in]	n [ot min ⁻¹]		
1.	2.	3.	4.	5.	6.	7.	8.	9.	10.	11.	12.	13.	
1.	1.	Dělení materiálu - upnout obrobek - dělit pásovou pilou - uvolnit obrobek		Pásová pila BS - 229 HV	Pilový pás pružinový LG Super 2362 x 20		7	1	0,08	73	890	21,4	
2.	1.	Pilovat - odjehlit obrobek			Pilník plochý ČSN 229121								
3.	1.	Frézovat - upnout obrobek (na podložku) - zarovnat obvodovou plochu ze 50mm na 46,5mm		Frézka univerzální FGU 32	Frézovací hlava 125mm ČSN 222370		1,75	2	0,18	139,4	355	5,17	

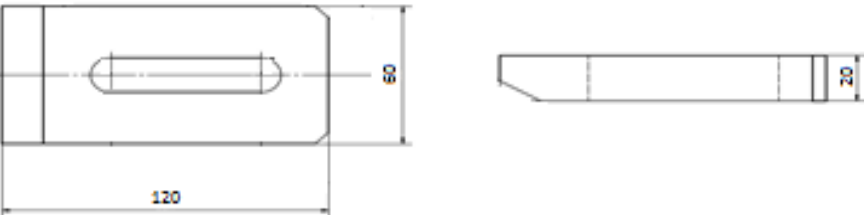
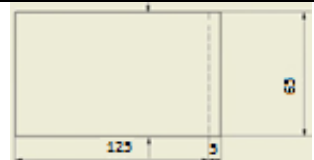
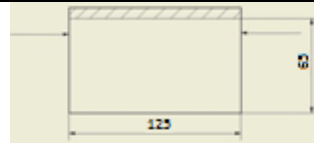
3.	2.	Frézovat - na čisto ze 46,5mm na 46mm - uvolnit obrobek		Frézka univerzální FGU 32	Frézovací hlava 125mm ČSN 222370	0,5	0,5	1	0,08	196,3	500	9,53
4.	1.	Pilovat - odjehlit obrobek			Pilník plochý ČSN 229121							
5.	1.	Frézovat - upnout obrobek z druhé strany (na podložku) - hrubovat obvodové plochy ze 46mm na 42,5mm		Frézka univerzální FGU 32	Frézovací hlava 125mm ČSN 222370		1,75	2	0,18	139,4	355	5,17
5.	2.	Frézovat - na čisto ze 42,5mm na 42mm - uvolnit obrobek		Frézka univerzální FGU 32	Frézovací hlava 125mm ČSN 222370	0,5	0,5	1	0,08	196,3	500	9,53
6.	1.	Pilovat - odjehlit obrobek			Pilník plochý ČSN 229121							
7.	1.	Kontrola rozměru			Posuvné měřídlo ČSN 251236							
8.	1.	Frézovat - upnout obrobek (na podložku) - zarovnat obvodovou plochu z 30mm na 28mm		Frézka univerzální FGU 32	Frézovací hlava 125mm ČSN 222370		2	1	0,18	139,4	355	4,2

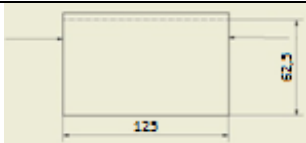
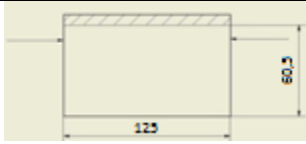


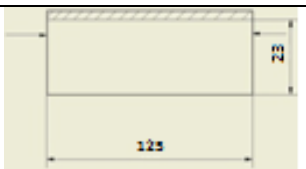
8.	2.	Frézovat - na čisto z 28mm na 27,5mm - uvolnit obrobek		Frézka univerzální FGU 32	Frézovací hlava 125mm ČSN 222370	0,5	0,5	1	0,08	196,3	500	6,26
9.	1.	Pilovat - odjehlit obrobek			Pilník plochý ČSN 229121							
10.	1.	Frézovat - upnout obrobek z druhé strany (na podložku) - hrubovat obvodové plochy z 27,5mm na 25,5mm		Frézka univerzální FGU 32	Frézovací hlava 125mm ČSN 222370		2	1	0,18	139,4	355	4,2
11.	1.	Frézovat - na čisto z 25,5mm na 25mm - uvolnit obrobek		Frézka univerzální FGU 32	Frézovací hlava 125mm ČSN 222370	0,5	0,5	1	0,08	196,3	500	6,26
12.	1.	Pilovat - odjehlit obrobek			Pilník plochý ČSN 229121							
13.	1.	Kontrola rozměru			Posuvné měřídlo ČSN 251236							

