



**FAKULTA
ŠTOJNÍ
ČVUT V PRAZE**

Ústav konstruování a částí strojů

Návrh konstrukce dílenské pásové brusky

Design of workshop belt sander

BAKALÁŘSKÁ PRÁCE

2019

Jan SVOBODA

Studijní program: B2342 TEORETICKÝ ZÁKLAD ŠTOJNÍHO INŽENÝRSTVÍ

Studijní obor: 2301R000 Studijní program je bezoborový

Vedoucí práce: Ing. Marek Štádler

I. OSOBNÍ A STUDIJNÍ ÚDAJE

Příjmení: **Svoboda** Jméno: **Jan** Osobní číslo: **459983**
Fakulta/ústav: **Fakulta strojní**
Zadávající katedra/ústav: **Ústav konstruování a částí strojů**
Studijní program: **Teoretický základ strojního inženýrství**
Studijní obor: **bez oboru**

II. ÚDAJE K BAKALÁŘSKÉ PRÁCI

Název bakalářské práce:

Návrh konstrukce dílenské pásové brusky

Název bakalářské práce anglicky:

Design of workshop belt sander

Pokyny pro vypracování:

Vypracujte rešerši typů konstrukcí používaných dílenských pásových brusek. Na základě rešerše navrhnete vlastní konstrukci pásové brusky, splňující zadané parametry. Pro navrženou konstrukci proveďte vybrané návrhové a kontrolní výpočty. Práce bude obsahovat 3D model zařízení, výkres sestavy zařízení a výrobní výkres rámu pásové brusky.

Seznam doporučené literatury:

- [1]Švec, V.: Části a mechanismy strojů - Spoje a spojovací součásti. ČVUT, Praha, 2002
- [2]Švec, V.: Části a mechanismy strojů - Příklady. ČVUT, Praha, 2003

Jméno a pracoviště vedoucí(ho) bakalářské práce:

Ing. Marek Štádler, ústav konstruování a částí strojů FS

Jméno a pracoviště druhé(ho) vedoucí(ho) nebo konzultanta(ky) bakalářské práce:

Datum zadání bakalářské práce: **09.04.2019**

Termín odevzdání bakalářské práce: **10.06.2019**

Platnost zadání bakalářské práce: **12.12.2019**



Ing. Marek Štádler
podpis vedoucí(ho) práce



Ing. František Lopot, Ph.D.
podpis vedoucí(ho) ústavu/katedry




prof. Ing. Michael Valášek, DrSc.
podpis děkana(ky)

III. PŘEVZETÍ ZADÁNÍ

Student bere na vědomí, že je povinen vypracovat bakalářskou práci samostatně, bez cizí pomoci, s výjimkou poskytnutých konzultací. Seznam použité literatury, jiných pramenů a jmen konzultantů je třeba uvést v bakalářské práci.

23. 4. 2019

Datum převzetí zadání



Podpis studenta

PROHLÁŠENÍ

Prohlašuji, že jsem bakalářskou práci s názvem: „Návrh konstrukce dílenské pásové brusky“ vypracoval samostatně pod vedením Ing. Marka Štádlera s použitím literatury uvedené na konci této bakalářské práce v seznamu použité literatury.

V Praze dne

.....

Jan Svoboda

PODĚKOVÁNÍ

Rád bych tímto upřímně poděkoval mému vedoucímu bakalářské práce Ing. Marku Štádlrovi za cenné rady, připomínky a pevné nervy zvláště při konzultaci výpočtů. Velké poděkování za nekončící podporu a trpělivost během celého studia patří samozřejmě mé rodině, přítelkyni a přátelům.

