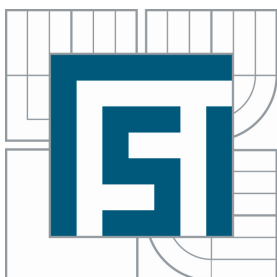




VYSOKÉ UČENÍ TECHNICKÉ V BRNĚ

BRNO UNIVERSITY OF TECHNOLOGY



FAKULTA STROJNÍHO INŽENÝRSTVÍ
ÚSTAV VÝROBNÍCH STROJŮ, SYSTÉMŮ A
ROBOTIKY

FACULTY OF MECHANICAL ENGINEERING
INSTITUTE OF PRODUCTION MACHINES, SYSTEMS AND
ROBOTICS

NÁVRH RUČNÍHO UKOSOVACÍHO ZAŘÍZENÍ NA PLECHY

PROPOSAL OF HAND BEVELLING DEVICE FOR SHEET METAL

BAKALÁŘSKÁ PRÁCE
BACHELOR'S THESIS

AUTOR PRÁCE
AUTHOR

FILIP RUŠAR

VEDOUCÍ PRÁCE
SUPERVISOR

Ing. TOMÁŠ BUDÍK

BRNO 2014

Vysoké učení technické v Brně, Fakulta strojního inženýrství

Ústav výrobních strojů, systémů a robotiky

Akademický rok: 2014/2015

ZADÁNÍ BAKALÁŘSKÉ PRÁCE

student(ka): Filip Rušar

který/která studuje v **bakalářském studijním programu**

obor: **Základy strojního inženýrství (2341R006)**

Ředitel ústavu Vám v souladu se zákonem č.111/1998 o vysokých školách a se Studijním a zkušebním řádem VUT v Brně určuje následující téma bakalářské práce:

Návrh ručního ukosovacího zařízení na plechy

v anglickém jazyce:

Proposal of hand bevelling device for sheet metal

Stručná charakteristika problematiky úkolu:

Navrhnout ukosovací zařízení pro srážení hran ocelových plechů (obrobků) s maximální mezí pevnosti $R_m=600\text{MPa}$.

Cíle bakalářské práce:

- Celková sestava ruční ukosovačky
- Výběr technologie a nástroje pro ukosování
- Návrhové a kontrolní výpočty
- Mechanismus pro volbu velikosti úkosu
- Detailní výkres sestavy a dvou součástí

Seznam odborné literatury:

1. MÁDL, Jan. Technologie obrábění. Vyd. 2., přeprac. V Praze: Nakladatelství ČVUT, 3 sv. (80, 84, 88 s.). ISBN 978-80-01-03752-2.
2. HRUBÝ, Jindřich a Vladimír VRBA. Základy technologie obrábění. 1. vyd. Ostrava: Vysoká škola báňská, 1983, 119 s.
3. ŘASA, Jaroslav a Vladimír GABRIEL. Strojírenská technologie 3. 2. vyd. Praha: Scientia, 2005, 256 s. ISBN 80-7183-337-1.
4. Firemní literatura

Vedoucí bakalářské práce: Ing. Tomáš Budík

Termín odevzdání bakalářské práce je stanoven časovým plánem akademického roku 2014/2015.

V Brně, dne 21.11.2014

L.S.

doc. Ing. Petr Blecha, Ph.D.
Ředitel ústavu

doc. Ing. Jaroslav Katolický, Ph.D.
Děkan fakulty

	Ústav výrobních strojů, systémů a robotiky	Str. 5
	BAKALÁŘSKÁ PRÁCE	

ABSTRAKT

Tato bakalářská práce se zabývá konstrukcí ručního ukosovacího zařízení na plechy s maximální mezí pevnosti 600 MPa. Práce je rozdělena na pět základních částí, první se věnuje významu ukosování ve strojírenské praxi. Dále se vyskytuje rešeršní část, která popisuje základní technologie využitelné pro ukosování. Následuje konstrukční část, která obsahuje výpočty a volby jednotlivých mechanismů. Práce také obsahuje shrnutí parametrů zařízení a zjednodušený montážní postup.

Klíčová slova

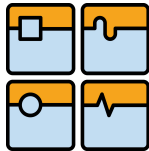
Ukosování, Srážení hran, Ukosovací zařízení

ABSTRACT

This bachelor's thesis deals with design of hand bevelling device for sheet metal with ultimate tensile strength 600 MPa. Thesis is divided into five base parts, first on is about meaning of bevelling in mechanical engineering. Next, there is a part, which describe basic technologies usable for bevelling. There is also a design part, which contains calculations and choices of mechanisms. Thesis also contains summary of parameters and simplified assembly process.

Key words

Bevelling, Chamfering, Bevelling device

Str. 6	Ústav výrobních strojů, systémů a robotiky	
	BAKALÁŘSKÁ PRÁCE	

BIBLIOGRAFICKÁ CITACE

RUŠAR, F. Návrh ručního ukosovacího zařízení na plechy. Brno: Vysoké učení technické v Brně, Fakulta strojního inženýrství, 2015. 58 s. Vedoucí bakalářské práce Ing. Tomáš Budík.

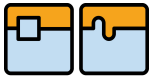
ČESTNÉ PROHLÁŠENÍ

Prohlašuji, že jsem tuto bakalářskou práci vypracoval samostatně pod vedením Ing. Tomáše Budíka a s použitím literatury uvedené na konci této práce.

V Brně dne 26. 5. 2015

.....

podpis

	Ústav výrobních strojů, systémů a robotiky	Str. 7
	BAKALÁŘSKÁ PRÁCE	

PODĚKOVÁNÍ

Chtěl bych poděkovat mému vedoucímu práce Ing. Tomáši Budíkovi za vstřícný přístup, ochotu, trpělivost a odborné rady.

OBSAH

1. Úvod.....	11
2. Význam ukosování.....	12
3. Technologie ukosování	13
3.1. Frézování	13
3.1.1. Podstata metody.....	13
3.1.2. Nástroje	14
3.1.3. Stroje	15
3.2. Soustružení.....	17
3.2.1. Podstata metody.....	17
3.2.2. Nástroje	18
3.2.3. Stroje	20
3.3. Broušení.....	21
3.3.1. Podstata metody.....	21
3.3.2. Nástroje	22
3.3.3. Stroje	24
4. Konstrukční návrh ukosovacího zařízení	26
4.1. Volba technologie ukosování	26
4.2. Volba pohonné jednotky.....	26
4.3. Nástroj.....	27
4.3.1. Výpočet rezné rychlosti	28
4.3.2. Volba vyměnitelných břitových destiček	29
4.3.3. Výpočet posuvu, průřezu třísky	30
4.3.4. Výpočet celkové rezné síly	32
4.4. Výpočet potřebného výkonu.....	34
4.5. Návrh ostatních součástí stroje.....	36
4.5.1. Rám.....	37
4.5.2. Hnací hřídel	38
4.5.3. Pouzdro podpůrného ložiska	41
4.5.4. Mechanismus pro volbu velikosti úkosu	42
4.5.5. Rukojeť.....	43
5. Parametry zařízení.....	44
5.1. Tvary obráběných ploch.....	44
5.2. Obráběné materiály.....	45
6. Montážní návod	47

6.1.	Nástrojová část	47
6.2.	Rámová část.....	48
6.3.	Mechanismus pro volbu velikosti úkosu.....	49
6.4.	Montáž částí na úhlovou brusku	50
7.	Závěr.....	52
8.	Seznam použitých zdrojů.....	53
9.	Seznam použitých zkratk a symbolů.....	54
10.	Seznam obrázků, tabulek a grafů.....	56
11.	Seznam příloh.....	58

	Ústav výrobních strojů, systémů a robotiky	Str. 11
	BAKALÁŘSKÁ PRÁCE	

1. Úvod

Ukosování je technologická operace při které se obrábí hrany obrobku. Využívá se prakticky ve všech strojírenských oborech. I když jde ve většině případů o okrajovou operaci, své silné zastoupení má například u přípravy polotovarů pro svařování. Nejčastějšími úkosy jsou obyčejné sražené hrany, může se však využít úkosu ve tvaru rádiusu, případně jakéhokoliv obecného tvaru.

V současné době se kladou vysoké nároky na rychlost a variabilitu vytváření úkosů, tato skutečnost nahrává jednoúčelovým ukosovacím zařízením, ať už ručním či strojním.

Tato práce se na začátku věnuje významu ukosování ve strojírenské praxi. Dále, v rešeršní části, popisuje základní technologie, které je možné využít. Nejsou zde uvedeny všechny, jedná se především o technologie využitelné pro ruční ukosovací zařízení, proto je vynechána např. technologie hoblování.

Cílem této práce je však konkrétní návrh ručního ukosovacího zařízení na plechy. Aby bylo zařízení považováno za ruční, musí být dostatečně lehké a přenositelné. Nesmí také vyvíjet příliš velké síly do úchopu zařízení, aby jej byl běžný pracovník schopen udržet v ruce. V neposlední řadě je důležitá cena. Aby mělo zařízení případně šanci na trhu uspět, musí být navrženo s ohledem na výrobní náklady.

Pro variabilitu použití je zařízení vybaveno mechanismem pro volbu velikosti úkosů, což nabídne větší univerzálnost.

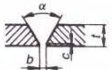
Pro správnou funkci je zapotřebí správná montáž, proto práce také obsahuje zjednodušený montážní návod.

2. Význam ukosování

Ukosování má hlavní význam po jakémkoliv třískovém obrábění, kdy se z bezpečnostních důvodů srážejí ostré hrany na obrobku, aby nedošlo k pořezání pracovníka. Tato skutečnost je velmi důležitá pro bezpečnost práce. Zde se ukosování provádí většinou ručně a to s pomocí speciálních pilníků, které odsraní ostřiny zbylé po obrábění. Tato operace se jinak nazývá „odjehlení“.

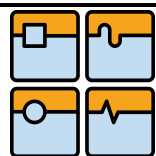
Dalším význam ukosování je technologický, kde úkosity na obrobku zaručují správnou funkci výrobku, nebo jsou nezbytné pro montáž. Mezi tyto úkosity se řadí např. sražení na hřídeli pro snadnější montáž ložiska, náběh závitu pro snadnější zašroubování šroubu atd. K jejich vytvoření slouží přímo obráběcí stroje jako soustruhy a frézky.

Větší úkosity mají taktéž použití jako předpříprava pro svařování veškerých tupých svarů, aby bylo zajištěno jejich dokonalé provaření. Zhotovují se frézováním, hoblováním, pomocí hořáků nebo speciálními ukosovacími stroji [1]. Rozměry úkosů pro jednotlivé typy svarů jsou uvedeny v tabulkách. [2]

Svar					Tvar svarové plochy				Doporučená metoda svarování	Poznámka
Číslo	Tloušťka materiálu	Pojmeno- vání svaru	Značka	Zobrazení	Řez	Rozměry				
						Úhel α	Mezera b	Otupení c		
1.3	$3 \leq t \leq 10$	V - svar	V			$40^\circ \leq \alpha \leq 60^\circ$	$b \leq 4$	$c \leq 2$	3	Případně s podložkou

Tab. 1 Tvary svarových ploch pro tupý V-svar [2]

V neposlední řadě může úkos sloužit k dekorativním účelům a to především jedná-li se o rádius.



3. Technologie ukosování

Technologie ukosování mohou být ruční nebo strojní. Mezi ruční patří zpravidla pilování a ruční broušení smirkovým papírem. Mezi strojní pak frézování, soustružení, broušení a hoblování.

3.1. Frézování

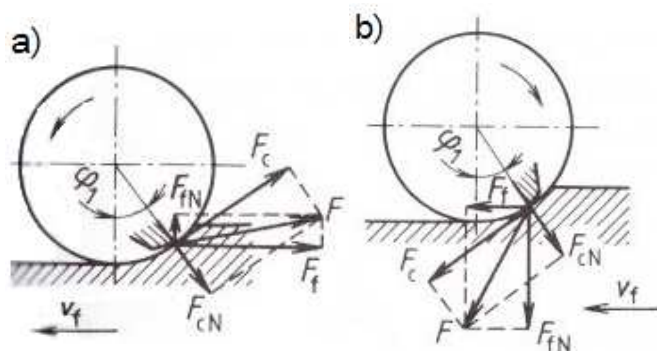
Frézování je metoda strojního obrábění kovů, zpravidla se obrábí rovinné nebo tvarové plochy pomocí vícebřitého nástroje. První záznamy o frézách pocházejí ze začátku 18. století, dnešní podobu mají přibližně od konce 19. století. Dnešní CNC frézky dokáží obrábět prakticky jakékoliv tvarové plochy. Touto technologií lze vytvářet úkosy libovolných velikostí a tvarů. [3]

3.1.1. Podstata metody

Nástrojem je fréza, která je zpravidla vícebřitá. Díky tomu je v záběru několik břitů současně a to má příznivý vliv na chvění a vibrace stroje. Hlavní řezný pohyb je otáčivý a koná jej nástroj. Vedlejší pohyb koná obrobek, nejčastěji přímočarý, případně otáčivý nebo obecný pohyb po křivce. [3]

Frézování úkosů může probíhat těmito základními způsoby, frézováním čelní úhlové frézy, frézováním obvodem válcové frézy (obrobek je nakloněn) a frézováním nástrčnou úhlovou frézou (obrobek není nakloněn).