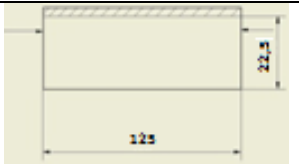
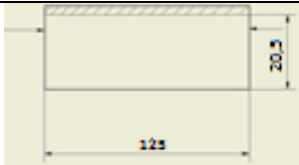
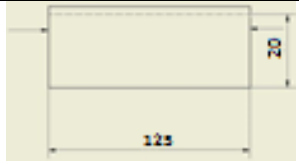
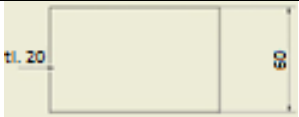
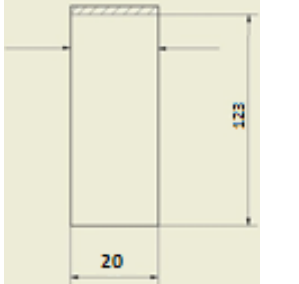
14.	1.	Frézovat - upnout obrobek (na podložku) - zarovnat obvodovou plochu ze 75mm na 73mm		Frézka univerzální FGU 32	Frézovací hlava 125mm ČSN 222370		2	1	0,18	139,4	355	4,71
14.	2.	Frézovat - na čisto ze 73mm na 72,5mm - uvolnit obrobek		Frézka univerzální FGU 32	Frézovací hlava 125mm ČSN 222370	0,5	0,5	1	0,08	196,3	500	8,76
15.	1.	Pilovat - odjehlit obrobek			Pilník plochý ČSN 229121							
16.	1.	Frézovat - upnout obrobek z druhé strany (na podložku) - hrubovat obvodové plochy z 72,5mm na 70,5mm		Frézka univerzální FGU 32	Frézovací hlava 125mm ČSN 222370		2	1	0,18	139,4	355	4,71

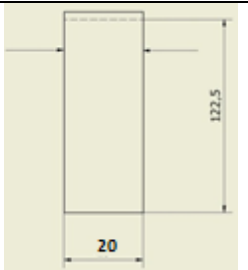

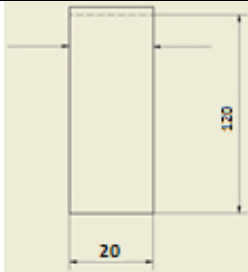
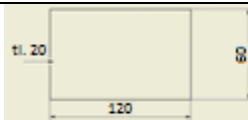
16.	2.	Frézovat - na čisto ze 70,5mm na 70mm - uvolnit obrobek		Frézka univerzální FGU 32	Frézovací hlava 125mm ČSN 222370	0,5	0,5	1	0,08	196,3	500	8,76
17.	1.	Pilovat - odjehlit obrobek			Pilník plochý ČSN 229121							
18.	1.	Kontrola rozměru			Posuvné měřídlo ČSN 251236							
19.	1.	Frézovat - upnout obrobek - hrubovat ze 42mm na 34,5mm po délce 52mm		Frézka univerzální FGU 32	Čelní válcová fréza nástrčná ČSN 222158		1,5	5	0,18	70,6	180	21,0
19.	2.	Frézovat - na čisto z 34,5mm na 34mm po délce 52mm		Frézka univerzální FGU 32	Čelní válcová fréza nástrčná ČSN 222158	0,5	0,5	1	0,20	98,1	250	13,7
19.	3.	Frézovat - hrubovat z 34mm na 26,5mm po délce 39mm		Frézka univerzální FGU 32	Čelní válcová fréza nástrčná ČSN 222158		1,5	5	0,18	70,6	180	21,0
19.	4.	Frézovat - na čisto z 26,5mm na 26mm po délce 39mm		Frézka univerzální FGU 32	Čelní válcová fréza nástrčná ČSN 222158	0,5	0,5	1	0,20	98,1	250	13,7