ANOTAČNÍ LIST

Jméno autora: Jan Svoboda
Název BP: Návrh konstrukce dílenské pásové brusky
Anglický název: Design of workshop belt sander
Rok: 2019
Studijní program: B2342 Teoretický základ strojního inženýrství
Obor studia: 2301R000 Studijní program je bezoborový
Ústav: Ústav konstruování a částí strojů
Vedoucí BP: Ing. Marek Štádler
Bibliografické údaje: počet stran 48
počet obrázků 45
počet tabulek 10
počet příloh 3
Klíčová slova: pásová bruska, bruska, brusný pás, návrh
Keywords: belt sander, sander, sanding belt, design

Anotace: Tato bakalářská práce se zabývá návrhem konstrukce dílenské pásové brusky. Obsahuje rešerši shrnující používané typy konstrukcí pásových brusek, popis jednotlivých komponentů a příklady konkrétních prodávaných modelů. Praktická část je zaměřena na samotný návrh včetně návrhových a kontrolních výpočtů. Součástí práce je zhotovení 3D modelu, výkresu sestavy a výkresu rámu.

Abstract: This bachelor thesis deals with a design of workshop belt sander. It contains research which summarizes used types of belt sanders, description of the particular components and examples of marketed models. The practical part is focused on the design itself including design and control calculations. Part of the thesis is a 3D model, an assembly drawing and a frame manufacturing drawing.

OBSAH

1.	Úvod	1
1.1.	Základní definice broušení	1
2.	Přehled používaných konstrukcí pásových brusek	2
2.1.	Ruční pásové brusky	2
2.2.	Stolní pásové brusky	3
2.3.	Stojanové pásové brusky	4
2.4.	Kombinované brusky	5
3.	Předloha, komponenty	6
3.1.	Pohon	6
3.1.1.	Konstrukce třífázového asynchronního motoru	6
3.1.2.	Volba motoru, doporučené brusné rychlosti	7
3.1.3.	Frekvenční měnič	8
3.1.4.	Provedení a uchycení pohonu	9
3.2.	Rám	10
3.3.	Řemenice, kladky	11
3.3.1.	Volba řemenice	11
3.3.2.	Volba kladek	11
3.3.3.	Bombírování	12
3.3.4.	Ukotvení vodících kladek	13
3.3.5.	Napnutí pásu	14
3.3.6.	Používané uchycení stolu	15
3.3.7.	Příklady konkrétních brusek, prodávané stavebnice	16
4.	Volba základních komponentů	17
4.1.	Volba pohonu	17
4.2.	Volba brusného pásu	18
5.	Návrhové výpočty	19
5.1.	Krouticí moment elektromotoru	19
5.2.	Výpočet velikosti řemenice	19
5.3.	Výpočet obvodové a napínací síly pásu	20
5.4.	Výpočet sil v pásu	20
5.5.	Výpočet přitlačovací síly obrobku k pásu	21
6.	Kontrolní výpočty	22
6.1.	Těsné pero	22
6.1.1.	Kontrola pera na otláčení	22
6.1.2.	Kontrola pera na stříh	22
6.2.	Trvanlivost ložisek	23
6.3.	Kontrola utahovací síly šroubu v aretačním mechanismu	25
7.	Popis konstrukce	27

7.1.	Volba rámu	27
7.2.	Ukotvení pohonu, hnací řemenice	28
7.3.	Kladkový plech, pojezdové tyče, aretace	29
7.4.	Vodící kladky a jejich uchycení	31
7.5.	Napínací mechanismus	32
7.6.	Pracovní stůl	32
7.7.	Výsledná vizualizace pásové brusky	33
8.	Závěr	35
	Seznam použité literatury	36
	Seznam obrázků	38
	Seznam tabulek.....	39
	Seznam příloh	40
	Seznam zkratk a symbolů	40

1. Úvod

Ať už se jedná o brusku pásovou, kotoučovou, vibrační nebo jakoukoli jinou, každá z nich dnes najde své uplatnění téměř v každé domácnosti či dílně. Tato bakalářská práce se zabývá návrhem konstrukce dílenské pásové brusky určené zejména pro broušení oceli. Slouží například k úběru materiálu a zároveň dočišťování povrchu součásti, odstraňování otřepů a starých laků/nátěrů ze součásti, vytváření hran a mnoha dalším účelům. Hojně využívány jsou také pro broušení a ostření nožových čepelí v nástrojárnách.

