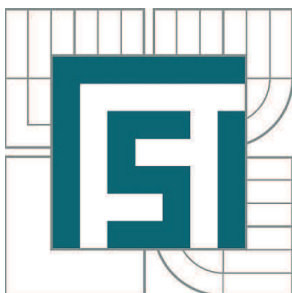


VYSOKÉ UČENÍ TECHNICKÉ V BRNĚ

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 SLOUPOVÉ VRTAČKY

DESIGN OF A UPRIGHT DRILLING MACHINE

BAKALÁŘSKÁ PRÁCE

BACHELOR'S THESIS

AUTOR PRÁCE

AUTHOR

KAMIL MATOUŠEK

VEDOUCÍ PRÁCE

SUPERVISOR

doc. Ing. PETR BLECHA, Ph.D.

BRNO 2013

Vysoké učení technické v Brně, Fakulta strojního inženýrství

Ústav výrobních strojů, systémů a robotiky

Akademický rok: 2012/2013

ZADÁNÍ BAKALÁŘSKÉ PRÁCE

student(ka): Kamil Matoušek

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

obor: **Strojní inženýrství (2301R016)**

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 sloupové vrtačky

v anglickém jazyce:

Design of a upright drilling machine

Stručná charakteristika problematiky úkolu:

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

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

Cíle bakalářské práce:

Rešerše v oblasti sloupových vrtaček.

Volba technických parametrů konstruovaného stroje.

Kontrolní konstrukční výpočty.

Zjednodušený konstrukční návrh sloupové vrtačky.

Výkres sestavy sloupové vrtačky.

3D model stroje v elektronické příloze.

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 2012/2013.

V Brně, dne 14.11.2012

L.S.

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

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

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

ABSTRAKT

Předmětem této závěrečné práce je provést návrh konstrukce sloupové vrtačky. V první části je uveden popis sloupové vrtačky. V druhé části je provedena rešerše v oblasti strojů dostupných na současném trhu. Na základě této rešerše jsou v závěrečné části zvoleny parametry stroje a je zde proveden konstrukční návrh sloupové vrtačky a základní konstrukční výpočty. Výsledkem této práce je výkres sestavení a 3D model sloupové vrtačky.

KLÍČOVÁ SLOVA

sloupová vrtačka, konstrukce, řezné podmínky, otáčky, řemenový převod

ABSTRACT

The subject of this thesis is to propose a design of an upright drilling machine. The upright drilling machine is described in the first part. Research about machines available on the market nowadays is accomplished in the second part of the thesis. Based on this research the parameters of machine are selected in the final part and proposal of the engineering design of an upright drilling machine. Basic construction calculations are made too. The result of this thesis is an assembly drawing and a 3D model of an upright drilling machine.

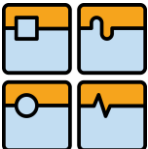
KEY WORDS

upright drilling machine, design, cutting conditions, revolutions, belt drive

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

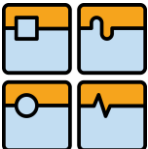
BIBLIOGRAFICKÁ CITACE

MATOUŠEK, K. *Konstrukce sloupové vrtačky*. Brno: Vysoké učení technické v Brně, Fakulta strojního inženýrství, 2013. 54 s. Vedoucí bakalářské práce doc. Ing. Petr Blecha, Ph.D.

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

PODĚKOVÁNÍ

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

	Ústav výrobních strojů, systémů a robotiky	Str. 8
	BAKALÁŘSKÁ PRÁCE	

ČESTNÉ PROHLÁŠENÍ

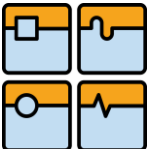
Tímto prohlašuji, že jsem bakalářskou práci na téma Konstrukce sloupové vrtačky vypracoval samostatně, s využitím doporučené literatury a uvedených podkladů, na základě konzultací a pod vedením vedoucího bakalářské práce.

V Brně dne

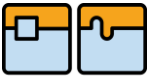
.....
Kamil Matoušek

OBSAH

ÚVOD.....	11
1 POPIS SLOUPOVÉ VRTAČKY	12
2 PŘEHLED VÝROBCŮ SLOUPOVÝCH VRTAČEK.....	13
2.1 Firma PROMA CZ s.r.o.	13
2.2 Firma HELTOS a.s.....	14
2.2.1 Sloupové vrtačky řady VS 20	14
2.2.2 Sloupové vrtačky řady VS 25	15
2.2.3 Sloupové vrtačky řady VS 32	16
2.2.4 Sloupové vrtačky řady VS 40	17
2.3 Firma BERNARDO®.....	19
2.4 Firma Arnz FLOTT GmbH.....	21
2.4.1 Sloupové vrtačka řady E.....	21
2.4.2 Sloupové vrtačky řady M	22
2.4.3 Sloupové vrtačky řady P.....	23
3 KONSTRUKCE SLOUPOVÉ VRTAČKY.....	24
3.1 Oblast použití stroje	24
3.2 Návrh pohonu vřetene.....	24
3.2.1 Stanovení řezných podmínek	24
3.2.2 Stanovení otáček vřetene	29
3.2.3 Řezná síla a krouticí moment	29
3.2.4 Řezný výkon	30
3.2.5 Volba motoru	31
3.3 Výpočet řemenového převodu	32
3.3.1 Výpočet průměrů řemenic	32
3.3.2 Výpočtová délka klínového řemene.....	33
3.3.3 Úhel opásání malé řemenice.....	33
3.3.4 Počet klínových řemenů	34
3.3.5 Obvodová rychlost.....	35
3.3.6 Obvodová síla.....	36
3.3.7 Pracovní předpětí řemene	36
3.4 Konstrukce vřeteníku	37
3.4.1 Rám vřeteníku	37
3.4.2 Uložení řemenice motoru	38
3.4.3 Uložení řemenice vřetene.....	39
3.4.4 Vřeteno	40

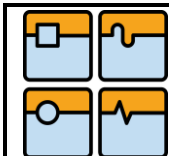
	Ústav výrobních strojů, systémů a robotiky	Str. 10
	BAKALÁŘSKÁ PRÁCE	

3.4.5	Mechanismus posuvu vřetene.....	41
3.4.6	Uložení vřeteníku na sloupu	41
3.5	Konstrukce pracovního stolu.....	42
3.5.1	Základna pracovního stolu	42
3.5.2	Posuvový mechanismus pracovního stolu	43
3.6	Konstrukce základové desky	44
ZÁVĚR.....		45
SEZNAM POUŽITÝCH ZDROJŮ.....		46
SEZNAM POUŽITÝCH SYMBOLŮ A ZKRATEK		47
SEZNAM OBRÁZKŮ.....		49
SEZNAM TABULEK.....		50
SEZNAM PŘÍLOH.....		51

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

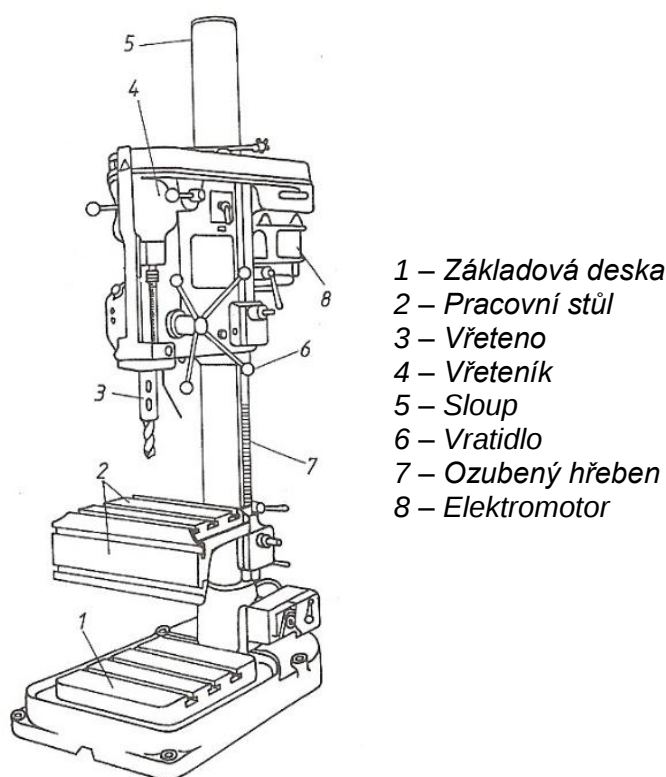
ÚVOD

Technologie vrtání je jednou z nejstarších operací, která prošla od svého počátku, kdy byly používány ruční nástroje, značným vývojem a modernizací. Vrtání je výrobní metodou, kterou se zhotovují díry zcela nebo se zvětšují již předpracované díry. Typickým znakem vrtání je rozměrový nástroj, který díky svým technologickým vlastnostem a tvaru zaručuje dosažení potřebných parametrů obráběné díry. K vrtání se nejčastěji používá vícebřítých nástrojů. Stroje, které slouží k vrtání, vyhrubování, vystružování a zahlubování, se nazývají vrtačky. V současné době je možné vymezit několik základních typů strojů pro vrtání. Vrtačky lze podle konstrukce rozdělit na stolní, sloupové, stojanové, vodorovné na hluboké díry a speciální. Tato bakalářská práce se bude věnovat konstrukci vrtačky sloupové.



1 POPIS SLOUPOVÉ VRTAČKY

Koncepce sloupových vrtaček byla odvozena od větších typů vrtaček stolních. Sloupové vrtačky jsou konstruovány pro vrtání děr do průměru max. 40 mm. Hlavními částmi stroje jsou základová deska, sloup, vřeteník a pracovní stůl. Ve vřeteníku jsou umístěny převody pro pohon a výsuv vřetena. Vřeteník je možné svisle přesouvat po sloupu. Pracovní stůl lze u moderních vrtaček otáčet o 360° kolem sloupu a pomocí ozubeného hřebene svisle přesouvat. Posuv pracovního stolu je ruční nebo strojní. Menší obrobky se upínají na pracovní stůl, větší je možné upnout přímo na základovou desku. Obrobky je možné upínat také do různých svěráků, které se na pracovní stůl upevní pomocí upínacích drážek. [1]



Obr. 1.1 Schéma sloupové vrtačky [2]

Parametry, které sloupové vrtačky charakterizují, jsou:

- maximální vrtaný průměr
- vyložení vřetene
- maximální vzdálenost vřetene od stolu
- maximální vzdálenost vřetene od základny
- otáčky vřetene
- průměr sloupu
- kužel vřetene
- vrtací hloubka
- plocha stolu
- rozměry stroje
- hmotnost stroje

2 PŘEHLED VÝROBCŮ SLOUPOVÝCH VRTAČEK

2.1 Firma PROMA CZ s.r.o.

Firma PROMA patří již od roku 1997 mezi nejvýznamnější výrobce dřevoobráběcích a kovoobráběcích strojů na českém trhu. Optimální poměr výkonu a ceny společně s vysokou jakostí umožňuje použití strojů PROMA nejen v domácích a řemeslnických dílnách, ale i pro řadu profesionálních uživatelů jako jsou kovoobráběcí a dřevoobráběcí provozy. Stroje PROMA najdou svoje uplatnění i ve školských a učňovských zařízeních. Firma PROMA vyrábí stolní, radiální a sloupové vrtačky. [3]

Sloupové vrtačky PROMA jsou určeny pro vrtání, zahlubování a vystružování děr v různých materiálech. Pracovní stoly těchto sloupových vrtaček je možné naklápět do úhlu $\pm 45^\circ$ od základní roviny a díky otočnému čepu otáčet o 360° . U některých typů vrtaček je možné plynule měnit otáčky vřetene pomocí variátoru. Vřetena těchto vrtaček jsou uložena v kuličkovém ložisku a osazena kuželem Mk3 nebo Mk4, do kterého lze umístit vrtací sklíčidlo, sklíčidlo se stopkou nebo přímo nástroj. [4]

Tab. 2.1 Základní technické parametry sloupových vrtaček PROMA

SLOUPOVÁ VRTAČKA	E-1720F/400	E-2020F/400
Max. vrtaný průměr [mm]	25	32
Vrtací hloubka [mm]	80	120
Vyložení vřetene [mm]	215	260
Max. vzdálenost vřetene od stolu [mm]	640	595
Kužel vřetene	Mk3	Mk4
Rozsah otáček [min^{-1}]	180 ÷ 3000	120 ÷ 3480



Obr. 2.1 PROMA E-1720F/400 [4]



Obr. 2.2 PROMA E-2020F/400 [4]