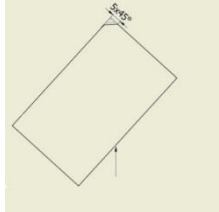
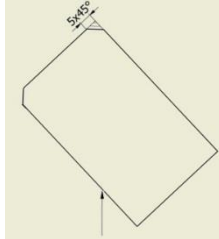
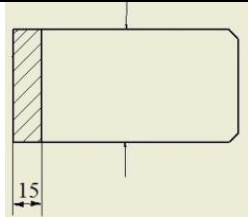
19.	5.	Frézovat - hrubovat z 26mm na 18,5mm po délce 26mm		Frézka univerzální FGU 32	Čelní válková fréza nástrčná ČSN 222158		1,5	5	0,22	70,6	180	21,0
19.	6.	Frézovat - na čisto z 18,5mm na 18mm po délce 26mm		Frézka univerzální FGU 32	Čelní válková fréza nástrčná ČSN 222158	0,5	0,5	1	0,20	98,1	250	13,7
19.	7.	Frézovat - hrubovat z 18mm na 10,5mm po délce 13mm		Frézka univerzální FGU 32	Čelní válková fréza nástrčná ČSN 222158		1,5	5	0,18	70,6	180	21,0
19.	8.	Frézovat - na čisto z 10,5mm na 10mm po délce 13mm		Frézka univerzální FGU 32	Čelní válková fréza nástrčná ČSN 222158	0,5	0,5	1	0,20	98,1	250	13,7
20.	1.	Pilovat - odjehlit obrobek			Pilník plochý ČSN 229121							
21.	1.	Kontrola rozměru			Posuvné měřídlo ČSN 251236							

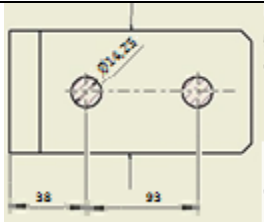
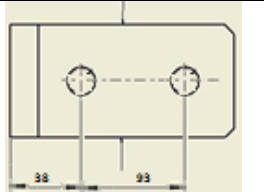
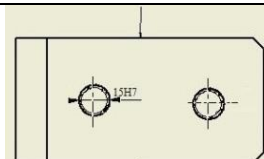
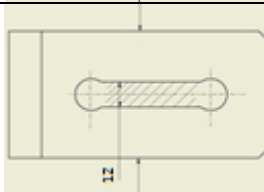
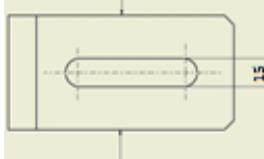
Pdf UHK		Technologický postup				Navrhoval: Urban Radek						
Náčrt: 					Součást	Posuvná upínka	Hrubá hmota		1,10kg			
					Počet kusů	1	Čistá hmota		0,941kg			
					Materiál	14220	Výchozí rozměr		125x65x25mm			
					Druh polotovaru ČSN 42 5522	125x65x25mm	Výrobek		1,479kg			
Operace	Číslo úseku	Název operace	Náčrt operace	Název zařízení	Řezný nástroj	Přídavek [mm]	Řezné podmínky					čas tr [s]
							a_p [mm]	i	f [mm ot^{-1}]	v_c [m/m in]	n [ot min^{-1}]	
1.	2.	3.	4.	5.	6.	7.	8.	9.	10.	11.	12.	13.
1.	1.	Dělení materiálu - upnout polotovar - dělit pásovou pilou - uvolnit obrobek		Pásová pila BS - 229 HV	Pilový pás pružinový LG Super 2362 x 20		5	1	0,08	73	890	18,3
2.	1.	Pilovat - odjehlit obrobek			Pilník plochý ČSN 229121							
3.	1.	Frézovat - upnout obrobek (na podložku) - zarovnat obvodovou plochu z 65mm na 63mm		Frézka univerzální FGU 32	Frézovací hlava 125mm ČSN 222370		2	1	0,18	139,4	355	12,5