Princip funkce pásové brusky je jednoduchý, avšak účinný. Elektromotorem poháněná řemenice přenáší krouticí moment na vodící kladky mechanismu. Počet kladek je uzpůsoben délce brusného pásu, napnutí pásu je zajištěno napínací kladkou. Napínací mechanismus lze lehce uvolnit, což činí výměnu brusného pásu snadnou záležitostí.

První (teoretická) část práce se zaměřuje na shrnutí základních používaných konstrukcí pásových brusek, rozebrány jsou zde i konstrukční možnosti jednotlivých komponentů. Uvedeny jsou také příklady konkrétních modelů, které jsou dnes na trhu běžně k dostání. Praktická část se zabývá vybranými návrhovými a kontrolními výpočty a popisem samotné konstrukce. Součástí praktické části je vizualizace navržené konstrukce (tedy tvorba 3D modelu), výkres sestavy s kusovníkem a výrobní výkres rámu pásové brusky.

1.1. Základní definice broušení

Broušení patří mezi dokončovací procesy obrábění. Princip spočívá v odebrání drobných částíček třísek mnohobřítým nástrojem (v tomto případě brusným pásem). Procesem broušení se dá dosáhnout přesných rozměrů požadovaných tvarů a drsnosti povrchu Ra 1,6 až 0,2 μm . Brousit se dá široké spektrum materiálů, od měkkých materiálů (dřevo, plast), až po těžko obrobitelné materiály. Technologie broušení je také velmi hojně používána pro obnovu řezivosti nástrojů – ostření. [34]

2. Přehled používaných konstrukcí pásových brusek

V dnešní době lze nalézt řadu výrobců, kteří nabízejí široké spektrum pásových brusek různých konstrukcí, velikostí a uspořádání. Lze nalézt jak brusky pro hobby a domácí využití, tak konstrukčně složitější stroje určené spíše do větších dílen či nástrojáren. V první řadě je důležité, jaký materiál bude na stroji broušen, od toho se odvíjí volba brusné rychlosti, velikost hnací řemenice a celkový výkon pohonu.

V následující části textu tedy bude provedeno základní rozdělení pásových brusek, které jsou běžně k dostání v České republice. Na trhu dnes existuje nepřehledné množství pásových brusek, pro zjednodušení je lze shrnout do čtyř základních kategorií – ruční, stolové, stojanové a kombinované.

2.1. Ruční pásové brusky

Ruční pásové brusky se hodí převážně pro broušení rovinných ploch. Jsou opatřeny madly pro pohodlný úchop a vedení stroje, brusky určené pro broušení dřeva jsou zpravidla vybaveny odsáváním a odnímatelnou nádobou na prach. Vedení pásu je zajištěno dvěma kladkami – jedna hnací, druhá vodící. Jmenovité výkony elektromotorů prodáváných brusek se pohybují v rozmezí zhruba 500 – 1 000 W, velmi často lze brusnou rychlost regulovat potenciometrem. Výměna pásu je umožněna povolením upínací páky, která slouží ke kontrole napnutí pásu. Vycentrování chodu brusného pásu je zajištěno seřizovacím šroubem, který je obvykle umístěn na přední kladce. [1]

Zástupcem ručních pásových brusek je například bruska Holzmann RSG 620.