2.2 Firma HELTOS a.s.

Společnost HELTOS a.s. vznikla po privatizaci firmy PKD Slavonice v roce 1996. Počátkem 30. let 20. století vzniká ve Slavonicích firma na kovovýrobu. Kolem roku 1960 dochází ve firmě k rozvoji strojírenské výroby, začínají se vyrábět a repasovat soustruhy. V roce 1972 se začínají vyrábět stolní a sloupové vrtačky. Od roku 1972 se firma nazývá PKD Dačice a provozovna ve Slavonicích se začíná plně orientovat na výrobu a prodej stolních a sloupových vrtaček. [5]

2.2.1 Sloupové vrtačky řady VS 20

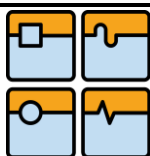
Sloupové vrtačky řady VS 20 jsou určeny pro vrtání, vystružování a řezání závitů jak v kusové, tak v malosériové výrobě. Tyto vrtačky mají plynulou změnu otáček, která je zajištěna pomocí variátoru (Canis VS 20.8) nebo pomocí frekvenčního měniče (Vega VS 20.6). Tuhost konstrukce a provozní spolehlivost zajišťuje těleso vřeteníku, které je vyrobeno jako monolitní celek. Vracení vřetene do horní polohy zajišťuje spirálová pružina a vřeteno je uloženo v kuličkových ložiskách. Vřeteník a konzola jsou svisle přestavitelné a otočné kolem sloupu. Stykače chrání vrtačku proti samovolnému rozběhu po ztrátě napětí. [5]



Obr. 2.3 HELTOS Canis VS 20.8 [5]



Obr. 2.4 HELTOS Vega VS 20.8 [5]



Tab. 2.2 Základní parametry sloupových vrtaček HELTOS řady VS 20

SLOUPOVÁ VRTAČKA	Canis VS 20.8	Vega VS 20.6
Max. vrtaný průměr [mm]	20	20
Vrtací hloubka [mm]	160	160
Vyložení vřetene [mm]	250	250
Max. vzdálenost vřetene od stolu [mm]	840	840
Kužel vřetene	Mk3	Mk3
Rozsah otáček [min^{-1}]	250 ÷ 3700	180 ÷ 3700

2.2.2 Sloupové vrtačky řady VS 25

Sloupové vrtačky řady VS 25 převzaly tuhou konstrukci a provozní spolehlivost od svých předchůdců (vrtačky řady VS 20). Stroje najdou svoje uplatnění při vrtání, vystružování a řezání závitů v kusových i malosériových výroбах. Plynulá změna otáček je zajištěna pomocí frekvenčního měniče. Vrtačky jsou poháněny pomocí převodu ozubenými koly. Řadit je možné pomocí páky ručního posuvu nebo tlačítkem na ovládacím panelu. Stroj je vybaven elektromagnetickou spojkou. Při otupení nástroje nebo překročení maximálního tlaku dochází automaticky k vypnutí strojního posuvu. [5]



Obr. 2.5 HELTOS Sirius VS 25-290 [5]

Tab. 2.3 Základní parametry sloupových vrtaček HELTOS řady VS 25

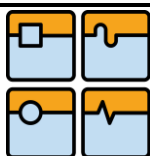
SLOUPOVÁ VRTAČKA	Sirius VS 25-290
Max. vrtaný průměr [mm]	25
Vrtací hloubka [mm]	180
Vyložení vřetene [mm]	265
Max. vzdálenost vřetene od stolu [mm]	900
Kužel vřetene	Mk3
Rozsah otáček [min ⁻¹]	80 ÷ 2800

2.2.3 Sloupové vrtačky řady VS 32

Sloupové vrtačky řady VS 32 navazují na řadu VS 25. Vrtačky řady VS 32 se dělí podle primárního převodu na vrtačku Herkules a na vrtačku Saturn. Vrtačka Herkules využívá převodu klínovým řemenem, vrtačka SATURN využívá převod ozubenými koly. Další typem sloupové vrtačky této řady je VS 32 B. Sloupová vrtačka VS 32 B je určena pro vrtání, vystružování a řezání závitů s reverzační hlavou. U typu VS 32 B jsou všechny díly mazány pomocí cirkulačního šnekového čerpadla, které je uloženo uvnitř vřeteníku. K pracovnímu stolu je pomocí elektročerpadla, které je umístěno v podstavci stroje, dodávána chladicí kapalina. [5]

Tab. 2.4 Základní parametry sloupových vrtaček HELTOS řady VS 32

SLOUPOVÁ VRTAČKA	VS 32 Herkules	VS 32 B
Max. vrtaný průměr [mm]	32	32
Vrtací hloubka [mm]	180	200
Vyložení vřetene [mm]	265	280
Max. vzdálenost vřetene od stolu [mm]	900	630
Kužel vřetene	Mk3	Mk4
Rozsah otáček [min ⁻¹]	80 ÷ 2800	56 ÷ 2240



Obr. 2.6 HELTOS VS 32 Herkules [5]



Obr. 2.7 HELTOS VS 32B [5]

2.2.4 Sloupové vrtačky řady VS 40

Sloupové vrtačky této řady patří k nejnovějším výrobkům firmy HELTOS. Je možné na nich vrtat průměry až 40 mm. Do této řady patří sloupové vrtačky Castor, Pollux a Sprint. U vrtačky Castor je řazení primárního převodu zajištěno pomocí zubové spojky, tudíž není nutné přesouvání řemenů. Vrtačky řady VS 40 patří k nejvýkonnějším, ale zároveň finančně nejnáročnějším vrtačkám firmy HELTOS. To předurčuje jejich použití spíše ve větších kovoobráběcích a dřevoobráběcích provozech. [5]



Obr. 2.8 HELTOS VS 40-420 Castor [5]

Tab. 2.5 Základní parametry sloupových vrtaček HELTOS řady VS 40

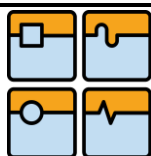
SLOUPOVÁ VRTAČKA	VS 40-420 Castor	VS 40-480 Pollux	VS 40- Sprint
Max. vrtaný průměr [mm]	40	40	40
Vrtací hloubka [mm]	220	220	220
Vyložení vřetene [mm]	305	305	305
Max. vzdálenost vřetene od stolu [mm]	1000	1000	1000
Kužel vřetene	Mk4	Mk4	Mk4
Rozsah otáček [min^{-1}]	56 ÷ 2800	28 ÷ 2800	45 ÷ 2800



Obr. 2.9 HELTOS VS 40-480 Pollux [5]



Obr. 2.10 HELTOS VS 40-Sprint [5]



2.3 Firma BERNARDO®

Firma BERNARDO je rakouská společnost, která má výrobní závody v Číně a logistické zázemí v Rakousku. Společnost je výrobcem širokého sortimentu dřevoobráběcích a kovoobráběcích strojů. Výrobky firmy BERNARDO nachází své uplatnění v západních zemích, ve východní Evropě a Skandinávii. Od konce roku 2009 se prodej strojů BERNARDO rozšířil i na území České republiky. [7]

Firma BERNARDO vyrábí nejen sloupové vrtačky poháněné řemenovým převodem (obr. 2.11, obr. 2.12), ale i sloupové vrtačky s převodovkou (obr. 2.13, obr. 2.14). Typem převodové sloupové vrtačky je vrtačka Bernardo GB 40 N (obr. 2.14). Jedná se o těžkou vrtačku s regulací otáček, která má automatický posuv a motorizovaný zdvih stolu. Otáčky a hloubku vrtání je možné odečíst z digitálního zobrazení. Klidný a hladký chod je zajištěn díky kaleným a broušeným kolům. Rychlá výměna nástroje je umožněna pomocí automatického vyrážače. Vysoká cena převodových vrtaček předurčuje jejich použití spíše v profesionálních dřevoobráběcích a kovoobráběcích provozech. [7]

Tab. 2.6 Základní parametry sloupových vrtaček BERNARDO s řemenovým převodem

SLOUPOVÁ VRTAČKA	BM 25 SB	BM 36 D
Max. vrtaný průměr [mm]	25	34
Vrtací hloubka [mm]	120	160
Vyložení vřetene [mm]	220	285
Max. vzdálenost vřetene od stolu [mm]	765	810
Kužel vřetene	Mk3	Mk4
Rozsah otáček [min^{-1}]	150 ÷ 2450	130 ÷ 4940



Obr. 2.11 BERNARDO BM 25 SB [6]



Obr. 2.12 BERNARDO BM 36 D [6]

Tab. 2.7 Základní parametry sloupových vrtaček BERNARDO s převodovkou

SLOUPOVÁ VRTAČKA	GB 35 S	GB 40 N
Max. vrtaný průměr [mm]	35	40
Vrtací hloubka [mm]	180	195
Vyložení vřetene [mm]	350	340
Max. vzdálenost vřetene od stolu [mm]	770	605
Kužel vřetene	Mk4	Mk4
Rozsah otáček [min^{-1}]	50 ÷ 1450	75 ÷ 2020



Obr. 2.13 BERNARDO GB 35 S [6]



Obr. 2.14 BERNARDO GB 40 N [6]

2.4 Firma Arnz FLOTT GmbH

Firma FLOTT je německá společnost, která byla založena v roce 1894 jako rodinný podnik v Remschaidu. Tato firma je v oblasti vrtací techniky považována za průkopníka. Díky své kvalitě a vysokým zkušenostem působí mezinárodně. V Evropě patří k vedoucím a nejmodernějším výrobcům vrtací, brousící a řezací techniky. Firma dává každý rok 5% svého obrátu na výzkum a vývoj. FLOTT vyrábí sloupové a stolní vrtačky a rozděluje je do řad E, M a P. [8]

2.4.1 Sloupové vrtačka řady E

Sloupové vrtačky řady E jsou cenově výhodné vrtačky, které dosahují velkých výkonů. Pohon je zaručen klínovým převodem, u kterého se manuálně přestavuje řemen pro regulaci otáček. Maximální vrtané průměry těchto vrtaček se pohybují od 23 do 35 mm. [9]

Tab. 2.8 Základní parametry sloupových vrtaček FLOTT řady E

SLOUPOVÁ VRTAČKA	SB E3	SB E4
Max. vrtaný průměr [mm]	25	30
Vrtací hloubka [mm]	90	125
Vyložení vřetene [mm]	240	260
Max. vzdálenost vřetene od stolu [mm]	880	820
Kužel vřetene	Mk3	Mk3
Rozsah otáček [min^{-1}]	250 ÷ 4000	125 ÷ 2500



Obr. 2.15 FLOTT SB E3 [9]



Obr. 2.16 FLOTT SB E4 [9]

2.4.2 Sloupové vrtačky řady M

Sloupové vrtačky řady M jsou vrtačky s plynulou změnou otáček. Změna otáček je zajištěna pomocí variátoru. Od typu M3 ST jsou sloupové vrtačky vybaveny i třístupňovým strojním posuvem (označení M3 ST MV, M4 ST MV a M5 ST MV). Maximální vrtací výkony se pohybují od 23 do 40 mm. [9]

Tab. 2.9 Základní parametry sloupových vrtaček FLOTT řady M

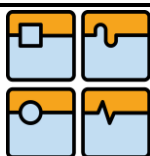
SLOUPOVÁ VRTAČKA	SB M4 ST MV	SB M5 ST
Max. vrtaný průměr [mm]	35	40
Vrtací hloubka [mm]	160	160
Vyložení vřetene [mm]	280	300
Max. vzdálenost vřetene od stolu [mm]	790	700
Kužel vřetene	Mk3	Mk4
Rozsah otáček [min^{-1}]	125 ÷ 2000	100 ÷ 2000



Obr. 2.17 FLOTT SB M4 ST MV [9]



Obr. 2.18 FLOTT SB M5 ST [9]



2.4.3 Sloupové vrtačky řady P

Sloupové vrtačky řady P jsou vysoce výkonné vrtačky s plynulou změnou otáček, která je zajištěná pomocí variátoru. Hloubku vrtání a počet otáček je možné odečíst z digitálního displeje. Rozsah otáček se pohybuje od 70 do 4200 min⁻¹. Nejvyšších otáček je schopna dosáhnout sloupová vrtačka SB 18 ST, zatímco nejnižších otáček dosahuje sloupová vrtačka SB P40 ST. Maximální vrtané průměry se pohybují v rozmezí 18 až 40 mm. [9]

Tab. 2.10 Základní parametry sloupových vrtaček FLOTT řady P

SLOUPOVÁ VRTAČKA	SB P30 STG PV	SB P40 STG PV
Max. vrtaný průměr [mm]	30	40
Vrtací hloubka [mm]	125	160
Vyložení vřetene [mm]	260	300
Max. vzdálenost vřetene od stolu [mm]	790	700
Kužel vřetene	Mk3	Mk4
Rozsah otáček [min ⁻¹]	125 ÷ 2000	70 ÷ 1400



Obr. 2.19 FLOTT SB P30 STG PV [9]

3 KONSTRUKCE SLOUPOVÉ VRTAČKY

V této kapitole budou na základě předchozí řešerše zvoleny parametry stroje, provedeny potřebné výpočty a popsána konstrukce navrhovaného stroje.