Dalším dělením je dle smyslu otáčení frézy vůči směru posuvu. A to na frézování sousledné, nesousledné popřípadě kombinace obou způsobů. [4]



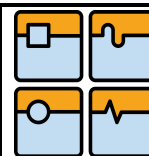
F – řezná síla

F_c, F_{cN}, F_f, F_{fN} – složky řezné síly

v_f – rychlost posuvu

ϕ_1 – úhel okamžité polohy zubu

Obr. 1 Frézování a) nesousledné, b) sousledné [3]



3.1.2. Nástroje

Nástroje pro frézování (frézy) se mohou dělit dle několika hledisek: [3]

1) Dle umístění břitů fréz:

- a) Válcové
- b) Čelní
- c) Kotoučové
- d) Kuželové
- e) Tvarové



Obr. 2 Válcová fréza [5]



Obr. 3 Čelní fréza [5]



Obr. 4 Kotoučová fréza [5]



Obr. 5 Kuželová fréza [5]



Obr. 6 Tvarová fréza [5]

2) Dle průběhu ostří zubu:

- a) S přímými zuby (Obr. 3)
- b) Se zuby do šroubovice (Obr. 2)

3) Dle konstrukce:

- a) Monolitní (Celistvé)
- b) S vyměnitelnými břitovými destičkami (Obr. 2-6)
- c) Skládané

Frézy monolitní se nejčastěji vyrábějí z rychlořezných ocelí a to přesným litím nebo třískovým obráběním. Pokud se jedná o frézy malých rozměrů, mohou být vyrobeny ze slinutých karbidů. U fréz s vyměnitelnými břitovými destičkami je těleso nástroje nejčastěji z konstrukční oceli o vysoké pevnosti. Destičky jsou vyrobeny hlavně ze slinutých karbidů nebo řezné keramiky. Mohou však být i z rychlořezné oceli, kubického nitridu boru či umělého diamantu. K tělesu nástroje mohou být připájeny nebo mechanicky upnuty pomocí šroubů, klínů.[3]

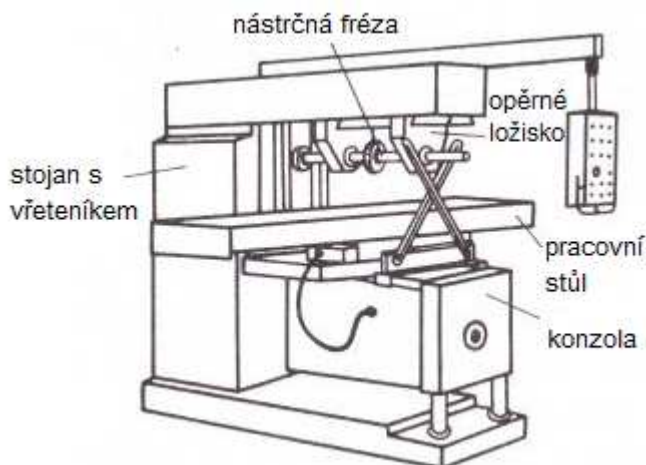
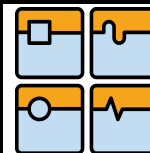
3.1.3. Stroje

Stroje pro frézování se nazývají frézky. Vyrábí se v mnoha různých typech i velikostech. Ke každému typu frézky existuje i celá řada příslušenství a doplňků, které možnosti frézek ještě rozšiřují. [6]

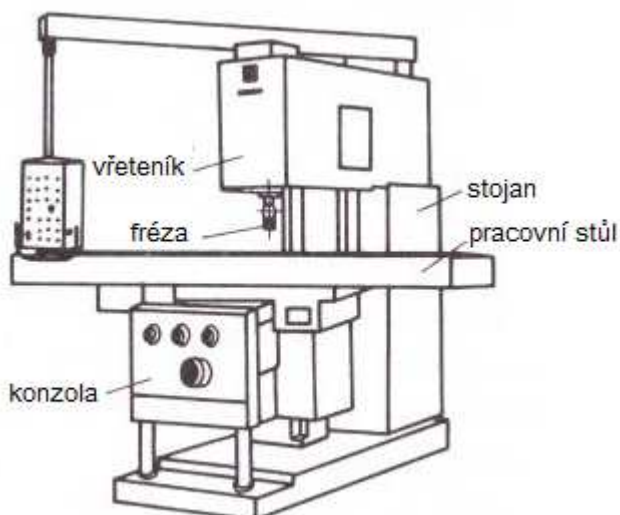
Nejčastěji se dělí na: [3]

- a) Konzolové
- b) Rovinné
- c) Speciální

Konzolové frézky mohou být dle polohy pracovního vřetene vodorovné, univerzální a svislé. Konzola se pohybuje po stojanu frézky a umožňuje svislý posuv. Na stojanu je také umístěn pracovní stůl, na kterém se upíná obrobek. Stůl má podélný a příčný posuv. Posuvy se realizují pomocí šroubů a matic. Vodorovné frézky mají vřeteno v horizontální pozici, nejčastěji se na nich obrábí válcovými a kotoučovými frézami. Svislé konzolové frézky mají vřeteno uloženo ve svislé hlavě, která se dokáže otáčet kolem vodorovné osy. Používají se pro frézování stopkovými frézami. Univerzální frézky mají navíc otočný pracovní stůl. [3]



Obr. 7 Vodorovná konzolová frézka [3]



Obr. 8 Svislá konzolová frézka [3]

U rovinných frézek se stůl pohybuje pouze v podélném směru. Vřeteník se pohybuje po svislém stožáru frézky ve svislém směru. Nástroj se pohybuje příčně pomocí vysouvání pinoly z vřeteníku. Tyto frézky slouží nejčastěji k frézování rovinných ploch větších součástí. [3]

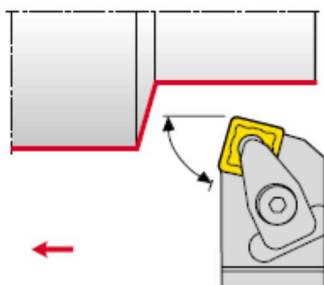
Mezi speciální frézky se řadí celá spousta strojů určených pro specifické frézovací operace jako například frézky ukosovací, frézky na závity, frézky na drážky a frézky na ozubení. [3]

3.2. Soustružení

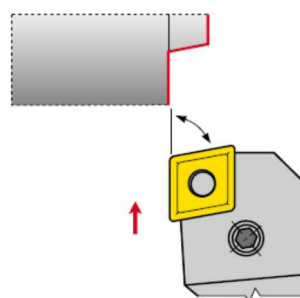
Soustružení je metoda strojního obrábění kovů, zejména rotačních ploch jednobřitým nástrojem. Jedná se o jednu z nejstarších metod, která své počátky datuje přibližně do 13. století. Touto technologií se dají se vyrobit jakékoliv rotační plochy, od válcových až po obecné rotační plochy. Lze také provádět operace jako vrtání, vyhrubování, vystružování a řezání závitů. Soustružení je vhodnou technologií při výrobě úkosů na rotačních součástech, jako jsou například trubky. [3]

3.2.1. Podstata metody

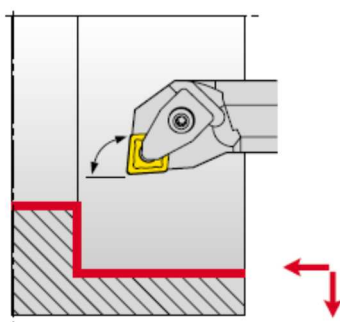
Hlavní pohyb při soustružení je rotační a vykonává jej obrobek. Vedlejší pohyby vykonává nástroj a jedná se o posuv a přísuv. U podélného soustružení se přísuvem nastavuje hloubka třísky, posuv způsobuje obrábění plochy. Výsledným pohybem je šroubovice. U čelního soustružení se nástroj posouvá kolmo k ose rotace a vzniká čelní rovinná plocha. Výsledným pohybem je Archimedova spirála. Pro vytvoření tvarové rotační plochy je potřeba ovládat podélný i příčný posuv současně. [6]



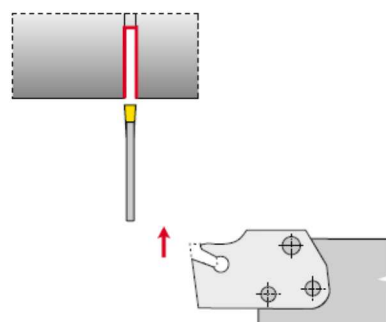
Obr. 9 Podélné soustružení [7]



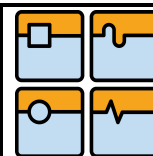
Obr. 10 Čelní soustružení [7]



Obr. 11 Soustružení vnitřních ploch [7]



Obr. 12 Zapichování [7]



3.2.2. Nástroje

Nástroje pro soustružení se nazývají soustružnické nože. Nejčastěji jsou jednobřité a mají jednoduchý tvar. [3]

Soustružnické nože se dají dělit: [3]

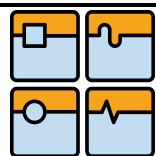
- 1) Dle materiálu břitu:
 - a) Z nástrojových ocelí
 - b) Ze slinutých karbidů
 - c) Z řezné keramiky
 - d) Z cermetů
 - e) Z polykrystalického diamantu
 - f) Z polykrystalického kubického nitridu boru
- 2) Dle konstrukce:
 - a) Celistvé nože
 - b) Nože s pájenou břitovou destičkou
 - c) Nože s vyměnitelnou břitovou destičkou
- 3) Dle způsobu obrábění:
 - a) Ubírací
 - b) Zapichovací a upichovací
 - c) Závitové
 - d) Kopírovací
 - e) Tvarové



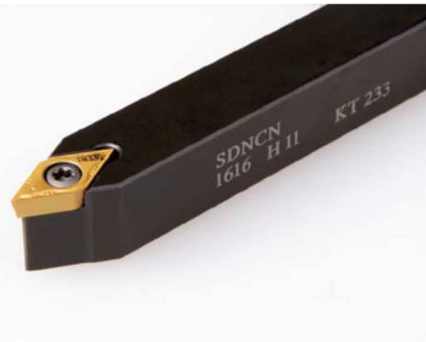
Obr. 13 Ubírací nůž [7]



Obr. 14 Zapichovací nůž [7]



Obr. 15 Závitový nůž [7]

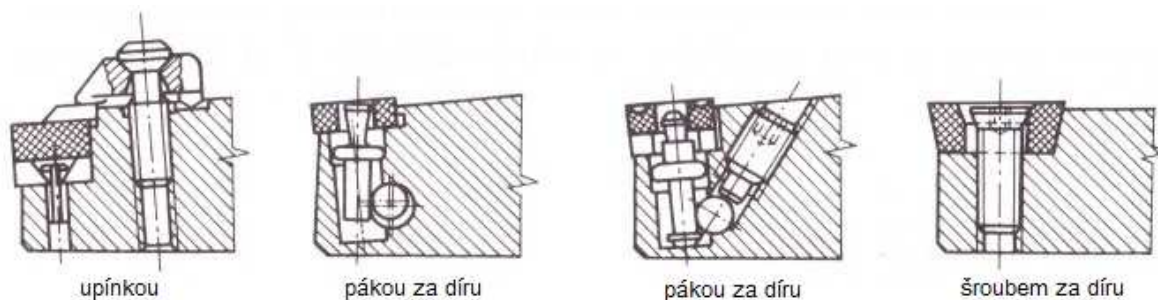


Obr. 16 Kopírovací nůž [7]

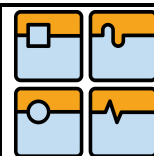


Obr. 17 Tvarový nůž [7]

Soustružnický nůž s vyměnitelnou břitovou destičkou se skládá z tělesa nože, vyměnitelné břitové destičky a mechanismu pro upnutí destičky. Těleso je nejčastěji vyrobeno ze zušlechtěné oceli střední pevnosti a má čtvercový, obdélníkový nebo kruhový průřez. Břitové destičky mohou být vyrobeny z materiálů uvedených výše v rozdělení soustružnických nožů. Možné způsoby uchycení vyměnitelné břitové destičky jsou zobrazeny na obr. 18. [3]



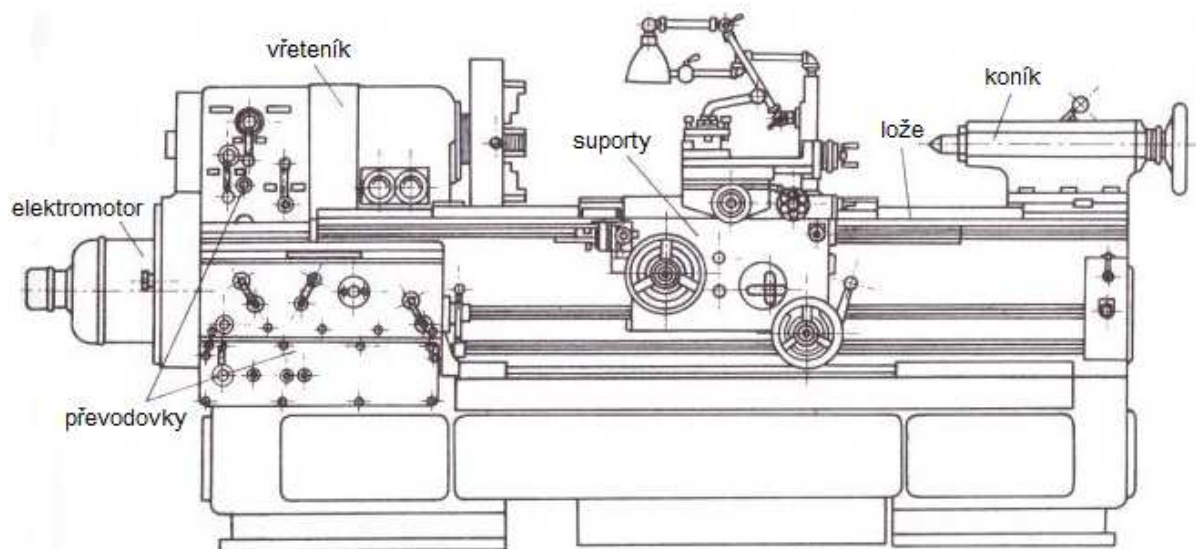
Obr. 18 Příklad konstrukce soustružnických nožů s mechanicky upínanou vyměnitelnou břitovou destičkou [3]



