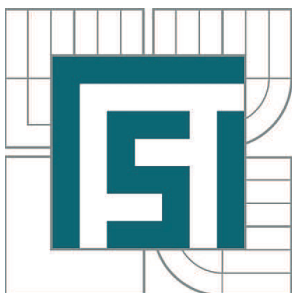


VYSOKÉ UČENÍ TECHNICKÉ V BRNĚ

BRNO UNIVERSITY OF TECHNOLOGY



FAKULTA STROJNÍHO INŽENÝRSTVÍ
ÚSTAV VÝROBNÍCH STROJŮ, SYSTÉMŮ A
ROBOTIKY

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

KONSTRUKCE STOLNÍ VRTAČKY

DESIGN OF BENCH TYPE DRILLING MACHINE

BAKALÁŘSKÁ PRÁCE

BACHELOR'S THESIS

AUTOR PRÁCE

AUTHOR

PETR MALÁSEK

VEDOUCÍ PRÁCE

SUPERVISOR

doc. Ing. PETR BLECHA, Ph.D.

BRNO 2015

Vysoké učení technické v Brně, Fakulta strojního inženýrství

Ústav výrobních strojů, systémů a robotiky

Akademický rok: 2014/2015

ZADÁNÍ BAKALÁŘSKÉ PRÁCE

student(ka): Petr Malásek

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:

Konstrukce stolní vrtačky

v anglickém jazyce:

Design of bench type drilling machine

Stručná charakteristika problematiky úkolu:

Student provede rešerši v oblasti stolních vrtaček. Na základě rešerše zvolí technické parametry konstruovaného stroje. Provede základní konstrukční výpočty a vlastní konstrukci stolní vrtačky v 3D modelu.

Součástí bakalářské práce bude výkres sestavy konstruovaného stroje a v elektronické příloze 3D model stroje.

Cíle bakalářské práce:

Rešerše v oblasti stolních vrtaček.

Volba technických parametrů konstruovaného stroje.

Kontrolní konstrukční výpočty.

Zjednodušený konstrukční návrh stolní vrtačky.

Součástí bakalářské práce bude výkres sestavy obráběcího stroje a v elektronické příloze 3D model stroje.

Seznam odborné literatury:

Marek, J. a kol; Konstrukce CNC obráběcích strojů, ISBN 978-80-254-7980-3

Borský, V.; Obráběcí stroje, ISBN 80-214-0470-1

Borský, V.; Základy stavby obráběcích strojů, VUT Brno

www stránky výrobců obráběcích strojů

www.infozdroje.cz

www.mmspektrum.com

www.kovosvit.cz

Vedoucí bakalářské práce: doc. Ing. Petr Blecha, Ph.D.

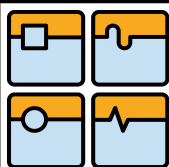
Termín odevzdání bakalářské práce je stanoven časovým plánem akademického roku 2014/2015.

V Brně, dne 21.11.2014

L.S.

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

prof. RNDr. Miroslav Doupovec, CSc., dr. h. c.
Děkan fakulty



ABSTRAKT

Předmětem této závěrečné práce je popis stolní vrtačky, rešerše firem vyrábějících stolní vrtačky a rozbor jejich produktů. Na základě rešerše jsou zvoleny parametry vrtačky, zkonstruován 3D model stroje a provedeny základní výpočty. Výsledkem práce je 3D model stolní vrtačky a výkres sestavení.

KLÍČOVÁ SLOVA

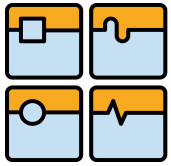
Stolní vrtačka, vrtání, konstrukce, vřeteno, řemenový převod, asynchronní motor, ozubený hřeben, technologie vrtání

ABSTRACT

The subject of this thesis is description of bench drill, research about companies producing bench drills and analysis of their products. Based on research, parameters of drill are chosen, 3D model is designed and basic calculations are calculated. The output of this thesis is 3D model of bench drill and drawing of assembly.

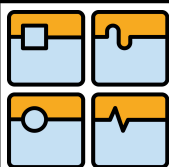
KEY WORDS

Bench drill, drilling, design, spindle, belt drive, induction motor, rack gear, drilling technology



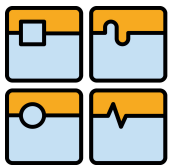
BIBLIOGRAFICKÁ CITACE

MALÁSEK, P. *Konstrukce stolní vrtačky*. Brno: Vysoké učení technické v Brně, Fakulta strojního inženýrství, 2015. 62 s. Vedoucí bakalářské práce doc. Ing. Petr Blecha, Ph.D..



PODĚKOVÁNÍ

Rád bych poděkoval vedoucímu bakalářské práce doc.Ing.Petru Blechovi, Ph.D. za cenné rady při vypracování bakalářské práce. Dále bych rád poděkoval rodině za podporu při studiu.



ČESTNÉ PROHLÁŠENÍ

Tímto prohlašuji, že jsem bakalářskou práci na téma Konstrukce stolní vrtačky vypracoval samostatně, s použitím doporučené literatury a uvedených podkladů, na základě konzultací a pod vedením vedoucího bakalářské práce.

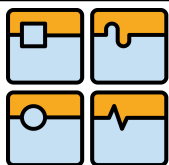
V Brně dne

.....

Petr Malásek

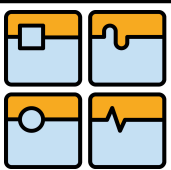
Obsah

Úvod.....	11
1 Popis stolní vrtačky.....	12
1.1 Charakteristické parametry:	13
2 Rešerše v oblasti stolních vrtaček.....	14
2.1 Heltos Slavonice.....	14
2.1.1 Stolní vrtačka V 20 B.....	15
2.1.2 Stolní vrtačka CANIS V 20.8.....	15
2.1.3 Stolní vrtačka VEGA V 20.6.....	15
2.2 Proma.....	17
2.3 Arnz Flott GMBH Werkzeugmaschinen.....	20
2.3.1 Stolní vrtačky na 230 V.....	20
2.3.2 Stolní vrtačky řady E.....	21
2.3.3 Stolní vrtačky řady M.....	22
2.3.4 Stolní vrtačky řady P.....	23
2.4 Optimum maschinen GMBH.....	25
2.4.1 Stolní vrtačky řady B.....	25
2.4.2 Stolní vrtačky řady B PRO a PRO VARIO.....	27
2.4.3 Stolní vrtačky řady B H, a B H VARIO.....	28
2.4.4 Stolní vrtačky řady DH BV.....	29
2.5 Einhell Germany GMBH.....	30
2.5.1 Řada BT-BD.....	30
2.5.2 Řada BT-BD D.....	31
2.5.3 Řada BT-BD E.....	32
3 Konstrukce stolní vrtačky.....	34
3.1 Určení stroje.....	34
3.2 Základ konstrukce a návrh parametrů.....	34
3.3 Technologie vrtání.....	35
3.3.1 Výběr nástroje.....	35
3.3.2 Volba materiálu obrobku.....	36
3.3.3 Volba parametrů vrtání.....	36
3.3.4 Rozměry třísky.....	37
3.3.5 Síly a moment působící při vrtání a řezný výkon.....	38
3.4 Hnací motor.....	40
3.4.1 Popis funkce trojfázového asynchronního motoru.....	40
3.4.2 Volba hnacího motoru.....	41
3.5 Přenos výkonu z motoru na vřeteno.....	42
3.5.1 Výběr klínového řemene.....	42
3.5.2 Návrh převodových poměrů.....	43
3.5.3 Vzdálenost os při jednotlivých převodových stupních.....	44
3.5.4 Ověření dostatečného počtu řemenů pro přenos výkonu.....	44
3.6 Návrh pružiny pro zdvih vřetene do původní polohy.....	45
3.7 Síla kterou je nutno vyvinout na rameni vratidla.....	46
3.8 Konstrukce vřeteníku.....	48
3.8.1 Vřeteno.....	48
3.8.2 Upevnění vřeteníku na sloup.....	49
3.8.3 Držák motoru	50
3.8.4 Posuv vřetene v ose	51



Bakalářská práce

3.8.5 Sestavení vřeteníku.....	51
3.9 Konstrukce podkladové desky.....	52
3.10 Posuvný stůl.....	53
Závěr.....	54
Seznam použitých zdrojů.....	55
Seznam použitých symbolů a zkratk.....	57
Seznam obrázků.....	59
Seznam tabulek.....	60
Seznam příloh.....	60
Příloha 1.....	61

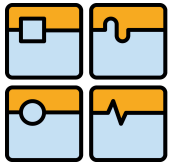
	Ústav výrobních strojů, systémů a robotiky	Str. 11
	Bakalářská práce	

Úvod

Otvory kruhového průřezu byly vytvářeny již v pravěku okolo 35000 let př. n. l. pro dekorativní účely. S vynálezem kola však bylo třeba vrtat přesněji, protože každé tření způsobené nedokonalostí tvaru není žádoucí. Největší boom zažilo vrtání s rozvojem zbrojní výroby, potažmo s vrtáním hlavní zbraní. Dříve lidé vrtali třeba jen ostrým kamenem, který mnuli v dlaních. Poté následovaly bow drills, tedy luky na jejichž těživě byla namotána tyč, kterou se vrtalo do materiálu. Tento luk byl používán i k rozdělávání ohně. Později následovaly vrtačky s vodním pohonem, či hnané setrvačником. S vynálezem parního stroje vznikaly vrtačky hnané z centrálního parního stroje řemenem a s vynálezem elektřiny, potažmo elektromotorů, vznikají strojní a později i ruční vrtačky. [21]

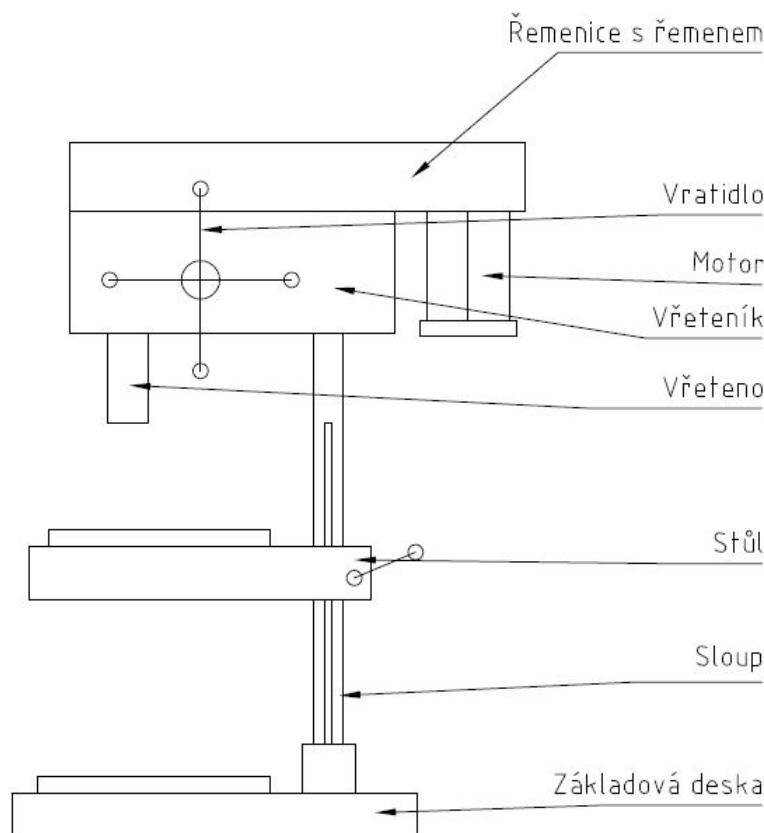
Technologie vrtání, jak ji známe dnes, je definována jako zhotovování děr do plného materiálu nebo zvětšování již předvrtaných děr.

Moderní strojní vrtačky dělíme na stolní, sloupové, stojanové, otočné, horizontální či vyvrtávačky. Tato práce se bude zabývat konstrukcí stolní vrtačky.

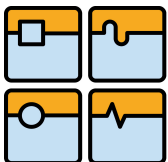


1 Popis stolní vrtačky

Stolní vrtačky jsou zpravidla umístěné na zámečnických stolech. Jsou určeny pro vrtání malých děr do průměru maximálně 20 mm a do hloubky 60-160 mm (liší se podle literatury). Hlavní rotační pohyb vykonává vřeteno hnané z elektromotoru přes řemen. Obvyklé je mít více stupňů rychlostí otáček vřetene. Změna rychlosti je prováděna pomocí přestavení řemene. Svislý posuv vřetene je vykonáván lidskou silou pomocí páky. Základová deska funguje zároveň jako stůl. Většinou má vrtačka ještě jeden stůl, který je výškově přestavitelný po sloupu, posuv je zpravidla zajištěn ozubeným hřebenem. Je to výhodné z důvodů snadné a rychlé obsluhy a nižší ceny stroje. [22]



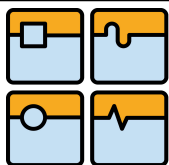
Obr. 1.1 Schématický náčrt stolní vrtačky

	Ústav výrobních strojů, systémů a robotiky	Str. 13
	Bakalářská práce	

1.1 Charakteristické parametry:

- maximální vrtaný průměr (nejčastěji do oceli pevnosti 600MPa)
- hloubka vrtání
- vyložení vřetene
- vzdálenost vřetene od stolu
- rozsah otáček
- výkon hnacího motoru
- hmotnost stroje

Tyto parametry nám říkají to, co zajímá zákazníka. Jak velký a hluboký otvor dokáže vrtat, jak rychle jej vyvrtá a jak velký či malý obrobek může upnout. Výkon motoru už nám jen přibližně opakuje, jak velký otvor dokáže vrtat. Hmotnost stroje je pouze orientační údaj. Toto nejsou všechny důležité parametry, vše ostatní, co považuji za důležité, zmíním mimo tabulky. V dnešní době je nejdůležitějším údajem cena, kterou záměrně nezveřejňuji, protože je nestálá a většinou bývá odvozena od vybavenosti, přesnosti či kvality stroje.



2 Rešerše v oblasti stolních vrtaček

Přehled nabídky stolních vrtaček našich, ale i zahraničních prodejců.