Obr. 1: Ruční pásová bruska Holzmann RSG 620 [1]

Tab. 1: Parametry ruční pásové brusky Holzmann RSG 620 [1]

Holzmann RSG 620			
Jmenovitý výkon	800 W	Hmotnost	4,1 kg
Rychlost pásu	3,1 – 11,6 m/s	Rozměry	730 x 160 x 180 mm
Rozměr pásu (D x Š)	620 x 40 mm	Cena	4 003 Kč vč. DPH

Existují také speciální typy ručních pásových brusek. Za zmínku určitě stojí bruska se třemi kladkami (jedna hnací, zbylé vodící), používaná hlavně pro broušení kovových trubek. Jedna z vodících kladek je umístěna na naklápěcím rameni, což umožňuje přizpůsobení vedení pásu profilu trubky. [1] [2]

Příkladem brusky určené pro opracování trubek je model GRB 14 CE Professional od firmy BOSCH.



Obr. 2: Ruční pásová bruska na trubky BOSCH GRB 14 CE Professional [2]

Tab. 2: Parametry ruční brusky na trubky BOSCH GRB 14 CE Professional [2]

BOSCH GRB 14 CE Professional			
Jmenovitý výkon	1 400 W	Hmotnost	3,7 kg
Rychlost pásu	2,7 – 8,5 m/s	Rozměry	délka = 587 mm; výška = 386 mm
Rozměr pásu (D x Š)	760 x 40 mm	Cena	22 738 Kč vč. DPH

Nevýhodou ručních pásových brusek může být nepravidelný chod pásu a sjíždění pásu při najetí na nerovnosti. Určeny jsou spíše pro domácí využití, tedy například pro broušení prken a fošen, v případě kovu pro odstraňování starých nátěrů a laků nebo vyhlazování svarových spojů.

2.2. Stolní pásové brusky

Stolní pásové brusky najdou své využití hlavně v profesionálních dílnách a nástrojárnách. Na rozdíl od ručních brusek disponují obvykle větším výkonem a hmotností, pořizovací cena bývá vyšší. Řadí se mezi tzv. stacionární stroje, jsou tedy situovány na jednom místě. Stolové mívají konstrukci opatřenou otvory pro šrouby pro pevné umístění na pracovní stůl. Princip funkce těchto typů brusek je stejný jako u ručních, hlavní rozdíl je ve velikosti konstrukce. Orientace brusného pásu může být horizontální nebo vertikální. [3]

Příkladem stolní pásové brusky je jednorychlostní stroj PÁSOVEC 100 od firmy N.KO Machines. [3]



Obr. 3: Stolní pásová bruska N.KO Machines PÁSOVEC 100 [3]

Tab. 3: Parametry stolní pásové brusky N.KO Machines PÁSOVEC 100 [3]

N.KO Machines PÁSOVEC 100			
Jmenovitý výkon	1 500 W	Hmotnost	38 kg
Rychlost pásu	19 m/s (jednorychl.)	Rozměry (Š x V x H)	380 x 628 x 727 mm
Rozměr pásu (D x Š)	1220 x 100 mm	Cena	12 099 Kč vč. DPH

2.3. Stojanové pásové brusky

Stojanové pásové brusky mají svou konstrukci uzpůsobenou pro umístění přímo na podlahu, také se řadí mezi tzv. stacionární stroje. Opět se jedná o stejný princip funkce jako u výše zmíněných brusek, vzhledem k délce pásu a velikosti konstrukce bývá pro vedení pásu použito více kladek. Hodí se zvláště pro trvalé umístění do průmyslových provozů, kde je broušení obrobků na denním pořádku. Pro toto zařazení musí stroj splňovat bezpečnostní normy, proto je konstrukce řádně zakrytována a vybavena odpovídajícím odsáváním. Jako příklad je uvedena bruska Eurofintec 213. [4]

Tab. 4: Parametry stojanové pásové brusky Eurofintec 213 [4]

Eurofintec 213	
Jmenovitý výkon	2 200 W
Rychlost pásu	15 nebo 30 m/s (dvourychl.)
Rozměr pásu (D x Š)	2 000 x 12 – 75 mm
Hmotnost	130 kg
Rozměry (Š x V x H)	680 x 1 100 x 1 480 mm
Cena	110 110 Kč vč. DPH