3.1 Oblast použití stroje

Vlastní návrh konstrukce sloupové vrtačky bude vycházet ze stroje SB E3 (obr. 2.15) od firmy FLOTT. Jedná se o sloupovou vrtačku určenou pro výrobu děr o maximálním průměru 25 mm. Pohon vrtačky je zaručen pomocí klínového řemene. Změna otáček vřetene se provádí manuálním přehozením řemene. Její základní technické parametry jsou uvedeny v tab. 2.8.

Pro vlastní konstrukci sloupové vrtačky bude uvažován maximální vrtaný průměr 20 mm. Vrtačka bude určena pro vrtání nejen do kovových materiálů, ale i do dřevěných a plastových materiálů. Cílem bude zkonstruovat cenově výhodnou vrtačku, na které bude možno provádět vysoce výkonné obrábění. Zkonstruovaná sloupová vrtačka bude nacházet uplatnění spíše v menších dřevoobráběcích a kovoobráběcích provozech. Cenová výhodnost vrtačky by měla určovat dostupnost konstruované sloupové vrtačky i pro domácí a řemeslnické dílny.

3.2 Návrh pohonu vřetene

Pro volbu pohonu vřetene je nutné stanovit řezné podmínky, z kterých bude možno vypočítat otáčky vřetene, řeznou sílu, krouticí moment a řezný výkon.

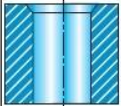
3.2.1 Stanovení řezných podmínek

Stanovení řezných podmínek bude provedeno pomocí katalogu [10] výrobce nástrojů Seco Tools CZ s.r.o. Pro vysoce výkonné obrábění vyrábí společnost Seco monolitní karbidotvorné vrtáky s názvem Seco Feedmax™. Přehled vrtáků Seco Feedmax™ je uveden na obr. 3.1.

Seco Feedmax™ – Přehled produktů

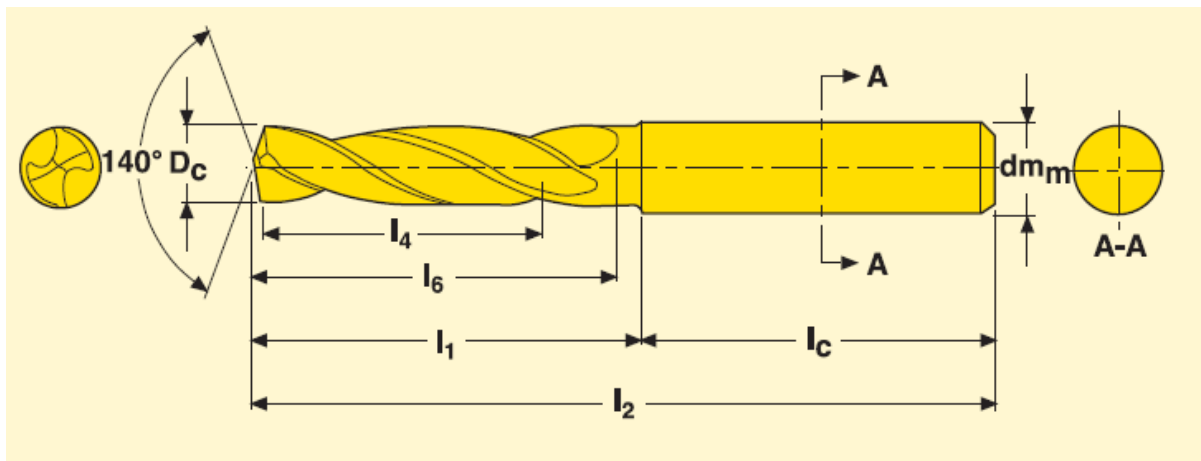


Seco Feedmax™ – Pro vysoce výkonné obrábění

Seco Feedmax								Materiálová skupina	
	SD206 SD206A	SD203, SD203A	SD205A	SD207A	SD216A	SD230A	Srážení hran SD203A SD205A		
Hloubka vrtání	~6 x D	~3 x D	~5 x D	~7 x D	~16 x D	~30 x D	~3 x D, ~5 x D	P	•
Ø rozsah	0,7-2,0	2-20	2-20	4,5-20	3-12	4-10	3-20	M	•
Tolerance Ø vrtáku	h6	m7	m7	m7	m7	m7	m7	K	•
Tolerance otvoru (1)	IT9	IT8-9	IT8-9	IT9	IT9	IT9	IT8-9	N	•
Jakost povrchu (2)	Ra 1-2 µm	Ra 1-2 µm	Ra 1-2 µm	Ra 1-3 µm	Ra 1-3 µm	Ra 1-3 µm	Ra 1-2 µm	S	•
Strana	41-42	21-33	34-40	43-45	47-48	51-52	53-57	H	•

Obr. 3.1 Přehled produktů Seco Feedmax™ [10]

Pro další výpočty budou uvažovány vrtáky řady SD203. Jedná se o monolitní karbidotvorné vrtáky s válcovou stopkou a povlakem TiAlN + TiN, u kterých se používá vnější přívod chlazení. Vrtáky řady SD203 se vyrábějí v rozsahu průměrů 2 až 20 mm. Geometrie vrtáků řady SD203 je zobrazena na obr. 3.2 a jejich další parametry jsou uvedeny v tab. 3.1.



Obr. 3.2 Geometrie vrtáků Seco Feedmax™ řady SD203 [10]

Tab. 3.1 Parametry vrtáků Seco Feedmax™ řady SD203

Vrtáky Seco Feedmax™	řada SD203	
Průměr vrtáku D_c [mm]	2	20
Max. hloubka vrtání l_4 [mm]	7	49
Délka vrtáku l_2 [mm]	41	131
Délka těla vrtáku l_1 [mm]	13	81
Délka stopky l_c [mm]	28	50
Délka drážky l_6 [mm]	11	79
Průměr stopky d_m [mm]	4	20

Pro stanovení řezné rychlosti v_c [$\text{m} \cdot \text{min}^{-1}$] a posuvu f [mm/ot] je nejprve nutné určit typ obráběného materiálu. Výrobce nástrojů Seco Tools CZ rozděluje obráběné materiály do skupin, které jsou uvedeny na obr. 3.3. Obecně se u vrtaček uvádí maximální vrtací průměr, který je vrtačka schopna vyvrtat do plného materiálu o pevnosti 600 MPa. Pro stanovení řezných podmínek bude tedy uvažována skupina P4 (obr. 3.3), která udává pevnost materiálu v rozsahu 550 MPa až 700 MPa. Volbou této skupiny bude splněna podmínka, která se obecně udává u vrtaček.

SMG - Materiálové skupiny Seco



Oceli, feritické a martenzitické nerezové oceli

ISO	SMG	Refer.	Popis	R _m (N/mm ²)	k _{c1,1} (N/mm ²)	m _c
P	1	S275J2G3	Velmi měkké oceli s malým obsahem uhlíku. Čisté feritické oceli.	<450	1350	0,21
	2	11 SMn30	Automatové oceli.	400 - 700	1500	0,22
	3	S355JR	Konstrukční oceli. Běžné oceli s nízkým až středním obsahem uhlíku (<0,5%C).	450 - 550	1500	0,25
	4	42 CrMo 4	Oceli s vysokým obsahem uhlíku (>0,5%C). Středně tvrdé oceli určené k zušlechťování. Běžné níže legované oceli.	550 - 700	1700	0,24
	5	34CrNiMo6	Běžné nástrojové oceli. Tvrdší oceli vhodné pro legování. Martenzitické nerezové oceli.	700 - 900	1900	0,24
	6	X 40 CrMoV 5 1	Oceli pro nástroje k obtížným aplikacím. Vysoce legované oceli s vysokou tvrdostí. Martenzitické nerezové oceli.	900 - 1200	2000	0,24
H	7	X 120 Mn 12 50 HRC	Obtížně obrobitelné vysokopevnostní oceli s tvrdostí 42– 56 HRC. Kalené oceli třídy 3–6. Martenzitické nerezové oceli.	>1200	2900	0,22

Austenitické a duplexním pochodem vyrobené nerezové oceli

M	8	X 8 CrNiS 18 9	Martenzitické nerezové oceli Automatové nerezové oceli. Nerezové oceli stabilizované vápníkem.		1750	0,22
	9	X 2 CrNiMo 17 12 2	Středně obrobitelné nerezové oceli. Austenitické nerezové oceli a nerezové oceli vyrobené duplexním		1900	0,20
	10	X 5 CrNiMo 17 12 2	Obtížně obrobitelné nerezové oceli. Austenitické nerezové oceli a nerezové oceli vyrobené duplexním		2050	0,20
	11	X 2 CrNiMoN 22 5 3	Obtížně obrobitelné nerezové oceli. Austenitické nerezové oceli a nerezové oceli vyrobené duplexním		2150	0,20

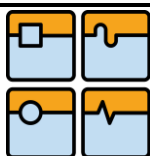
Litina

K	12	GJL-150	Středně tvrdá litina. Šedá litina.		1150	0,22
	13	GJL-250	Nízkolegovaná litina. Temperovaná litina. Tvárná litina.		1225	0,25
	14	GJS-700-2	Středně obrobitelná legovaná litina. Středně obrobitelná temperovaná litina.		1350	0,28
	15	GJL-350	Středně obrobitelná legovaná litina. Středně obrobitelná temperovaná litina.		1470	0,30

Ostatní materiály

N	16	AW7075	Hliníkové slitiny Nízký Si			
	17	AlSi12	Hliníkové slitiny Vysoký Si			
	18	CuZn37	Slitiny mědi			
S	19	Discalloy	Fe-vysoce legované slitiny			
	20	Stellite 21	Co-vysoce legované slitiny			
	21	Inconel 718 (tyč, výkovek, kroužek)	Ni-vysoce legované slitiny		3300	0,24
	22	Ti 6Al-4V (žíhaná trubka)	Titanové slitiny		1450	0,23

Obr. 3.3 SMG – Materiálové skupiny SECO [10]



Po stanovení skupiny obráběného materiálu lze již stanovit řezné podmínky. Pro zvolenou materiálovou skupinu P4 jsou uvedeny řezné podmínky na obr. 3.4. Doporučené řezné podmínky jsou zvýrazněny tučně.

Seco Feedmax™ – Řezné podmínky



SD203, SD203A, SD205A, SD206, SD206A a vrtáky se sražením

SMG	Doporučená řezná rychlost v_c (m/min)		Doporučený posuv, f (mm/ot)
	Vnější přívod chladicí	Vnitřní přívod chladicí	$\varnothing 20$
1	180-140-100	220-180-60	0,34-0,43-0,51
2-3	150-130-80	190-160-60	0,34-0,43-0,51
4-5	130-100-70	160-130-60	0,31-0,39-0,47
6	100-80-60	120-100-60	0,27-0,34-0,41
7	80-60-50	100-80-60	0,22-0,27-0,33
8-9*	80-60-40	100-80-50	0,18-0,30-0,33
10*	60-50-30	80-70-40	0,15-0,25-0,28
11*	50-40-20	70-60-30	0,12-0,20-0,22
12	140-110-80	170-140-60	0,46-0,58-0,69
13-14	120-100-60	150-120-60	0,41-0,51-0,61
15	90-70-60	110-90-60	0,23-0,29-0,35
16-17	240-160-110	320-260-60	0,44-0,54-0,65
18	255-240-135	310-255-120	0,44-0,54-0,65

Obr. 3.4 Řezné podmínky SECO [10]

Doporučené řezné podmínky pro materiálovou skupinu P4 a průměr nástroje $D_c = 20$ mm dle obr. 3.4:

- Doporučená řezná rychlost

$$v'_c = 100 \text{ m} \cdot \text{min}^{-1}$$

- Doporučený posuv

$$f' = 0,39 \text{ mm/ot}$$

Výrobce nástroje Seco Tools CZ uvádí doporučené řezné podmínky vždy pro obrábění s přívodem chlazení. Při vlastní konstrukci sloupové vrtačky přívod chlazení nebude brán v úvahu, proto je nutné zvolit řezné podmínky nižší. Řezné podmínky jsou tedy zvoleny následovně:

- Řezná rychlost

$$v_c = 40 \text{ m} \cdot \text{min}^{-1}$$

- Posuv

$$f = 0,12 \text{ mm/ot}$$

Dalšími parametry, které je třeba stanovit pro následující výpočty, jsou šířka záběru ostří, posuv na zub a měrná řezná síla. Pro vrtání do plného materiálu se šířka záběru ostří vypočte dle vzorce [11]:

$$a_p = \frac{D_c}{2} = \frac{20}{2} = 10 \text{ mm} \quad (3.1)$$

kde: D_c [mm] - průměr nástroje

a posuv na zub se pro dvoubřitý nástroj vypočte dle vzorce [11]:

$$f_z = \frac{f}{z} = \frac{0,12}{2} = 0,06 \text{ mm} \quad (3.2)$$

kde: f [mm] - posuv nástroje na jednu otáčku
 z [-] - počet zubů (břitů) nástroje

Měrná řezná síla bude stanovena z katalogu [10] firmy Seco Tools CZ, kde zvolené skupině obráběného materiálu P4 odpovídá měrná řezná síla $k_C = 2300 \text{ N} \cdot \text{mm}^{-2}$ (obr. 3.5).