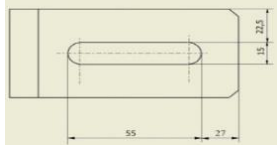
3.	2.	Frézovat - na čisto ze 63mm na 62,5mm - uvolnit obrobek		Frézka univerzální FGU 32	Frézovací hlava 125mm ČSN 222370	0,5	0,5	1	0,08	196,3	500	22,6
4.	1.	Pilovat - odjehlít obrobek			Pilník plochý ČSN 229121							
5.	1.	Frézovat - upnout obrobek z druhé strany (na podložku) - hrubovat obvodové plochy z 62,5mm na 60,5mm		Frézka univerzální FGU 32	Frézovací hlava 125mm ČSN 222370		2	1	0,8	139,4	355	12,3
5.	2.	Frézovat - na čisto z 60,5mm na 60mm - uvolnit obrobek		Frézka univerzální FGU 32	Frézovací hlava 125mm ČSN 222370	0,5	0,5	1	0,08	196,3	500	22,6
6.	1.	Pilovat - odjehlít obrobek			Pilník plochý ČSN 229121							
7.	1.	Kontrola rozměru			Posuvné měřídlo ČSN 251236							
8.	1.	Frézovat - upnout obrobek (na podložku) - zarovnat obvodovou plochu z 25mm na 23mm		Frézka univerzální FGU 32	Frézovací hlava 125mm ČSN 222370		2	1	0,8	139,4	355	11,2

8.	2.	Frézovat - na čisto z 23mm na 22,5mm - uvolnit obrobek		Frézka univerzální FGU 32	Frézovací hlava 125mm ČSN 222370	0,5	0,5	1	0,08	196,3	500	8,89
9.	1.	Pilovat - odjehlit obrobek			Pilník plochý ČSN 229121							
10.	1.	Frézovat - upnout obrobek z druhé strany (na podložku) - hrubovat obvodové plochy z 22,5mm na 20,5mm		Frézka univerzální FGU 32	Frézovací hlava 125mm ČSN 222370		2	1	0,8	139,4	355	11,2
10.	2.	Frézovat - na čisto ze 20,5mm na 20mm - uvolnit obrobek		Frézka univerzální FGU 32	Frézovací hlava 125mm ČSN 222370	0,5	0,5	1	0,08	196,3	500	8,89
11.	1.	Pilovat - odjehlit obrobek			Pilník plochý ČSN 229121							
12.	1.	Kontrola rozměru			Posuvné měřídlo ČSN 251236							
13.	1.	Frézovat - upnout obrobek (na podložku) - zarovnat obvodovou plochu ze 125mm na 123mm		Frézka univerzální FGU 32	Frézovací hlava 125mm ČSN 222370		2	1	0,8	139,4	355	11,2

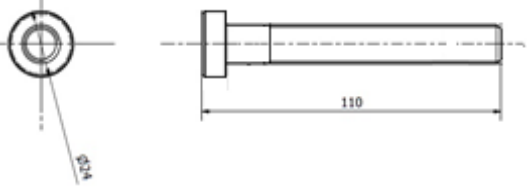
13.	2.	Frézovat - na čisto ze 123mm na 122,5mm - uvolnit obrobek		Frézka univerzální FGU 32	Frézovací hlava 125mm ČSN 222370	0,5	0,5	1	0,08	196,3	500	21,0
14.	1.	Pilovat - odjehlit obrobek			Pilník plochý ČSN 229121							
15.	1.	Frézovat - upnout obrobek z druhé strany (na podložku) - hrubovat obvodové plochy ze 122,5mm na 120,5mm		Frézka univerzální FGU 32	Frézovací hlava 125mm ČSN 222370		2	1	0,8	139,4	355	11,2
15.	2.	Frézovat - na čisto ze 120,5mm na 120mm - uvolnit obrobek		Frézka univerzální FGU 32	Frézovací hlava 125mm ČSN 222370	0,5	0,5	1	0,08	196,3	500	21,0
16.	1.	Pilovat - odjehlit obrobek			Pilník plochý ČSN 229121							
17.	1.	Kontrola rozměru			Posuvné měřídlo ČSN 251236							
18.	1.	- orýsování obrobku (zkosení a rozteč děr)			Posuvný výškoměr							