3.2.3. Stroje

Stroje pro soustružení se nazývají soustruhy. Dělí se na hrotové, čelní, svislé, revolverové, poloautomatické, automatické a číslicově řízené. [3]

Hrotové soustruhy jsou nejpoužívanějším typem soustruhů. Hodí se pro malosériovou a kusovou výrobu díky širokému rozsahu otáček a velkým posuvům. Dá se na nich hrubovat, soustružit načisto i jemně soustružit malými posuvy s velkými řeznými rychlostmi. Základními částmi hrotového soustruhu jsou: lože, vřeteník, převodová skříň, posuvová skříň, suport a rozvodová skříň, koník, ovládací ústrojí. [6]



Obr. 19 Univerzální hrotový soustruh [3]

Čelní soustruhy slouží k obrábění obrobků větších průměrů při menších délkách. Osa vřetene je vodorovná jako u univerzálního hrotového soustruhu. Často se pro upínání obrobků místo sklíčidla využívá lícní deska. [6]

Svislé soustruhy také slouží k soustružení obrobků velkých průměrů a malých délek. Také se jim říká karusely. Osa vřetene je svislá. Stroje pro menší obrobky se vyrábějí jako jednostožanové, pro větší a těžší obrobky pak dvoustožanové s příčníkem. [6]

Revolverové soustruhy se používají pro obrábění součástí malého průměru, jejichž polotovarem je dlouhá tyč. Revolverová hlava, která umožňuje upnutí více nástrojů, může mít vodorovnou nebo svislou osu otáčení. [3]

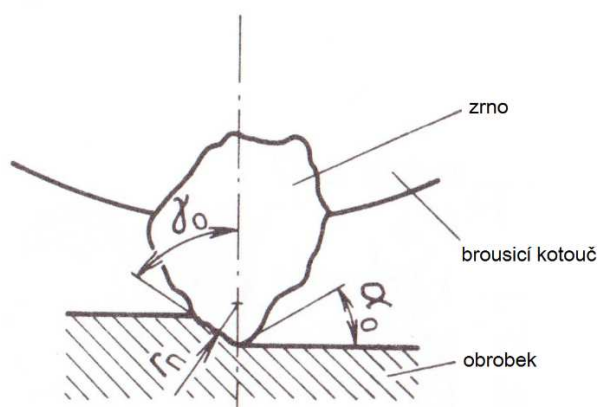
Poloautomatické soustruhy provádí obrábění automaticky, obsluha pak musí upínat a vyměňovat obrobky. U automatických soustruhů pak i upínání probíhá automaticky. [3]

3.3. Broušení

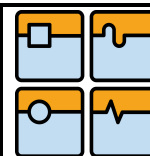
Broušení patří mezi skupinu dokončovacích metod obrábění rovinných případně válcových ploch. Obrábí se tzv. zrna brusiva, na rozdíl od běžných metod třískového obrábění zde není dán přesný geometrický tvar břitu. Zrna brusiva jsou spojena vhodným pojivem. Při ukosování se využívá broušení jen pro velmi malé, až malé úkosal. [3]

3.3.1. Podstata metody

Podstata broušení je velmi podobná frézování. V záběru je vždy hodně zrn současně a materiál je jimi odebírán ve formě velmi malých třísek. Vzniká také velké množství tepla, které je odváděno třískami pryč z místa řezu, ovšem obráběná plocha je také velmi tepelně zatěžována, což může vést k negativnímu ovlivnění struktury v povrchové vrstvě materiálu. Úhel čela zrna je většinou negativní. [6]



Obr. 20 Tvar zrna brousícího kotouče [3]



3.3.2. Nástroje

Nástroje pro broušení jsou ve většině případů brousicí kotouče. Mohou se však použít i brousicí segmenty, kameny a pásy. Názvy a označení některých nejčastěji používaných materiálů brusiva jsou v tab. 2. [3]

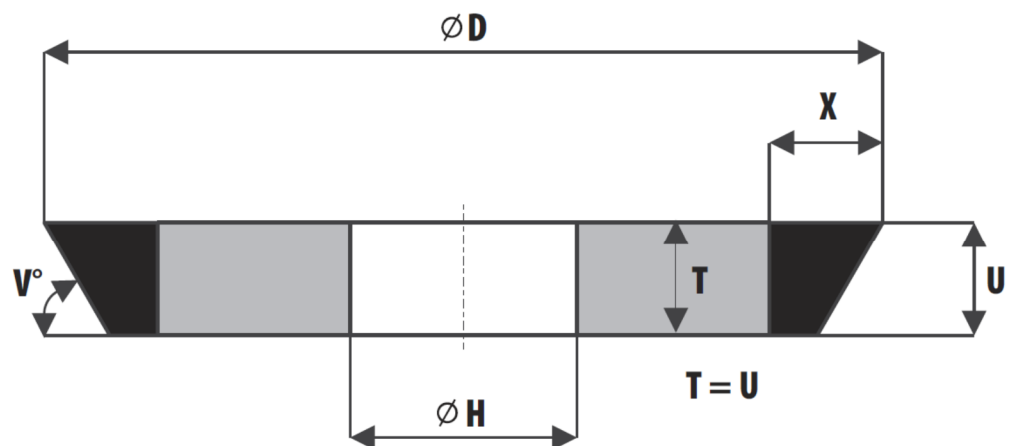
Materiál brusiva	Barva	Označení
<i>Přírodní:</i>		
Granát		G
Smírek		S
Pazourek		P
<i>Umělý:</i>		
Umělý korund Al_2O_3	bílý	99A
	růžový	98A
	hnědý	96A
	černý	85A
Karbid křemíku SiC	zelený	49C
	černý	48C
Karbid boru B_4C		B
Kubický nitrid boru N_2B_3		BN
Diamant (přírodní i umělý)		D

Tab. 2 Vybrané materiály brusiva [3]

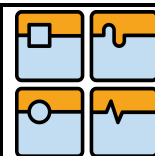
Velikosti zrn, stupeň tvrdosti brousicího nástroje a struktura jsou dány označením kotouče dle normy. Kotouče mohou mít různé tvary v závislosti na tvaru plochy broušené součásti. Používaná pojiva jsou uvedeny v tab. 3. [3]

Materiál kotouče	Pojiva
Umělý korund, karbid křemíku	keramická (V)
	pryžová (R)
	pryžová s textilní výztuží (RF)
	z umělé pryskyřice (B)
	z umělé pryskyřice s textilní výztuží (BF)
	šelaková (E)
	magnezitová (Mg)
Kubický nitrid boru, diamant	kovová
	galvanická kovová
	keramická
	z umělé pryskyřice

Tab. 3 Používaná pojiva [3]



Obr. 21 Příklad tvaru kotouče vhodného pro ukosování [8]



3.3.3. Stroje

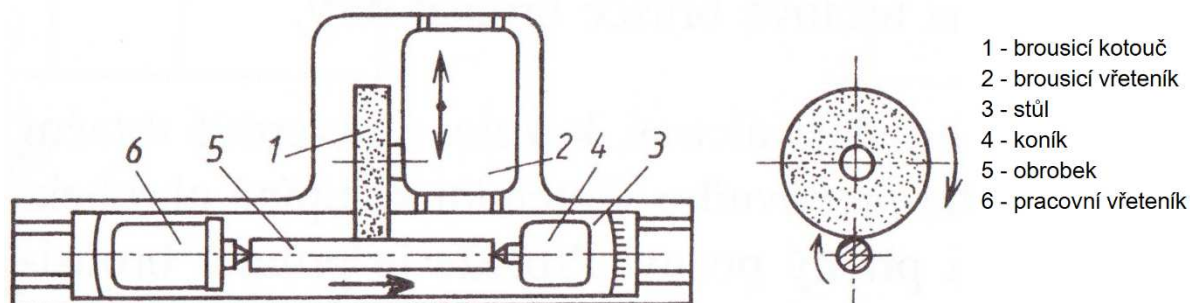
Stroje pro broušení neboli brusky, se standardně rozdělují dle prováděných operací na: hrotové, brusky na díry, brusky bezhroté, brusky rovinné, brusky nástrojařské, pásové a speciální. Brusky využívají vysoké otáčky vřetene, které můžou být i v řádu statisíců otáček na minutu, proto je také důležité vyvážení kotouče. [3]

Hrotové brusky slouží k obrábění rotačních ploch, zpravidla zápichovým nebo axiálním broušením. Rozlišujeme dva typy hrotových brusek: s posuvným stolem nebo s posuvným vřeteníkem. Posuvný stůl je výhodnější u menších a středních brusek, posuvný vřeteník pak u brusek velkých. [3]

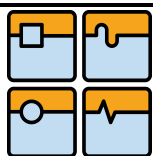
Brusky na díry se používají k broušení vnitřních rotačních, kuželových i tvarově rotačních ploch. [3]

Bezhroté brusky mají využití v sériové a hromadné výrobě. Obrábí se jimi rotační plochy. Obrobek není třeba upínat, je unášen třecí silou mezi podávacím kotoučem a obrobkem. Tato síla musí být větší než obvodová síla mezi obrobkem a brousicím kotoučem. [3]

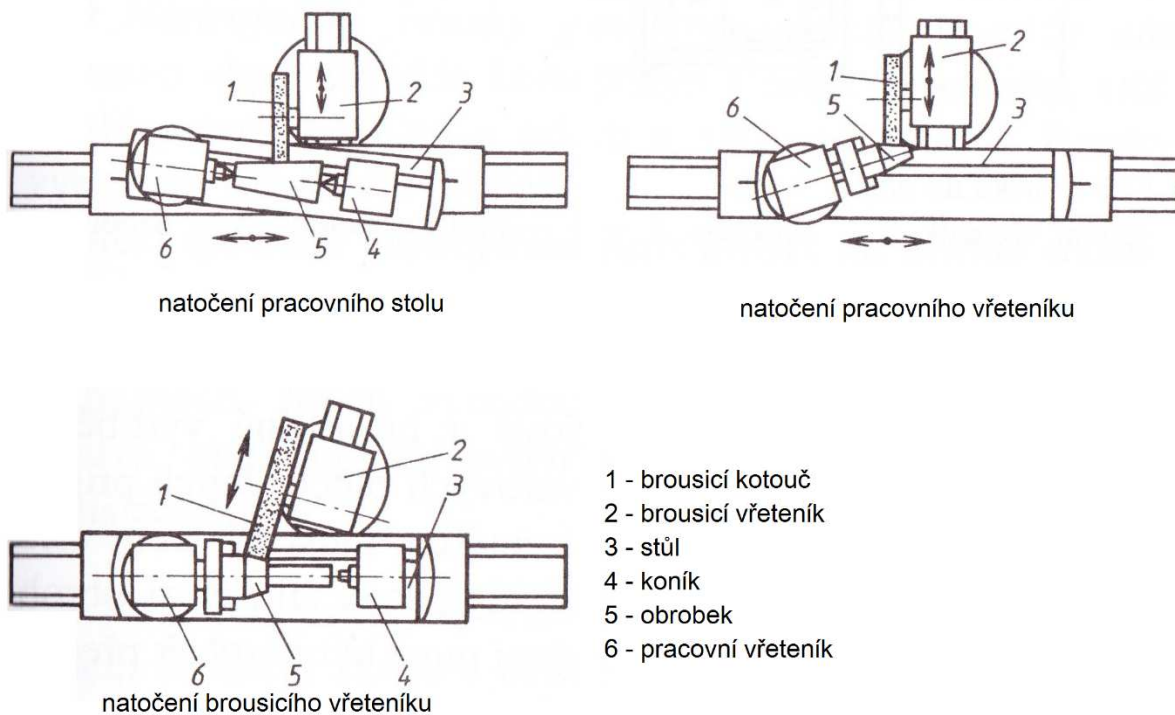
Brusky rovinné obrábějí rovinné plochy buď čelem kotouče, nebo jeho obvodem. K upnutí obrobku většinou slouží magnetická upínací deska. [3]



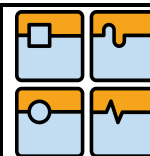
Obr. 22 Hrotová bruska s posuvným stolem [3]



BAKALÁŘSKÁ PRÁCE



Obr. 23 Možné způsoby broušení úkosů [3]



4. Konstrukční návrh ukosovacího zařízení

4.1. Volba technologie ukosování

Z výše uvedených technologií bylo zvoleno frézování. Důvodů ke zvolení právě této technologie bylo několik. Hlavním důvodem je fakt, že hlavní i vedlejší řezný pohyb vykonává nástroj, což je pro ruční ukosovací zařízení důležité. Není tedy nutné, jako např. u soustružení aby byl obrobek uváděn do pohybu. Dále pak hrála roli variabilita dané technologie, při frézování je možné vytvořit prakticky libovolný úkos v závislosti na tvaru frézy.