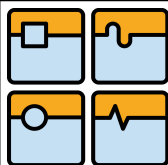
2.1 Heltos Slavonice

Počátky firmy se datují do 30. let 20. století, kdy začínala jako kovovýroba. Okolo roku 1960 dochází k rozmachu, v té době se zde vyráběly a opravovaly soustruhy. S výrobou stolních a sloupových vrtaček se začíná v roce 1972 pod názvem PKD Dačice, provozovna Slavonice. Privatizací PKD v roce 1996 vzniká firma Heltos a.s. [1]

Stolní vrtačky jsou ve firmě Heltos zastoupeny modely V 20 B, CANIS v 20.8 a VEGA V 20.6.. [2]

Tab. 2.1 Základní technické parametry stolních vrtaček HELTOS [2]

Vrtačka	V 20 B	CANIS V20.8	VEGA V 20.6
Vrtací průměr do oceli 600MPa [mm]	20	20	20
Vrtací hloubka [mm]	160	160	160
Vyložení vřetene [mm]	250	250	250
Vzdálenost vřetene od stolu [mm] max/min	500/150	400/200	400/200
Rozsah otáček [ot/min], počet rychlostních stupňů	71-2800 15	250-3700 variátor	180-3700 frekvenční měnič
Výkon hnacího motoru [kW v ot/min]	1,5 v 1500	1 v 1400 0,6 v 700	1 v 900
Hmotnost [kg]	400	275	275



Obr. 2.1 HELTOS V 20 B [2]

Obr. 2.2 HELTOS
CANIS V 20.8 [2]

2.1.1 Stolní vrtačka V 20 B

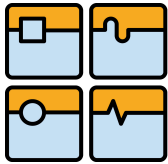
Je určena k vrtání, vystružování a řezání závitů. Stůl je usazen na základové desce a vřeteník lze výškově přestavovat a pootáčet okolo sloupu o 360°. Pohon je zajištěn klínovým řemenem od motoru. Stroj má 15 stupňů otáček zajištěných přestavením řemene a převodovkou uloženou ve vřeteníku. Posuv je strojní a při nadměrném otupení, či zalomení nástroje je automaticky vypnut. Stroj je také vybaven cirkulačním mazáním pohyblivých částí a elektročerpadlem čerpajícím chladicí emulzi. [2]

2.1.2 Stolní vrtačka CANIS V 20.8

Liší se od V 20 B plynulou změnou otáček zajištěnou variátorem a nedisponuje chladicí soustavou. To se projevuje na její jednoduchosti, nižší hmotnosti a potažmo i ceně. [2]

2.1.3 Stolní vrtačka VEGA V 20.6

Jsou velmi podobné vrtačkám CANIS V 20.8. Disponují plynulou změnou otáček, ovšem nikoliv zajištěnou jako u CANIS variátorem, ale frekvenčním měničem. Tedy převod je stále stejný, ale motor se točí v jiných otáčkách. [2]



Bakalářská práce



*Obr. 2.3 HELTOS
VEGA V 20.6 [2]*

2.2 Proma

Firma založená roku 1997. Patří mezi nejvýznamnější české výrobce dřevoobráběcích a kovoobráběcích strojů. Díky dobrému poměru cena- výkon je využívají profesionálové, hobby uživatelé i školy a učňovská zařízení. Firma PROMA vyrábí stolní, radiální a sloupové vrtačky.

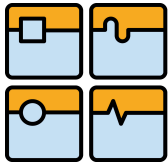
Produkty značky PROMA mají certifikaci CE (Conformité Européenne) pro prodej na českém trhu i v zahraničí.[3]

Stolní vrtačky firmy PROMA mají klasickou konstrukci jako na Obr. 1 na začátku dokumentu. Tedy základovou desku se stolem, na ní upevněn sloup a na sloupu vřeteník s motorem a vřetenem. Výkon je z motoru na vřeteno přenášen řemenem, který lze přestavovat na řemenových kolech, čímž se mění převod. Na sloupu je dále upevněn stůl, který lze pootáčet a vertikálně přestavovat. Z důvodu bezpečnosti zákazníka je okolo vřetene plastový kryt. K vrtačkám PROMA je možno přikoupit i frekvenční měnič pro plynulou změnu otáček. [4]

Tab. 2.2 Základní technické parametry menších stolních vrtaček PROMA [4]

Vrtačka	PTB- 16B/230	B-1316B/400
Vrtací průměr do oceli 600MPa [mm]	16	16
Vrtací hloubka [mm]	60	80
Vyložení vřetene [mm]	127	165
Vzdálenost vřetene od stolu [mm] max/min	540/0	615/0
Rozsah otáček [ot/min], počet rychlostních stupňů	210-2580 12	180-2740 12
Výkon hnacího motoru [W]	450	600
Hmotnost [kg]	38	50

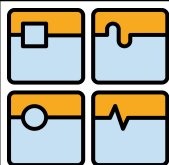
PROMA B-316B/400 disponuje třífázovým asynchronním motorem stolem, kterým lze pootáčet okolo osy stolu. Oproti tomu PROMA PTB-16B/230 má jednofázový asynchronní motor a klasický stůl. [4]

Obr. 2.4 PROMA
PTB-16B/230 [4]Obr. 2.5 PROMA
B-316B/400 [4]

Tab. 2.3 Základní technické parametry větších stolních vrtaček PROMA [4]

Vrtačka	E-1516B/230	E-1516B/400
Vrtací průměr do oceli 600MPa [mm]	20	20
Vrtací hloubka [mm]	80	80
Vyložení vřetene [mm]	195	195
Vzdálenost vřetene od stolu [mm] max/min	600/0	600/0
Rozsah otáček [ot/min], počet rychlostních stupňů	190-2740 12	180-2740 12
Výkon hnacího motoru [W]	750	750
Hmotnost [kg]	61	61

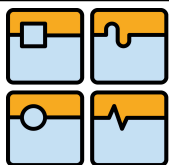
Vrtačky E-1516B/230 a E-1516B/400 se liší poze motorem a cenou. První má jednofázový asynchronní motor a je levnější, druhá třífázový asynchronní a je dražší. Tedy k první musíme přivádět 230 V a ke druhé 400 V. [4]



Bakalářská práce



Obr. 2.6 PROMA E-1516B/230 a E-1516B/230 [4]



2.3 Arnz Flott GMBH Werkzeugmaschinen

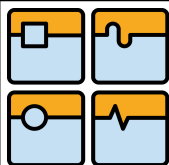
For over 155 years (přes 150 let). Toto není jenom moto společnosti Flott, ale také filosofie, již se důsledně řídí. V roce 1854 byla založena v Remschein, Německu malá rodinná firma, která vyvíjela a vyráběla ruční vrtačky a vybavení pro vrtání v té nejvyšší kvalitě na německém trhu. S těmito stroji a během let vyvíjenými stolními vrtačkami společnost Arnz FLOTT psala historii v oblasti strojní výroby a je díky tomu známá a často označována jako průkopník technologie vrtání. [5]

2.3.1 Stolní vrtačky na 230 V

Mají odlišnou konstrukci, nežli vrtačky ostatních firem. Stůl je součástí základové desky, na desce je upevněn sloup a vřeteník je upevněn na sloupu. Vřeteník lze na sloupu vertikálně přesazovat a obsahuje veškeré ostatní části, jako jsou vřeteno a řídicí elektronika. Poháněny jsou jednofázovým asynchronním motorem na 220 V řízeným frekvenčním měničem. TB 13 PLUS také disponuje stolem výškově přestavitelným po sloupu. [6]

Tab. 2.4 Základní technické parametry stolních vrtaček FLOTT na 230V [6]

Vrtačka	TW 10 STW electronic	TB 13 PLUS	TB 10 PLUS	Turbo drill
Vrtací průměr do oceli 600MPa [mm]	do hliníku 20	13-15	10-12	6-8
Vrtací hloubka [mm]	50	70	60	60
Vyložení vřetene [mm]	180	225	225	220
Vzdálenost vřetene od stolu [mm] min/max	105/275	0/360	140/315	140/315
Rozsah otáček [ot/min], počet rychlostních stupňů	500-3000 fr. měnič	40-4000 fr. měnič	120-6000 fr. měnič	200-10000 fr. měnič
Výkon hnacího motoru [W]	450	540	540	540
Hmotnost [kg]	20	62	44	44



Obr. 2.7 FLOTT TB 10 PLUS [6]



Obr. 2.8 FLOTT TB 10 STW electronic [6]



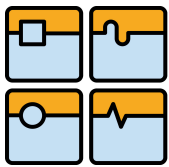
Obr. 2.9 FLOTT TURBO DRILL [6]

2.3.2 Stolní vrtačky řady E

Robustní stolní vrtačky klasické konstrukce poháněné třífázovým asynchronním motorem přes klínový řemen. Změna převodu prováděna pomocí manuálního přestavení klínového řemene. [6]

Tab. 2.5 Základní technické parametry stolních vrtaček FLOTT řady E [6]

Vrtačka	TB E1, vřeteno B16	TB E2, vřeteno MK II
Vrtací průměr do oceli 600MPa [mm]	15-18	18-23
Vrtací hloubka [mm]	95	95
Vyložení vřetene [mm]	200	225
Vzdálenost vřetene od stolu [mm] min/max	0/330	0/330
Rozsah otáček [ot/min], počet rychlostních stupňů	400-3600 5 stupňů	200-3600 10 stupňů
Výkon hnacího motoru [W]	750	450, 750
Hmotnost [kg]	77	84



Obr. 2.10 FLOTT TB E1,
vřeteno B16 [6]



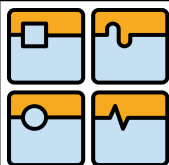
Obr. 2.11 FLOTT TB E2,
vřeteno MK II [6]

2.3.3 Stolní vrtačky řady M

Podobné, jako vrtačky řady E, ovšem převod se nemění pomocí přestavení řemene, ale pomocí dvoustupňového variátoru, tedy plynulá změna otáček. Motor je třífázový asynchronní, pólově přepínatelný. [6]

Tab. 2.6 Základní technické parametry stolních vrtaček FLOTT řady M [6]

Vrtačka	TB M1 ST	TB M2 ST
Vrtací průměr do oceli 600MPa [mm]	15-18	18-23
Vrtací hloubka [mm]	95	100
Vyložení vřetene [mm]	200	240
Vzdálenost vřetene od stolu [mm] min/max	0/350	90/420
Rozsah otáček [ot/min], počet rychlostních stupňů	100-1200 350-4200 dvoustupňový variátor	250-4000 variátor
Výkon hnacího motoru [W]	450, 750	450, 800
Hmotnost [kg]	75	175



Obr. 2.12 FLOTT TB M1 [6]



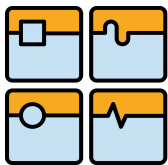
Obr. 2.13 FLOTT TB M2 [6]

2.3.4 Stolní vrtačky řady P

Vrtačky s plynulou změnou otáček pomocí variátoru a strojním, plynule nastavitelným posuvem. Hloubka vrtání a počet otáček se zobrazují díky digitálnímu ukazateli. [6]

Tab 2.7 Základní technické parametry stolních vrtaček FLOTT řady P [6]

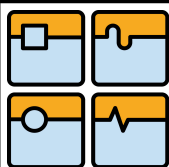
Vrtačka	TB P18 ST R2	TB P23 ST R1
Vrtací průměr do oceli 600MPa [mm]	15-18	18-23
Vrtací hloubka [mm]	95	100
Vyložení vřetene [mm]	200	240
Vzdálenost vřetene od stolu [mm] min/max	0/350	90/420
Rozsah otáček [ot/min], počet rychlostních stupňů	100-1200 350-4200 dvoustupňový variátor	250-4000 variátor
Výkon hnacího motoru [W]	450,750	450, 800
Hmotnost [kg]	75	175



*Obr. 2.14 FLOTT TB P18 ST
s digitálním ukazatelem [6]*



*Obr. 2.15 FLOTT TB P23 ST
s digitálním ukazatelem [6]*



2.4 Optimum maschinen GMBH

Od roku 2003 OPTIMUM vyrábí velkou část svých strojů v čínské továrně v Yangzhou pod německým vedením a kontrolou jakosti. Vývoj, design a kvalita je zajištěna v Německu. [7]

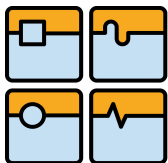
U nás je prodej a servis strojů OPTIMUM zajištěn firmou První hanácká BOW, s.r.o.

2.4.1 Stolní vrtačky řady B

Přesvědčivé argumenty: kvalita, cena a výkon. Zajišťují soustřednost do 0,03 mm díky přesným kuličkovým ložiskům ve vřetení. Převod zajištěn přestavením klínového řemene po hliníkovém řemenovém kole. Ergonomická protiskluzová madla na vratidle. Od modelu B14 výše vybaveny stolem s T-drážkami, sklopný $+45^\circ$ a otočný okolo sloupu. Všechny typy jsou vybaveny motorem na 220 V. [8,9]

Tab. 2.8 Základní technické parametry stolních vrtaček OPTIMUM řady B [8]

Vrtačka	B 13	B 14	B 16	B 20
Vrtací průměr do oceli 600MPa [mm]	12-13	12-14	15-16	18-20
Vrtací hloubka [mm]	50	50	65	80
Vyložení vřetene [mm]	104	104	125	80
Vzdálenost vřetene od stolu [mm] min/max	0/240/325	0/330/440	0/390/525	0/465/645
Rozsah otáček [ot/min], počet rychlostních stupňů	520-2620 5 stupňů	520-2620 5 stupňů	660-2500 5 stupňů	210-2220 12 stupňů
Výkon hnacího motoru [W]	230	350	450	550
Hmotnost [kg]	19	21	36	53



Bakalářská práce



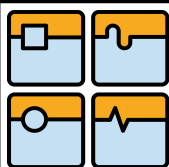
Obr. 2.16 Optimum
B13 [9]



Obr. 2.17
Optimum B14 [9]



Obr. 2.18 Optimum
B20 [9]



2.4.2 Stolní vrtačky řady B PRO a PRO VARIO

Liší se od řady B vyšší přesností a to až 0,02 soustřednosti oproti 0,03 u řady B. Typ 23 PRO (400 V) má na rozdíl od ostatních třífázový asynchronní motor a umožňuje i změnu směru otáček. Model VARIO je také vybaven frekvenčním měničem pro plynulou změnu otáček. [8]

Tab. 2.9 Základní technické parametry stolních vrtaček OPTIMUM řady B PRO [8]

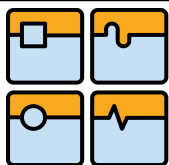
Vrtačka	B 17 PRO	B 23 PRO	B 23 PRO VARIO
Vrtací průměr do oceli 600MPa [mm]	12-16	20-25	20-25
Vrtací hloubka [mm]	65	80	80
Vyložení vřetene [mm]	152	180	180
Vzdálenost vřetene od stolu [mm] min/max	0/325/530	0/360/610	0/360/610
Rozsah otáček [ot/min], počet rychlostních stupňů	500-2520 5 stupňů	200-2440 12 stupňů	30-3500 12 stupňů+ frekvenční měnič
Výkon hnacího motoru [W]	500	750	750
Hmotnost [kg]	39	66	75



Obr. 2.19 Optimum B17 PRO [9]



Obr. 2.20 Optimum B23 PRO (400V) [9]



2.4.3 Stolní vrtačky řady B H, a B H VARIO

Ještě vyšší přesnost, nežli u řady B PRO a to až do 0,015 mm soustřednosti a celkově tužší konstrukce. Model VARIO je také vybaven frekvenčním měničem pro plynulou změnu otáček. [8]

Tab. 2.10 Základní technické parametry stolních vrtaček OPTIMUM řady B H [8]

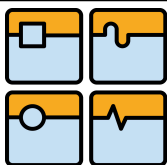
Vrtačka	B 24 H (220V/400V)	B 24 H VARIO
Vrtací průměr do oceli 600MPa [mm]	20-24	20-24
Vrtací hloubka [mm]	85	85
Vyložení vřetene [mm]	165	165
Vzdálenost vřetene od stolu [mm] min/max	0/515/681	0/515/681
Rozsah otáček [ot/min], počet rychlostních stupňů	350-4000 7 stupňů	100-5950 4 stupně+frekvenční měnič
Výkon hnacího motoru [W]	850	1500
Hmotnost [kg]	84	85



Obr. 2.21 Optimum B24 H [9]



Obr. 2.22 Optimum B24 HVARIO [9]

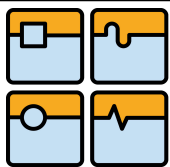


2.4.4 Stolní vrtačky řady DH BV

Tato řada se vyznačuje použitím mechanického dvoustupňového variátoru. Tedy zajišťuje plynulé ruční nastavení řezné rychlosti. Tato řada má mezi stolními vrtačkami pouze jednoho zástupce a to DH 24 BV, který má až na počet otáček stejné parametry jako B 24 H a to rozsah 300-4000 otáček za minutu. Tedy její parametry není třeba vypisovat. [8]