Průměrná hodnota k_C při vrtání

Materiálová skupina Seco	Hodnota k_C
1	1800
2	1950
3	2100
4	2300
5	2600
6	2800
7	4000
8	2600
9	2800
10	2850
11	3100
12	1400
13	1600
14	1900
15	2400
16	890
17	930
20	3235
21	4110
22	1770

Obr. 3.5 Hodnota měrné řezné síly k_C [10]

Zvolené řezné podmínky jsou pro přehlednost uvedeny v tab. 3.2.

Tab. 3.2 Zvolené řezné podmínky

PARAMETR	HODNOTA
Řezná rychlost v_c [m·min ⁻¹]	40
Posuv f [mm/ot]	0,12
Šířka záběru ostří a_p [mm]	10
Posuv na zub f_z [mm]	0,06
Průměr vrtáku D_c [mm]	20
Úhel nastavení hlavního ostří κ [°]	70
Měrná řezná síla k_C [N·mm ⁻²]	2300

3.2.2 Stanovení otáček vřetene

Základní parametry, z kterých bude vycházeno při určování potřebných otáček vřetene, jsou především řezná rychlost a průměr nástroje. Tyto parametry byly stanoveny v kapitole 3.2.1. Pro stanovení otáček vřetene bude uvažován průměr nástroje $D_c = 20$ mm a řezná rychlost $v_c = 40$ m·min⁻¹. Při výpočtu se vychází ze vzorce [11]:

$$v_c = \frac{\pi \cdot D_c \cdot n}{1000} \quad (3.3)$$

kde: n [min⁻¹] - otáčky nástroje
 D_c [mm] - průměr nástroje

z rovnice (3.3) budou vyjádřeny otáčky nástroje n :

$$n = \frac{1000 \cdot v_c}{\pi \cdot D_c} = \frac{1000 \cdot 40}{\pi \cdot 20} = 636,6 \text{ min}^{-1} \quad (3.4)$$

3.2.3 Řezná síla a krouticí moment

Při vrtání dvoubřítým vrtákem je materiál současně oddělován dvěma břity nástroje, které jsou symetricky postaveny vůči jeho ose. Pro výpočet řezné síly je zapotřebí znát měrný řezný odpor (kap. 3.2.1) a celkový průřez třísky při vrtání. Celkový průřez třísky A_D při vrtání do plného materiálu se pro dvoubřitý nástroj vypočítá dle vztahu [11]:

$$A_D = \frac{D_c \cdot f}{2} = \frac{20 \cdot 0,12}{2} = 1,2 \text{ mm}^2 \quad (3.5)$$

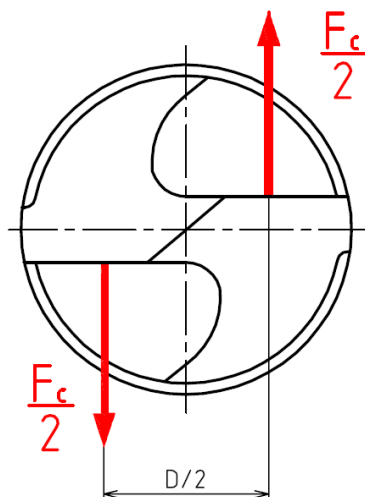
kde: D_c [mm] - průměr nástroje
 f [mm/ot] - posuv

Nyní již lze stanovit řeznou sílu. Řezná síla se vypočte dle vzorce [11]:

$$F_C = k_C \cdot A_D = 2300 \cdot 1,2 = 2760 \text{ N} \quad (3.6)$$

kde: $k_C [\text{N} \cdot \text{mm}^{-2}]$ - měrná řezná síla
 $A_D [\text{mm}^2]$ - celkový průřez třísky

Při volbě pohonu je třeba znát krouticí moment. Krouticí moment je možné vyjádřit pomocí řezné síly F_C . Jak již bylo uvedeno, při vrtání dvoubřitým vrtákem je materiál odebírán dvěma břity nástroje symetricky postaveným vůči sobě. Při výpočtu krouticího momentu je tedy nutné uvažovat situaci, která je znázorněna na obr. 3.6.



Obr. 3.6 Řezná síla při vrtání [11]

Pro výpočet krouticího momentu bude použit vzorec [11]:

$$M_k = 2 \cdot \frac{F_C}{2} \cdot \frac{D_c}{4} = 2 \cdot \frac{2760}{2} \cdot \frac{20}{4} = 13\,800 \text{ N} \cdot \text{mm} = 13,8 \text{ N} \cdot \text{m} \quad (3.7)$$

kde: $F_C [\text{N}]$ - řezná síla
 $D_c [\text{mm}]$ - průměr nástroje

3.2.4 Řezný výkon

Pro určení pohonu vřetene je třeba stanovit řezný výkon při vrtání. Řezný výkon při vrtání bude vypočten dle vzorce [11]:

$$P_C = \frac{F_C \cdot v_c}{2 \cdot 60 \cdot 10^3} = \frac{2760 \cdot 40}{2 \cdot 60 \cdot 10^3} = 0,92 \text{ kW} \quad (3.8)$$

kde: $F_C [\text{N}]$ - řezná síla
 $v_c [\text{m} \cdot \text{min}^{-1}]$ - řezná rychlost

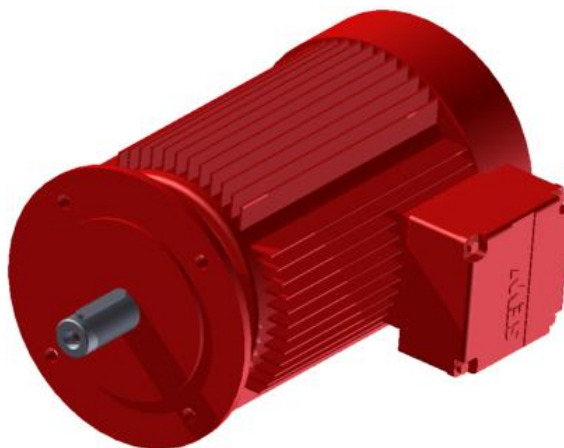
3.2.5 Volba motoru

Pro pohon vřetene bude zvolen trojfázový asynchronní motor, který bude vyhledán v katalogu [12] firmy SEW-EURODRIVE GmbH & Co KG. Motor bude zvolen podle potřebných otáček (kap. 3.2.2), krouticího momentu (kap. 3.2.3) a řezného výkonu (3.2.4). Parametry, podle kterých je motor volen, jsou uvedeny v tab. 3.3.

Tab. 3.3 Parametry pro volbu motoru

PARAMETR	HODNOTA
Otáčky nástroje n [min^{-1}]	636,6
Krouticí moment M_k [$\text{N}\cdot\text{m}$]	13,8
Řezný výkon P_c [kW]	0,92

Vypočteným parametrům nejlépe odpovídá motor s typovým označením DFV 100 L8 (obr. 3.7) o jmenovitém výkonu 1,1 kW. Parametry tohoto motoru jsou uvedeny v tab. 3.4.



Obr. 3.7 Motor DFV 100 L8 [12]

Tab. 3.4 Parametry zvoleného motoru

PARAMETR	HODNOTA
Výkon motoru P_m [kW]	1,1
Jmenovitý moment M_m [$\text{N}\cdot\text{m}$]	15,6
Otáčky motoru n_m [min^{-1}]	670
Hmotnost motoru m_m [kg]	30
Průměr hřídele motoru d_m [mm]	28
Pero	8e7x7x50

3.3 Výpočet řemenového převodu

Řemenový převod bude proveden pomocí úzkého klínového řemene. Řemen bude nasazen na řemenicích motoru a vřetene, které budou odstupňované pro dosažení potřebného rozsahu otáček vřetene.

3.3.1 Výpočet průměrů řemenic

Pro dosažení potřebného rozsahu otáček budou zvoleny pětistupňové řemenice. Nejnižší otáčky vřetene budou zvoleny $n_{v1} = 200 \text{ min}^{-1}$, otáčky na dalších stupních řemenic budou dopočítány. Výpočtový průměr řemenice motoru na prvním stupni bude zvolen $D_{m1} = 100 \text{ mm}$. Otáčky řemenice motoru jsou dány zvoleným motorem, tedy $n_m = 670 \text{ min}^{-1}$.

V dalších výpočtech bude uvažován vzorec [13]:

$$i = \frac{D_v}{D_m} = \frac{n_m}{n_v} \quad (3.9)$$

kde: i [-] - převodový poměr
 D_v [mm] - výpočtový průměr řemenice vřetene
 D_m [mm] - výpočtový průměr řemenice motoru
 n_v [min^{-1}] - otáčky vřetene
 n_m [min^{-1}] - otáčky motoru

Výpočtový průměr řemenice vřetene na prvním stupni lze tedy vyjádřit:

$$D_{v1} = \frac{D_{m1} \cdot n_m}{n_{v1}} = \frac{100 \cdot 670}{200} = 335 \text{ mm} \quad (3.10)$$

kde: D_{v1} [mm] - výpočtový průměr řemenice vřetene na prvním stupni
 D_{m1} [mm] - výpočtový průměr řemenice motoru na prvním stupni
 n_{v1} [min^{-1}] - otáčky vřetene na prvním stupni
 n_m [min^{-1}] - otáčky motoru

Pro další stupně jsou zvoleny výpočtové průměry řemenic následovně:

- druhý stupeň $D_{m2} = 155 \text{ mm}$
 $D_{v2} = 280 \text{ mm}$
- třetí stupeň $D_{m3} = 217,5 \text{ mm}$
 $D_{v3} = 217,5 \text{ mm}$
- čtvrtý stupeň $D_{m4} = 280 \text{ mm}$
 $D_{v4} = 155 \text{ mm}$
- pátý stupeň $D_{m5} = 335 \text{ mm}$
 $D_{v5} = 100 \text{ mm}$

Otáčky vřetene na dalších stupních řemenice budou vypočteny dle vzorce:

$$n_v = \frac{D_m \cdot n_m}{D_v} \quad (3.11)$$

Otáčky vřetene na jednotlivých stupních řemenice jsou uvedeny v tab. 3.15.

Tab. 3.5 Otáčky vřetene na jednotlivých stupních řemenice

STUPEŇ ŘEMENICE	I.	II.	III.	IV.	V.
Otáčky vřetene n_v [min^{-1}]	200	370,9	670	1210,3	2244,5

Rozsah otáček vřetene sloupové vrtačky je tedy 200 až 2244,5 min^{-1} .

3.3.2 Výpočtová délka klínového řemene

K určení výpočtové délky klínového řemene je třeba stanovit osovou vzdálenost mezi řemenicemi motoru a vřetene. Osová vzdálenost bude zvolena $A_{mv} = 500$ mm.