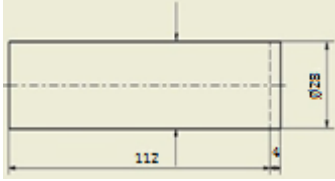
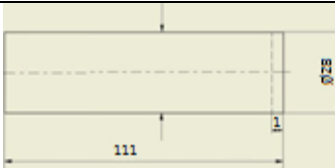
					ČSN 251295								
19.	1.	Frézovat - upnout obrobek pomocí podložky - srazit hranu 5x45° - uvolnit obrobek		Frézka univerzální FGU 32	Frézovací hlava 125mm ČSN 222370			1	0,14	196,3	500	5,61	
20.	1.	Pilovat - odjehlit obrobek			Pilník plochý ČSN 229121								
21.	1.	Frézovat - upnout obrobek pomocí podložky - srazit druhou hranu 5x45° - uvolnit obrobek		Frézka univerzální FGU 32	Frézovací hlava 125mm ČSN 222370			1	0,14	196,3	500	5,61	
22.	1.	Pilovat - odjehlit obrobek			Pilník plochý ČSN 229121								
23.	1.	Frézovat - upnout obrobek pomocí podložky - zkosit hranu 30° po délce 15mm - uvolnit obrobek		Frézka univerzální FGU 32	Frézovací hlava 125mm ČSN 222370			1	0,11	139,4	355	13,8	
24.	1.	Pilovat - odjehlit obrobek			Pilník plochý ČSN 229121								

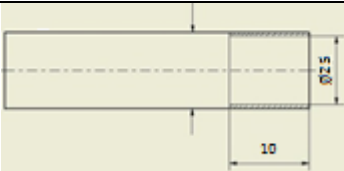
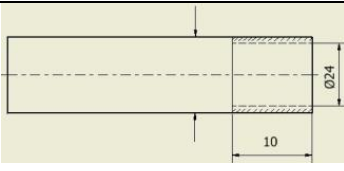
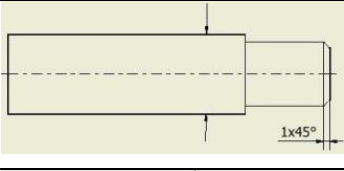
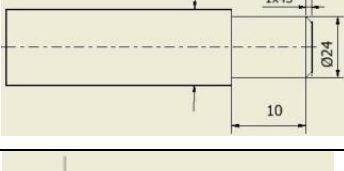
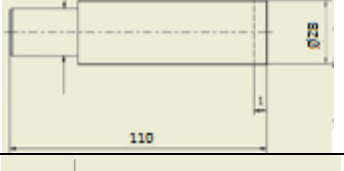
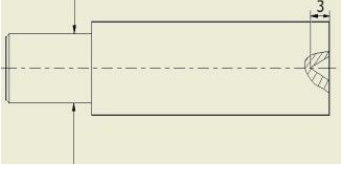
25.	1.	Vrtat - upnout obrobek - vyvrtat díru Ø14,25mm ve vzdálenostech 38mm a 93mm v šířce 30mm		Frézka univerzální FGU 32	Vrták s válcovou stopkou ČSN 22 1121				0,17	24,1	500	12,8
26.	1.	Kontrola roztečí děr			Posuvné měřídlo ČSN 251236							
27.	1.	Vystružit - vystružit díru na 15H7		Frézka univerzální FGU 32	Strojní válcový výstružník ČSN 22 1430				0,53	6,9	125	16,7
28.	1.	Frézovat - hrubovat drážky ve vzdálenosti 38mm až 93mm v ose obrobku 30mm		Frézka univerzální FGU 32	Fréza válcová čelní ČSN 222132		20	1	0,11	139,4	355	46,2
28.	2.	Frézovat - na čisto šířka drážky 15mm - tloušťka stěn materiálu z každé strany 22,5mm - uvolni obrobek		Frézka univerzální FGU 32	Fréza válcová čelní ČSN 222132	3	1,5	2	0,14	196,3	500	23,1
29.	1.	Pilovat - odjehlit obrobek			Pilník plochý ČSN 229121							