Obr. 2.23 Optimum DH 24 BV [9]



2.5 Einhell Germany GMBH

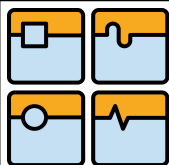
EINHELL vyvíjí a vyrábí nástroje pro domov, zahradu i rekreační využití. Stále vysoká kvalita produktů a přívětivé ceny spolu s vysokou flexibilitou reagovat na požadavky trhu korespondují s motem společnosti: "moving on when the others are just getting there", v češtině: "tam, kam ostatní jdou, my už byli". Díky obrovskému záběru a množství produktů pronikla firma EINHELL do celého světa. [10]

2.5.1 Řada BT-BD

Jednoduché vrtačky klasické konstrukce a vysoké přesnosti za nízkou cenu. Změna otáček prováděna pomocí přestavení jednoho nebo dvou řemenů po 2 nebo 3 řemenových kolech. Hnané jednofázovým asynchronním motorem na 230 V. [11]

Tab 2.11 Základní technické parametry stolních vrtaček
EINHELL řady BT-BD [11]

Vrtačka	BT-BD 401	BT-BD 501	BT-BD 1020
Vrtací průměr do oceli 600MPa [mm]	X	X	X
Vrtací hloubka [mm]	50	50	80
Vyložení vřetene [mm]	104	115	169
Vzdálenost vřetene od stolu [mm] min/max	X	X	0/340/520
Rozsah otáček [ot/min], počet rychlostních stupňů	580-2650 5 stupňů	280-2350 9 stupňů	210-2500 12 stupňů
Výkon hnacího motoru [W]	300	500	700
Hmotnost [kg]	16	20	53



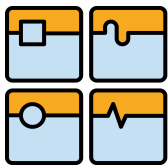
Obr. 2.24
EINHELL
BT-BD 501 [11]

2.5.2 Řada BT-BD D

Liší se od řady BT-BD motorem, který není jednofázový asynchronní na 230 V ale třífázový asynchronní na 400 V. Model BT-BD 1625 D je poněkud sporný, protože z hlediska rozměrů bych jej již označil jako sloupovou, nikoliv stolní vrtačku, ovšem výrobce jej označuje jako stolní, tedy tak bude brána. [11]

Tab. 2.12 Základní technické parametry stolních vrtaček
EINHELL řady BT-BD D [11]

Vrtačka	BT-BD 1020 D	BT-BD 1625 D
Vrtací průměr do oceli 600MPa [mm]	X	X
Vrtací hloubka [mm]	80	80
Vyložení vřetene [mm]	169	169
Vzdálenost vřetene od stolu [mm] min/max	0/340/520	0/340/520
Rozsah otáček [ot/min], počet rychlostních stupňů	210-2500 12 stupňů	210-2220 12 stupňů
Výkon hnacího motoru [W]	700	700
Hmotnost [kg]	55	60



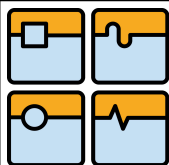
Obr. 2.25 EINHELL
BT-BD 1020 D [11]

2.5.3 Řada BT-BD E

Nejvybavenější řada stolních vrtaček EINHELL. Vyznačuje se plynulou změnou otáček díky elektronicky ovládanému variátoru a laserovým zaměřovačem středu díry. [11]

Tab. 2.13 Základní technické parametry stolních vrtaček
EINHELL řady BT-BD E [11]

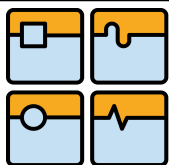
Vrtačka	BT-BD 801 E
Vrtací průměr do oceli 600MPa [mm]	X
Vrtací hloubka [mm]	80
Vyložení vřetene [mm]	160
Vzdálenost vřetene od stolu [mm]	X
min/max	
Rozsah otáček [ot/min], počet rychlostních stupňů	450-2500 variátor
Výkon hnacího motoru [W]	550
Hmotnost [kg]	40



Bakalářská práce



*Obr. 2.26 EINHELL
BT-BD 801 E [11]*



3 Konstrukce stolní vrtačky

Návrh parametrů, ověření výpočty a realizace konstrukce stolní vrtačky.

3.1 Určení stroje

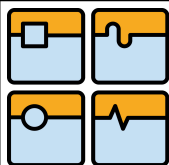
Konstruovaná stolní vrtačka bude zaměřena na jednoduchost a univerzálnost za nízkou cenu. Oblast využití pro domácí kutily i menší dílny a určena k obrábění kovů, ale i dřeva a ostatních měkkých materiálů.

3.2 Základ konstrukce a návrh parametrů

Vrtačka bude vycházet ze základní konstrukce stolních vrtaček viz obrázek 1.1. Vřeteník s vřetenem umístěný pevně na vrcholu sloupu. Posuv vřetene díky ozubenému hřebenu a vratidla. Na vřeteníku upevněn motor. Převod výkonu z motoru na vřeteno stroje realizován pomocí řemene, který je možno manuálně přestavit na řemenových kolech pro změnu převodu. Napínání řemene pomocí oddálení motoru napínacím šroubem. Na sloupu umístěný stůl, osazený T drážkami, výškově přestavitelný díky ozubenému hřebenu a otočný okolo osy sloupu. Sloup upevněn na základové desce, která je přišroubována ke stolu, ponku či jinému podkladu. Na základové desce je také možnost upevnění větších obrobků.

Maximální vrtací průměr $D = 15$ mm, bylo by možno volit 20 mm z definice stolních vrtaček, ale takto velké průměry děr jsou využity v dílnách vzácně. Nejčastěji se vrtají otvory o průměru 5-10 mm, aby byla rezerva a nemuselo se kvůli každé větší díře shánět jinou vrtačku byl vybrán průměr 15 mm.

Velikost obrobku se může lišit. Někdy je třeba vrtat do malé součásti, jindy se hodí možnost upnout i hodně velký díl. Tohoto dosáhneme díky dvěma stolům, z toho jednoho přestavitelného po sloupu, druhého na základové desce. Díky tomu je možno upnout obrobek o téměř nulových rozměrech i větší a to až 400 mm na výšku. Větší šířka a délka obrobku je určena vyložením vřetene a velikostí stolu. Abychom zachovali kompaktnost stroje, určíme vyložení vřetene jako 150 mm a rozměry posuvného stolu jako 170/200 mm a stolu na základové desce 150/200 mm.



3.3 Technologie vrtání

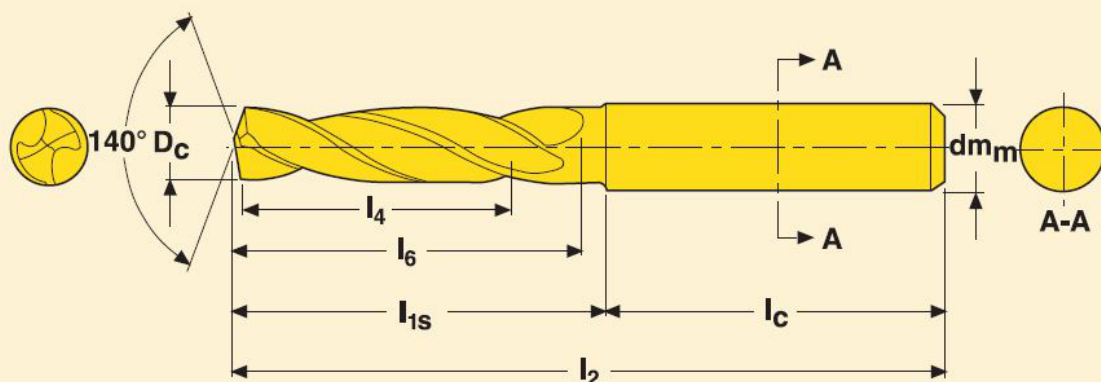
Pro určení parametrů pohonu a tuhosti stroje, je třeba zjistit, jak se na něm bude obrábět a jaké síly při tom budou působit. Toho bude dosaženo díky příkladu, který bude mezní. Tedy jistý extrém, který ještě má vrtačka zvládnout, jindy bude pracovat jen v lepších podmínkách.

3.3.1 Výběr nástroje

Pro operaci vrtání byl zvolen vrták Seco Feedmax™ Universal - SD 1103 obrázek 3.1. Je to monolitní karbidový vrták určený pro širokou škálu materiálů obrobku. Rozměry viz. obrázek 3.2 a tabulka 3.1. [12]



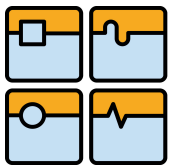
Obr. 3.1 Vrták Seco Feedmax™ Universal - SD 1103 [12]



Obr. 3.2 Rozměry vrtáku Seco Feedmax™ Universal - SD 1103 o průměru 15 mm [12]

Tab. 3.1 Rozměry vrtáku Seco Feedmax™ Universal - SD 1103 o průměru 15 mm [12]

D_c [mm]	l_4 [mm]	l_2 [mm]	l_{1s} [mm]	l_c [mm]	l_6 [mm]	d_m [mm]	K_r
15 m7	45	115	67	48	65	16	140°



3.3.2 Volba materiálu obrobku

Jako materiál jsem zvolil materiál P4, nízkolegovanou konstrukční ocel, podle katalogu Seco viz. obrázek 3.3., kterým splníme podmínku pro maximální vrtný průměr do materiálu o mezi pevnosti $R_m = 600$ MPa.

Oceli, feritické a martenzitické nerezové oceli

SMG	Popis	Vlastnosti	Refer.
P1	Automatové oceli	$360 < R_m < 880$	11 SMn30 $R_m = 385$ N/mm ²
P2	Nízkolegované feritické oceli, $C < 0.25\%$ wt Nízkolegované svařitelné konstrukční oceli	$320 < R_m < 600$	S235JRG2 $R_m = 420$ N/mm ²
P3	Feritické & feritické/perlitické oceli, $C < 0.25\%$ wt Běžné konstrukční oceli Cementační oceli	$430 < R_m < 610$	16 MnCr 5 $R_m = 550$ N/mm ²
P4	Nízkolegované konstrukční oceli, $0.25\% < C < 0.67\%$ wt Nízkolegované kalené & popouštěné oceli	$520 < R_m < 1200$	C 45E $R_m = 660$ N/mm ²
P5	Konstrukční oceli, $0.25\% < C < 0.67\%$ wt Kalené & popouštěné oceli	$550 < R_m < 1200$	42 CrMo 4 $R_m = 700$ N/mm ²

Obr. 3.3 Výběr z materiálů dle katalogu Seco Tools [12]

3.3.3 Volba parametrů vrtání

Hlavní dva parametry při vrtání jsou řezná rychlost v_c a rychlost posuvu v_f , častokrát určená, jako posuv na otáčku f . Doporučenou řeznou rychlost i posuv na otáčku udává výrobce nástroje.

Řezné podmínky – SD1103 Ø3-20

SMG	f										v_c
	Ø3,00	Ø4,00	Ø6,00	Ø8,00	Ø10,00	Ø12,00	Ø14,00	Ø16,00	Ø18,00	Ø20,00	
P1	0,12	0,14	0,18	0,22	0,26	0,28	0,30	0,32	0,34	0,36	105
P2	0,12	0,14	0,18	0,22	0,26	0,28	0,30	0,32	0,34	0,36	105
P3	0,11	0,13	0,17	0,20	0,24	0,26	0,30	0,32	0,32	0,34	90
P4	0,11	0,13	0,17	0,20	0,24	0,26	0,28	0,30	0,32	0,34	80
P5	0,11	0,13	0,16	0,20	0,24	0,26	0,28	0,30	0,32	0,34	75
P6	0,11	0,13	0,16	0,20	0,22	0,26	0,28	0,30	0,32	0,32	85
P7	0,11	0,13	0,16	0,20	0,22	0,26	0,28	0,30	0,32	0,32	80
P8	0,11	0,13	0,17	0,20	0,24	0,26	0,30	0,32	0,32	0,34	75
P11	0,11	0,13	0,16	0,20	0,22	0,26	0,28	0,30	0,32	0,32	75

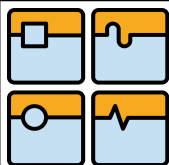
Obr. 3.4 Řezné podmínky vrtáku SD 1103 [12]

Pro průměr vrtáku 15 mm výrobce neudává hodnotu posuvu na otáčku, tedy je možné použít lineární aproximaci z tabulkových hodnot mezi průměry 14 mm a 16 mm, což by vycházelo 0,29 mm/ot nebo zvolit nižší možný, tedy 0,28 mm/ot. A řezné rychlosti 80 m/min. Ovšem tyto hodnoty platí pokud aktivně chladíme a mažeme. Při takovýchto parametrech by také hnací motor musel mít velký výkon a vysoké kroutící momenty, tedy volím parametry přibližně poloviční. $f=0,15$ mm/ot a $v_c=30$ m/min.

Z těchto základních parametrů budou dopočítány ještě otáčky vřetene n .

$$n = \frac{1000 \cdot v_c}{\pi \cdot D_c} = \frac{1000 \cdot 30 \text{ m/min}}{\pi \cdot 15 \text{ mm}} = 637 \text{ ot/min} \quad (3.1)$$

kde v_c je řezná rychlost a D_c průměr nástroje [13]



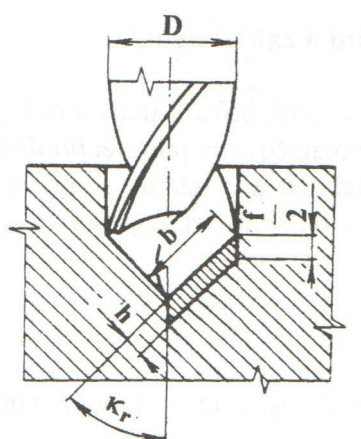
Bakalářská práce

Tab. 3.2 Základní parametry vrtání

Veličina	Značka	Hodnota	Jednotka
Průměr nástroje	D_c	15	mm
Posuv na otáčku	f	0,15	mm/ot
Řezná rychlost	v_c	30	m/min
Otáčky vřetene	n	637	ot/min

3.3.4 Rozměry třísky

Rozměry třísky závisí na posuvu na otáčku, průměru nástroje a počtu břitů nástroje viz obrázek 3.5.