Výpočtová délka klínového řemene se vypočte dle vzorce [13]:

$$L_p = 2 \cdot A_{mv} + 1,57 \cdot (D_{v1} + D_{m1}) + \frac{(D_{v1} - D_{m1})^2}{4 \cdot A_{mv}} \quad (3.12)$$

kde: L_p [mm] - výpočtová délka klínového řemene
 A_{mv} [mm] - osová vzdálenost
 D_{v1} [mm] - výpočtový průměr řemenice vřetene na prvním stupni
 D_{m1} [mm] - výpočtový průměr řemenice motoru na prvním stupni

$$L_p = 2 \cdot 500 + 1,57 \cdot (335 + 100) + \frac{(335 - 100)^2}{4 \cdot 500} = 1710,6 \text{ mm}$$

Pro řemenový převod bude zvolena délka klínového řemene dle katalogu [14] firmy TYMA CZ, s.r.o. Typ úzkého klínového řemene bude zvolen SPZ. Pro řemeny typu SPZ se vypočtené hodnotě podle katalogu [14] firmy TYMA CZ, s.r.o. nejvíce blíží hodnota 1712 mm.

3.3.3 Úhel opásání malé řemenice

Úhel opásání se vypočte dle vzorce [13]:

$$\cos \frac{\beta}{2} = \frac{D_{v1} - D_{m1}}{2 \cdot A_{mv}} = \frac{335 - 100}{2 \cdot 500} \Rightarrow \beta = 152,8^\circ \quad (3.13)$$

kde: β [°] - úhel opásání malé řemenice
 A_{mv} [mm] - osová vzdálenost
 D_{v1} [mm] - výpočtový průměr řemenice vřetene na prvním stupni
 D_{m1} [mm] - výpočtový průměr řemenice motoru na prvním stupni

3.3.4 Počet klínových řemenů

K určení počtu klínových řemenů je třeba nejdříve stanovit následující parametry:

- součinitel úhlu opásání c_1 [-]
- součinitel provozního zatížení c_2 [-]
- součinitel délky klínového řemene c_3 [-]
- výkon přenášený jedním klínovým řemenem P_r [kW]

Tyto součinitele budou stanoveny pomocí strojnických tabulek [13].

Součinitel úhlu opásání c_1 se stanoví na základě úhlu opásání malé řemenice (viz kap. 3.3.3). Vypočtenému úhlu opásání $\beta = 152,8^\circ$ odpovídá součinitel úhlu opásání $c_1 = 0,93$.

Součinitel provozního zatížení c_2 zohledňuje druh hnacího a hnaného stroje a závisí na délce denní provozní doby. Při uvažování délky denní provozní doby 10 až 16 hod, druhu zvoleného motoru a charakterizování sloupové vrtačky jako středně těžkého pohonu je součinitel provozního zatížení $c_2 = 1,2$.

Stanovení součinitele délky klínového řemene c_3 bude provedeno na základě výpočtů uvedených v kapitole 3.3.2. Pro zvolenou délku klínového řemene 1712 mm a uvažování typu řemene SPZ je hodnota součinitele délky klínového řemene $c_3 = 1$.

Volba výkonu P_r závisí na otáčkách malé řemenice (kap. 3.3.1), průměru malé řemenice (kap. 3.3.1), typu klínového řemene a převodovém poměru. Typ klínového řemene byl zvolen SPZ. Je tedy nutné stanovit převodový poměr. Pro první stupeň řemenice se převodový poměr vypočte dle vzorce [13]:

$$i_1 = \frac{D_{v1}}{D_{m1}} = \frac{335}{100} = 3,35 \quad (3.14)$$

kde: i_1 [-] - převodový poměr pro první stupeň
 D_{v1} [mm] - výpočtový průměr řemenice vřetene na prvním stupni
 D_{m1} [mm] - výpočtový průměr řemenice motoru na prvním stupni

Vypočteným hodnotám odpovídá výkon $P_r = 1,43$ kW.

Nyní lze stanovit počet klínových řemenů. Počet klínových řemenů se vypočte dle vzorce [13]:

$$z_k = \frac{P_m \cdot c_2}{P_r \cdot c_1 \cdot c_3} = \frac{1,1 \cdot 1,2}{1,43 \cdot 0,93 \cdot 1} = 0,993 \Rightarrow 1 \text{ klínový řemen} \quad (3.15)$$

kde: z_k [-] - počet klínových řemenů
 P_m [kW] - výkon motoru
 P_r [kW] - výkon přenášený jedním klínovým řemenem
 c_1 [-] - součinitel úhlu opásání
 c_2 [-] - součinitel provozního zatížení
 c_3 [-] - součinitel délky klínového řemene

Řemenový převod bude tedy proveden pomocí jednoho řemene typu SPZ s účinnou délkou 1712 mm. Označení řemene dle katalogu [14] firmy TYMA CZ, s.r.o. je SPZ1712. Řemenový převod je zobrazen na obr. 3.8.



Obr. 3.8 Řemenový převod

3.3.5 Obvodová rychlost

Obvodová rychlost na prvním stupni řemenice se vypočte dle vzorce [13]:

$$v_1 = \frac{D_{m1} \cdot n_m}{19100} = \frac{100 \cdot 670}{19100} = 3,51 \text{ m} \cdot \text{s}^{-1} \quad (3.16)$$

kde: v_1 [$\text{m} \cdot \text{s}^{-1}$] - obvodová rychlost na prvním stupni
 D_{m1} [mm] - výpočtový průměr řemenice motoru na prvním stupni
 n_m [min^{-1}] - otáčky motoru na pátém stupni

Obvodové rychlosti na jednotlivých stupních řemenic jsou uvedeny v tab. 3.6.

Tab. 3.6 Obvodové rychlosti na jednotlivých stupních řemenic

STUPEŇ ŘEMENICE	I.	II.	III.	IV.	V.
Obvodová rychlost v [$\text{m} \cdot \text{s}^{-1}$]	3,51	5,44	7,63	9,82	11,75

Největší přípustná obvodová rychlost klínových řemenů je $40 \text{ m} \cdot \text{s}^{-1}$. Obvodová rychlost je na všech stupních řemenic menší, než je nejvyšší přípustná obvodová rychlost.

3.3.6 Obvodová síla

K výpočtu obvodové síly je zapotřebí znát výkon motoru (kap. 3.2.5) a obvodovou rychlost (kap. 3.3.5). Obvodovou sílu na prvním stupni řemenice je možné vypočítat dle vzorce [13]:

$$F_1 = \frac{102 \cdot P_m \cdot 9,81}{v_1} = \frac{102 \cdot 1,1 \cdot 9,81}{3,51} = 313,8 \text{ N} \quad (3.17)$$

kde: F_1 [N] - obvodová síla na prvním stupni
 v_1 [m·s⁻¹] - obvodová rychlost na prvním stupni
 P_m [min⁻¹] - výkon motoru

Obvodové síly na jednotlivých stupních řemenic jsou uvedeny v tab. 3.7.

Tab. 3.7 Obvodové síly na jednotlivých stupních řemenic

STUPEŇ ŘEMENICE	I.	II.	III.	IV.	V.
Obvodová síla F [N]	313,8	202,4	144,3	112,1	93,7

3.3.7 Pracovní předpětí řemene

Pracovní síla předpětí se v literatuře uvádí jako (1,5 až 2)·F. Pro následující výpočet bude zvoleno, že $F_u = 2 \cdot F$. Touto volbou se zajistí dostatečné předpětí řemene. Výpočet pracovní síly předpětí pro první stupeň řemenice bude proveden dle vzorce [13]:

$$F_{u1} = 2 \cdot F_1 = 2 \cdot 313,8 = 627,6 \text{ N} \quad (3.18)$$

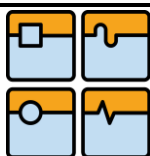
kde: F_{u1} [N] - pracovní předpětí řemene na prvním stupni
 F_1 [N] - obvodová síla na prvním stupni

Pracovní předpětí řemene na jednotlivých stupních řemenic je uvedeno v tab. 3.8.

Tab. 3.8 Pracovní předpětí řemene na jednotlivých stupních řemenic

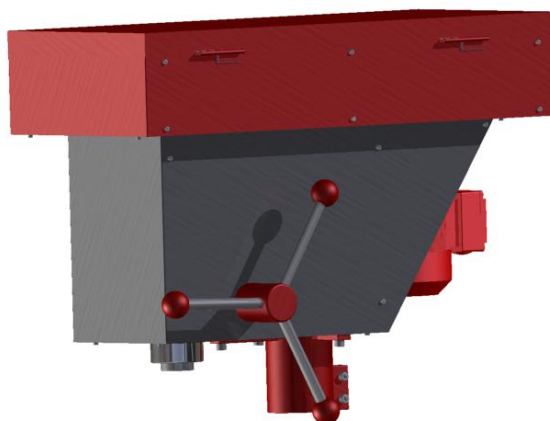
STUPEŇ ŘEMENICE	I.	II.	III.	IV.	V.
Pracovní předpětí řemene F_u [N]	627,6	404,8	288,6	224,2	187,4

Největší pracovní předpětí řemene je na prvním stupni řemenice, při návrhu konstrukce sloupové vrtačky bude tedy nutné počítat se silou předpětí $F_u = 627,6 \text{ N}$.



3.4 Konstrukce vřeteníku

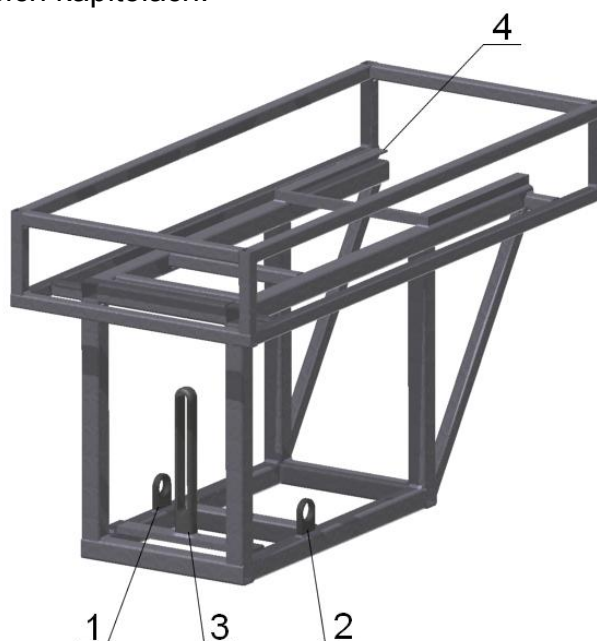
V následující kapitole bude popsána zvolená konstrukce vřeteníku sloupové vrtačky. Budou zde zobrazeny jednotlivé části vřeteníku sloupové vrtačky a popsána jejich funkce. Vřeteník sloupové vrtačky je uveden na obr. 3.9.



Obr. 3.9 Vřeteník sloupové vrtačky

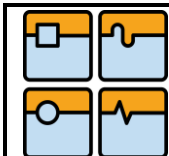
3.4.1 Rám vřeteníku

Základem vřeteníku je svařovaný rám, který je tvořen z ocelových čtvercových bezešvých trubek rozměrů 30 x 3 a 20 x 2, zvolených dle katalogu [15] prodejce hutních výrobků Feron, a.s. Svařovaný rám vřeteníku je zobrazen na obr. 3.10. Z obr. 3.10 je patrné, že ke spodní části rámu jsou přivařeny odlitky označené čísla 1, 2 a 3. Odlitky s číslem 1 a 2 jsou ložiskové domky, v kterých je uložen hřídel sloužící k posunu vřetene. Odlitek označený číslem 3 slouží k zajištění polohy vřetene. K horní části svařovaného rámu jsou přivařeny L-profilů označené na obr. 3.10 číslem 4, které tvoří pojezd motoru. Funkce těchto částí rámu bude detailněji popsána v následujících kapitolách.