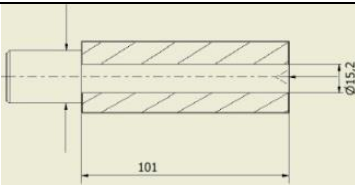
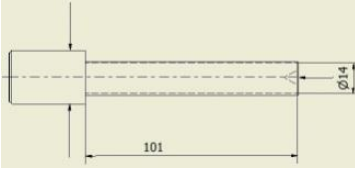
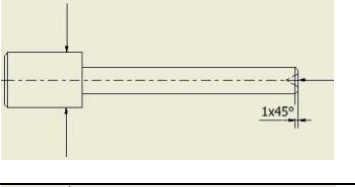
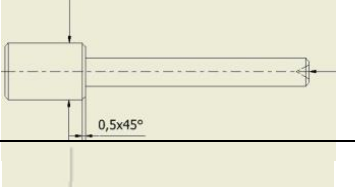

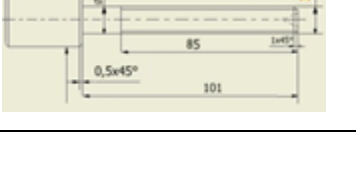
30.	1.	Kontrola rozměru			Posuvné měřídlo ČSN 251236								
-----	----	------------------	---	--	-------------------------------	--	--	--	--	--	--	--	--

Pdf UHK	Technologický postup	Navrhoval: Urban Radek
---------	----------------------	------------------------

Náčrt: 	Součást	Upínací šroub	Hrubá hmota	0,479kg
	Počet kusů	1	Čistá hmota	0,133kg
	Materiál	11500	Výchozí rozměr	118xØ28mm
	Druh polotovaru ČSN 42 5551	118xØ28mm	Výrobek	1,479kg

Operace	Číslo úseku	Název operace	Náčrt operace	Název zařízení	Řezný nástroj	Přídavek [mm]	Řezné podmínky					čas tr [s]
							a_p [mm]	i	f [mm ot ⁻¹]	v_c [m/min]	n [ot min ⁻¹]	
1.	2.	3.	4.	5.	6.	7.	8.	9.	10.	11.	12.	13.
1.	1.	Dělení materiálu - upnout polotovar - dělit kotoučovou pilou - uvolnit obrobek		Kotoučová pila PKS - 300 F	Pilový kotouč ČSN 222910		6	1	0,16	160	1000	15,6
2.	1.	Soustružit - upnout obrobek - zarovnat čelo ze 112mm na 111mm		Hrotový soustruh SN 40 C	Rohový nůž pravý ČSN 223722		14	1	0,30	79,2	970	4,62

2.	2.	Soustružit - hrubovat průměr Ø28mm na Ø25mm po délce 10mm		Hrotový soustruh SN 40 C	Rohový nůž pravý ČSN 223722		1,5	1	0,35	44,9	550	3,2
2.	3.	Soustružit - na čisto průměr Ø25mm na průměr Ø24mm po délce 10mm		Hrotový soustruh SN 40 C	Rohový nůž pravý ČSN 223722	1	0,5	1	0,16	74,6	970	6,8
2.	4.	Soustružit - srazit hranu na čele obrobku 1x45° stupňů - uvolnit obrobek		Hrotový soustruh SN 40 C	Rohový nůž pravý ČSN 223722		1	1	0,35		970	0,38
3.	1.	Kontrola rozměru			Posuvné měřídlo ČSN 251236							
4.	1.	Soustružit - upnout obrobek z druhé strany - zarovnat čelo ze 111mm na 110mm		Hrotový soustruh SN 40 C	Rohový nůž pravý ČSN 223722		13	1	0,30	79,2	970	4,62
5.	1.	Vrtat - navrtání středícím vrtákem průměr Ø3,15mm na čele obrobku - upnout mezi hrot		Hrotový soustruh SN 40 C	Středící vrták 60° ČSN 221110		3	1			1000	4,12