4.2. Volba pohonné jednotky

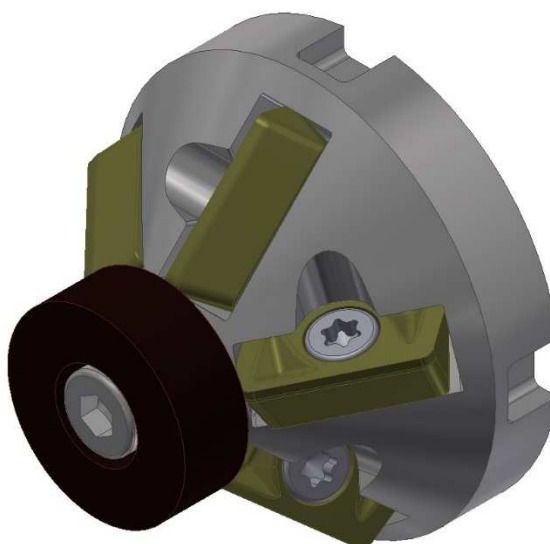
Z důvodu levnější výroby bylo rozhodnuto, že ukosovací zařízení bude konstruováno jako příslušenství k již existujícímu stroji. Pro ruční použití nejlépe vyhovuje úhlová bruska s regulací otáček. Pro snadnější manipulaci je zvolena velikost odpovídající brusnému kotouči o průměru 125 mm. Tyto brusky jsou běžnou výbavou dílen jak profesionálních tak i kutilských. Disponují také dostatečným výkonem pro dané použití. Většina z nich má velmi podobné technické parametry a stejné připojovací rozměry. Příklad je uveden v tab. 4.

Technické údaje úhlové brusky GWS 17-125 CIE Professional	
Jmenovitý příkon	1700 W
Volnoběžné otáčky	2800 – 11500 ot/min
Výstupní výkon	1010 W
Závit hřídele brusky	M14
Průměr kotouče	125 mm
Délka	311 mm
Výška	103 mm
Hmotnost	2,4 kg

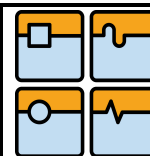
Tab. 4 Technické údaje úhlové brusky [9]

4.3. Nástroj

Jako nástroj je zvolena úhlová fréza čelní s úhlem hlavního ostří 45° . Frézy stopkové nejsou příliš vhodné, protože mají příliš dlouhou stopku, což by zvětšovalo vzdálenost mezi ostřím a uložením. Pro lepší vedení nástroje je pod frézou umístěna rolna, o kterou se obráběný materiál opírá během obrábění. Také slouží k ukosování otvorů a zaoblených hran. Jako ideální nástroj se jevila fréza ČSN 22 2254 vyrobená z rychlořezné oceli. Tato volba se však následně ukázala jako špatná, protože tato fréza nevydrží příliš velkou řeznou rychlost. Naneštěstí žádný výrobce nástrojů nenabízí frézu vhodnou pro malé ruční ukosovací zařízení, z toho důvodu bylo rozhodnuto o konstrukci vlastního nástrojového tělesa a použití vyměnitelných břitových destiček od některého z českých výrobců. Těleso je připojeno k hnací hřídeli pomocí závitů. Vzhledem k tomu, že fréza je utahována pomocí řezného odporu a úhlová bruska nemá elektrobrzdu, není nutné ji zajišťovat proti axiálnímu posuvu. Demontáž se provádí pomocí tvarového klíče na KM matice, který zapadne do drážek po obvodu. Rolna je přes distanční kroužek připevněna šroubem. Otvary pro uchycení vyměnitelných břitových destiček jsou vyrobeny pomocí vyjiskřování uhlíkovou elektrodou.



Obr. 24 Fréza



4.3.1. Výpočet řezné rychlosti

Nejvyšší řezná rychlost je na největším efektivním průměru frézy. Při maximálních otáčkách úhlové brusky je však příliš vysoká, proto je nutné maximální úkos obráběn při snížených otáčkách na minimum. Průměr rolny je 14 mm. Maximální velikost úkosu je zvolena $6 \times 45^\circ$.

Vstupní hodnoty:

Průměr rolny $D_{min} = 14 \text{ mm}$

Hloubka řezu $a_p = 6 \text{ mm}$

Šířka řezu $a_e = 6 \text{ mm}$

Úhel nastavení hlavního ostří $\kappa_r = 45^\circ$

Počet zubů $z = 5$

Minimální otáčky $n_{min} = 2800 \text{ min}^{-1}$

Maximální otáčky $n_{max} = 11500 \text{ min}^{-1}$

Efektivní průměr při maximálním úkosu:

$$D_{ef} = D_{min} + 2 \cdot a_e \quad (4.1)$$

$$D_{ef} = 14 + 2 \cdot 6$$

$$D_{ef} = 26 \text{ mm}$$

Řezná rychlost při maximálním úkosu a maximálních otáčkách:

$$v_{max} = \frac{\pi \cdot D_{ef} \cdot n_{max}}{1000} \quad (4.2)$$

$$v_{max} = \frac{\pi \cdot 26 \cdot 11500}{1000}$$

$$v_{max} = 939,336 \text{ m/min}$$

Řezná rychlost při maximálním úkosu a minimálních otáčkách:

$$v_1 = \frac{\pi \cdot D_{ef} \cdot n_{min}}{1000} \quad (4.3)$$

$$v_1 = \frac{\pi \cdot 26 \cdot 2800}{1000}$$

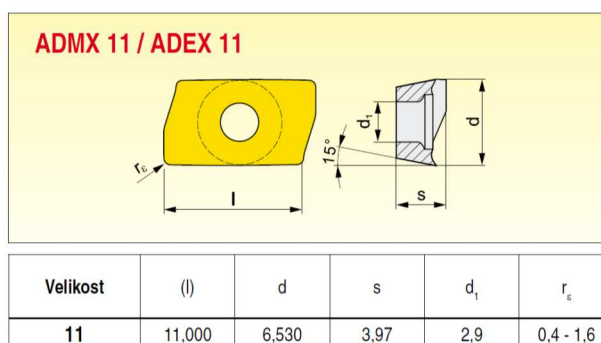
$$v_1 = 228,708 \text{ m/min}$$

4.3.2. Volba vyměnitelných břitových destiček

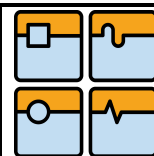
Dle vypočtené řezné rychlosti a velikosti úkosu jsem zvolil vyměnitelné břitové destičky typu ADMX 11T308SR-F 8230 firmy Pramet. Jedná se o destičky s vysoce pozitivní geometrií, aby i po montáži do tělesa nástroje byl zachován kladný úhel čela. Jsou vhodné především pro obrábění ocelí, neželezných kovů a korozivzdorných ocelí. Délka řezné hrany je 11 mm, zaoblení hran je 0,8 mm.

ADMX 11T308SR-F 8230			
Typ obráběného materiálu	Řezné podmínky		
	Posuv [mm/zub]	Hloubka řezu [mm]	Řezná rychlost [m/min]
P	0,07÷0,12	0,5÷9,0	210÷290
M	0,07÷0,09	0,5÷6,8	125÷170
K	0,07÷0,12	0,5÷9,0	195÷275
N	0,07÷0,12	0,5÷9,0	315÷1015
S	0,07	0,5÷5,4	40÷85
H	-	-	-

Tab. 5 Rozsahy startovacích řezných podmínek [10]



Obr. 25 Rozměry vyměnitelné břitové destičky [10]



4.3.3. Výpočet posuvu, průřezu třísky

Protože se jedná o ruční zařízení, je posuv na zub volen lehce menší, než by bylo pro danou vyměnitelnou břitovou destičku ideální. Zejména to sníží průřez třísky a z toho důvodu bude snazší držet stroj v ruce. Také se tím sníží nároky na výkon a točivý moment stroje.

Posuv na zub zvolen: $f_z = 0,05 \text{ mm}$

Minutový posuv:

$$f_{min} = f_z \cdot z \cdot n_{min} \quad (4.4)$$

$$f_{min} = 0,05 \cdot 5 \cdot 2800$$

$$f_{min} = 0,7 \text{ m/min}$$

Posuv na otáčku:

$$f_{rev} = f_z \cdot z \quad (4.5)$$

$$f_{rev} = 0,05 \cdot 5$$

$$f_{rev} = 0,25 \text{ mm}$$

Tloušťka třísky:

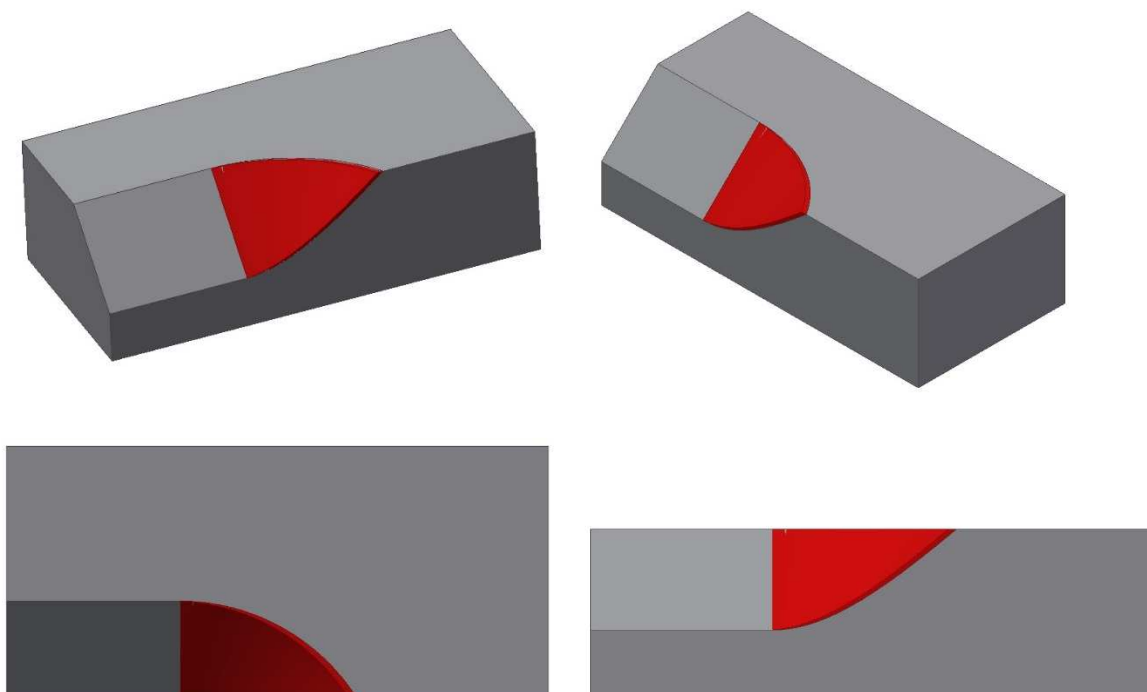
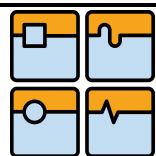
$$h = f_z \cdot \sin(\kappa_r) \cdot \sqrt{\frac{a_e}{D_{ef}}} \quad (4.6)$$

$$h = 0,05 \cdot \sin(45) \cdot \sqrt{\frac{6}{26}}$$

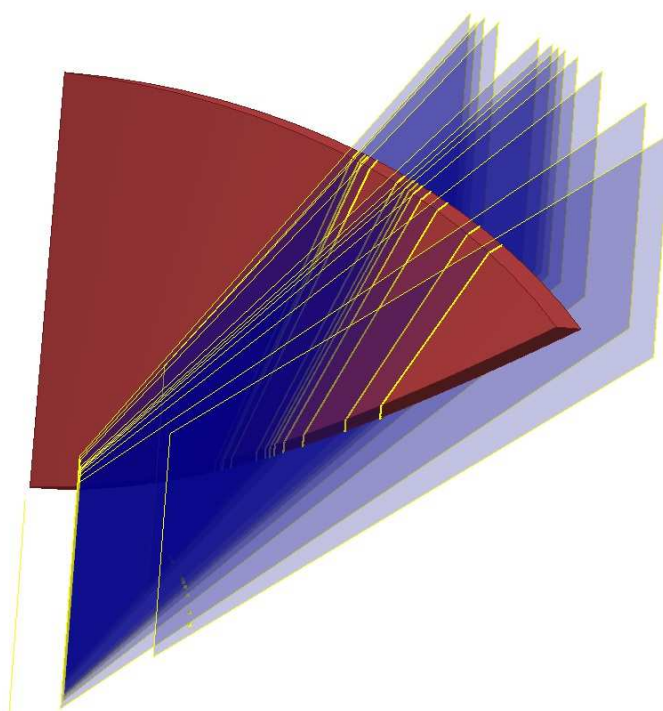
$$h = 0,01698 \text{ mm}$$

Průřez třísky:

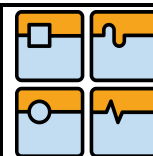
Třísky vznikající při ukosování má značně obecný tvar, zobrazen je na obr. 26. Nelze tedy jednoduše zjistit, v jakém záběrném úhlu je průřez třísky maximální, z toho důvodu se ve vzorci pro výpočet průřezu třísky vyskytuje opravný koeficient k_t , který byl zjištěn odměřením v programovém prostředí Autodesk Inventor. Opravný koeficient udává vztah mezi průřezem třísky bez zúžení a maximálním průřezem reálné třísky. Rozměry třísky byly v programu, lineárně zvětšeny pro lepší orientaci.