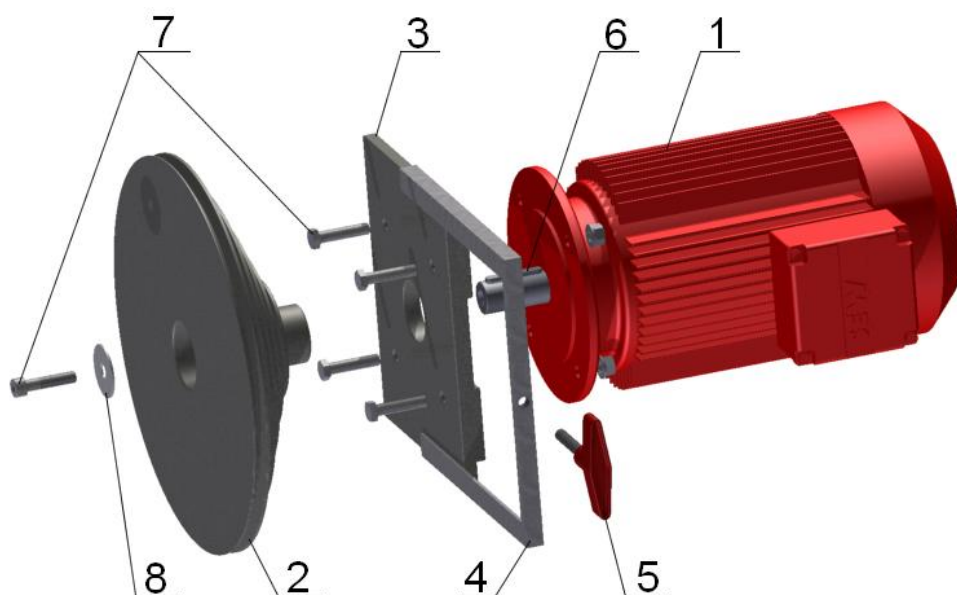
Obr. 3.10 Rám vřeteníku

(1 – Ložiskový domek č. 1, 2 – Ložiskový domek č. 2, 3 – Vodící drážka, 4 – Pojezd motoru)

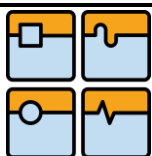


3.4.2 Uložení řemenice motoru

Uložení řemenice motoru je zobrazeno na obr. 3.11. Motor je pomocí šroubů ISO 4762 – M10x45 – 12.9 [16] připevněn k desce a je zajištěn šestihrannými maticemi ISO 4032 – M10 – 8 [16]. Deska je uložena na svařovaném rámu vřeteníku a proti vyosení je zajištěna pomocí pojezdu motoru (kap. 3.4.1). V pojezdu motoru je vyvrtaná díra se závitem, do které je našroubována napínací klika, která slouží k napínání řemene. Řemenice motoru je k motoru připojena pomocí šroubu ISO 4762 – M10 x 45 – 12.9 [16]. Přenos krouticího momentu je zajištěn pomocí pera ČSN 02 2562 8e7 x 7 x 50 [16].

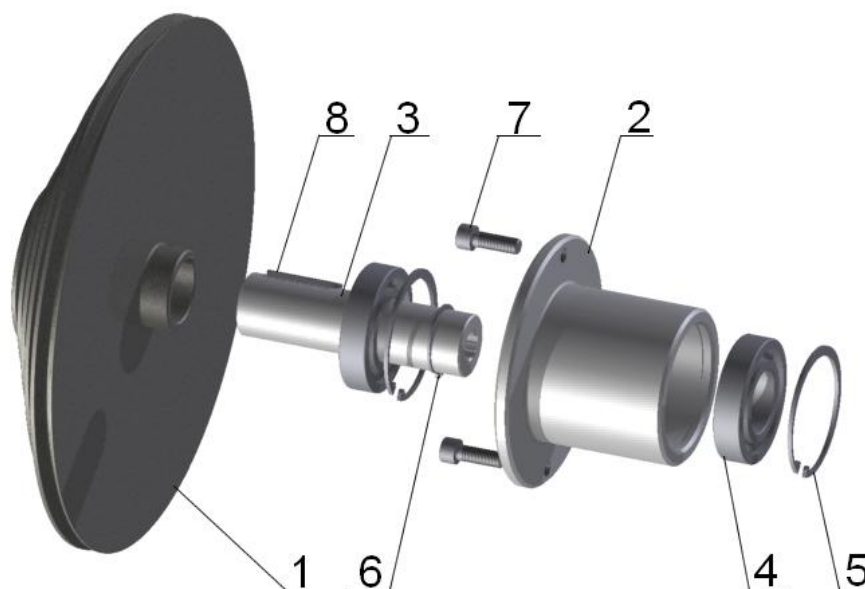


Obr. 3.11 Uložení řemenice motoru
(1 – Motor, 2 – Řemenice motoru, 3 – Deska, 4 – Pojezd motoru,
5 – Napínací klika, 6 – Pero, 7 – Šroub, 8 – Podložka)



3.4.3 Uložení řemenice vřetene

Krouticí moment se přenáší z řemenice vřetena na vřeteno pomocí pouzdra vřetene (obr. 3.12). Přenos krouticího momentu z řemenice vřetena na pouzdro vřetene je zajištěn pomocí pera ČSN 02 2562 12e7 x 8 x 50 [16]. Pouzdro vřetene má uvnitř vyrobeny rovnoboké drážky, v kterých je posuvně uloženo vřeteno. Uložení vřetene bude popsáno v kap. 3.4.4. Pouzdro vřetene je pomocí ložisek 6208, které byly vybrány dle katalogu [17] firmy SKF Group, uloženo v pouzdře ložisek. Ložiska jsou proti posuvu zajištěna pojistnými kroužky pro díry ČSN 02 2931 – 80 x 2,5 [16]. Pouzdro vřetene je proti posuvu zajištěno pojistným kroužkem ČSN 02 2930 – 40 x 1,75 [16]. V pouzdře ložisek jsou vyvrtané dvě díry se závitem, do kterých jsou našroubovány šrouby ISO 4762 – M10 x 30 – 12.9 [16]. Tyto šrouby slouží k připevnění pouzdra ložisek ke svařovanému rámu vřeteníku (kap. 3.4.1).

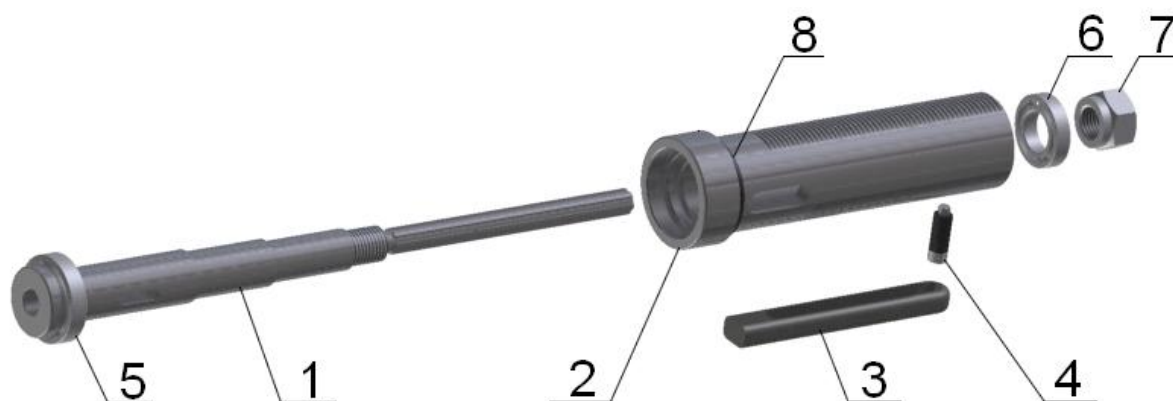


Obr. 3.12 Uložení řemenice vřetene

(1 – Řemenice vřetene, 2 – Pouzdro ložisek, 3 – Pouzdro vřetene, 4 – Ložisko 6208, 5 – Pojistný kroužek pro díru, 6 – Pojistný kroužek pro hřídel, 7 – Šroub, 8 – Pero)

3.4.4 Vřeteno

Na konci vřetene, jehož uložení je zobrazeno na obr. 3.13, jsou vyfrézované rovnoboké drážky, které jsou posuvně uloženy v pouzdře vřetene (kap. 3.4.3). Vřeteno je pomocí ložisek 6007 [17] a 6009 [17] uloženo v pinole. Na vřeteně je vysoustružen závit, na kterém je našroubovaná samojistná šestihranná matice ISO 7040 – M30 – 8 [16], která spojuje vřeteno a pinolu v jeden celek. Na pinole je vyrobeno ozubení, které pomocí záběru s ozubeným kolem (kap. 3.4.5) umožňuje posun vřetene. V pinole je vyvrtaná díra se závitem, do které je zašroubován šroub ISO 4762 – M10 x 40 – 12.9 [16]. Na tomto šroubu je nasazeno gumové obložení. Šroub s gumovým obložením je uložen ve vodící drážce, která je přivařena ke svařovanému rámu (kap. 3.4.1). Toto spojení zabraňuje možnosti vyosení pinoly a vymezuje výškovou přestavitelnost vřetene. Vřeteno je osazeno kuželem Mk3, do kterého je možno upnout vrtací sklíčidlo nebo přímo nástroj. Pinola i vřeteno jsou opatřeny otvorem pro vyrážecí.

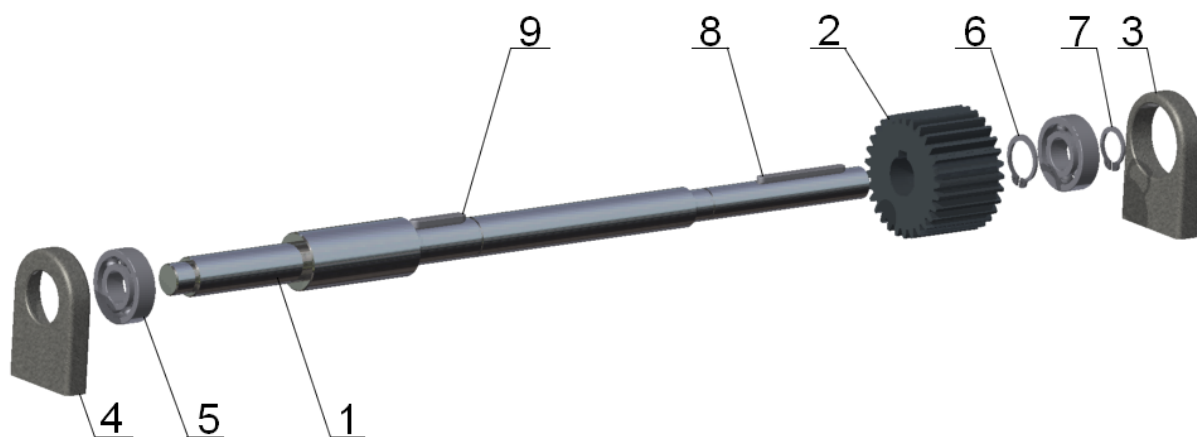


Obr. 3.13 Uložení vřetene

(1 – Vřeteno, 2 – Pinola, 3 – Vodící drážka, 4 – Šroub s gumovým obložením, 5 – Ložisko 6009, 6 – Ložisko 6007, 7 – Samojistná matice, 8 – O-kroužek)

3.4.5 Mechanismus posuvu vřetene

Posuv vřetene je zajištěn pomocí záběru ozubeného kola a ozubení, které je vyrobeno na pinole (kap. 3.4.4). Mechanismus posuvu vřetene je zobrazen na obr. 3.14. Ozubené kolo je nasazeno na hřídeli posuvu a je zajištěno pojistným kroužkem ČSN 02 2930 – 40 x 1,75 [16]. Přenos krouticího momentu je zajištěn pomocí pera ČSN 02 2562 5e7 x 5 x 25 [16]. Na hřídeli jsou nasazena ložiska s označením 6001 [17]. Ložiska jsou uložena v ložiskovém domku, který je přivařen ke svařovanému rámu vřeteníku (kap. 3.4.1). Na konci hřídele je vyfrézovaná drážka pro pero, v které je uloženo pero ČSN 02 2562 4e7 x 4 x 40 [16]. Toto pero slouží k přenosu krouticího momentu z vratidla na hřídel posuvu.

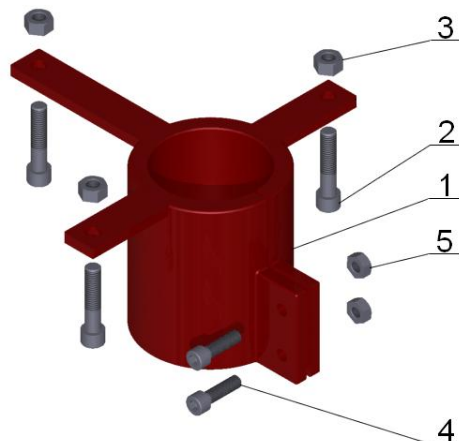


Obr. 3.14 Mechanismus posuvu vřetene

(1 – Hřídel posuvu, 2 – Ozubené kolo posuvu, 3 – Ložiskový domek č. 1, 4 – Ložiskový domek č. 2, 5 – Ložisko 6001, 6 – Pojistný kroužek 15, 7 – Pojistný kroužek 12, 8 – Pero 5e7 x 5 x 25, 9 – Pero 4e7 x 4 x 40)

3.4.6 Uložení vřeteníku na sloupu

Vřeteník sloupové vrtačky je usazen na sloupu pomocí tělesa, které je zobrazeno na obr. 3.15. Tělo je přišroubováno ke svařovanému rámu vřeteníku (kap. 3.4.1) šrouby ISO 4762 – M12 x 55 – 12.9 [16] a je zajištěno šestihrannými maticemi ISO 4032 – M12 – 8 [16]. Tělo je proti pootočení na sloupu zajištěno pomocí šroubů ISO 4762 – M10 x 35 – 12.9 [16] a šestihranných matic ISO 4032 – M10 – 8 [16].