D je průměr nástroje
 b jmenovitá šířka třísky
 h jmenovitá tloušťka třísky
 f posuv na otáčku
 κ_r úhel nastavení hlavního břitu

Obr. 3.5 Průřez třísky při vrtání [13]

Jmenovitá šířka a jmenovitá tloušťka třísky b a h bude vypočítána podle vzorců

$$b = \frac{D_c}{2 \cdot \sin \kappa_r} = \frac{15 \text{ mm}}{2 \cdot \sin 140^\circ} = 11,67 \text{ mm} \quad (3.2)$$

kde D_c je průměr nástroje a κ_r je úhel nastavení hlavního břitu [13]

$$h = \frac{f}{2} \cdot \sin \kappa_r = \frac{0,15 \text{ mm/ot}}{2} \cdot \sin 140^\circ = 0,05 \text{ mm} \quad (3.3)$$

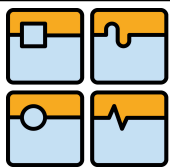
kde f je posuv na otáčku a κ_r je úhel nastavení hlavního břitu [13]

Polovina průměru bývá někdy nahrazena šířkou záběru ostří, především při rozšiřování předvrtaných děr. [13]

Pomocí těchto je možno vypočítat celkový průřez třísky odebíraný jedním břitem.

$$A_{Dl} = h \cdot b = 11,67 \text{ mm} \cdot 0,05 \text{ mm} = 0,56 \text{ mm}^2 \quad (3.4) \quad [13]$$

kde b je jmenovitá šířka třísky a h je jmenovitá tloušťka třísky [13]



Bakalářská práce

Tab. 3.3 Rozměry třísky

Veličina	Značka	Hodnota	Jednotka
Jmenovitá šířka třísky	b	11,67	mm
Jmenovitá tloušťka třísky	h	0,05	mm
Průřez třísky jednoho břitu nástroje	A_{D1}	0,56	mm ²

3.3.5 Síly a moment působící při vrtání a řezný výkon

Pro výpočet síly je třeba znát materiálovou konstantu k_C , měrná řezná síla. Ta nám říká, jak dokáže materiál odolávat plastické deformaci, potažmo řezné síle. Konstantu udávají výrobci nástrojů. Podle dříve vybrané materiálové skupiny P4 (obrázek 3.3) vychází z obrázku 3.6 měrná řezná síla $k_C=2300 \text{ N/mm}^2$.

Average k_C -values, drilling

Seco material group	k_C -value
1	1800
2	1950
3	2100
4	2300
5	2600
6	2800

Obr. 3.6 Průměrné hodnoty měrných řezných sil při vrtání, Seco tools [15]

Hlavní řezná síla na jednom břitu vrtáku bude vypočítána podle vzorce.

$$F_{C1} = k_C \cdot A_{D1} = 2300 \text{ N/mm}^2 \cdot 0,56 \text{ mm}^2 = 1294 \text{ N} \quad (3.5)$$

kde k_C je měrná řezná síla a A_{D1} je průřez třísky jednoho břitu nástroje. [15]

Přibližnou posuvovou sílu určíme podle vzorce. Ta nám nabídne odhad, jak moc velkou sílu bude třeba vyvinout vratidlem a jak bude třeba vratidlo převodovat, aby bylo možno vyvíjet obsluhou takovou sílu. Vzorec převzat z katalogu Seco.

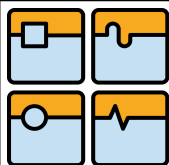
$$F_f = \frac{0,63 \cdot D_C}{2} \cdot f \cdot k_C \cdot \sin(\kappa_r) = \frac{0,63 \cdot 15 \text{ mm}}{2} \cdot 0,15 \text{ mm/ot} \cdot 2300 \text{ N/mm}^2 \cdot \sin(140^\circ) = 1048 \text{ N}$$

(3.6)

kde D_C je průměr nástroje, f posuv na otáčku, k_C měrná řezná síla a κ_r je úhel nastavení hlavního břitu nástroje [15]

Pasivní síla F_p má být v ideálním případě, když je vrták správně upnut a vyvážený, nulová, tedy bude zanedbána. [14]

K výpočtu kroutícího momentu je třeba znát působíště hlavní řezné síly. To je podle obrázku 3.7 ve vzdálenosti $D/4$. A síly F_{C1} působí dvě, obě ideálně stejně velké. Tedy celkový vzorec bude.



Bakalářská práce

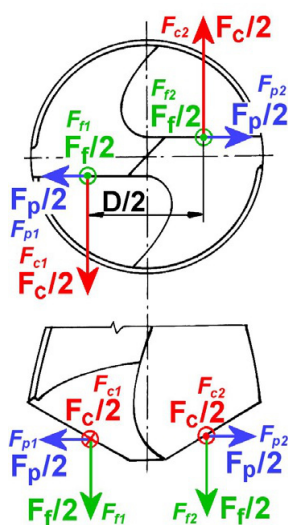
$$M_K = \frac{D_C}{4 \cdot 1000} \cdot F_{C1} \cdot 2 = \frac{15 \text{ mm}}{4 \cdot 1000} \cdot 1294 \text{ N} \cdot 2 = 9,7 \text{ Nm} \quad (3.7)$$

kde D_C je průměr nástroje a F_{C1} hlavní řezná síla na jednom břitu nástroje. [14]

Řezný výkon pak je součin kroutícího momentu a otáček vřetene.

$$P_C = \frac{M_K \cdot n \cdot 2\pi}{60} = \frac{9,7 \text{ Nm} \cdot 637 \text{ ot/min} \cdot 2\pi}{60} = 647 \text{ W} \quad (3.8)$$

kde M_K je kroutící moment a n jsou otáčky vřetene. [14]

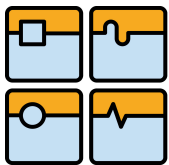


D je průměr nástroje
 F_C celková řezná síla
 F_f posuvová síla
 F_p pasivní síla

Obr. 3.7 Řezné síly na vrtáku [14]

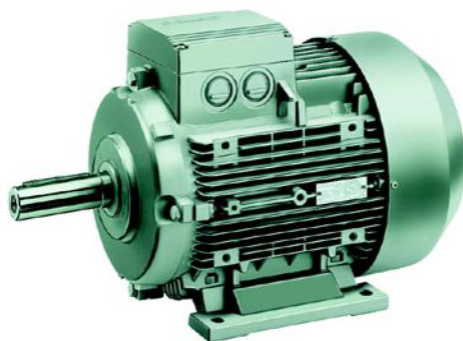
Tab. 3.4 Síly moment a výkon při vrtání

Veličina	Značka	Hodnota	Jednotka
Měrná řezná síla	k_C	2300	N/mm^2
Řezná síla na jednom břitu nástroje	F_{C1}	1294	N
Posuvová síla	F_f	1048	N
Kroutící moment	M_K	9,7	Nm
Řezný výkon	P_C	647	W



3.4 Hnací motor

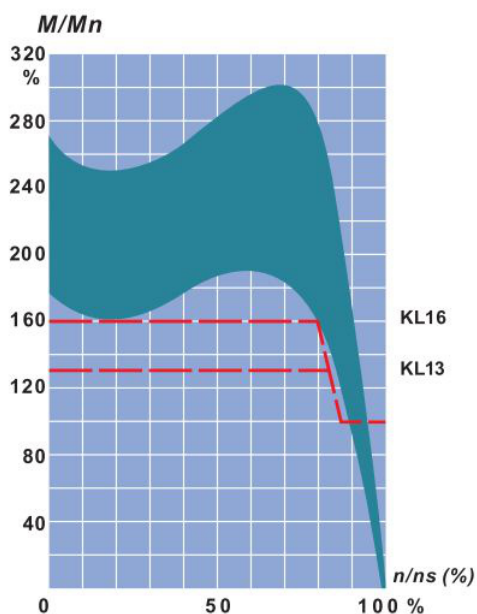
Když jsou známy parametry vrtání, je možno najít motor, který splní požadavky. Nejvhodnější pro použití ve stolní vrtačce je trojfázový asynchronní motor s kotvou nakrátko. Jako takový je levný, jednoduchý a má vhodný průběh krouticího momentu v závislosti na otáčkách.



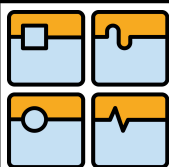
Obr. 3.8 Třífázový asynchronní motor [17]

3.4.1 Popis funkce trojfázového asynchronního motoru

Na statoru motoru je umístěno trojfázové vinutí, které vytváří točivé magnetické pole. Motor se točí v otáčkách pod hranicí synchronních otáček. Tím, že se opožďuje oproti otáčkám magnetického pole, se na kotvě (rotoru) indukuje napětí. Kotvou prochází proud a vzniká tažná síla. Protože motor nemůže dosáhnout synchronních otáček, říká se mu asynchronní, někdy také indukční, protože se na kotvě indukuje napětí. [16]



Obr. 3.9 Závislost momentu na otáčkách AS motoru [17]



Bakalářská práce

Při zatížení, motoru klesají otáčky. V obrázku 3.8 z 100% n/ns na nižší. Zároveň ale také přibližně lineárně roste kroutící moment stroje, až do M_{\max} nebo M_{zv} neboli moment zvratu. Poté již s klesajícími otáčkami klesá i kroutící moment a stroj se může zastavit. Pokud nepřetížíme motor (nebudeme zatěžovat momentem vyšším nežli M_{\max}) bude se motor točit a dávat nám dostatek kroutícího momentu. Pokles otáček je podle obrázku maximálně asi 30 - 35% maximálních otáček. Pokles otáček tedy není zanedbatelný, ale při vrtání nám pouze zpomalí operaci, nijak neovlivní kvalitu.

Maximální otáčky motoru lze ovlivnit změnou frekvence, nebo změnou počtu pólů. [16]

U asynchronních motorů dochází k proudovému rázu. Při zapnutí stroje dochází k velkému nárůstu jmenovitého proudu a to na čtyř až sedminásobnou hodnotu jmenovitého proudu. Tomuto se v praxi zabraňuje různými způsoby, ale v tomto případě není třeba problém řešit, protože motor nedosahuje vysokých výkonů, tedy i proudový ráz při startu není problém. [16]

3.4.2 Volba hnacího motoru

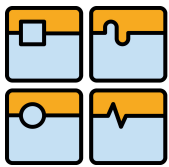
Byl vybrán motor od firmy Siemens. Je to šestipólový třífázový asynchronní motor o výkonu 750 W. Označení 1LA7 090-6AA10.

Jmen. výkon	Velikost	Objednací číslo	Otáčky	Parametry při jmenovitém výkonu				Poměrný záběrný moment	Poměrný záběrný proud	Poměrný moment zvratu	Momentová třída	Momentová charakteristika Diagram č. (str. 16)	Moment setrvačnosti J	Hmotnost
				Účinnost η	Účinek $\cos\Phi$	Jmenovitý proud při 400 V	Jmenovitý moment							
6-pól, 1000 min⁻¹, 50Hz														
kW			min ⁻¹	%		A	Nm	-	-	-	KL		kgm ²	kg
0,06	63	1LA7 060-6AB..	830	39	0,66	0,34	0,7	1,8	2,0	1,8	16	6	0,0003	3,5
0,09	63	1LA7 063-6AB..	870	40	0,70	0,47	1,0	1,8	2,0	1,9	16	6	0,0004	4,1
0,18	71	1LA7 070-6AA..	835	56	0,75	0,62	2,0	2,1	2,3	1,9	16	6	0,0006	6,3
0,25	71	1LA7 073-6AA..	850	61	0,76	0,78	2,8	2,2	2,7	2,0	16	6	0,0009	6,3
0,37	80	1LA7 080-6AA..	920	62	0,72	1,2	3,8	1,9	3,1	2,0	16	6	0,0015	7,5
0,55	80	1LA7 083-6AA..	910	67	0,74	1,6	5,8	2,1	3,4	2,1	16	6	0,0018	9,4
0,75	90S	1LA7 090-6AA..	915	69	0,76	2,1	7,8	2,2	3,7	2,3	16	6	0,0028	12,5
1,1	90L	1LA7 096-6AA..	915	72	0,77	2,9	11,5	2,3	3,8	2,4	16	6	0,0035	15,7
1,5	100L	1LA7 106-6AA..	925	74	0,75	3,9	15	2,2	4,2	2,3	16	6	0,0063	24,0
2,2	112M	1LA7 113-6AA..	940	78	0,78	5,2	22	2,2	4,6	2,5	16	6	0,011	27,0
3	132S	1LA7 130-6AA..	950	79	0,76	7,2	30	1,9	4,2	2,2	16	6	0,015	41,0
4	132M	1LA7 133-6AA..	950	80,5	0,76	9,4	40	2,1	4,5	2,4	16	6	0,019	46,0
5,5	132M	1LA7 134-6AA..	950	83	0,76	12,8	55	2,3	5,0	2,6	16	6	0,025	54,0
7,5	160M	1LA7 163-6AA..	960	86	0,74	17,0	75	2,1	4,6	2,5	16	6	0,041	76,0
11	160L	1LA7 166-6AA..	960	87,5	0,74	24,5	109	2,3	4,8	2,6	16	6	0,049	102,0

Obr. 3.10 Základní parametry šestipólových asynchronních motorů Siemens [17]

Vybraný motor má i s menší rezervou dostatečný výkon i kroutící moment pro vzorovou úlohu. Šestipólový motor byl vybrán z důvodu nižšího nutného převodového poměru.

Upevnění motoru bude provedeno pomocí patek a bude možno zvětšovat vzdálenost motoru od vřetene kvůli napnutí řemene.



Tab. 3.5 Hlavní parametry vybraného motoru

Veličina	Značka	Hodnota	Jednotka
Výkon motoru	P_m	750	W
Jmenovité otáčky	n_n	915	Ot/min
Jmenovitý moment	M_n	7,8	Nm
Moment zvratu	M_{zv}	17,16	Nm
Účinnost	η	69	%
Hmotnost	m_m	12,5	kg

3.5 Přenos výkonu z motoru na vřeteno

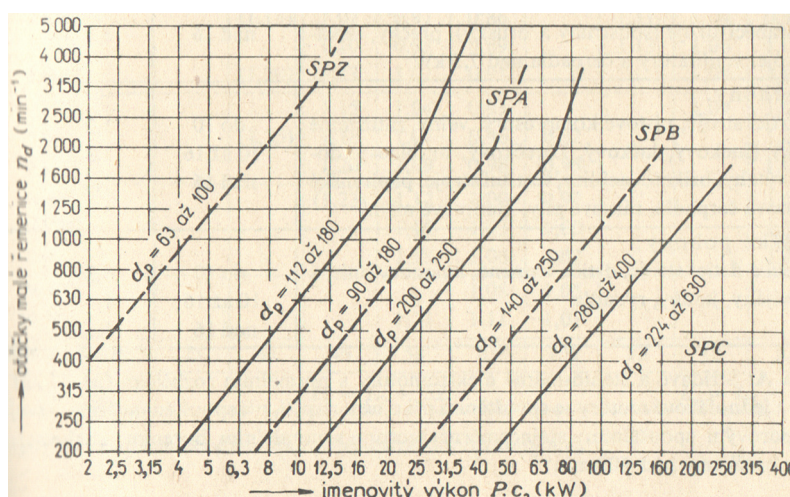
K tomuto účelu bude využito řemenového převodu s klínovým řemenem. Klínové řemeny jsou vhodné k přenášení větších výkonů na kratší vzdálenosti. U komerčních vrtaček je změna řezné rychlosti dosahováno pomocí:

- přestavení řemene po řemenici, skoková změna z jednoho převodového poměru na jiný, omezeno počtem drážek na řemenici
- variátoru, je možno plynule měnit velikost řemenových kol, potažmo měnit převodový poměr
- frekvenčního měniče, mění se přímo otáčky motoru

Byla zvolena první možnost, vrtačka nemusí dosahovat nejnižších strojních časů, tedy stačí nejjednodušší a hlavně nejlevnější řešení.

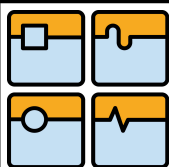
3.5.1 Výběr klínového řemene

Řemen bude zvolen podle knihy Strojnické tabulky pro SPŠ strojnické. [18]



Obr. 3.11 Diagram pro výběr průřezu úzkého klínového řemene [18]

Metodika určení správného průřezu je taková, že kvalifikovaným odhadem podle diagramu 3.11 určíme, který průřez řemene bude vhodný a poté ověříme, zdali



bude stačit pouze jeden řemen.