Obr. 4: Stojanová pásová bruska Eurofintec 213 [4]

2.4. Kombinované brusky

Kombinované brusky jsou většinou typu stolové konstrukce. Kromě brusného pásu jsou opatřeny brusným kotoučem, výhodou je tedy versatilitní použití a úspora místa díky spojení dvou strojů do jednoho. Tento typ konstrukce je oblíbený hlavně v nástrojárnách pro broušení nástrojů a nožových čepelí. [5]

Příkladem je kombinovaná bruska ACETI 082. [5]



Obr. 5: Kombinovaná bruska ACETI 082 [5]

Tab. 5: Parametry kombinované brusky ACETI 082 [5]

ACETI 082	
Jmenovitý výkon	1 100 W
Otáčky	2 800 ot/min
Rychlost pásu	30 m/s
Rozměr pásu (D x Š)	1 250 x 50 mm
Max. Ø kotouče	200 mm
Max. šířka kotouče	50 mm
Upínací otvor	20 mm
Hmotnost	39 kg
Rozměry (Š x V x H)	490 x 690 x 580 mm
Cena	43 560 Kč vč. DPH

3. Předloha, komponenty

V předchozí kapitole byly shrnuty hlavní typy konstrukcí pásových brusek používaných a prodávaných v České republice. Hlavní inspirací pro tuto bakalářskou práci jsou ale speciální konstrukce pásových brusek, které nejsou v našich končinách běžně k vidění a dostání. Tyto brusky jsou v zahraničí nejen hojně prodávány (ať už ve formě celých stavebnic nebo jen konkrétních součástí), ale také různými způsoby podomácku vyráběné, najít se dá opravdu velká spousta provedení a typů.

Vesměs se ale každá konstrukce skládá ze stejných dílčích uzlů, liší se jejich provedením a detaily.

3.1. Pohon

Jako pohonná jednotka pásové brusky bývá používán dvoupólový třífázový asynchronní elektromotor v rozmezí výkonů nejčastěji 1,5 – 2,2 kW, o jmenovitých otáčkách 2 880 ot/min. Na výstupní hřídel motoru je přímo nasazena hnací řemenice. Vzhledem k tomu, že se jedná o hlavní pohonné ústrojí naší pásové brusky, bude vhodné si jeho konstrukci a princip funkce trochu přiblížit. [6]

3.1.1. Konstrukce třífázového asynchronního motoru

Třífázový asynchronní elektromotor patří mezi nejrozšířenější a nejpoužívanější motory po celém světě, jejich výhodou je hlavně jednoduchá konstrukce, bezúdržbový chod a napájení z klasické střídavé sítě. Využití najdou prakticky v každém odvětví průmyslu, používají se hlavně k pohonu strojů, hojně také v domácnostech a dílnách (např. pohon čerpadel, cirkulárek), lze je ale také použít i jako generátory u vodních čerpadel. [8]

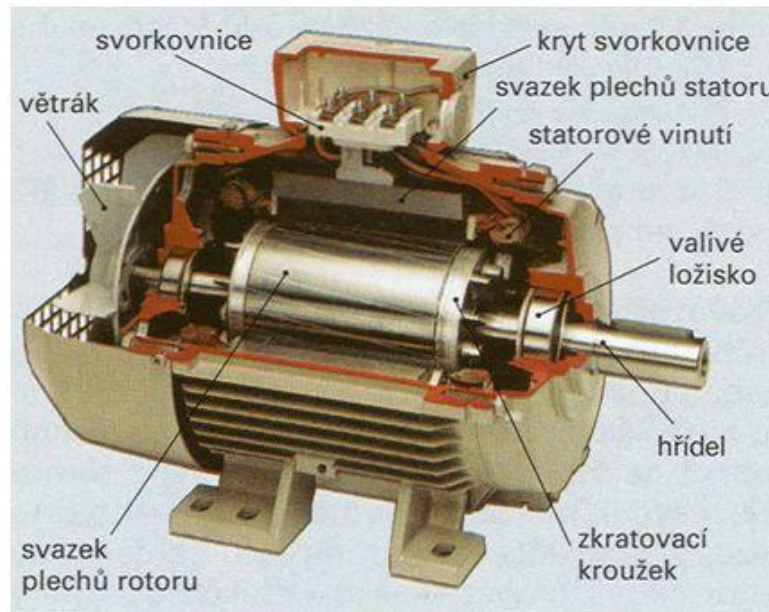
S vynálezem asynchronního motoru přišel v roce 1887 jeden z největších vynálezců a vědců Nikola Tesla, avšak první třífázový asynchronní motor s kotvou nakrátko si po Teslových výzkumech nechal v roce 1889 patentovat ruský elektrotechnik Michail Doliwo-Dobrowolski. [9] [10]