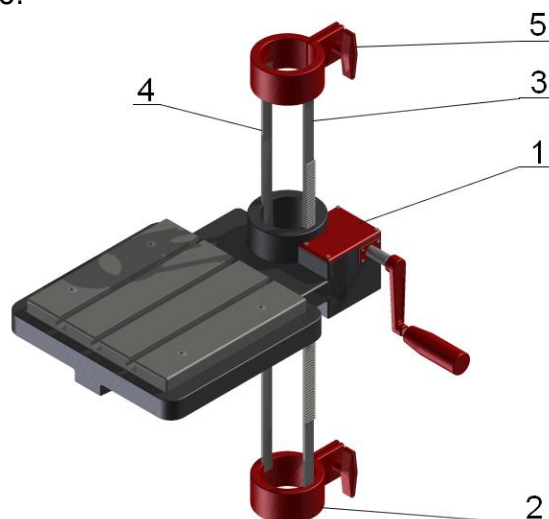


Obr. 3.15 Těleso

(1 – Těleso, 2 – Šroub M12, 3 – Matice M12, 4 – Šroub M10, 5 – Matice M10)

3.5 Konstrukce pracovního stolu

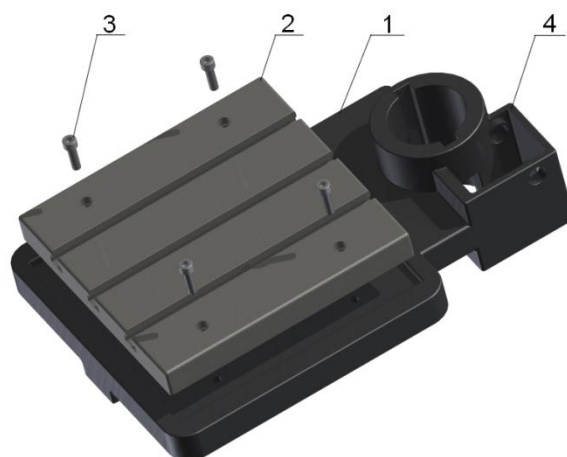
Konstrukce pracovního stolu umožňuje natáčet pracovní stůl o 360° kolem sloupu. Na sloupu jsou nasazeny objímky hřebene, v kterých jsou vyfrézovány drážky pro ustavení polohy ozubeného hřebene a protikusu hřebene. Poloha objímek se zajišťuje pomocí upínacích klik. Posuv pracovního stolu je zajištěn pomocí dvoustupňového převodu, který bude popsán v kap. 3.5.2. Uložení pracovního stolu je zobrazeno na obr. 3.16.



Obr. 3.16 Uložení pracovního stolu
(1 – Pracovní stůl, 2 – Objímka hřebene, 3 – Ozubený hřeben, 4 – Protikus hřebene, 5 – Upínací klika)

3.5.1 Základna pracovního stolu

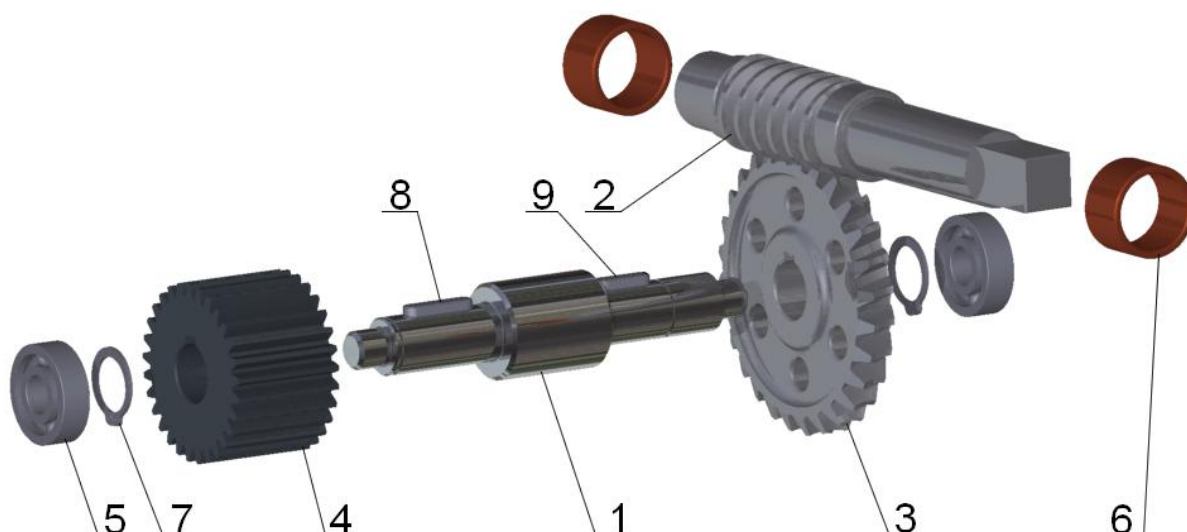
Základna pracovního stolu je vyrobena jako odlitek, ke kterému je připojena šrouby ISO 4762 – M10 x 35 – 12.9 [16] upínací deska. Na upínací desce jsou vyfrézovány tři T-drážky, do kterých je možno upnout obrobek. V základně pracovního stolu jsou vodící drážky, do kterých je vložen ozubený hřeben a protikus hřebene. Vodicí drážky zabraňují vyosení pracovního stolu vzhledem k ozubenému hřebeni. Na obr. 3.17 je číslem 4 označená část základny pracovního stolu, ve které je uložen posuvový mechanismus pracovního stolu (kap. 3.5.2)



Obr. 3.17 Základna pracovního stolu
(1 – Základna pracovního stolu, 2 – Upínací deska, 3 – Šroub, 4 – Část základny pro uložení posuvového mechanismu)

3.5.2 Posuvový mechanismus pracovního stolu

Posuvový mechanismus pracovního stolu je tvořen dvoustupňovým převodem. Základem posuvového mechanismu pracovního stolu je hřídel (obr. 3.18), která je uložena v základně pracovního stolu pomocí ložisek 6000 [17]. První převodový stupeň je převod pomocí šnekové hřídele a šnekového kola. Šnekové kolo je nasazeno na hřídeli a proti posuvu je zajištěno pojistným kroužkem ČSN 02 2930 – 15 x 1 [16]. Krouticí moment se z šnekového kola na hřídel posuvového mechanismu přenáší perem ČSN 02 2562 5e7 x 5 x 16 [16]. Uložení šnekové hřídele v základně pracovního stolu je provedeno pomocí kluzných pouzder s typovým označením PSM 202515 A51, které byly vybrány dle katalogu [18] firmy SKF Group. Na konci šnekové hřídele je vyfrézován čtyřhran, na který je nasazena páka posuvu stolu. Druhý převodový stupeň je tvořen ozubeným hřebenem (obr. 3.16) a ozubeným kolem, které je nasazeno na hřídeli a je pojištěno proti posuvu pojistným kroužkem ČSN 02 2930 – 15 x 1 [16]. Přenos krouticího momentu z hřídele na ozubené kolo je zajištěno perem ČSN 02 2562 5e7 x 5 x 20 [16]. Posuvový mechanismus pracovního stolu je zobrazen na obr. 3.18.



Obr. 3.18 Posuvový mechanismus pracovního stolu
 (1 – Hřídel, 2 – Šneková hřídel, 3 – Šnekové kolo, 4 – Ozubené kolo,
 5 – Ložisko 6000, 6 – Kluzné pouzdro, 7 – Pojistný kroužek,
 8 – Pero 5e7 x 5 x 20, 9 – Pero 5e7 x 5 x 16)

3.6 Konstrukce základové desky

Základová deska je vyrobena jako odlitek. V základové desce jsou díry pro šrouby, které slouží k upevnění základové desky k zemi na daném pracovišti. K základové desce je přišroubována pomocí šroubů ISO 4762 – M10 x 50 – 12.9 [16] upínací deska. Upínací deska slouží k upnutí rozměrnějších obrobků, které není možné upnout na pracovní stůl. K ustavení polohy rozměrnějších obrobků na upínací desce slouží T-drážky. Zajištění polohy sloupu na základové desce je provedeno pomocí stojanu sloupu (obr. 3.19). Stojan sloupu je k základové desce připevněn šrouby ISO 4762 – M16 x 65 – 12.9 [16].



Obr. 3.19 Základová deska
(1 – Základová deska, 2 – Upínací deska, 3 – Stojan sloupu,
4 – Šroub M16, 5 – Šroub M10)

ZÁVĚR

Cílem této závěrečné práce bylo provést rešerši v oblasti sloupových vrtaček, na základě této rešerše zvolit základní technické parametry a vypracovat návrh vlastní konstrukce sloupové vrtačky.

V úvodní kapitole je uveden popis sloupové vrtačky a základní technické parametry, které sloupové vrtačky charakterizují. Sloupové vrtačky jsou stroje pro výrobu děr do průměru 40 mm.

Obsahem druhé kapitoly je rešerše v oblasti sloupových vrtaček dostupných na současném trhu. V této kapitole je uveden přehled výrobců sloupových vrtaček a technické parametry jimi vyráběných strojů. Sloupové vrtačky současné výroby se typizují zejména podle maximálního vrtacího průměru a způsobu regulace otáček vřetene. Nejmodernější vrtačky mají otáčky vřetene regulované pomocí převodovky.

Závěrečná kapitola je věnována vlastnímu návrhu konstrukce sloupové vrtačky. Na základě rešerše uvedené v druhé kapitole byly zvoleny parametry konstruovaného stroje, které jsou uvedeny v tabulce 4.1. Pro pohon vřetene byl na základě výpočtů zvolen trojfázový asynchronní motor. Pro přenos krouticího momentu byl zvolen řemenový převod. Změna otáček vřetene se provádí pomocí manuálního přehození řemene na vícestupňové řemenici. Pracovní stůl byl zkonstruován tak, aby bylo možné jeho otočení kolem sloupu o 360°. Přestavování polohy pracovního stolu je provedeno ručním posuvem. Při návrhu konstrukce byla brána v úvahu cenová výhodnost jednotlivých konstrukčních řešení. Volbou řemenového převodu a ručního posuvu stolu byla podstatně zjednodušena konstrukce vrtačky oproti vrtačkám vybaveným převody ozubenými koly a strojním posuvem. Touto volbou se zaručila cenová výhodnost konstruovaného stroje, což bylo cílem návrhu konstrukce sloupové vrtačky.