Tab. 3.6 Parametry úzkého obalovaného řemene SPZ [18]

Vlastnost	Značka	Hodnota	Jednotka
Označení průřezu		SPZ	
Šířka větší základny	b_0	9,7	mm
Výška řemene	h	8	mm
Výpočtová šířka řemene	W_p	8,5	mm
Výpočtová délka řemene	L_w	1000	mm

3.5.2 Návrh převodových poměrů

Bude použita řemenice s 5-ti rychlostními stupni. Jsou známy otáčky motoru. A bylo určeno, jaké by byly vhodné otáčky vřetene.

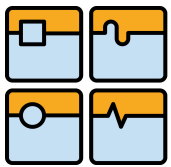
Tab. 3.7 Převodové stupně řemenového převodu

Převodový stupeň	Otáčky n
Jmenovité otáčky motoru	915 ot/min
Vřeteno 1. stupeň	457,5 ot/min
Vřeteno 2. stupeň	688 ot/min
Vřeteno 3. stupeň	915 ot/min
Vřeteno 4. stupeň	1216 ot/min
Vřeteno 5. stupeň	1830 ot/min

Otáčky nevychází jako celá čísla, protože byly vypočítány z výpočtových průměrů řemenic, ta vychází jako celá čísla. Otáčky vřetene díky skluzu motoru nebudou přesně takové, jaké jsou vypočítány, čísla jsou pouze orientační. Skutečná budou nižší.

Tab. 3.8 Výpočtové průměry d_w řemenic jednotlivých stupňů

Převodové stupně	Motor	Vřeteno	Převodový poměr i
1. stupeň	70 mm	140 mm	0,5
2. stupeň	91 mm	121 mm	0,75
3. stupeň	106 mm	106 mm	1
4. stupeň	121 mm	91 mm	1,33
5. stupeň	140 mm	70 mm	2



Převodový poměr vychází z jednoduchého vzorce

$$i = \frac{d_{w1}}{d_{w2}} \quad (3.9)$$

kde i je převodový poměr, d_{w1} výpočtový průměr hnacího kola a d_{w2} výpočtový průměr hnaného kola

Pro výpočet otáček řemenic používáme úpravu tohoto vzorce,

$$i = \frac{n_2}{n_1} \quad (3.10)$$

kde i je převodový poměr, n_1 otáčky hnací řemenice a n_2 otáčky hnané řemenice.

3.5.3 Vzdálenost os při jednotlivých převodových stupních

Při přehození řemene na jiný rychlostní stupeň může dojít ke změně vzdálenosti os řemenic potažmo k jinému napnutí řemene. Aby nebylo třeba při každé změně rychlostního stupně znovu napínat řemen, musí být ověřeno, zdali je rozdíl vzdáleností os zanedbatelný.

Budeme vycházet ze vzorce pro vzdálenost os podle [20].

$$a = 0,25 \cdot \left\{ \left[L_w - \frac{\pi}{2} (D_w + d_w) \right] + \sqrt{\left[L_w - \frac{\pi}{2} (D_w + d_w) \right]^2 - 2 \cdot (D_w - d_w)^2} \right\} \quad (3.11) [20]$$

Kde a je vzdálenost os, L_w výpočtová délka řemene, D_w výpočtový průměr větší řemenice a d_w výpočtový průměr menší řemenice.

Podle tohoto vzorce vyšly výsledky nejmenší 333,16 mm a největší 333,5 mm, tedy rozdíl nejmenšího a největšího je 0,34 mm. To je možno zanedbat.

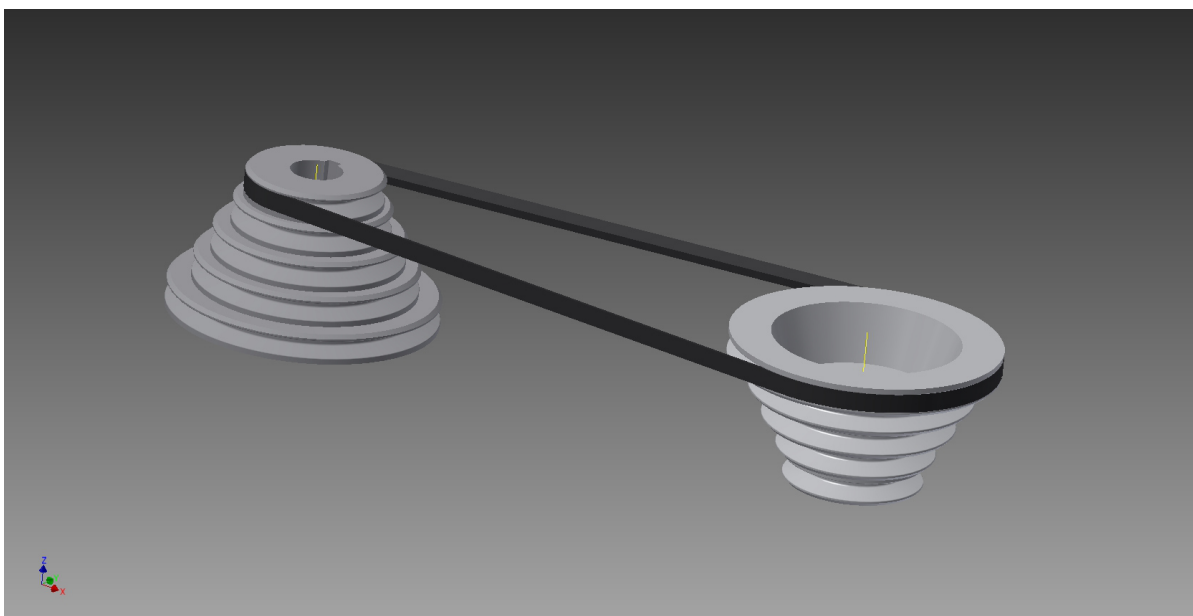
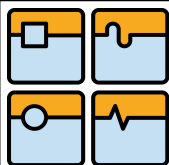
3.5.4 Ověření dostatečného počtu řemenů pro přenos výkonu

Jako pevnostní výpočet pro výkon přenášený řemenem nám stačí ověřit, zdali bude pro přenos výkonu stačit jeden klínový řemen. Problematika bude řešena podle [18]. Použijeme vzorec pro počet řemenů.

$$z = \frac{P \cdot c_2}{P_1 \cdot c_1 \cdot c_3} = \frac{0,75 \text{ kW} \cdot 1}{0,9 \text{ kW} \cdot 0,98 \cdot 0,9} = 0,94 \quad (3.12) [18]$$

Kde P je přenášený výkon, P_1 výkon přenášený jedním řemenem, c_1 součinitel úhlu opásání, c_2 součinitel provozního zatížení a c_3 součinitel délky klínového řemene.

Přenášený výkon byl zvolen jako výkon motoru, čímž dostaneme nejhorší možný scénář. P_1 a c_1 až c_3 je získáno z tabulek podle [18]. Výpočet byl proveden pro všechny převody, ale byl dosazen jen nejhorší možný scénář, který je při nejnižší rychlosti vřetene, tedy 1. stupeň. Výpočet vyšel nižší, než 1, tedy 1 řemen bude stačit. [18]



Obr. 3.12 Řemenový převod

3.6 Návrh pružiny pro zdvih vřetene do původní polohy

Vřeteno bývá u stolních vrtaček zpravidla trvale v horní poloze a až silou je vychylováno směrem k obrobku. Tohoto bude dosaženo pomocí tlačné pružiny.

Vnější průměr pružiny byl určen podle zástavbových podmínek na 50 mm. Průměr drátu byl odhadnut jako 3 mm, tedy velký průměr pružiny bude $50\text{ mm} - 3\text{ mm} = 47\text{ mm}$. Z modelu jsem odhadl hmotnost všech částí, které bude pružina zvedat. Těmi jsou hřídel vřetene, ložiska vřetene, pinola, KM matice a MB podložka, jejich celková hmotnost je přibližně 1,7 Kg. Působí na ně gravitační síla, tedy tíhové zrychlení přibližně $g = 9,81\text{ m/s}^2$. Celková gravitační síla, kterou musí pružina přetlačovat tedy bude

$$F_{gV} = m_V \cdot g = 1,7\text{ kg} \cdot 9,81\text{ m/s}^2 = 16,7\text{ N} \quad (3.13)$$

Tato síla bude zaokrouhlena na 20 N, aby byla menší rezerva a bylo zajištěno vyzvednutí vřetene. Pružina bude mít při těchto 20 N délku 84 mm daných zástavbovými rozměry. Maximálně stlačená bude mít délku 24 mm vzhledem k vrtací hloubce 60 mm. Délku nestlačené pružiny volím 100 mm. Nyní pokud bereme pružinu jako lineární, můžeme určit tuhost pružiny. Vyjdeme z fyzikálního vzorce pro pružnost.

$$F = k \cdot s \quad (3.14)$$

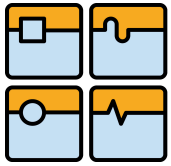
kde F je síla působící na pružinu, k je tuhost pružiny a s stlačení pružiny

Po úpravě získáme

$$k = \frac{F}{s} \quad (3.15)$$

a dosadíme za sílu $F = 20\text{ N}$ a za stlačení pružiny $s = 100\text{ mm} - 84\text{ mm} = 16\text{ mm}$, tedy

$$k = \frac{F}{s} = \frac{20\text{ N}}{16\text{ mm}} = 1,25\text{ N/mm} \quad (3.16)$$



Bakalářská práce

Tuhost pružiny tedy bude 1,25 N/mm.

Při maximálním stlačení bude síla od pružiny podle vzorce

$$F = k \cdot s = 1,25 \text{ N/mm} \cdot 76 \text{ mm} = 95 \text{ N} \quad (3.17)$$

kde za k dosazují tuhost pružiny a za s maximální stlačení pružiny tedy $100 \text{ mm} - 24 \text{ mm} = 76 \text{ mm}$

Tuto sílu po odečtení gravitační síly vřetene, tedy přibližně 75 N, budeme muset přetlačit spolu s posuvovou silou.

Známe délku nezátíženou pružiny a průměr pružiny a drátu, chybí nám tedy počet závitů pružiny. Tento vypočítáme pomocí vzorce z [18].

$$n = \frac{G \cdot d^4}{8 \cdot k \cdot D^3} = \frac{7,85 \cdot 10^4 \text{ MPa} \cdot (3 \text{ mm})^4}{8 \cdot 1,25 \text{ N/mm} \cdot (47 \text{ mm})^3} = 6,12 \quad (3.18) \quad [18]$$

kde G je modul pružnosti ve smyku, pro pružinovou ocel $G = 7,85 \cdot 10^4 \text{ MPa}$ [18], d je průměr drátu pružiny, k tuhost pružiny a D velký průměr pružiny.

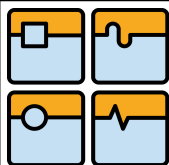
Počet závitů pružiny zaokrouhlují dolů na 6. Tím dosáhnou o trochu vyšší tuhost. A další rezervu v síle pro vyzvednutí vřetene.

Tab 3.9 Parametry pružiny

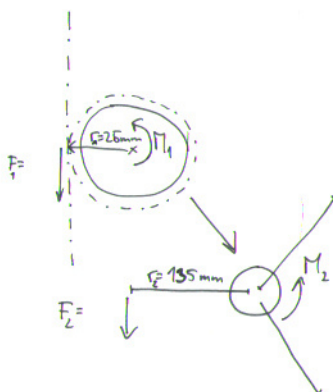
Veličina	Značka	Hodnota	Jednotka
Délka nestlačené pružiny	l_0	100	mm
Průměr drátu	d	3	mm
Průměr pružiny	D	47	mm
Tuhost pružiny	k	1,25	N/mm
Počet závitů pružiny	n	6	-

3.7 Síla kterou je nutno vyvinout na rameni vratidla

Z technologické úlohy bylo vypočítáno, že posuvová síla $F_f = 1040 \text{ N}$, síla od stlačení pružiny je přibližně 75 N, pokud zanedbáme tření, je tedy dohromady třeba překonat sílu $1040 \text{ N} + 75 \text{ N} = 1115 \text{ N}$. Ozubené kolo má průměr 25 mm a na vratidle zabíráme na rameni 135 mm.



Bakalářská práce



Obr. 3.13 Síla nutná pro posuv vřetene

Budeme řešit rovnici kde momenty M_1 a M_2 podle obrázku 3.13 jsou stejně velké.

$$M_1 = M_2 \quad (3.19)$$

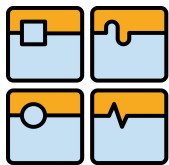
$$F_1 \cdot r_1 = F_2 \cdot r_2 \quad (3.20)$$

Z toho vyjádříme sílu F_2 jako

$$F_2 = \frac{F_1 \cdot r_1}{r_2} = \frac{1115 \text{ N} \cdot 25 \text{ mm}}{135 \text{ mm}} = 206 \text{ N} \quad (3.21)$$

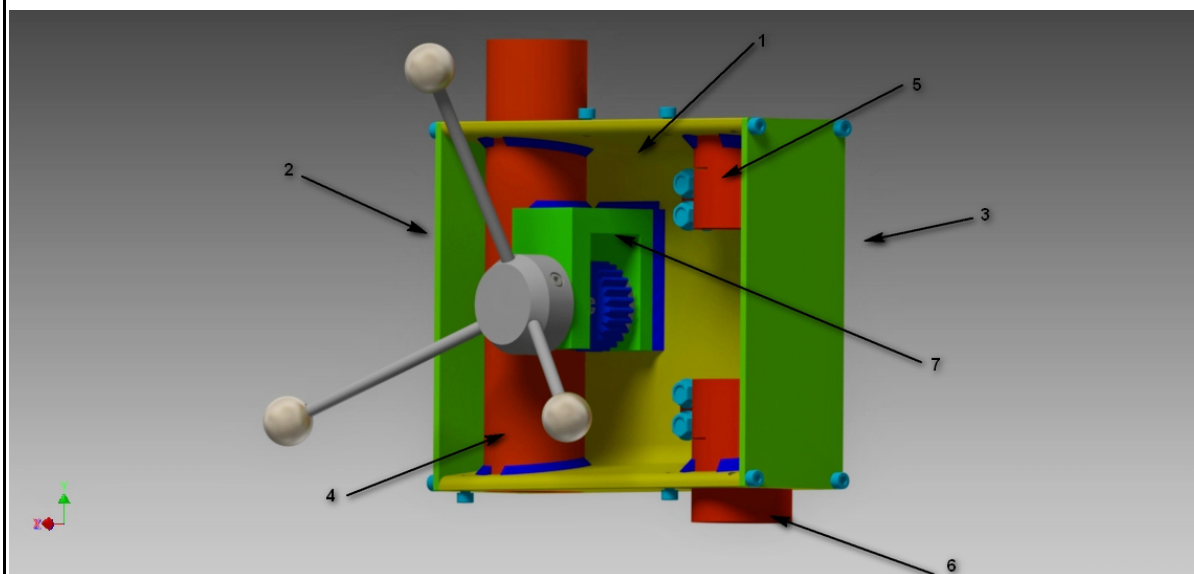
Značení vychází z obrázku 3.13.

Síla F_2 nutná pro posuv vřetene při této mezní úloze je tedy 206 N.



3.8 Konstrukce vřeteníku

Vřeteník je konstruován jako svařenec. Základem je U-profil DIN 1026-1 U 220. Do něj jsou vyvrtány dva otvory pro sloup a vřeteno. Do otvorů je vložena trubka vřetene a vrchní a spodní držák sloupu, tyto jsou přivařeny koutovým svarem. K rámu vřeteníku je také přivařen domek posuvu vřetene. Zepředu a zezadu je vřeteník zakryt jednoduchými kryty, které také napomáhají tuhosti vřeteníku. Z pravé strany je vřeteník zakryt plechovým krytem. Veškeré krytování je připevněno pomocí šroubů s vnitřním šestihranem.