Konstrukce motoru se skládá ze dvou hlavních částí. Pevnou část tvoří stator, točivou část rotor. Stator tvoří obvykle litinová nosná kostra, patky, ložiskové štíty (příruby) a svazek statorových vzájemně izolovaných plechů z křemíkové oceli. Konstrukci rotoru tvoří hřídel umístěná v ložiskových štítech statoru, na tuto hřídel je opět nalisován svazek izolovaných plechů s drážkami. V drážkách statorových a rotorových plechů je uloženo vinutí, které může být jednofázové, častěji používané je ale vinutí trojfázové. Vývody cívek směřují do svorkovnice, ta zajišťuje připojení motoru ke zdroji napětí. [8]

Pokud jsou do drážek v rotoru vloženy neizolované měděné tyče, které jsou na obou koncích spojené zkratovacími kroužky, takovému rotorovému vinutí se říká klec nakrátko (nebo kotva nakrátko). Další možností je tzv. kroužková kotva, v tom případě jsou na hřídeli kromě plechů umístěny i sběrné kroužky, ke kterým jsou připojeny vývody cívek rotorového vedení. Toto vedení je obvykle zapojeno do hvězdy, výjimečně i do trojúhelníku. Sběrných kroužků se dotýkají kartáče, což umožňuje připojení regulačního rotorového obvodu, například rezistory. Důležitou roli hraje v asynchronním stroji

vzduchová mezera právě mezi statorem a rotorem. Přes tyto tři části se uzavírá magnetický tok v motoru. [8]

Princip funkce třífázového asynchronního motoru spočívá v elektromechanické přeměně energie. Průchodem střídavého trojfázového proudu vinutím statoru vznikne točivé magnetické pole, které v rotorovém vinutí indukuje napětí. Toto napětí má za následek protékání proudu rotorem a vytváření potřebné síly pro roztočení rotoru (hřídele). [8]



Obr. 6: Řez asynchronním motorem s popisem součástí [7]

Pojem asynchronní motor vychází z rozdílných otáček rotoru a statoru, rotor vykonává menší počet otáček za minutu než stator (netočí se tedy synchronně). Tento rozdíl se nazývá skluz a závisí na momentovém zatížení motoru. Čím více je motor namáhán, tím více roste hodnota skluzu a klesají otáčky rotoru. [8]

3.1.2. Volba motoru, doporučené brusné rychlosti

Volba výkonu a otáček motoru vychází z volby broušeného materiálu a s tím spojené doporučené brusné rychlosti. Otáčky asynchronního motoru jsou dány počtem pólů a frekvencí vstupního střídavého proudu (kmitočtem). V případě potřeby broušení měkkých materiálů (dřevo, plast, apod.) je zapotřebí vyvinout menší brusnou rychlost – zhruba do 20 m/s, tudíž postačí motor o menším výkonu a otáčkách. Pro broušení různých druhů oceli je vhodné, aby bruska dokázala vyvinout brusnou rychlost ideálně až do 35 m/s. [6] [11]

Z tohoto důvodu je vhodné zvolit právě dvoupólový motor, protože dokáže vyvinout 3 000 ot/min (v reálu se s ohledem na skluz při rozběhu motoru uvádí 2 880 ot/min). Pro pohon pásové brusky pro broušení ocelových obrobků je tedy motor o těchto otáčkách ideální, a to z důvodu snadného dosažení doporučené brusné rychlosti. [28]

Přehled doporučených brusných rychlostí pro kovové obrobky lze nalézt v Tab. 6, pro zajímavost jsou v Tab. 7 uvedeny také brusné rychlosti pro některé nekovové materiály.