6.	1.	Soustružit - hrubovat z průměru Ø28mm na průměr Ø15,2mm po délce 101mm		Hrotový soustruh SN 40 C	Rohový nůž pravý ČSN 223722		1,6	4	0,35	44,9	550	31,4
6.	2.	Soustružit - na čisto z průměru Ø 24,5mm na průměr Ø14mm po délce 101mm		Hrotový soustruh SN 40 C	Rohový nůž pravý ČSN 223722	1,2	0,6	1	0,16	74,6	970	39,1
6.	3.	Soustružit - srazit hranu 1x45°stupňů na čele obrobku		Hrotový soustruh SN 40 C	Rohový nůž pravý ČSN 223722		1,5	1	0,35		970	0,38
6.	4.	Soustružit - srazit hranu 0,5x45°stupňů		Hrotový soustruh SN 40 C	Rohový nůž pravý ČSN 223722		0,5	1	0,35		970	0,12
6.	5.	Soustružit - zhotovení závitu M14x2 po délce 85mm		Hrotový soustruh SN 40 C	Závitová čelist ČSN 223216 M14x2							
7.	1.	Kontrola rozměru			Posuvné měřídlo ČSN 251236							

Závěr

Cílem bakalářské práce bylo zhodnotit konvenční obrábění oceli. První část bakalářské práce se věnuje teoretické části, druhá praktické části.

Nejvíce pozornosti bylo věnováno nejrozšířenějším způsobům třískového obrábění, kterými jsou soustružení, frézování, broušení, vrtání. V bakalářské práci jsem uvedl další metody obrábění, jako je vyvrtávání, vyhrubování, vystružování, zahlubování, hoblování a obrážení. V těchto kapitolách jsem charakterizoval druh a způsoby obrábění, jejich přesnost a drsnost povrchu, upínání obrobků a nástrojů, druhy strojů a jejich jednoduchý popis.

V praktické části jsem sestavil výkresovou dokumentaci s technologickým postupem práce, podle kterých jsem vyrobil daný obrobek. Navrhovaným obrobkem je ruční posuvná upínka.

Poznatky z teoretické části bakalářské práce jsem využil v praktické části, a to k výrobě obrobku.

Seznam obrázků

Obrázek 1: Pojmy u soustruhu.....	11
Obrázek 2: Soustružnický nůž.....	14
Obrázek 3: Radiální nože.....	15
Obrázek 4: Vnější nože.....	15
Obrázek 5: Vnitřní nože.....	16
Obrázek 6: Geometrie soustružnického nože.....	16
Obrázek 7: Tříčelist'ové sklíčidlo.....	17
Obrázek 8: Nožová hlava soustruhu.....	18
Obrázek 9: Druhy soustruhů.....	18
Obrázek 10: Univerzální hrotový soustruh.....	19
Obrázek 11: Nesousledné a sousledné frézování.....	23
Obrázek 12: Válcová fréza nástrčná.....	24
Obrázek 13: Čelní válcová fréza se stopkou.....	25
Obrázek 14: Kotoučová fréza.....	25
Obrázek 15: Tvarová fréza.....	Chyba! Záložka není definována.
Obrázek 16: Čelní fréza.....	Chyba! Záložka není definována.
Obrázek 17: Frézovací hlava.....	Chyba! Záložka není definována.
Obrázek 18: Kopírovací fréza.....	Chyba! Záložka není definována.
Obrázek 19: Drážkovací fréza.....	Chyba! Záložka není definována.
Obrázek 20: Upínací trn.....	26
Obrázek 21: Kleštinový upínač.....	27
Obrázek 22: Strojní svěrák.....	27
Obrázek 23: Dělicí přístroje.....	28
Obrázek 24: Svislá konzolová frézka.....	29
Obrázek 25: Pohyby brusky.....	30
Obrázek 26: Obvodové broušení.....	32
Obrázek 27: Broušení mezi hroty.....	32
Obrázek 28: Bezhraté broušení.....	33
Obrázek 29: Souosé broušení.....	33
Obrázek 30: Otočný přípravek.....	34
Obrázek 31: Brusné kotouče.....	36
Obrázek 32: Hrotová bruska.....	38
Obrázek 33: Vodorovná bruska.....	38
Obrázek 34: Středící vrták.....	41
Obrázek 35: Šroubovitý vrták.....	41
Obrázek 36: Broušení vrtáku.....	42
Obrázek 37: Šablony vrtáků.....	42
Obrázek 38: Válcová stopka.....	43
Obrázek 39: Kuželová stopka.....	43
Obrázek 40: Celistvý výhrubník.....	46
Obrázek 41: Nástrčný výhrubník.....	46