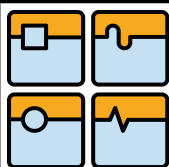
Obr. 3.14 Konstrukce vřeteníku

1- Rám vřeteníku (U-profil), 2- Přední kryt, 3- Zadní kryt, 4-Trubka vřetene, 5- Vrchní držák sloupu, 6- Spodní držák sloupu, 7- Domek posuvu vřetene

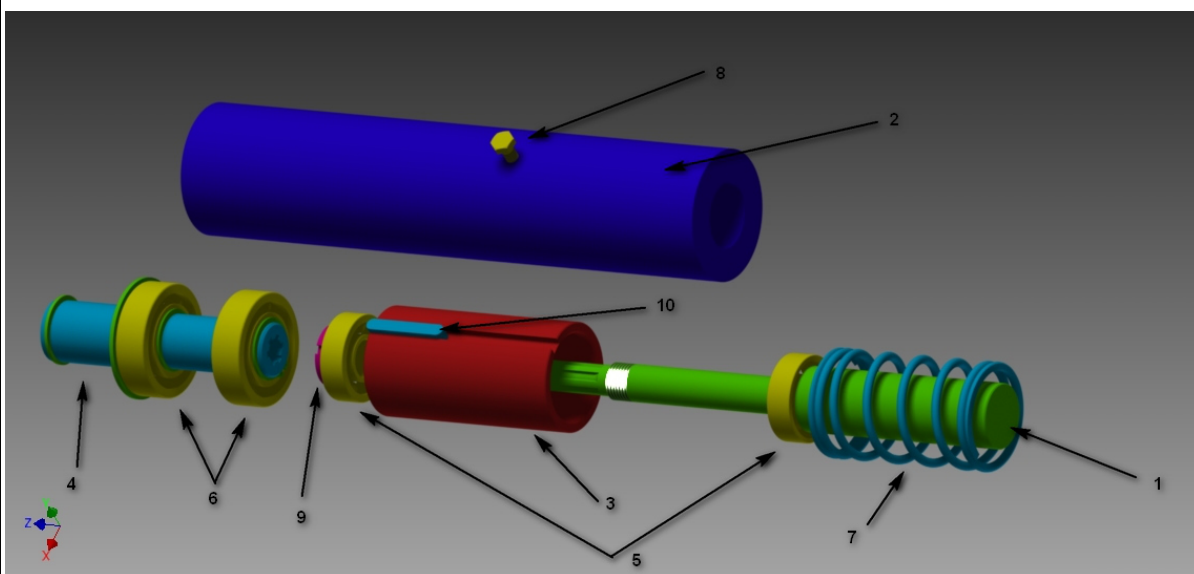
3.8.1 Vřeteno

Vřeteno je nejdůležitější a nejnáročnější část stroje. Je nejvíce namáháno a musí být zajištěna jeho co nejvyšší přesnost. Přesnosti stroje musí být řádově větší nežli přesnosti obrobku. Přesnost vřetene charakterizujeme pomocí radiálního a axiálního házení. Při zatížení nesmí vřeteno měnit svoji polohu v prostoru a je třeba zajistit vymezení vůlí vzniklých možným opotřebením stroje. Zároveň ovšem uložení nemůže být příliš tuhé, protože by docházelo k vysokému tření, ztrátám do tepla, zahřívání součástí a následnému vzniku nepřesností. Schopnost reagovat na zatížení s co nejmenší deformací je definována jako tuhost. Vřeteno je třeba dostatečně staticky i dynamicky vyvážit, aby nedocházelo ke chvění, které má výrazný dopad na kvalitu obrobeného povrchu. [19]

Základem vřetene je hřídel, na spodním konci hřídele je válcová část, ve které je vysoustružen morse kužel MK 3 a drážka pro vyrážecí trn. Do morse kuželu lze upnout jak přímo vrták, tak různá sklíčidla. Na menším průměru jsou dvě kuličková ložiska od výrobce SKF, SKF 7203 BE ložiska kuličková s kosoúhlým stykem. Tyto se vyznačují schopností přenášet vyšší, jak axiální, tak radiální zatížení při relativně vysokých rychlostech otáčení. Pro zvýšení přesnosti by bylo



možno nahradit je přesnými kuličkovými ložisky s kosoúhlým stykem nebo kuželíkovými ložisky pro vyšší zatížení. Pro zvýšení efektivity by mohlo být také ložisko bližší k nástroji větší, protože přenáší vyšší síly. Ložiska jsou zajištěna větším průměrem na hřídeli, uložení v pinole a KM3 maticí s MB3 podložkou. Vrchní konec hřídele je osazen rovnobokým drážkováním podle ČSN 01 4942 6x11x14 a může se vysunovat a zasunovat do hřídele řemenice, drážky přenáší kroutící moment. Pinola drží pohromadě s hřídelí vřetene díky ložiskům a pohybuje se v trubce vřetene. Na ní je vyfrézováno hřebenové ozubení, které zabírá s ozubeným kolem, to zajišťuje posuv vřetene v ose. Také je na pinole vyfrézována drážka pro pero, pero zajišťuje pinolu proti pootočení oproti trubce vřetene. Vymezovací šroub tlačí přes pero na pinolu a vymezuje vůli mezi trubkou a pinolou.



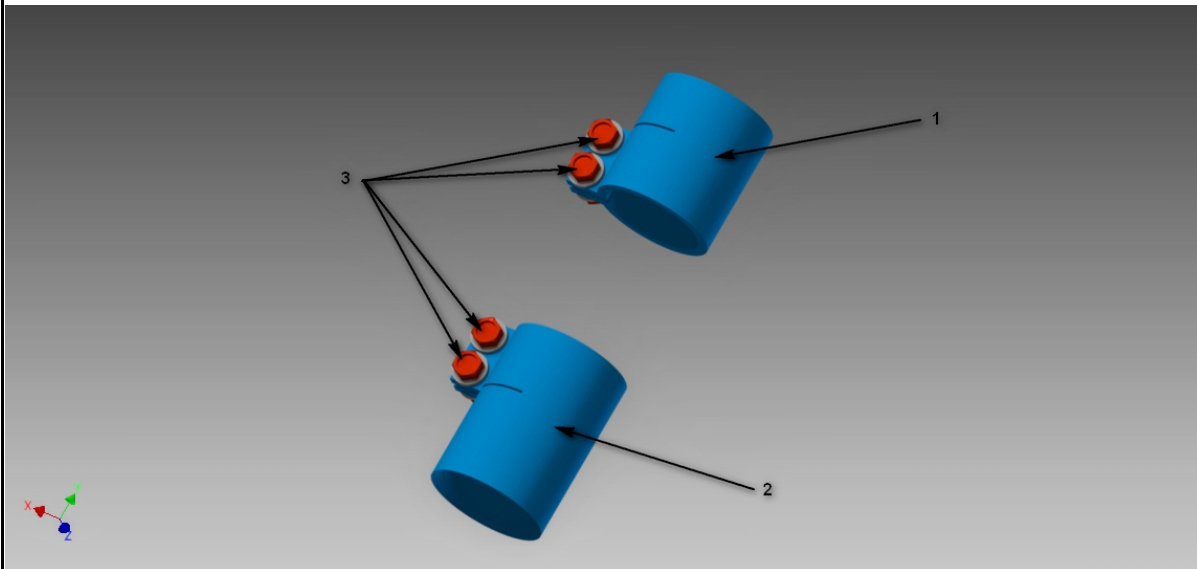
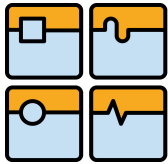
Obr. 3.15 Vřeteno vrtačky

- 1- Hřídel vřetene, 2- Trubka vřetene, 3- Pinola, 4- Hřídel řemenice, 5- Ložiska vřetene (SKF 7203 BE), 6- Ložiska hřídele řemenice (SKF 6205-2RS), 7- Pružina, 8- Vymezovací šroub, 9- KM3 matice a MB3 podložka, 10- Pero (6x6x40 DIN6885A)

Hřídel vřetene je tlačena nahoru do původní polohy pružinou. Hřídel řemenice je uložena v ložiscích SKF 6205-2RS. Jsou to kuličková ložiska oboustranně zakrytovaná s vnitřní náplní maziva. V trubce vřetene nezávisle na hřídeli vřetene, aby deformace způsobené napnutím řemene nepůsobily na nástroj. Axiální posuv ložisek a hřídele je zamezen pomocí pojistných kroužků DIN 471 a vyššího průměru na hřídeli. Pomocí pojistných kroužků DIN 471 je také zajištěna řemenice na hřídeli.

3.8.2 Upevnění vřeteníku na sloup

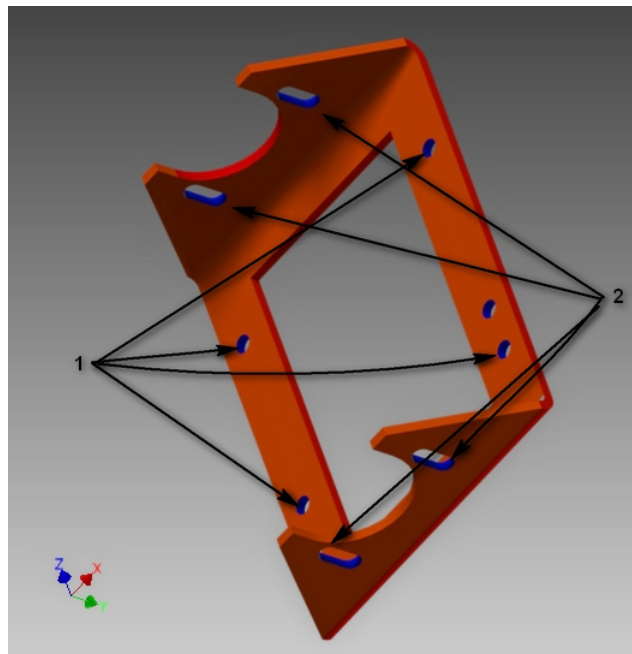
Svarek vřeteníku je upevněn na sloup pomocí dvou držáků, které jsou přivařeny na kostru vřeteníku koutovými svary. Oba dva jsou válcové a sloup je do nich uložen s vůlí. Tato vůle se vymezí díky části, která je nařiznutá. V ní jsou šrouby DIN EN 4015 M8x30 s maticemi DIN EN 24034 a podložkami DIN 6796, jejichž utažením se vymezí vůle a sloup pevně drží.



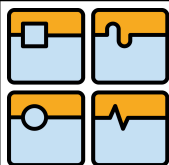
Obr. 3.16 Upevnění vřeteníku na sloup
1- Vrchní držák sloupu, 2- Spodní držák sloupu, 3- Šroubové spojení

3.8.3 Držák motoru

Motor vrtačky bývá zpravidla uchycen tak, že je možno měnit vzdálenost osy vřetene a osy motoru a takto napínat řemen stroje. Řemen je možno napnout povolením 4 šroubů DIN 6921 M8x16 na horní a spodní straně, následným napnutím a utažením šroubů. Motor drží na držáku pomocí 6-ti šroubových spojení šroubů DIN EN 4015 M8x30 s maticemi DIN EN 24034 a podložkami DIN 6796.

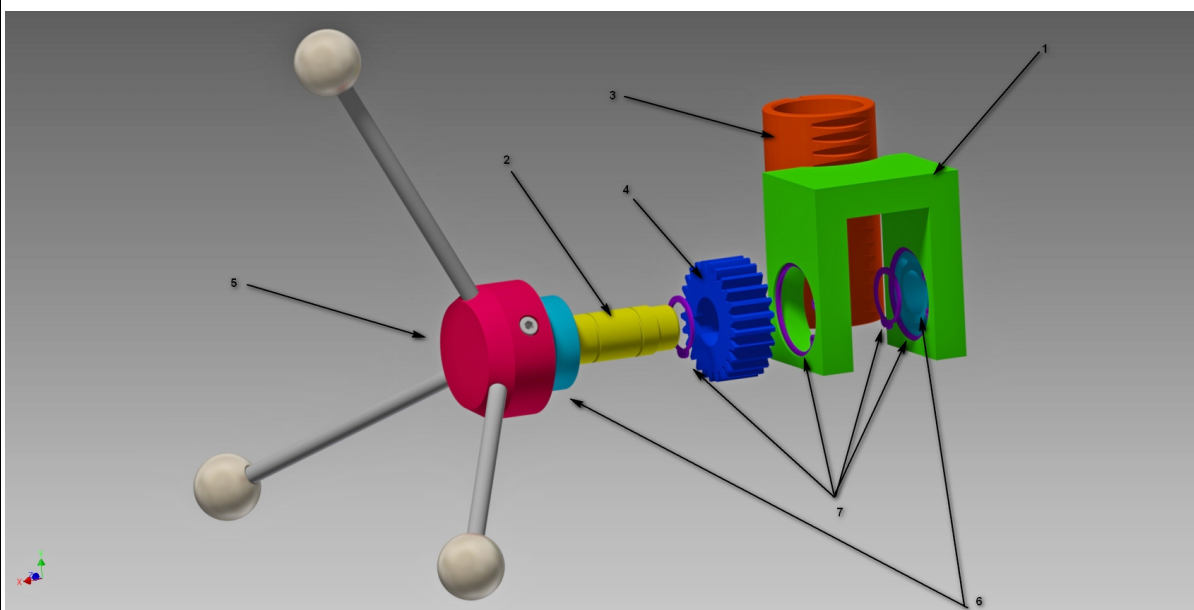


Obr. 3.17 Držák motoru
1- Otvory pro šrouby držící motor, 2- Otvory pro šrouby držící držák na vřeteníku



3.8.4 Posuv vřetene v ose

Posuv v ose vrtání je zajištěn pomocí ozubeného hřebene na pinole a ozubeného kola na hřídeli s vratidlem. Hřídel ozubeného kola je uložena v kuličkových ložiscích SKF 6004-2RZ krytovaných, s náplní maziva, uložených v ložiskovém domku. Axiální posuv hřídele, ložisek a ozubeného kola na hřídeli je zamezen pomocí pojistných kroužků DIN 471, osazením na hřídeli a pravé ložisko je opřeno o rám vřeteníku. Přenos kroutícího momentu mezi hřídelí a kolem je zajištěn pomocí těsného pera DIN 6885 A A 8 x 7 x 18. Celý ložiskový domek je přivařen k rámu vřeteníku a k trubce vřetene koutovými svary. Pro styk ozubeného hřebene a ozubeného kola je v trubce vřetene vyfrézována díra. Po složení a založení hřídele a ozubeného kola do ložiskového domku a po zakrytí vřeteníku je na konec hřídele pomocí šroubů DIN EN ISO 4762 M5 x 20, zapuštěných, s vnitřním šestihranem, přimontován střed a ramena vratidla. Ramena mají na obou koncích vyrobený závit M8, jsou zašroubována ve středu vratidla a jsou do nich našroubovány kuličky na koncích.