Obr. 26 Tříska vzniklá při ukosování z různých pohledů



Obr. 27 Ukázka zjišťování maximálního průřezu třísky v Inventoru



Výpočet opravného koeficientu k_t :

Záběrný úhel při maximálním průřezu třísky $\varphi_z^* = 34,5^\circ$

Průřez třísky bez korekce $A_{dmax}^* = 4,24 \text{ mm}^2$

Maximální průřez třísky $A_{dmax} = 1,269 \text{ mm}^2$

$$k_t = \frac{A_{dmax}}{A_{dmax}^*} \quad (4.7)$$

$$k_t = \frac{1,269}{4,24}$$

$$k_t = 0,3$$

Maximální průřez třísky:

$$A_d = \frac{a_p}{\sin(\kappa_r)} \cdot h \cdot k_t \quad (4.8)$$

$$A_d = \frac{6}{\sin(45)} \cdot 0,01698 \cdot 0,3$$

$$A_d = 0,043 \text{ mm}^2$$

4.3.4. Výpočet celkové řezné síly

Pro výpočet celkové řezné síly je zapotřebí znát hodnotu měrné řezné síly a koeficientu m_c . Hodnota měrné řezné síly je závislá na druhu obráběného materiálu, koeficient m_c udává vliv tloušťky třísky. Obě tyto hodnoty lze vyčíst z katalogu firmy Sandvik. Hodnoty odpovídají konstrukční oceli nelegované s obsahem uhlíku $0,25 \div 0,55\%$, a maximální pevností $R_m = 600 \text{ MPa}$.

Úhlová rozteč mezi zuby:

$$\varphi_t = \frac{360}{z} \quad (4.9)$$

$$\varphi_t = \frac{360}{5}$$

$$\varphi_t = 72^\circ$$

Záběrný úhel:

$$\cos(\varphi_z) = 1 - \frac{a_p}{\frac{D_{ef}}{2}} \quad (4.10)$$

$$\cos(\varphi_z) = 1 - \frac{6}{\frac{26}{2}}$$

$$\varphi_z = 57,42^\circ$$

Záběrný úhel φ_z je menší než úhlová rozteč mezi zuby φ_t , z čehož vyplývá, že v záběru bude vždy jen jeden zub frézy.

Měrný řezný odpor:

Měrná řezná síla $k_{c1} = 1600 \text{ MPa}$

Exponent mc $mc = 0,25$

$$k_{ci} = \frac{k_{c1}}{h^{mc}} \quad (4.11)$$

$$k_{ci} = \frac{1600}{0,01698^{0,25}}$$

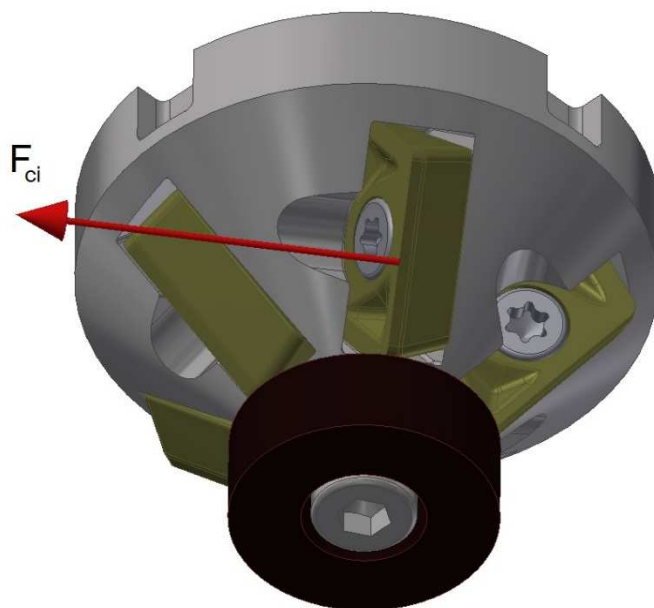
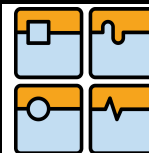
$$k_{ci} = 4432,37 \text{ MPa}$$

Celková řezná síla:

$$F_{ci} = k_{ci} \cdot A_d \quad (4.12)$$

$$F_{ci} = 4432,37 \cdot 0,043$$

$$F_{ci} = 191,616 \text{ N}$$



Obr. 28 Zobrazení celkové řezné síly na fréze

4.4. Výpočet potřebného výkonu

Běžné úhlové brusky mají příkon 1500÷1700 W, a fungují s účinností 54÷62 %. Výstupní výkon na hřídeli se tedy pohybuje v rozmezí 800÷1050 W. U profesionálních brusek může výstupní výkon dosahovat až 1200 W. Točivý moment se standardně v technické dokumentaci nevyskytuje, lze však spočítat z otáček a výkonu.

Střední průměr:

$$D_{stř} = \frac{D_{ef} + D_{min}}{2} \quad (4.13)$$

$$D_{stř} = \frac{26 + 14}{2}$$

$$D_{stř} = 20 \text{ mm}$$

Potřebný točivý moment:

$$M_k = \frac{F_{ci} \cdot D_{stř}}{2} \quad (4.14)$$

$$M_k = \frac{191,616 \cdot 20}{2}$$

$$M_k = 1916 \text{ Nmm}$$

Úhlová rychlost:

$$\omega = 2 \cdot \pi \cdot \frac{n_{min}}{60} \quad (4.15)$$

$$\omega = 2 \cdot \pi \cdot \frac{2800}{60}$$

$$\omega = 293,215 \text{ rad/s}$$

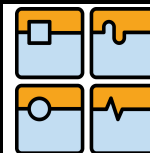
Potřebný výkon:

$$P = \frac{M_k \cdot \omega}{1000} \quad (4.16)$$

$$P = \frac{1916 \cdot 293,215}{1000}$$

$$P = 561,8 \text{ W}$$

Potřebný výkon je nižší, než je běžný výstupní výkon na hřídeli úhlových brusek. Zařízení bude tedy dostatečně výkonné pro dané operace. Stále ovšem platí předpoklad, že pracovník při obrábění maximálního úkosu bude dodržovat sníženou rychlost posuvu.



4.5. Návrh ostatních součástí stroje

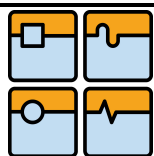
Mezi ostatní části stroje patří především rám, hnací hřídel, mechanismus pro nastavení velikosti úkosu a uložení podpůrného ložiska. Jednotlivé části spolu tvoří celek, který je následně namontován na většinu úhlových brusek. Bruska musí mít rozměr výstupního závitu na hřídeli M14. Také musí mít 3 otvory pro uchycení rukojeti, které jsou využity k uchycení rámu.



Obr. 29 Celkový pohled na ruční ukosovací zařízení

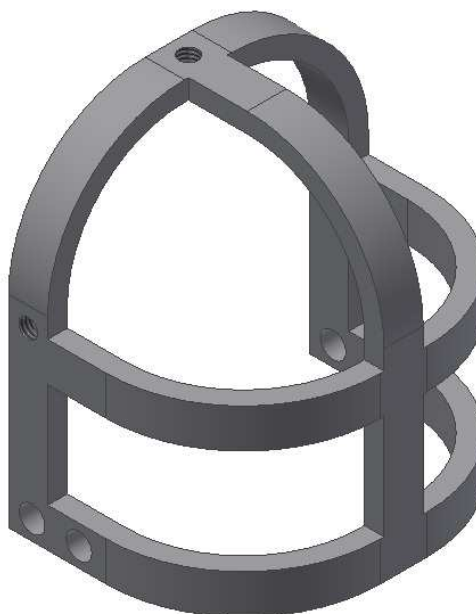


Obr. 30 Spodní pohled na ruční ukosovací zařízení

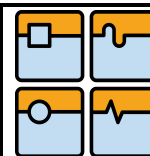


4.5.1. Rám

Rám je důležitou částí stroje. Slouží především pro uložení všech součástí a přenáší síly na tělo brusky. Je vyroben z ocelových profilů o rozměrech 10 mm x 5 mm. Tyto profily jsou následně naohýbány do požadovaného tvaru a svařeny. Materiál je běžná konstrukční ocel 11 600. Rám je upevněn na těle brusky pomocí speciálních úchytů vyrobených na míru také z oceli. Úchyty nejsou všechny stejné, boční úchyty mají lehce jiný tvar, aby se pod ně mohla připojit rukojeť. Připojení k tělu brusky je realizováno pomocí šroubů s vnitřním šestihranem velikostí M8. Úchyty jsou k rámu přimontovány také šrouby s vnitřním šestihranem, ale o velikosti M6. Pouzdro podpůrného ložiska je přišroubováno čtyřmi šrouby M6.



Obr. 31 Rám



4.5.2. Hnací hřídel

Hnací hřídel slouží k přenosu točivého momentu z výstupní hřídele úhlové brusky na nástroj. Jedná se o důležitou součást také proto, že je na ni umístěno podpůrné ložisko. Výstupní hřídel brusky je opatřena závitem M14, na tento závit navazuje hnací hřídel. Síly vzniklé při obráběcím procesu tento závit dotahují na třecí plochy, které přenášejí točivý moment. Stejný princip je pak využit i pro uchycení tělesa nástroje, který je také připojen pomocí závitu dotahovaného silami vzniklými obráběním. Tohle utažení může v důsledku způsobit nemožnost demontáže pouhou silou ruky. Z tohoto důvodu je hřídel opatřena šestihranem odpovídajícím otevřenému klíči velikosti 17. Nástroj lze z hřídele sundat použitím tvarového klíče, který zapadne do drážek na jeho obvodu. Hřídel je vyrobena z oceli třídy 15 230.7, kvalitní materiál je zvolen z důvodu působení tlaku na jednotlivé závity, aby nedocházelo k otlacení závitů ani po opakované montáži a demontáži. Výpočtem je kontrolována na krut a na otlacení závitů v místě uchycení frézy.

Přenášený točivý moment	$M_k = 1916 \text{ Nmm}$
Malý průměr závitu M10	$d_3 = 8,16 \text{ mm}$
Střední průměr závitu M10	$d_2 = 9,026 \text{ mm}$
Velký průměr závitu M10	$d_z = 10 \text{ mm}$
Malý průměr matice M10	$D_1 = 8,376 \text{ mm}$
Rozteč závitu M10	$P_h = 1,5 \text{ mm}$
Délka závitu M10	$l_z = 5 \text{ mm}$
Velký průměr závitu M3	$D = 3 \text{ mm}$
Součinitel koncentrace napětí	$\alpha_\tau = 2,5$
Materiál 15230.7	$R_e = 835 \text{ MPa}$
Vrcholový úhel metrického závitu	$\alpha = 60^\circ$
Součinitel tření v závitech	$f = 0,08$
Dovolený tlak v závitech	$p_{dov} = 150 \text{ MPa}$

Průřezový modul v krutu:

$$W_k = \frac{\pi}{16} \cdot \frac{d_3^4 - D^4}{d_3} \quad (4.17)$$

$$W_k = \frac{\pi}{16} \cdot \frac{8,16^4 - 3^4}{8,16}$$

$$W_k = 104,735 \text{ mm}^3$$

Smykové napětí:

$$\tau_k = \frac{M_k}{W_k} \cdot \alpha_\tau \quad (4.18)$$

$$\tau_k = \frac{1916}{104,735} \cdot 2,5$$

$$\tau_k = 45,738 \text{ MPa}$$

Koeficient bezpečnosti vzhledem k meznímu stavu pružnosti:

$$k_k = \frac{R_e}{2 \cdot \tau_k} \quad (4.19)$$

$$k_k = \frac{835}{2 \cdot 45,738}$$

$$k_k = 9,128$$

Počet závitů:

$$n_z = \frac{l_z}{P_h} \quad (4.20)$$

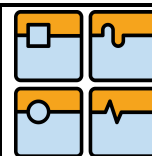
$$n_z = \frac{5}{1,5}$$

$$n_z = 3,333 \Rightarrow 3 \text{ závity}$$

Síla vyvozená v ose závitu točivým momentem:

$$F_1 = \frac{2 \cdot M_k}{d_2 \cdot \left(\frac{P_h \cdot \cos\left(\frac{\alpha}{2}\right) + \pi \cdot f \cdot d_2}{\pi \cdot d_2 \cdot \cos\left(\frac{\alpha}{2}\right) - f \cdot P_h} \right)} \quad (4.21)$$

$$F_1 = \frac{2 \cdot 1916}{9,026 \cdot \left(\frac{1,5 \cdot \cos\left(\frac{60}{2}\right) + \pi \cdot 0,08 \cdot 9,026}{\pi \cdot 9,026 \cdot \cos\left(\frac{60}{2}\right) - 0,08 \cdot 1,5} \right)}$$



$$F_1 = 2908,359 \text{ N}$$

Tlak v závitech:

$$p_z = \frac{4 \cdot F_1}{\pi \cdot (d_z^2 - D_1^2) \cdot n_z} \quad (4.22)$$

$$p_z = \frac{4 \cdot 2908,359}{\pi \cdot (10^2 - 8,376^2) \cdot 3}$$

$$p_z = 41,362 \text{ MPa}$$

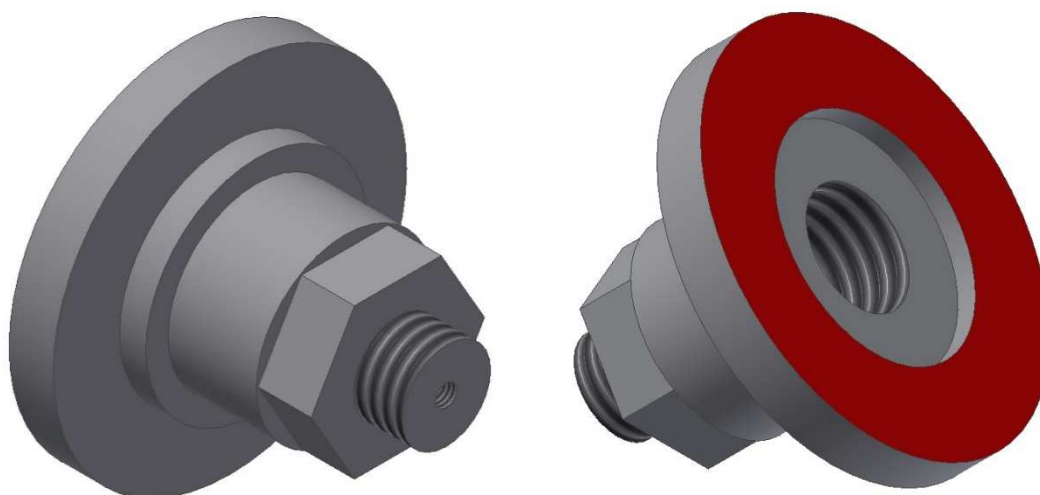
Koeficient bezpečnosti vůči otlacení:

$$k_p = \frac{p_{dov}}{p_z} \quad (4.23)$$

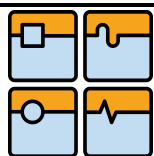
$$k_p = \frac{150}{41,362}$$

$$k_p = 3,627$$

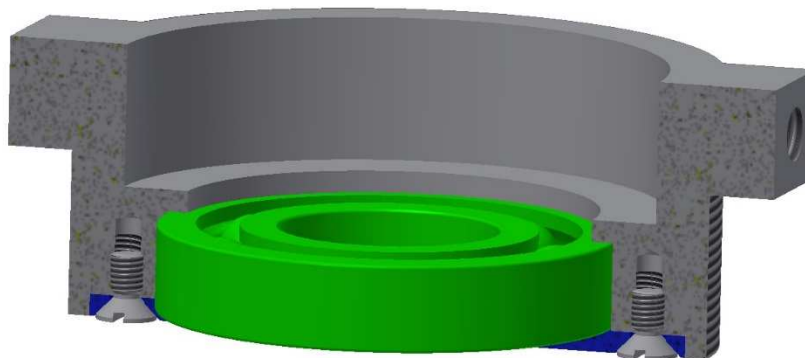
Oba koeficienty bezpečnosti jsou větší než 1, u krutu dokonce výrazně, z toho vyplývá, že hřídel je lehce naddimenzována. Z technologických důvodů a s ohledem na zástavbu se rozměry hřídele již nemění.



Obr. 32 Hnací hřídel (třecí plocha vyznačena červeně)



4.5.3. Pouzdro podpůrného ložiska



Obr. 33 Pouzdro podpůrného ložiska v řezu

Pouzdro podpůrného ložiska odděluje rotující části zařízení od těch stacionárních. Mezi rotující částí se řadí hnací hřídel a nástroj. Vrchní část pouzdra je přimontována k rámu. Ložisko SKF 16004 normy DIN 625 je nalisováno do pouzdra a pojištěno víčkem. Víčko je přišroubováno šrouby se zápusťnou hlavou M3, délky 6 mm. Na vnějším povrchu je vytvořen závit s jemnou roztečí, který slouží k nastavování velikosti úkosu. Ložisko nepřenáší žádnou axiální sílu, ta je přenášena na třecí plochu hnací hřídele. Radiální síla na ložisko je dána pouze silou vyvinutou pracovníkem, kterou přitlačí zařízení na obráběný materiál v radiálním směru, tato síla je pro výpočet životnosti ložiska zvolena 150 N.

Radiální síla na ložisko $F_R = 150 \text{ N}$

Základní dynamická únosnost $C = 7280 \text{ N}$

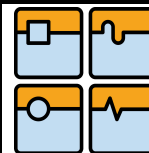
Základní statická únosnost $C_0 = 4050 \text{ N}$

Výpočtový součinitel $f_0 = 15$

Exponent a pro kuličková ložiska $a = 3$

Maximální otáčky stroje $n_{max} = 11500 \text{ min}^{-1}$

Maximální přípustné otáčky pro ložisko $n_{lmax} = 24000 \text{ min}^{-1}$



Trvanlivost ložiska:

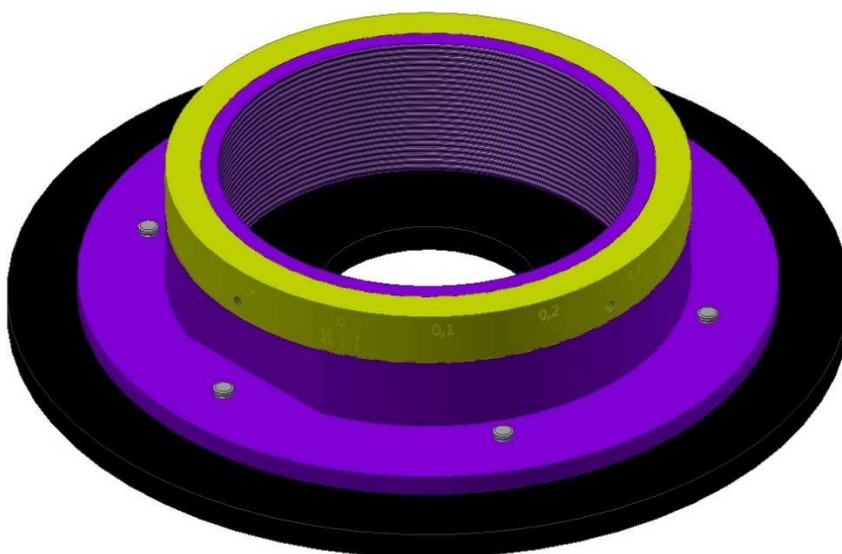
$$L_h = \left(\frac{C}{F_R}\right)^a \cdot \frac{10^6}{60 \cdot n_{max}} \quad (4.24)$$

$$L_h = \left(\frac{7280}{150}\right)^3 \cdot \frac{10^6}{60 \cdot 11500}$$

$$L_h = 165680 \text{ hod}$$

Trvanlivost ložiska je velmi vysoká, je to dáno mimo jiné i tím, že ložisko je z obou stran zapouzdřeno, díky čemuž se k němu nedostanou nečistoty. Kvůli zástavbovému prostoru není možné volit menší ložisko s nižší trvanlivostí.

4.5.4. Mechanismus pro volbu velikosti úkosu



Obr. 34 Mechanismus pro volbu velikosti úkosu

Mechanismus pro volbu velikosti úkosu se skládá ze 4 hlavních částí. První je matice, která je vyrobena se závitem s jemnou roztečí. Stejný závit se nachází na pouzdru podpůrného ložiska. Pomocí posouvání této matice po závitu se posouvá opěrná plocha zařízení. Tímto pohybem se dá nastavit jakýkoliv úkos od nuly až po maximální hodnotu 6 mm.

Aby bylo možné nastavit konkrétní velikost úkosu je na matici nasazen kroužek s vygravírovanou stupnicí po svém obvodu, tento kroužek se může na matici otáčet a tím prvotně seřídít stupnici vůči reálnému nastavení velikosti úkosu. Pevná ryska pro

nastavení se nachází na rámu stroje. Rám je dostatečně blízko, aby byla zajištěna dostatečná přesnost nastavení. To se pak následně zafixuje pomocí stavěcích šroubů.

K matici je ze spodní strany přimontována opěrná deska, která se při samotném obrábění dotýká materiálu. Je vyrobena z plastu, aby se snížilo tření a deska tak po materiálu lépe klouzala. Spojení s maticí zajišťuje 6 šroubů se zápustnou hlavou.

Poslední hlavní částí je kontra matice. Slouží k zajištění mechanismu proti samovolnému pootočení a tím i změně nastavení velikosti úkosu. Kontra matice má na svém vnějším obvodu vyrobeno drážkování pro možnost dotažení rukou.

Pro případ, že by se mechanismus pro nastavení velikosti úkosu zasekl, je matice vybavena drážkami po bocích.

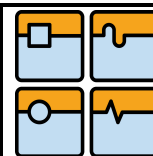
4.5.5. Rukojeť

Rukojeť slouží pro lepší úchop celého zařízení. Je umístěna na horní straně, což napomáhá ergonomii. Základ je tvořen ocelovým profilem, který je naohýbán do požadovaného tvaru. Tento tvar také napomáhá tlumení vibrací od zařízení, které by se neměly tolik přenášet do madla a tím samotné ruky pracovníka. Samotné madlo je vyrobeno ze dvou plastových částí slepených k sobě. Má také ergonomický tvar, který zvyšuje komfort při práci se zařízením. "

Uchycení rukojeti k tělu úhlové brusky je realizováno pomocí stejných šroubů, které jsou použity pro upevnění rámu.



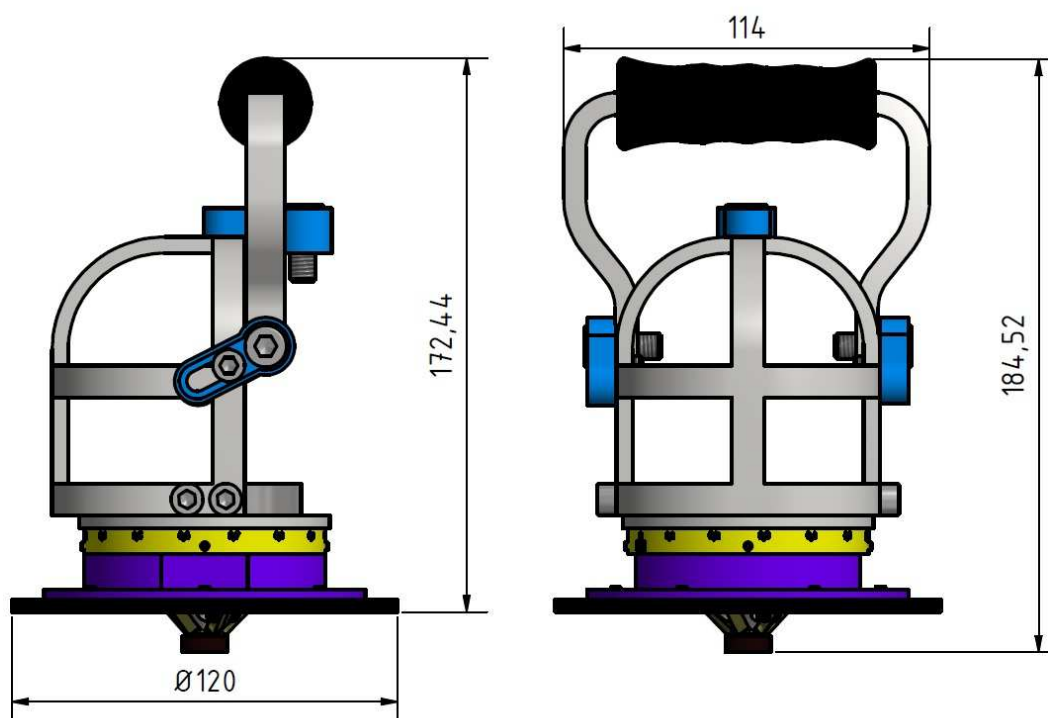
Obr. 35 Rukojeť



5. Parametry zařízení

Celkové rozměry zařízení závisí i na typu úhlové brusky, na kterou bude ukosovací zařízení namontováno, nejde je tedy předem určit. Vnější rozměry samotného zařízení jsou dány průměrem opěrné plochy a výškou. Výška bez namontovaného nástroje je 172,44 mm, s nástrojem 184,52 mm. Průměr opěrné plochy je 120 mm.

Celková hmotnost samotného zařízení je přibližně 1,3 kg, maximální možný úkos je 6x45°.

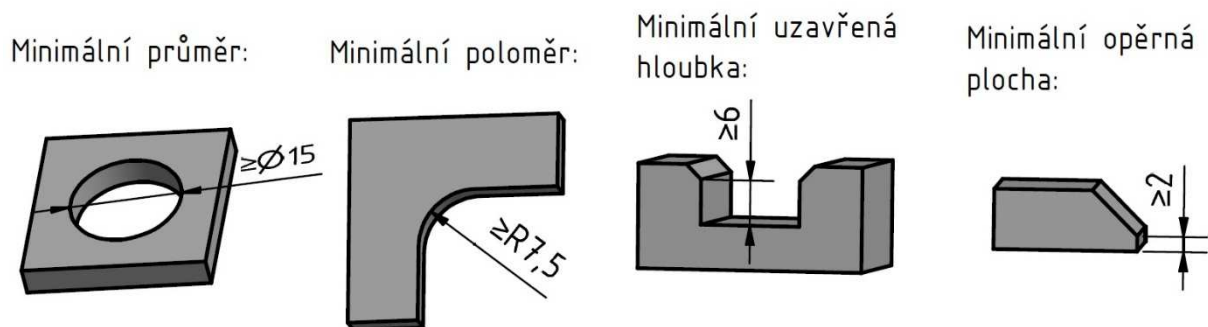
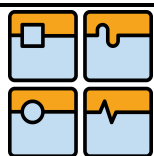


Obr.36 Rozměry samostatného zařízení

5.1. Tvary obráběných ploch

Nástroj je jednoúčelový a je možné s ním obrábět pouze jeden typ úkosu. To je dáno pevným úhlem nastavení hlavního ostří, který je 45°. V případě požadavku na jiný úhel než tento, musí dojít k výměně nástroje. Pomocí výměny nástroje je také možné vytvářet zaoblení hran, kdy jsou použity vyměnitelné břitové destičky speciálního tvaru.

Velkou výhodou tohoto zařízení je, že dokáže vytvořit úkos i na zaoblených hranách obrobku. Obrobek ovšem musí splňovat určité předpoklady, které jsou znázorněny na obr. 37.