Obrázek 42: Druhy hoblovacích nožů	48
Obrázek 43: Hoblovka.....	48
Obrázek 44: Obrážekka.....	49

Seznam použitých zkratek a symbolů

Zkratka/Symbol	Jednotka	Popis
v_c	$m \cdot \text{min}^{-1}$	Řezná rychlost
D	mm	Průměr
n	$\text{ot} \cdot \text{min}^{-1}$	Otáčky nástroje
f	$\text{mm} \cdot \text{ot}^{-1}$	Posuv
fz	mm	Posuv na zub
a_p	mm	Šířka záběru ostří
I	-	Počet cyklů
Tr	s	Strojní čas
z	-	Počet zubů
h_D	mm	Jmenovitá tloušťka třísky
v_f	mm	Velikost posuvu
Ra	μm	Průměrná aritmetická úchylka profilu
IT	μm	Geometrická přesnost
π	-	Ludolfovo číslo- konstanta
RO	-	Rychlořezná ocel
SK	-	Slinutý karbid
R_m	MPa	Pevnost v tahu
ČSN	-	Česká technická norma

Použitá literatura

- [1] **SOVA, František.** *Technologie obrábění a montáže.* 3. vyd. Plzeň: Západočeská univerzita, 2001, 273 s. ISBN 80-7082-823-4.
- [2] **MADL, Jan, Jaroslav Barcal.** *Základy technologie 2.* 1. vyd. Praha: ČVUT, 2002, 55 s. ISBN 80-01-02610-8.
- [3] **KARAFIATOVA, Stanislava, Ivo Langer.** *Technologie soustružení.* 1. vyd. Havlíčkův Brod: Fragment, 1998, 124 s. ISBN 80-7200-239-2.
- [4] **LEINVEBER, Jan, Pavel Vávra.** *Strojnické tabulky.* 3. vyd. Praha: Albra, 2006, 914 s. ISBN 80-7361-033-7.
- [5] **KOCMAN, Karel, Jaroslav Prokop.** *Technologie obrábění.* 1. vyd. Brno: Cerm, 2001, 270 s. ISBN 80-214-1996-2.
- [6] **MADL, Jan, Martin Vrabec.** *Technologie obrábění 3.díl. 2.* vyd. Praha: ČVUT, 2007, 88 s. ISBN 978-80-01-03752-2.
- [7] **DILLINGER, Josef.** *Moderní strojírenství pro školu i praxi.* 1. vyd. Praha: Europa, 2007, 608 s. ISBN 987-80-86706-19-1.
- [8] **KVASNICKA, IVO, Vladimír Stajnoch.** *Obrábění nástroje.* 1. vyd. Praha: ČVUT, 1998, 98 s. ISBN 80-01-01755-9.
- [9] **HUMAR, Anton.** *Technologie obrábění-1.část.* [online]. 2003 [cit. 2015-04-08]. Dostupné z: <http://ust.fme.vutbr.cz/obrabeni/opory-save/TI_TO-1cast.pdf>
- [10] **GAZDA, Jaromír, Jan Jersák.** *Příspěvek k procesu broušení kovů.* 1. vyd. Ústí nad Labem: J.E. Perkyně, 2012, 148 s. ISBN 978-80-7414-517-9.
- [11] **FISCHER, Ulrich,** *Základy strojírenství.* 1. vyd. Praha: Europa-Sobotáles, 2004, 290 s. ISBN 80-86706-09-5.
- [12] **BARTONOVA, Renata,** *Technologie broušení.* [online]. 2012 [cit. 2015-04-12]. Dostupné z: <http://moodle2.voskop.eu/download/teu/U01_Technologie_brouseni.pdf>
- [13] **FREISLEBEN, Bohumil,** *Základy strojírenství.* 1. vyd. Úvaly: Albra, 2009, 146 s. ISBN 978-80-7361-064-7.
- [14] **KOCMAN, Karel,** *Technologické procesy obrábění.* 1. vyd. Brno: Cerm, 2011, 330 s. ISBN 978-80-7204-2.
- [15] **HUMAR, Anton.** *Technologie obrábění-2.část.* [online]. 2004 [cit. 2015-04-08]. Dostupné z: <http://ust.fme.vutbr.cz/obrabeni/opory-save/TI_TO-2cast.pdf>