Tab. 6: Doporučené brusné rychlosti kovových materiálů [11]

Materiál	Řezná rychlost v_c [m/s]		
	min.	doporučená	max.
Nelegovaná konstrukční ocel (uhlíková)	29	35	39
Nástrojová ocel	20	30	30
Ušlechtilá ocel	20	30	30
Šedá litina	30	35	40
Mosaz, bronz	27	35	37
Cr-Ni slitiny	16	22	28
Hliník a jeho slitiny	28	35	40
Titan (broušení za sucha)	4	8	12
Titan (broušení za mokra)	10	12	15

Tab. 7: Doporučené brusné rychlosti nekovových materiálů [11]

Materiál	Řezná rychlost v_c [m/s]		
	min.	doporučená	max.
Sklo	18	13	18
Porcelán, keramika	10	13	17
Duroplasty	18	22	26
Termoplasty (za sucha)	6	10	12
Termoplasty (za mokra)	8	15	18
Dřevo – masiv (tvrdé)	10	20	24
Dřevo – masiv (měkké)	10	12	24
Kůže, guma, korek	20	25	30

3.1.3. Frekvenční měnič

Třífázový asynchronní motor má další nespornou výhodu. Jeho otáčky lze velmi snadno řídit po připojení tzv. frekvenčního měniče. Frekvenční měnič je zařízení sloužící k plynulé regulaci otáček třífázových motorů, a to změnou frekvence napájecího napětí. Dále lze jeho pomocí např. měnit rychlost rozběhu nebo měnit směr otáčení rotoru. Při použití frekvenčního měniče lze dosáhnout výrazných úspor energie, příznivě se jeho funkce projeví také na snížení proudových a momentových rázů při rozběhu motoru. [12]

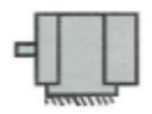
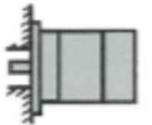
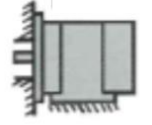
Nevýhodou může být zvýšení nákladů na pohon, stále ale převládá spousta kladů, které s sebou frekvenční měnič přináší. Právě u pásové brusky lze měnič ideálně využít pro regulaci otáček motoru a tedy i regulaci brusné rychlosti. Rozšiřují se tím možnosti využití pásové brusky, nemusí být omezena pouze na jednu rychlost a tím tedy roste seznam materiálů (v tomto případě ocelí), které lze na pásové brusce opracovávat.



Obr. 7: Frekvenční měnič [13]