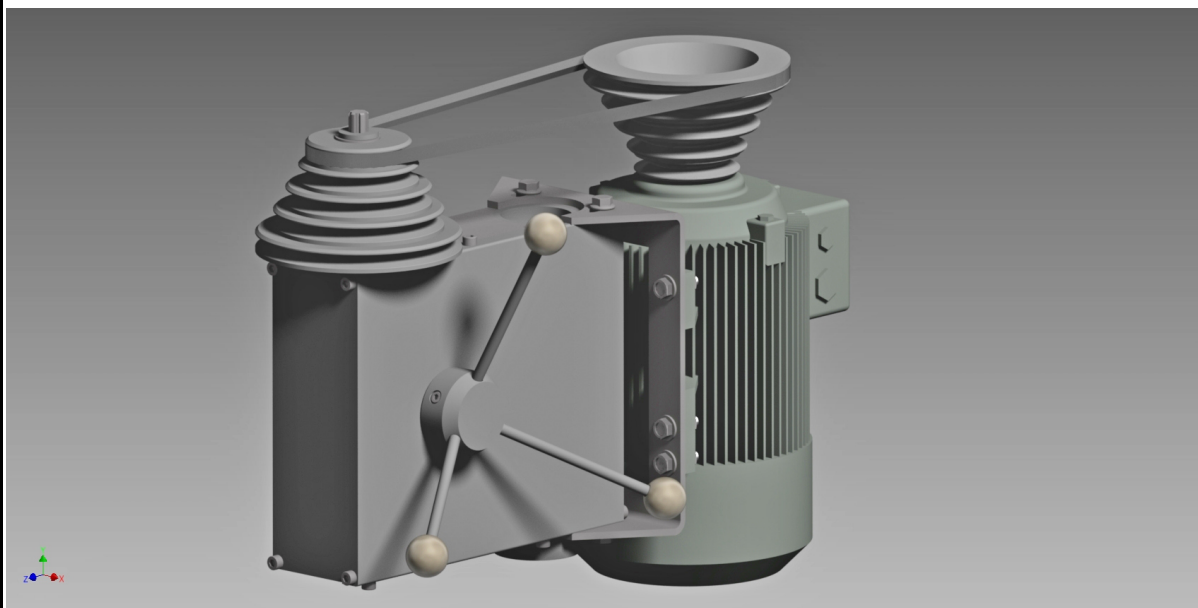
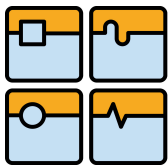


Obr. 3.18 Posuv vřetene v ose

1- Domek ložisek, 2- Hřídel ozubeného kola, 3- Pinola, 4- Ozubené kolo, 5- Vratidlo, 6- Ložiska (SKF 6004-2RZ), 7- Pojistné kroužky (DIN 471)

3.8.5 Sestavení vřeteníku

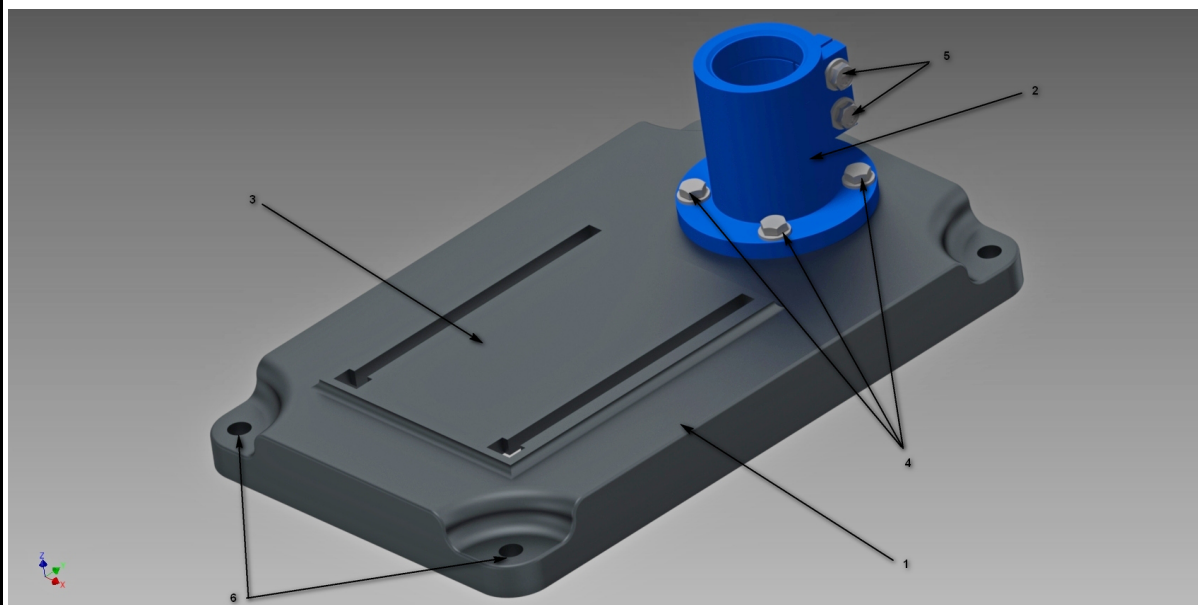
Do svařeného rámu vřeteníku se vloží vřeteno a posuv vřetene. Vřeteno se nasune na sloup a dotáhne pomocí šroubů. Nyní je možné vřeteník zakrytovat a na hřídel posuvu nasunout a ustavit vratidlo. Přišroubuje se držák motoru a motor. Na motor a vřeteno se uloží vřetenice. Na motor připevní pomocí šroubů, ne vřeteno pomocí pojistných kroužků. Nasadí se a napne řemen. Tímto je složen vřeteník.



Obr. 3.19 Vřeteník

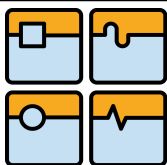
3.9 Konstrukce podkladové desky

Podkladová deska je vyrobena jako odlitek. Na desce je vyfrézována plocha pro upínání velkých obrobků nebo svěráků. K ustavení je možno využít drážek. Pomocí čtyř otvorů pro šrouby M12 je možno podkladovou desku upevnit k ponku, či pracovnímu stolu. Čtyřmi šrouby DIN EN 24017 M8 x 25 je k desce připevněn přidržovací kruh sloupu. Do tohoto je vsunut sloup a upevněn pomocí vymezení vůle šroubovým spojením šrouby DIN EN 4015 M8x35 s maticemi DIN EN 24034 a podložkami DIN 6796.



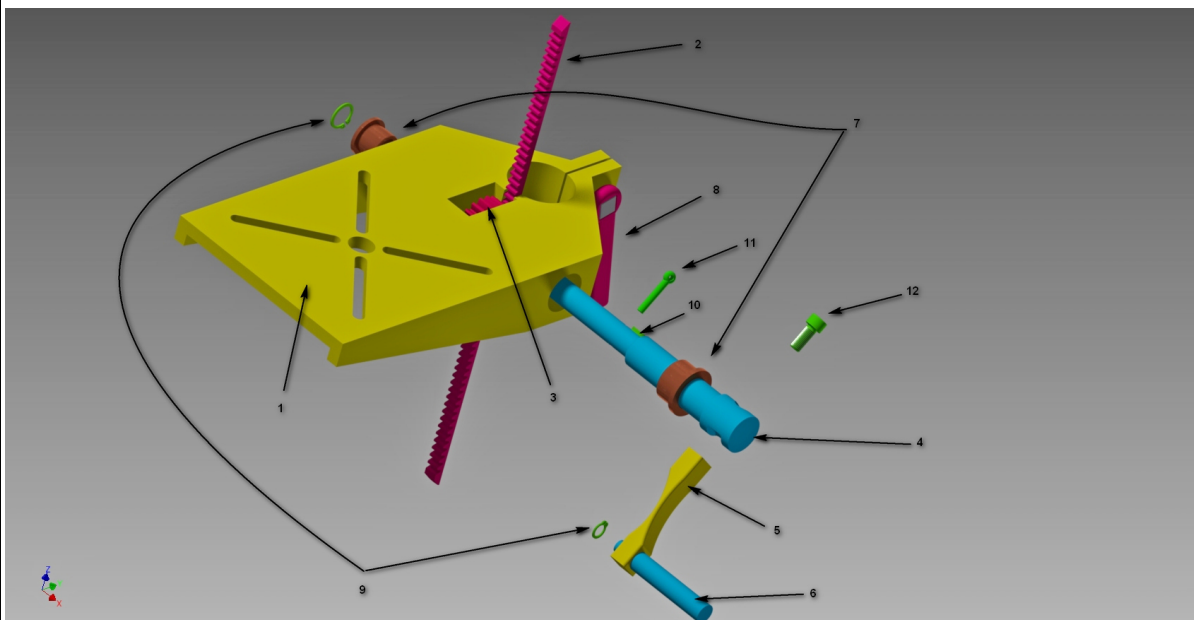
Obr. 3.20 Podkladová deska

1- Podkladová deska, 2- Přidržovací kruh sloupu, 3- Upínací plocha, 4- Šrouby držící upínák sloupu, 5- Vymezovací šrouby, 6- Otvory pro upnutí upínací desky k ponku



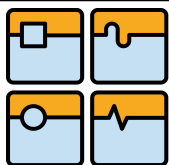
3.10 Posuvný stůl

Stůl na sloupu je určen k upevnění obrobků běžných velikostí nebo upínacích svěráků. Je možné jej přestavovat v ose nástroje i pootáčet okolo osy sloupu. Pro přestavení v ose používáme kombinaci ozubeného kola a ozubeného hřebene. Ozubený hřeben je přiložen na sloupu a vymezen uložením ve stole, v přidržovacím kruhu sloupu a ve spodním držáku sloupu. Ozubené kolo je na hřídeli vsunuté ve stole. Hřídel je uložena v kluzných ložiscích DIN 1850-1 U. Axiálně zajištěna pomocí osazení na hřídeli a pojistného kroužku. Ozubené kolo je na hřídeli zajištěno pomocí osazení na hřídeli a pomocí závlačky 5x28 ČSN 02 1781.00 s podložkou DIN 988 S18 x 25 a kroutící moment je přenášán přes těsné pero DIN 6885 A A 6 x 6 x 14. Pro ustavení stolu v určité poloze se ramenem pro uzamčení polohy stolu utáhne šroub, tím se vymezi vůle mezi stolem a sloupem a zamezí se pohybu stolu. Ve stole jsou vyfrézovány drážky pro upnutí svěráků či obrobku.



Obr. 3.21 Posuvný stůl

1- Upínací plocha, 2- Ozubený hřeben, 3- Ozubené kolo, 4- hřídel posuvu, 5- Rameno posuvu, 6- Madlo posuvu, 7- Kluzná ložiska uložení hřídele (DIN 1850-1 U), 8- Rameno pro uzamčení polohy stolu, 9- Pojistné kroužky (DIN 471), 10- Pero těsné (DIN 6885 A A 6 x 6 x 14), 11- Závlačka (5x28 ČSN 02 1781.00), 12- Šroub držící rameno posuvu



Závěr

Cílem práce bylo provést rešerši v oblasti stolních vrtaček. Na základě té provést návrhové výpočty a zkonstruovat 3D model stolní vrtačky.

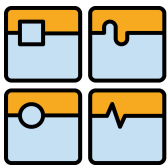
Bylo rešeršováno 5 firem: Heltos Slavonice, Proma, Arnz Flott, Optimum maschinen a Einhell a jejich produkty v oblasti stolních vrtaček. Podle toho byly zvoleny parametry pro vlastní konstrukci a navrhnutá vrtačka.

Pro pohon byl zvolen asynchronní motor, přenos kroutícího momentu z motoru na vřeteno stroje je realizován pomocí řemenového převodu. Díky manuálnímu přestavení řemene po řemenici je možno měnit převodový poměr. Přísun nástroje k obrobku je realizován pomocí dvojice ozubený hřeben s ozubeným kolem a vratidla pro otočení ozubeným kolem. Nástroje jsou upnuty do vřetene pomocí Morse kuželu MK 3. Vrtačka má dva pracovní stoly, jeden stálý na podkladové desce stroje a jeden posuvný a otočný okolo sloupu. Ke stolu je připevněna pomocí 4 šroubů.

Byla snaha zkonstruovat jednoduchý stroj s dostatečným výkonem pro běžné použití a za co nejnížší cenu. K tomu bylo směřováno.

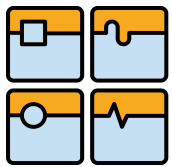
Tab. 4.1 Parametry konstruované vrtačky

Parametr	Hodnota
Vrtací průměr do oceli 600MPa [mm]	15
Vrtací hloubka [mm]	60
Vyložení vřetene [mm]	150
Vzdálenost vřetene od stolu [mm] min/max	20/350/500
Rozsah otáček [ot/min], počet rychlostních stupňů	915-1830
Výkon hnacího motoru [W]	750
Hmotnost [kg]	63

	Ústav výrobních strojů, systémů a robotiky	Str. 55
	Bakalářská práce	

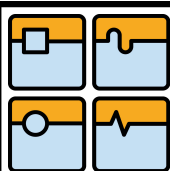
Seznam použitých zdrojů

- [1] O firmě. *Stolní a sloupové vrtačky - stolní a pásové brusky Heltos a.s.* [online]. Heltos, © 2008 [cit. 2015-02-11]. Dostupné z: <http://www.heltos.cz/o-firme.html>
- [2] Stolní vrtačky. HELTOS. *Stolní a sloupové vrtačky - stolní a pásové brusky Heltos a.s.* [online]. Heltos, © 2008 [cit. 2015-03-04]. Dostupné z: <http://www.heltos.cz/stolni-vrtacky-1-1.html>
- [3] Značka PROMA. SA TRADE. *Stroje a nářadí - PROMA* [online]. Praha: SA Trade, ©2008-2015 [cit. 2015-02-11]. Dostupné z: <http://www.promacz.cz/firma.php>
- [4] Stolní a stojanové vrtačky. *Stroje a nářadí - PROMA* [online]. Praha: SA trade, © 2008-2015 [cit. 2015-03-04]. Dostupné z: <http://www.promacz.cz/stroje-naradi/Obrabeci-stroje-na-kov/Stolni-a-stojanove-vrtacky/227/C>
- [5] High Quality made in Germany. ARNZ FLOTT. *Arnz FLOTT GmbH Werkzeugmaschinen* [online]. Remscheid (Německo): Arnz FLOTT, [(c) 2015] [cit. 2015-03-04]. Dostupné z: <http://www.flott.de/en/flott/company/high-quality-made-in-germany>
- [6] Vrtačky FLOTT: kvalitní, moderní a profesionální německé vrtačky do výroby. APJ PRAHA. *FLOTT: Vrtačky sloupové, stojanové a stolní vrtačky, pásové brusky, pily* [online]. APJ Praha, (C) 2011 [cit. 2015-03-04]. Dostupné z: <http://www.flott.cz/?i=224/flott-vrtacky>
- [7] About us. OPTIMUM MASCHINEN. *Optimum Machines* [online]. Německo: Optimum Maschinen Germany GmbH, © 2005 [cit. 2015-03-04]. Dostupné z: <http://www.optimum-machines.com/about-us/index.html>
- [8] Drilling machines. OPTIMUM MASCHINEN. *Optimum Machines* [online]. Německo: Optimum Maschinen Germany GmbH, © 2005 [cit. 2015-03-04]. Dostupné z: <http://www.optimum-machines.com/products/drilling-machines/index.html>
- [9] Stolní vrtačky. PRVNÍ HANÁCKÁ BOW. *První hanácká BOW: Obráběcí a tvářecí stroje, kompresory a další vybavení dílny* [online]. První hanácká BOW, © 2005 - 2015 [cit. 2015-03-04]. Dostupné z: <http://www.bow.cz/produkty/stolni-vrtacky/>
- [10] Einhell: Facts and Figures. *Einhell Germany AG* [online]. Německo: Einhell Germany AG, © 2015 [cit. 2015-03-11]. Dostupné z: http://www.einhell.com/com_en/company/facts-figures.html
- [11] Bench drills. *Products Einhell* [online]. Německo: Einhell Germany AG, © 2015 [cit. 2015-03-11]. Dostupné z: <http://products.einhell.com/stationary-tools/bench-drills.html>
- [12] SECO TOOLS. *Obrábění otvorů: Katalog a technický průvodce 2015*. Brno, 2015. Dostupné z: https://www.secotools.com/CorpWeb/Czech%20Republic/katalogy/2015/CZ_Catalog_Holemaking_2015_Inlay_LR.pdf
- [13] KOČMAN, Karel a Jaroslav PROKOP. *Výrobní technologie II: [obrábění]*. Brno: CERM, 2002, 83 s. Učební texty vysokých škol (Vysoké učení technické v Brně. Fakulta strojního inženýrství). ISBN 80-214-2189-4.
- [14] HUMÁR, Anton. *Technologie I: Technologie obrábění- 2.část*. Brno, 2004.
- [15] SECO TOOLS. *Drilling: Formulae*. Seco Tools. Björnbacksvägen, Copyright © 2015. Dostupné z: <http://ecat.secotools.com>