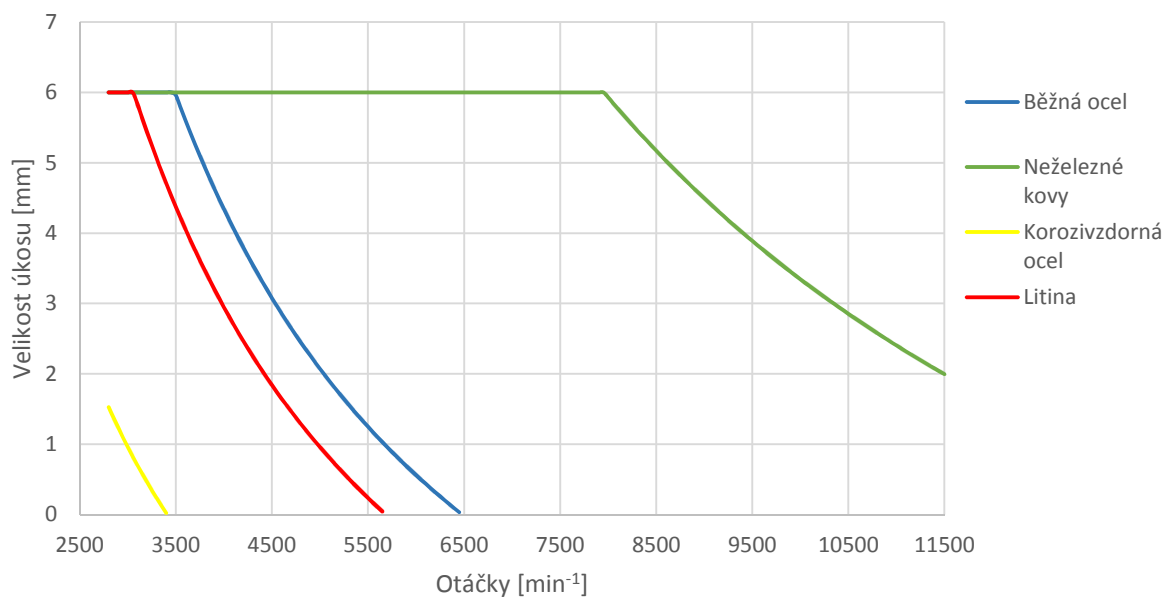
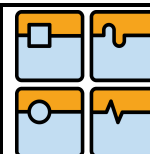
Obr. 37 Předpoklady obráběné plochy

5.2. Obráběné materiály

Stroj je primárně zkonstruován pro ukosování ocelových plechů s maximální mezí pevnosti $R_m = 600 \text{ MPa}$. Dokáže však obrábět i neželezné kovy, korozivzdornou ocel a litinu. U každého obrábění je potřeba nastavit na úhlové brusce ideální pracovní otáčky pro danou velikost úkosu a typ materiálu. Pro rychlé zvolení správných otáček slouží tabulka níže, případně graf.

Materiál	Otáčky [min^{-1}]							
	2800	3500	4600	6000	7600	8900	11000	11500
Běžná ocel	6	6	2,8	0,5	-	-	-	-
Neželezné kovy	6	6	6	6	6	4,6	2,3	2
Korozivzdorná ocel	1,5	-	-	-	-	-	-	-
Litina	6	4,3	1,6	-	-	-	-	-
Žáruvzdorné slitiny	-	-	-	-	-	-	-	-

Tab. 6 Maximální velikost úkosu v mm



Graf 1 Závislost velikosti úkosu na otáčkách stroje

6. Montážní návod

Aby bylo možné zařízení na úhlovou brusku namontovat, je nejdříve nutné sestavit 3 části zařízení. Nástrojová část obsahuje nástroj, hnací hřídel, ložisko a ložiskové pouzdro. Rámová část obsahuje rám, úchyty a rukojeť. Poslední částí je mechanismus pro volbu velikosti úkosu, který obsahuje matici, opěrnou plochu a noniusový kroužek. Montáž zařízení jako takového musí být prováděna odborným pracovníkem. Samotné namontování na brusku již může provádět kdokoli.

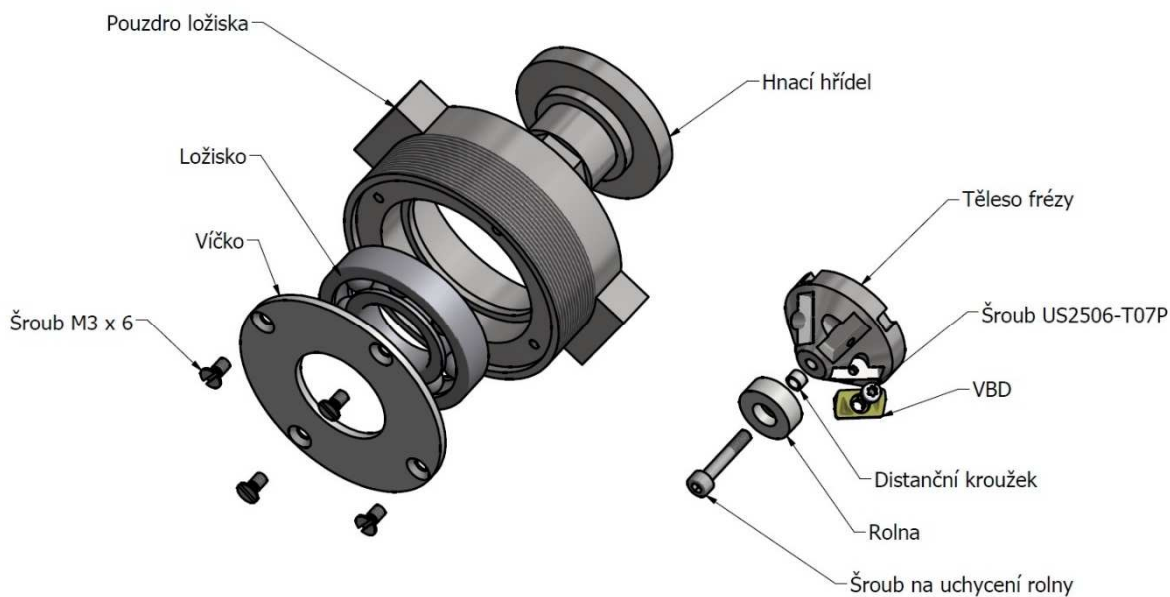
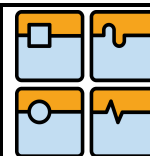
6.1. Nástrojová část

Potřebné součásti:

Hnací hřídel	1 ks
Těleso nástroje	1 ks
Rolna	1 ks
Distanční kroužek	1 ks
VBD	5 ks
Šroub US2506-T07P	5 ks
Šroub na uchycení rolny	1 ks
Pouzdro ložiska	1 ks
Ložisko SKF 16004	1 ks
Víčko	1 ks
Šroub M3 x 6 ISO 2009	4 ks

Montážní postup:

- 1) Nalisovat ložisko do ložiskového pouzdra
- 2) Zajistit ložisko víčkem pomocí šroubů M3 x 6
- 3) Nalisovat ložisko na hnací hřídel
- 4) Připevnit všech 5 vyměnitelných břitových destiček na těleso nástroje pomocí šroubů US2506-T07P
- 5) Nasadit rolnu a distanční kroužek na šroub
- 6) Připevnit těleso frézy pomocí šroubu s rolnou k hnací hřídeli



Obr. 38 Nástrojová část

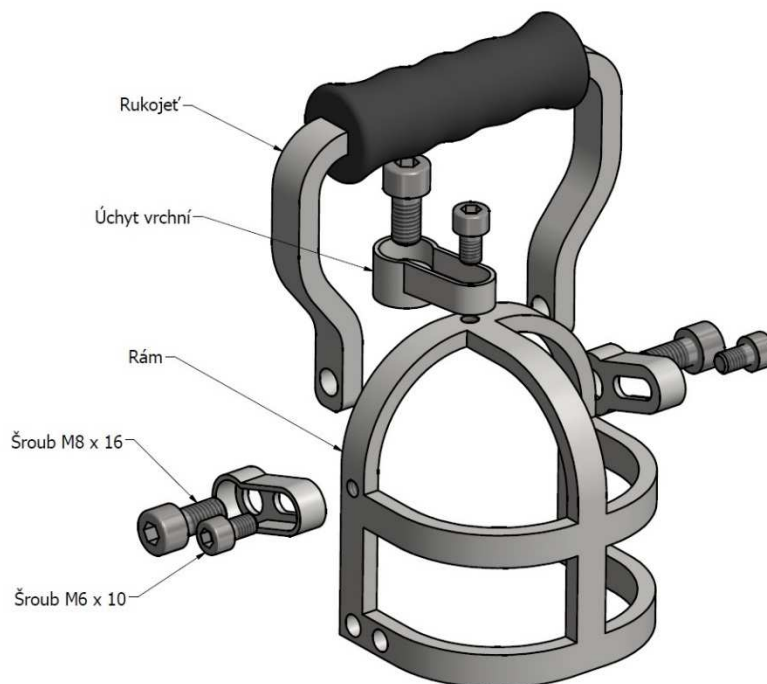
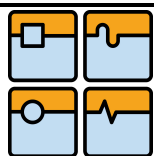
6.2. Rámová část

Potřebné součásti:

Rám	1 ks
Úchyt boční	2 ks
Úchyt vrchní	1 ks
Rukojeť	1 ks
Šroub M6 x 10	3 ks
Šroub M8 x 16	3 ks

Montážní postup:

- 1) Přišroubovat boční úchyty k rámu pomocí šroubů M6 x 10 (nedotahovat)
- 2) Přišroubovat vrchní úchyt k rámu pomocí šroubu M8 x 10 (nedotahovat)
- 3) Nasadit rukojeť mezi boční úchyty
- 4) Vsadit šrouby M8 x 16 do úchytů



Obr. 39 Rámová část

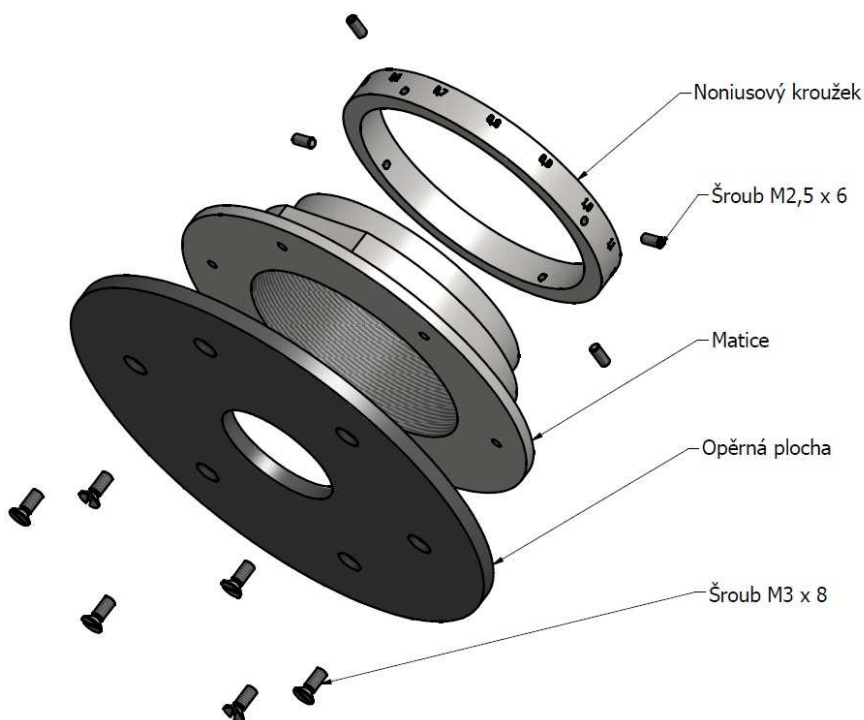
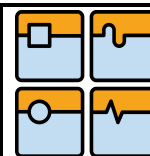
6.3. Mechanismus pro volbu velikosti úkosu

Potřebné součásti:

Matice	1 ks
Opěrná plocha	1 ks
Noniusový kroužek	1 ks
Šroub M3 x 8	6 ks
Šroub M2,5 x 6	4 ks

Montážní postup:

- 1) Připevnit opěrnou plochu k matici pomocí šroubů M3 x 8
- 2) Nasadit noniusový kroužek na matici
- 3) Pojistit noniusový kroužek pomocí šroubů M2,5 x 6



Obr. 40 Mechanismus pro volbu velikosti úkosu

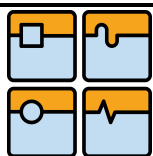
6.4. Montáž částí na úhlovou brusku

Potřebné součásti:

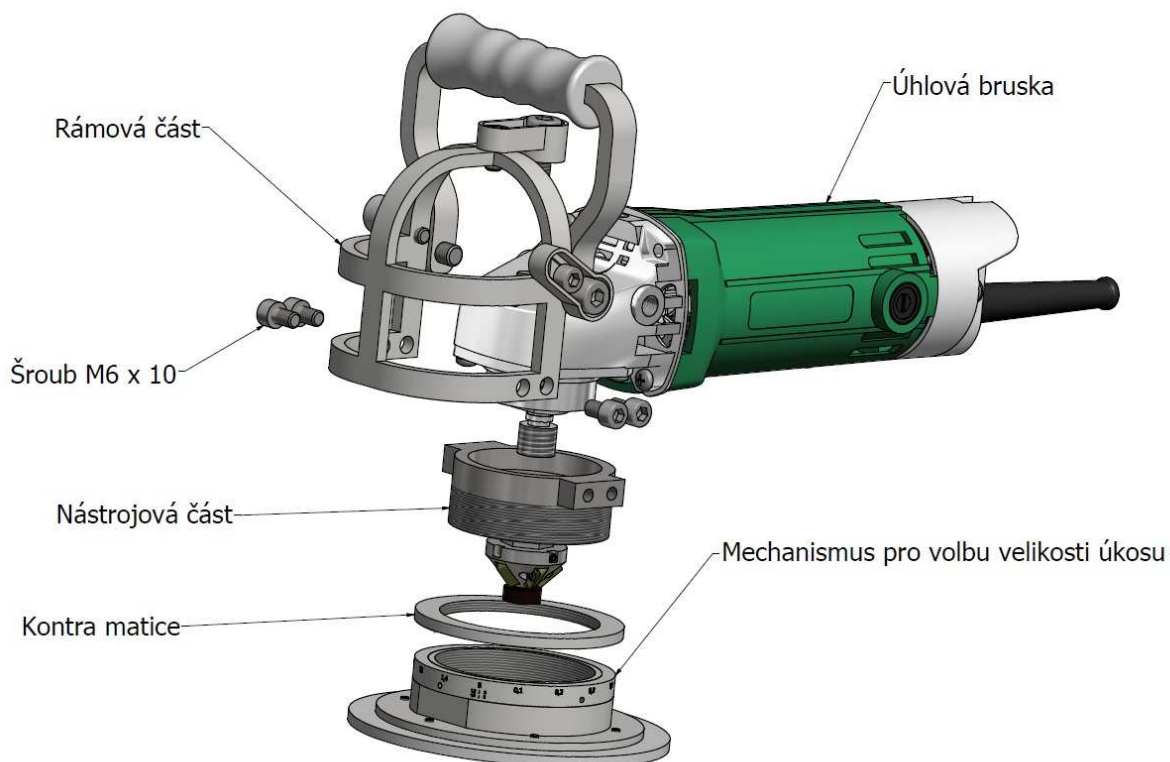
Úhlová bruska	1 ks
Nástrojová část	1 ks
Rámová část	1 ks
Mechanismus pro volbu velikosti úkosu	1 ks
Kontra matice	1 ks
Šroub M6 x 10	4 ks

Montážní postup:

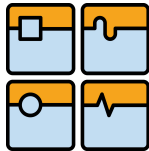
- 1) Přichytit nástrojovou část k úhlové brusce závitem M14 v hnací hřídeli
- 2) Přimontovat rámovou část k pouzdru ložiska pomocí šroubů M6 x 10
- 3) Nastavit úchyty rámové části tak, aby otvory v brusce byly přímo naproti šroubům M8 x 16
- 4) Utáhnout šrouby v úchytech rámové části



- 5) Na pouzdro ložiska našroubovat kontra matici až do vrchní části závitu
- 6) Nasadit mechanismus pro volbu velikosti úkosu na závit pouzdra ložiska
- 7) Zajistit mechanismus kontra maticí



Obr. 41 Montáž zařízení na úhlovou brusku

Str. 52	Ústav výrobních strojů, systémů a robotiky	
	BAKALÁŘSKÁ PRÁCE	

7. Závěr

Úvodní část týkající se významu ukosování a technologií vhodných pro ukosování seznamuje se základem problematiky.

Pro samotné ruční ukosovací zařízení bylo zvoleno jako nejvhodnější technologie frézování. Konstrukce mohla být postavena na základě nějakého stávajícího zařízení, nebo se mohlo jednat o konstrukci zcela novou. Zde převážila misky vah hlavně cena. Při použití stroje jako je úhlová bruska jako základu se náklady na výrobu zařízení značně sníží. Navíc úhlová bruska patří mezi běžné vybavení dílny. Zařízení je tedy konstruováno jako příslušenství.

Nástroj je navrhnut speciálně pro toto zařízení, stávající nástroje vyráběné nástrojařskými firmami nebyly pro tento účel vhodné, nebo nevyhovovaly materiálem. Z důvodu vysokých řezných rychlostí jsou využity vyměnitelné břitové destičky s nejnovější geometrií firmy Pramet. Těleso nástroje je svým tvarem velmi složitá součást a z toho důvodu je také nejdražší. Nejvyšší přípustná řezná rychlost také omezuje maximální velikost úkosu, který je zařízení schopno obrábět. Jedná se o úkos $6 \times 45^\circ$

Pro výpočet řezných sil bylo také potřeba analyzovat průběh průřezu třísky. Tato analýza byla provedena v programu Autodesk Inventor. Řezná síla je využita také pro dotahování nástroje a hnací hřídele v průběhu obrábění, aby nedošlo k jejich uvolnění.

Výpočty hnací hřídele na krut a závitů na otláčení také prokázaly vysokou bezpečnost vůči mezním stavům pružnosti.

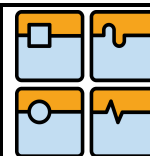
Mechanismus pro volbu velikosti úkosu využívá posouvání matice po šroubu, v mém případě je závit vyroben přímo na pouzdru ložiska. K seřízení tohoto mechanismu je použit noniusový kroužek.

Zařízení je vhodné jako alternativa ke stávajícím ručním jednoúčelovým zařízením. Využití najde především ve firmách, které často svařují pomocí tupých svarů.

Pro další vývoj, nebo posouzení ostatních parametrů je zapotřebí vyrobit prototyp a zařízení podrobit důkladným zkouškám.

8. Seznam použitých zdrojů

- [1] HLUCHÝ, Miroslav, Jan KOLOUCH a Rudolf PAŇÁK. *Strojírenská technologie 2.* 2., upr. vyd. Praha: Scientia, 2001, 316 s. ISBN 80-7183-244-8.
- [2] LEINVEBER, Jan a Pavel VÁVRA. *Strojnické tabulky: pomocná učebnice pro školy technického zaměření.* 2., dopl. vyd. Úvaly: Albra, 2005, 907 s. ISBN 80-7361-011-6.
- [3] ŘASA, Jaroslav a Vladimír GABRIEL. *Strojírenská technologie 3.* 2. vyd. Praha: Scientia, 2005, 256 s. ISBN 80-7183-337-1.
- [4] MÁDL, Jan. *Technologie obrábění.* Vyd. 2., přeprac. V Praze: Nakladatelství ČVUT, 2007, c1999, 3 sv. (80, 84, 88 s.). ISBN 978-80-01-03752-2.
- [5] Frézování. Šumperk (CZ): Pramet Tools s.r.o., 2014.
- [6] HRUBÝ, Jindřich a Vladimír VRBA. *Základy technologie obrábění.* 1. vyd. Ostrava: Vysoká škola báňská, 1983, 119 s.
- [7] Soustružení. Šumperk (CZ): Pramet Tools s.r.o., 2014.
- [8] Diamantové brousící kotouče. Nové Město na Moravě (CZ): Medin a.s., 2009.
- [9] *Úhlové brusky GWS 17-125 CIE Professional* [online]. 2015. [cit. 2015-05-18]. Dostupné z: <<http://www.bosch-professional.com/cz/cs/gws-17-125-cie-36634-ocs-p/>>
- [10] Kompletní sortiment nástrojů s destičkami ADMX11. Šumperk (CZ): Pramet Tools s.r.o., 2014.



9. Seznam použitých zkratk a symbolů

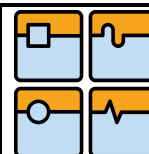
Zkratka	Jednotka	Popis veličiny
a	[-]	Exponent pro kuličková ložiska
A_d	[mm ²]	Maximální průřez třísky
A_{dmax}	[mm ²]	Maximální průřez vzorové třísky
A_{dmax}^*	[mm ²]	Průřez vzorové třísky bez korekce
a_e	[mm]	Šířka řezu
a_p	[mm]	Hloubka řezu
C	[N]	Základní dynamická únosnost
C_0	[N]	Základní statická únosnost
D	[mm]	Velký průměr závitu M3
D_1	[mm]	Malý průměr závitu matice
d_2	[mm]	Střední průměr závitu
d_3	[mm]	Malý průměr závitu
D_{ef}	[mm]	Efektivní průměr
D_{min}	[mm]	Průměr rolny
$D_{stř}$	[mm]	Střední průměr
d_z	[mm]	Velký průměr závitu
f	[-]	Součinitel tření v závitech
f_0	[-]	Výpočtový součinitel
F_1	[N]	Síla v ose závitu
F_{ci}	[N]	Celková řezná síla
f_{min}	[m/min]	Minutový posuv
F_R	[N]	Radiální síla
f_{rev}	[mm]	Posuv na otáčku
f_z	[mm]	Posuv na zub
h	[mm]	Tloušťka třísky
k_{c1}	[MPa]	Měrná řezná síla
k_{ci}	[MPa]	Měrný řezný odpor
k_k	[-]	Koeficient bezpečnosti
k_p	[-]	Koeficient bezpečnosti vůči otláčení
k_t	[-]	Opravný koeficient

L_h	[hod]	Trvanlivost ložiska
l_z	[mm]	Délka závitu
m_c	[-]	Koeficient pro výpočet řezného odporu
M_k	[Nmm]	Točivý moment
n_{lmax}	[min ⁻¹]	Maximální přípustné otáčky
n_{max}	[min ⁻¹]	Maximální otáčky
n_{min}	[min ⁻¹]	Minimální otáčky
n_z	[-]	Počet závitů
P	[W]	Výkon
p_{dov}	[MPa]	Dovolený tlak
P_h	[mm]	Rozteč závitu
p_z	[MPa]	Tlak v závitech
R_e	[MPa]	Mez kluzu
R_m	[MPa]	Mez pevnosti
v_1	[m/min]	Řezná rychlost pro maximální úkos a minimální
v_{max}	[m/min]	Maximální řezná rychlost
W_k	[mm ³]	Průřezový modul v krutu
z	[-]	Počet zubů
α	[°]	Vrcholový úhel
α_r	[-]	Součinitel koncentrace napětí
K_r	[°]	Úhel nastavení hlavního ostří
T_k	[MPa]	Smykové napětí
φ_t	[°]	Úhlová rozteč mezi zuby
φ_z	[°]	Záběrný úhel
φ_z^*	[°]	Záběrný úhel při maximálním průřezu třísky
ω	[rad/s]	Úhlová rychlost

10. Seznam obrázků, tabulek a grafů

Číslo	Popis	Strana
Obr. 1	Frézování a) nesousledné, b) sousledné [3]	13
Obr. 2	Válcová fréza [5]	14
Obr. 3	Čelní fréza [5]	14
Obr. 4	Kotoučová fréza [5]	14
Obr. 5	Kuželová fréza [5]	14
Obr. 6	Tvarová fréza [5]	14
Obr. 7	Vodorovná konzolová frézka [3]	16
Obr. 8	Svislá konzolová frézka [3]	16
Obr. 9	Podélné soustružení [7]	17
Obr. 10	Čelní soustružení [7]	17
Obr. 11	Soustružení vnitřních ploch [7]	17
Obr. 12	Zapichování [7]	17
Obr. 13	Ubírací nůž [7]	18
Obr. 14	Zapichovací nůž [7]	18
Obr. 15	Závitový nůž [7]	19
Obr. 16	Kopírovací nůž [7]	19
Obr. 17	Tvarový nůž [7]	19
Obr. 18	Příklady konstrukce soustružnických nožů s mechanicky upínanou vyměnitelnou břitovou destičkou [3]	19
Obr. 19	Univerzální hrotový soustruh [3]	20
Obr. 20	Tvar zrna brousicího kotouče [3]	21
Obr. 21	Příklad tvaru kotouče vhodného pro ukosování [8]	23
Obr. 22	Hrotová bruska s posuvným stolem [3]	24
Obr. 23	Možné způsoby broušení úkosů [3]	25
Obr. 24	Fréza	27
Obr. 25	Rozměry vyměnitelné břitové destičky [10]	29
Obr. 26	Tříška vzniklá při ukosování z různých pohledů	31
Obr. 27	Ukázka zjišťování maximálního průřezu třísky v Inventoru	31

Obr. 28	Zobrazení celkové řezné síly na fréze	34
Obr. 29	Celkový pohled na ruční ukosovací zařízení	36
Obr. 30	Spodní pohled na ruční ukosovací zařízení	36
Obr. 31	Rám	37
Obr. 32	Hnací hřídel (třecí plocha vyznačena červeně)	40
Obr. 33	Pouzdro podpůrného ložiska v řezu	41
Obr. 34	Mechanismus pro volbu velikosti úkosu	42
Obr. 35	Rukojeť	43
Obr. 36	Rozměry samostatného zařízení	44
Obr. 37	Předpoklady obráběné plochy	45
Obr. 38	Nástrojová část	48
Obr. 39	Rámová část	49
Obr. 40	Mechanismus pro volbu velikosti úkosu	50
Obr. 41	Montáž zařízení na úhlovou brusku	51
Tab. 1	Tvary svarových ploch pro tupý V-svar [2]	12
Tab. 2	Vybrané materiály brusiva [3]	22
Tab. 3	Používaná pojiva [3]	23
Tab. 4	Technické údaje úhlové brusky [9]	26
Tab. 5	Rozsahy startovacích řezných podmínek [10]	29
Tab. 6	Maximální velikost úkosu v mm	45
Graf 1	Závislost velikosti úkosu na otáčkách stroje	46



11. Seznam příloh

Výkresová dokumentace:

Název:	Číslo výkresu:
Ukosovací zařízení	6B – 1.000
Rám	6B – 1.001
Hnací hřídel	6B – 1.002
Pouzdro ložiska	6B – 1.003
Matice	6B – 1.004
Opěrná plocha	6B – 1.005
Kontra matice	6B – 1.006
Úchyt vrchní	6B – 1.007