Tab. 4.1 Parametry zkonstruovaného stroje

PARAMETR	JEDNOTKA	HODNOTA
Maximální vrtaný průměr	mm	20
Vyložení vřetene	mm	275
Maximální vzdálenost vřetene od stolu	mm	665
Maximální vzdálenost vřetene od základny	mm	1192
Kužel vřetene	-	Mk3
Průměr sloupu	mm	90
Upínací plocha stolu	mm	320 x 320
Otáčky vřetene	min ⁻¹	200 ÷ 2244,5
Rozměry stroje (Š x D x V)	mm	440 x 926 x 1900
Hmotnost stroje	kg	410

	Ústav výrobních strojů, systémů a robotiky	Str. 46
	BAKALÁŘSKÁ PRÁCE	

SEZNAM POUŽITÝCH ZDROJŮ

- [1] BORSKÝ, Václav. *Obráběcí stroje*. 1. vyd. Brno: VUT Brno, 1992. 216 s. ISBN 80-214-0470-1.
- [2] HLUCHÝ, Miroslav, KOLOUCH, Jan. *Strojírenská technologie 1: Nauka o materiálu* 1. díl. 3. přepracované vyd. Praha: Scientia, spol. s.r.o., pedagogické nakladatelství, 2002. 266 s. ISBN 80-80-7183-262-6.
- [3] SA TRADE s.r.o. *Značka PROMA*. [online]. ©2008-2013 [cit. 2013-04-5]. Dostupné z: <http://www.promacz.cz/firma.php>
- [4] PROMA-FERM.cz. *Stojanové a sloupové vrtačky*. [online]. ©2013 [cit. 2013-04-5]. Dostupné z: <http://www.proma-ferm.cz/vrtacky/stojanove-a-sloupove-vratcky-205775>
- [5] HELTOS a.s. *O firmě*. [online]. ©2008-2013 [cit. 2013-04-5]. Dostupné z: <http://www.heltos.cz/o-firme.html>
- [6] BERNARDO®. *Produkty*. [online]. ©2013 [cit. 2013-04-5]. Dostupné z: <http://www.bernardo.at/index.php?id=62&openid=120&L=hnoeebyp&katid=4&groupid=51>
- [7] BOUKAL Stroje-nářadí. *O značce Bernardo*. [online]. ©2010-2013 [cit. 2013-04-5]. Dostupné z: <http://shop.boukal.cz/vyrobc/bernardo>
- [8] Arnz FLOTT GmbH. *Über uns*. [online]. ©2013 [cit. 2013-04-5]. Dostupné z: http://www.flott.de/ueber-uns_3.html
- [9] APJ Praha s.r.o. *Vrtačky FLÖTT*. [online]. ©2011 [cit. 2013-04-5]. Dostupné z: <http://www.flott.cz/?i=224/flott-vrtacky>
- [10] SECO TOOLS CZ, s.r.o. *Sortimentní katalog*. [online]. ©2013 [cit. 2013-04-28]. Dostupné z: <http://ecat.secotools.com>
- [11] KOČMAN, Karel, PROKOP Jaroslav. *Technologie obrábění*. 2. vyd. Brno: Akademické nakladatelství CERM, s.r.o., 2005. 270 s. ISBN 80-214-3068-0.
- [12] TYMA CZ, s.r.o. *Úzké klínové řemeny*. [online]. ©2004-2013 [cit. 2013-04-28]. Dostupné z: <http://www.tyma.cz/files/doc/kl-xpz.pdf>
- [13] LEINVEBER, Jan, VÁVRA, Pavel. *Strojnické tabulky*. 2. vyd. Úvaly: Pedagogické nakladatelství ALBRA, 2005. 907 s. ISBN 80-7361-011-6.
- [14] TYMA CZ, s.r.o. *Úzké klínové řemeny*. [online]. ©2004-2013 [cit. 2013-04-28]. Dostupné z: <http://www.tyma.cz/files/doc/kl-xpz.pdf>
- [15] FERONA, a.s. *Sortimentní katalog*. [online]. ©2004-2013 [cit. 2013-04-28]. Dostupné z: http://www.ferona.cz/cze/katalog/search.php?search_type=&druh=316
- [16] SVOBODA, Pavel. *Výběry z norem pro konstrukční cvičení*. 3. vyd. Brno: akademické nakladatelství CERM®, s.r.o., 2009. 223 s. ISBN 978-80-7204-636-2.
- [17] SKF GROUP. *Hlavní katalog SKF*. [online]. ©2013 [cit. 2013-04-28]. Dostupné z: <http://www.skf.com/files/515051.pdf>
- [18] SKF GROUP. *Kluzná pouzdra SKF*. [online]. ©2013 [cit. 2013-04-28]. Dostupné z: <http://www.skf.com/files/262138.pdf>
- [19] SVOBODA, Pavel. *Základy konstruování*. 3. vyd. Brno: akademické nakladatelství CERM, s.r.o., 2009. 234 s. ISBN 978-80-7204-633-1.
- [20] SHIEGLEY, J. E., MISCHKE, C. R., BUDYNAS, R. G. *Konstruování strojů a strojních součástí*. 1. vyd. Brno: Vysoké učení technické v Brně, nakladatelství VUTIUM, 2010. 1159 s. ISBN 978-80-214-2629-0.

SEZNAM POUŽITÝCH SYMBOLŮ A ZKRATEK

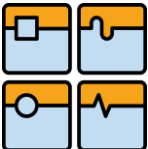
Symbol	Popis	Jednotka
A_D	Celkový průřez třísky	[mm ²]
A_{mv}	Osová vzdálenost	[mm]
D_c	Průměr vrtáku	[mm]
D_m	Výpočtový průměr řemenice motoru	[mm]
D_{m1}	Výpočtový průměr řemenice motoru na prvním stupni	[mm]
D_{m2}	Výpočtový průměr řemenice motoru na druhém stupni	[mm]
D_{m3}	Výpočtový průměr řemenice motoru na třetím stupni	[mm]
D_{m4}	Výpočtový průměr řemenice motoru na čtvrtém stupni	[mm]
D_{m5}	Výpočtový průměr řemenice motoru na pátém stupni	[mm]
D_v	Výpočtový průměr řemenice vřetene	[mm]
D_{v1}	Výpočtový průměr řemenice vřetene na prvním stupni	[mm]
D_{v2}	Výpočtový průměr řemenice vřetene na druhém stupni	[mm]
D_{v3}	Výpočtový průměr řemenice vřetene na třetím stupni	[mm]
D_{v4}	Výpočtový průměr řemenice vřetene na čtvrtém stupni	[mm]
D_{v5}	Výpočtový průměr řemenice vřetene na pátém stupni	[mm]
F	Obvodová síla	[N]
F_1	Obvodová síla na prvním stupni	[N]
F_C	Řezná síla	[N]
F_u	Pracovní předpětí řemene	[N]
F_{u1}	Pracovní předpětí řemene na prvním stupni	[N]
L_p	Výpočtová délka klínového řemene	[mm]
M_k	Krouticí moment	[N·m]
M_m	Jmenovitý moment	[N·m]
P_C	Řezný výkon	[kW]
P_m	Výkon motoru	[kW]
P_r	Výkon přenášený jedním klínovým řemenem	[kW]
a_p	Šířka záběru ostří	[mm]
c_1	Součinitel úhlu opásání	[-]
c_2	Součinitel provozního zatížení	[-]
c_3	Součinitel délky klínového řemene	[-]
d_m	Průměr hřídele motoru	[mm]
dm_m	Průměr stopky	[mm]
F	Posuv	[mm/ot]
f_z	Posuv na zub	[mm]
f'	Doporučený posuv	[mm/ot]

i	Převodový poměr	[-]
i ₁	Převodový poměr pro první stupeň	[-]
k _C	Měrná řezná síla	[N·mm ⁻²]
l ₁	Délka těla vrtáku	[mm]
l ₂	Délka vrtáku	[mm]
l ₄	Maximální hloubka vrtání	[mm]
l ₆	Délka drážky	[mm]
l _C	Délka stopky	[mm]
m _m	Hmotnost motoru	[kg]
n	Otáčky nástroje	[min ⁻¹]
n _m	Otáčky motoru	[min ⁻¹]
n _v	Otáčky vřetene	[min ⁻¹]
n _{v1}	Otáčky vřetene na prvním stupni	[min ⁻¹]
v	Obvodová rychlost	[m·s ⁻¹]
v ₁	Obvodová rychlost na prvním stupni	[m·s ⁻¹]
v _C	Řezná rychlost	[m·min ⁻¹]
v _{C'}	Doporučená řezná rychlost	[m·min ⁻¹]
z	Počet zubů (břitů) nástroje	[-]
z _k	Počet klínových řemenů	[-]
β	Úhel opásání malé řemenice	[°]
κ	Úhel nastavení hlavního ostří	[°]

Zkratka	Popis
ČSN	Česká technická norma
ISO	International Organization for Standardization
Mk	Morse kužel

SEZNAM OBRÁZKŮ

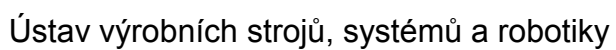
Obr. 1.1 Schéma sloupové vrtačky [2]	12
Obr. 2.1 PROMA E-1720F/400 [4]	13
Obr. 2.2 PROMA E-2020F/400 [4]	13
Obr. 2.3 HELTOS Canis VS 20.8 [5]	14
Obr. 2.4 HELTOS Vega VS 20.8 [5]	14
Obr. 2.5 HELTOS Sirius VS 25-290 [5]	15
Obr. 2.6 HELTOS VS 32 Herkules [5]	17
Obr. 2.7 HELTOS VS 32B [5]	17
Obr. 2.8 HELTOS VS 40-420 Castor [5]	17
Obr. 2.9 HELTOS VS 40-480 Pollux [5]	18
Obr. 2.10 HELTOS VS 40-Sprint [5]	18
Obr. 2.11 BERNARDO BM 25 SB [6]	19
Obr. 2.12 BERNARDO BM 36 D [6]	19
Obr. 2.13 BERNARDO GB 35 S [6]	20
Obr. 2.14 BERNARDO GB 40 N [6]	20
Obr. 2.15 FLOTT SB E3 [9]	21
Obr. 2.16 FLOTT SB E4 [9]	21
Obr. 2.17 FLOTT SB M4 ST MV [9]	22
Obr. 2.18 FLOTT SB M5 ST [9]	22
Obr. 2.19 FLOTT SB P30 STG PV [9]	23
Obr. 3.1 Přehled produktů Seco Feedmax™ [10]	24
Obr. 3.2 Geometrie vrtáků Seco Feedmax™ řady SD203 [10]	25
Obr. 3.3 SMG – Materiálové skupiny SECO [10]	26
Obr. 3.4 Řezné podmínky SECO [10]	27
Obr. 3.5 Hodnota měrné řezné síly k_c [10]	28
Obr. 3.6 Řezná síla při vrtání [11]	30
Obr. 3.7 Motor DFV 100 L8 [12]	31
Obr. 3.8 Řemenový převod	35
Obr. 3.9 Vřeteník sloupové vrtačky	37
Obr. 3.10 Rám vřeteníku	37
Obr. 3.11 Uložení řemenice motoru	38
Obr. 3.12 Uložení řemenice vřetene	39
Obr. 3.13 Uložení vřetene	40
Obr. 3.14 Mechanismus posuvu vřetene	41
Obr. 3.15 Těleso	41

	Ústav výrobních strojů, systémů a robotiky	Str. 50
	BAKALÁŘSKÁ PRÁCE	

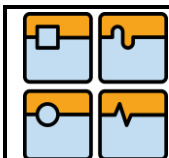
Obr. 3.16 Uložení pracovního stolu.....	42
Obr. 3.17 Základna pracovního stolu	42
Obr. 3.18 Posuvový mechanismus pracovního stolu	43
Obr. 3.19 Základová deska	44

SEZNAM TABULEK

Tab. 2.1 Základní technické parametry sloupových vrtaček PROMA	13
Tab. 2.2 Základní parametry sloupových vrtaček HELTOS řady VS 20.....	15
Tab. 2.3 Základní parametry sloupových vrtaček HELTOS řady VS 25.....	16
Tab. 2.4 Základní parametry sloupových vrtaček HELTOS řady VS 32.....	16
Tab. 2.5 Základní parametry sloupových vrtaček HELTOS řady VS 40.....	18
Tab. 2.6 Základní parametry sloupových vrtaček BERNARDO s řemenovým převodem.....	19
Tab. 2.7 Základní parametry sloupových vrtaček BERNARDO s převodovkou	20
Tab. 2.8 Základní parametry sloupových vrtaček FLOTT řady E	21
Tab. 2.9 Základní parametry sloupových vrtaček FLOTT řady M	22
Tab. 2.10 Základní parametry sloupových vrtaček FLOTT řady P	23
Tab. 3.1 Parametry vrtáků Seco Feedmax™ řady SD203	25
Tab. 3.2 Zvolené řezné podmínky.....	29
Tab. 3.3 Parametry pro volbu motoru	31
Tab. 3.4 Parametry zvoleného motoru	31
Tab. 3.5 Otáčky vřetene na jednotlivých stupních řemenice	33
Tab. 3.6 Obvodové rychlosti na jednotlivých stupních řemenic.....	35
Tab. 3.7 Obvodové síly na jednotlivých stupních řemenic	36
Tab. 3.8 Pracovní předpětí řemene na jednotlivých stupních řemenic.....	36
Tab. 4.1 Parametry zkonstruovaného stroje	45



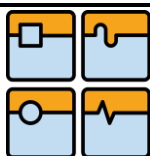
Příloha 1	Obrázková dokumentace sloupové vrtačky
Příloha 2	Výkresová dokumentace sloupové vrtačky
Příloha 3	CD - elektronická verze bakalářské práce 3D model sloupové vrtačky výkres sestavy sloupové vrtačky



Příloha 1

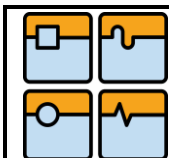
Konstruovaná sloupová vrtačka – pohled 1





Konstruovaná sloupová vrtačka – pohled 2





Vřeteník bez krytování