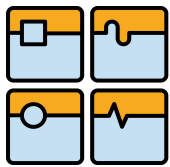


Bakalářská práce

- [16] HAMMER, Miloš. *Elektrotechnika a elektronika: přednášky*. Vyd. 1. Brno: Akademické nakladatelství CERM, 2006, 134 s. Učební texty vysokých škol (Vysoké učení technické v Brně). ISBN 80-214-3334-5.
- [17] SIEMENS. *Nízkonapěťové motory: Trojfázové asynchronní motory nakrátko*. Praha, 2007. Dostupné z:
http://www.elektromotory.net/upload/file/katalog_1la7.pdf
- [18] VÁVRA, Pavel. *Strojnické tabulky pro SPŠ strojnické*. 2. vyd. Praha: SNTL, 1984, 671 s. 04-234-84.
- [19] BRENÍK, Přemysl et al. *Obráběcí stroje: konstrukce a výpočty*. Praha: SNTL, 1982, 576 s.
- [20] SHIGLEY, Joseph Edward, Charles R MISCHKE a Richard G BUDYNAS. 2010. *Konstruování strojních součástí*. 1. vyd. Editor Martin Hartl, Miloš Vlk. Brno: VUTIUM, 1159 s. ISBN 978-80-214-2629-0.
- [21] Drill: History. *Wikipedia: the free encyclopedia* [online]. San Francisco (CA): Wikimedia Foundation, 2001- [cit. 2015-05-19]. Dostupné z:
<http://en.wikipedia.org/wiki/Drill>
- [22] HLUCHÝ, Miroslav. *Mechanická technologie*. 1. vyd. Praha: SNTL, 1966, 342 s. 5551 04-203-65.

**Seznam použitých symbolů a zkratek**

Symbol	Popis	Jednotka
a	Vzdálenost os řemenic	[mm]
A_{D1}	Průřez třísky odebíraný jedním břitem nástroje	[mm ²]
b	Jmenovitá šířka třísky	[mm]
b_0	Šířka větší základny řemene	[mm]
c_1	Součinitel úhlu opásání	[-]
c_2	Součinitel provozního zatížení	[-]
c_3	Součinitel délky klínového řemene	[-]
d	Průměr drátu pružiny	[mm]
d_{m}	Průměr stopky nástroje	[mm]
d_w	Výpočtový průměr řemenice	[mm]
D	Maximální vrtací průměr	[mm]
D	Velký průměr pružiny	[mm]
D_C	Průměr nástroje	[mm]
f	Posuv nástroje na otáčku	[mm/ot]
F	Síla působící na pružinu	[N]
F_{C1}	Řezná síla	[N]
F_{gV}	Gravitační síla vřetene	[N]
F_f	Posuvová síla	[N]
F_p	Pasivní síla	[N]
F_1	Síla nutná pro posuv vřetene, na hřebeni	[N]
F_2	Síla nutná pro posuv vřetene, na vratidle	[N]
g	Tíhové zrychlení	[m/s ²]
G	Modul pružnosti ve smyku	[MPa]
h	Jmenovitá tloušťka třísky	[mm]
h	Výška řemene	[mm]
i	Převodový poměr	[-]
k	Tuhost pružiny	[N/mm]
k_c	Měrná řezná síla	[N/mm ²]
l_c	Délka stopky nástroje	[mm]
l_0	Délka nezatížené pružiny	[mm]
l_{1s}	Délka břitu nástroje	[mm]
l_2	Délka nástroje	[mm]
l_4	Parametr nástroje	[mm]
l_6	Parametr nástroje	[mm]
L_w	Výpočtová délka řemene	[mm]
m_m	Hmotnost motoru	[kg]
m_v	Hmotnost vřetene	[kg]
M_k	Kroutící moment	[Nm]
M_n	Jmenovitý moment	[Nm]
M_{zv}	Moment zvratu	[Nm]
M_1	Moment působící na ozubené kolo posuvu vřetene	[Nm]
M_2	Moment vyvolaný silou F_2 na ose vratidla	[Nm]
n	Otáčky	[ot/min]
n	Počet závitů pružiny	[-]
n_n	Jmenovité otáčky	[ot/min]



Bakalářská práce

P	Přenášený výkon	[kW]
P_c	Řezný výkon	[kW]
P_m	Výkon motoru	[kW]
P_1	Výkon přenášený jedním řemenem	[kW]
r_1	Poloměr ozubeného kola posuvu včetně	[mm]
r_2	Délka ramene vratidla	[mm]
R_m	Mez pevnosti	[MPa]
s	Stlačení pružiny	[mm]
v_c	Řezná rychlost	[m/s]
v_f	Rychlost posuvu	[m/s]
w_p	Výpočtová šířka řemene	[mm]
z	Počet řemenů	[-]
η	Účinnost motoru	[-]
κ_r	Úhel nastavení hlavního břitu nástroje	[°]
π	Ludolfovo číslo	[-]

Zkratka

CE

DIN

ISO

ČSN

Popis

Conformité Européene

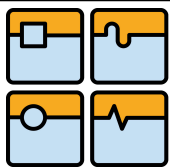
Deutsche Industrie-Norm

International Organization for Standardization

Československá Státní Norma

Seznam obrázků

1.1	Schématický náčrt stolní vrtačky.....	12
2.1	HELTOS V 20 B [2].....	15
2.2	HELTOS CANIS V 20.8 [2].....	15
2.3	HELTOS VEGA 20.6 [2].....	16
2.4	PROMA PTB-16B/230 [4].....	18
2.5	PROMA B-316B/400 [4].....	18
2.6	PROMA E-1516B/230 a E-1516B/230 [4].....	19
2.7	FLOTT TB 10 PLUS [6].....	21
2.8	FLOTT TB 10 STW electronic [6].....	21
2.9	FLOTT TURBO DRILL [6].....	21
2.10	FLOTT TB E1 vřeteno B16 [6].....	22
2.11	FLOTT TB E2 vřeteno MK II [6].....	22
2.12	FLOTT TB M1 [6].....	23
2.13	FLOTT TB M2 [6].....	23
2.14	FLOTT TB P18 ST s digitálním ukazatelem [6].....	24
2.15	FLOTT TB P23 ST s digitálním ukazatelem [6].....	24
2.16	Optimum B13 [9].....	26
2.17	Optimum B14 [9].....	26
2.18	Optimum B20 [9].....	26
2.19	Optimum B17 PRO [9].....	27
2.20	Optimum B23 PRO (400V) [9].....	27
2.21	Optimum B24 H [9].....	28
2.22	Optimum B24 H VARIO [9].....	28
2.23	Optimum DH 24 BV [9].....	29
2.24	EINHELL BT-BD 501 [11].....	31
2.25	EINHELL BT-BD 1020 D [11].....	32
2.26	EINHELL BT-BD 801 E [11].....	33
3.1	Vrták SECO Feedmax™ Universal – SD 1103 [12].....	35
3.2	Rozměry vrtáku SECO Feedmax™ Universal – SD 1103 o průměru 15 mm [12].....	35
3.3	Výběr z materiálů dle katalogu SECO Tools [12].....	36
3.4	Řezné podmínky vrtáku SD 1103 [12].....	36
3.5	Průřez třísky při vrtání [13].....	37
3.6	Průměrné hodnoty měrných řezných sil při vrtání, SECO tools [15].....	38
3.7	Řezné síly na vrtáku [14].....	39
3.8	Třífázový asynchronní motor [17].....	40
3.9	Závislost momentu na otáčkách AS motoru [17].....	40
3.10	Základní parametry šestipólových asynchronních motorů Siemens [17].....	41
3.11	Diagram pro výběr průřezu úzkého klínového řemene [18].....	42
3.12	Řemenový převod.....	45
3.13	Síla nutná pro posuv vřetene.....	47
3.14	Konstrukce vřeteníku.....	48
3.15	Vřeteno vrtačky.....	49
3.16	Upevnění vřeteníku na sloup.....	50
3.17	Držák motoru.....	50
3.18	Posuv vřetene v ose.....	51



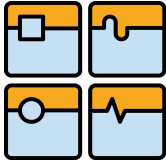
3.19	Vřeteník.....	52
3.20	Podkladová deska.....	52
3.21	Posuvný stůl.....	53

Seznam tabulek

2.1	Základní technické parametry stolních vrtaček HELTOS [2].....	14
2.2	Základní technické parametry stolních vrtaček PROMA [4].....	17
2.3	Základní technické parametry větších stolních vrtaček PROMA [4].....	18
2.4	Základní technické parametry stolních vrtaček FLOTT na 230V [6].....	20
2.5	Základní technické parametry stolních vrtaček FLOTT řady E [6].....	21
2.6	Základní technické parametry stolních vrtaček FLOTT řady M [6].....	22
2.7	Základní technické parametry stolních vrtaček FLOTT řady P [6].....	23
2.8	Základní technické parametry stolních vrtaček OPTIMUM řady B [8].....	25
2.9	Základní technické parametry stolních vrtaček OPTIMUM řady B PRO [8]	27
2.10	Základní technické parametry stolních vrtaček OPTIMUM řady B H [8]....	28
2.11	Základní technické parametry stolních vrtaček EINHELL řady BT - BD [11]	30
2.12	Základní technické parametry stolních vrtaček EINHELL řady BT - BD D [11]	31
2.13	Základní technické parametry stolních vrtaček EINHELL řady BT-BD E [11]	32
3.1	Rozměry vrtáku SECO Feedmax™ Universal – SD 1103 o průměru 15 mm [12]	35
3.2	Základní parametry vrtání.....	37
3.3	Rozměry třísky.....	38
3.4	Síly moment a výkon při vrtání.....	39
3.5	Hlavní parametry vybraného motoru.....	42
3.6	Parametry úzkého obalovaného řemene SPZ [18].....	43
3.7	Převodové stupně řemenového převodu.....	43
3.8	Výpočtové průměry d_w řemenic jednotlivých stupňů.....	43
3.9	Parametry pružiny.....	46
4.1	Parametry konstruované vrtačky.....	54

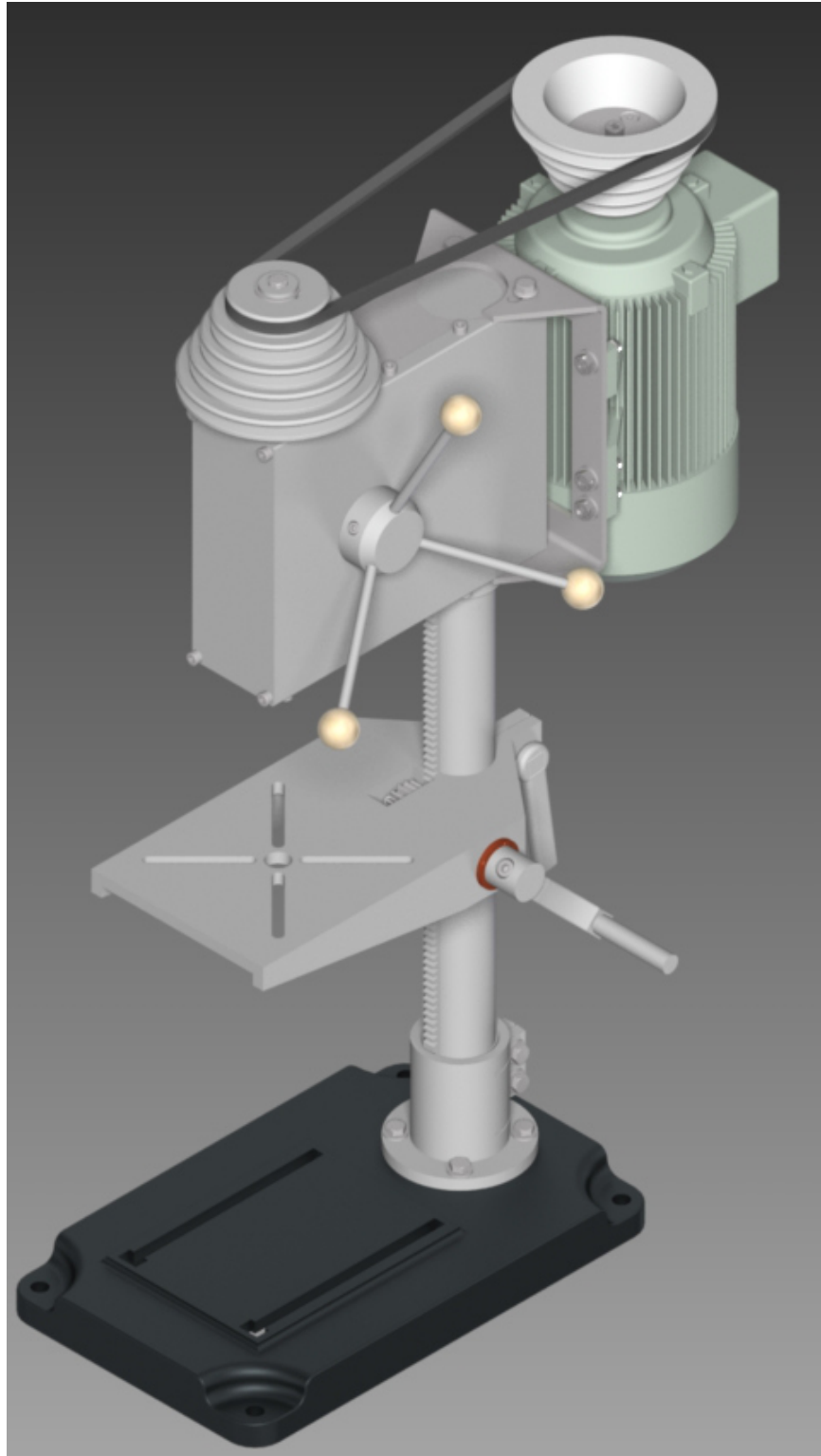
Seznam příloh

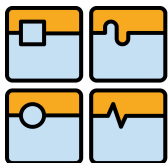
Příloha 1	Obrázková dokumentace stolní vrtačky
Příloha 2	Výkres sestavení stolní vrtačky
Příloha 3	CD Elektronická verze bakalářské práce 3D model stolní vrtačky Výkres sestavení stolní vrtačky



Příloha 1

Stolní vrtačka pohled 1





Stolní vrtačka pohled 2