3.1.4. Provedení a uchycení pohonu

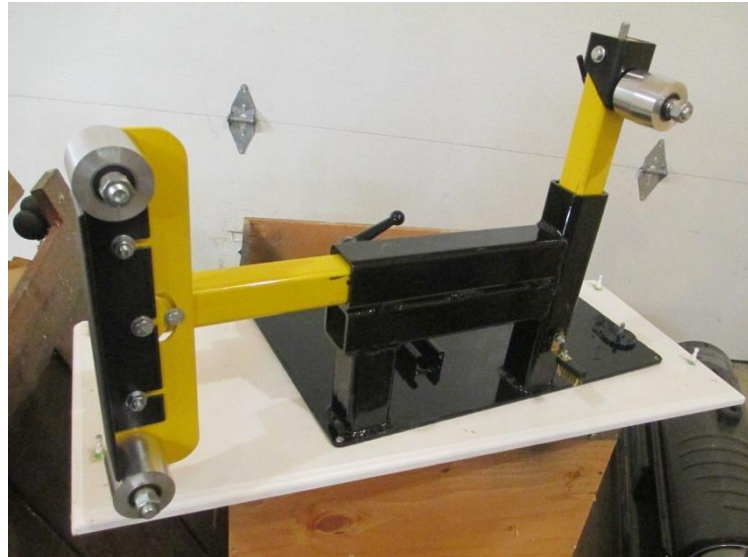
Uchycení elektromotoru je dáno samotnou konstrukcí, nejčastěji se lze setkat s patkovými motory (Obr. 8 – B3), uchycenými k nosné části rámu pásové brusky, případně přímo k pracovnímu stolu. Další možnou volbou je bezpatkový, přírubový motor (Obr. 8 – B5), uchycený šrouby k části konstrukce (obvykle plechu s otvorem pro přírubu motoru). Tato možnost je výhodná v případech, kdy rám umožňuje natočení brusného pásu ze svislé do vodorovné polohy. Konstrukce je tedy odlehčena o váhu patek, při přesunu do vodorovné polohy ale vzhledem k velikosti motoru vyžaduje větší manipulační prostor. Také je používáno ukotvení kombinací příruby a patek (Obr. 8 – B35). [14]

B3	
B5	
B35	

Obr. 8: Možnosti uchycení motoru [14]

3.2. Rám

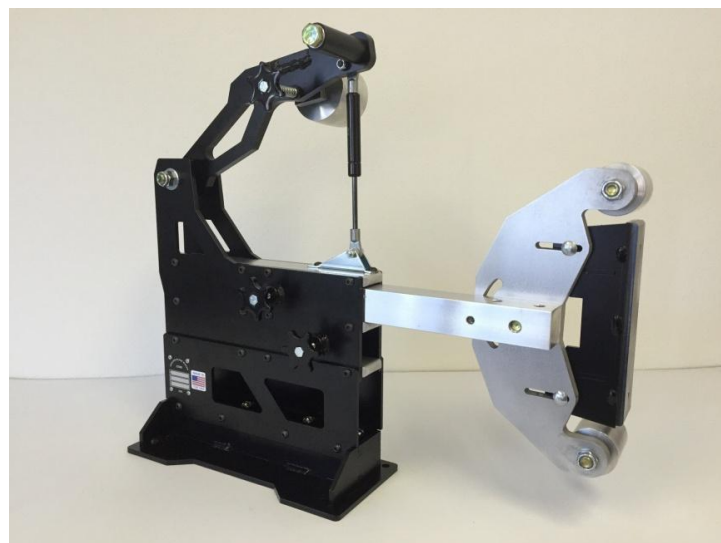
Samotná konstrukce rámu je nejdůležitějším prvkem celé pásové brusky. Právě v provedení a tuhosti rámu spočívá správná funkce stroje. Nejčastěji bývá rámová konstrukce svařena z několika čtvercových ocelových profilů. Tento svařený rámový systém se poté opět za pomoci svarů připevní k nosné desce (ocelovému plechu), který se poté za pomoci šroubů připevní k pracovnímu stolu. Z hlediska tuhosti ale není tento typ rámu příliš vhodný. [15] [27] [31] [32]



Obr. 9: Rám ze čtvercových profilů [15]

Více osvědčené jsou rámové konstrukce tvořené z výpalků, jsou výhodné zejména díky ceně, jednoduchosti výroby, a také následné kompletaci rámu. Pokud se navíc daná konstrukce osvědčí, je jednodušší poté případně vyrobit více kusů (pokud by přišla řeč na malosériovou výrobu).

Co je ale zatím asi nejběžněji k dostání, je rám z kombinace výpalků a čtvercových profilů. Materiálem je obvykle běžná konstrukční či nerezová ocel. [16]

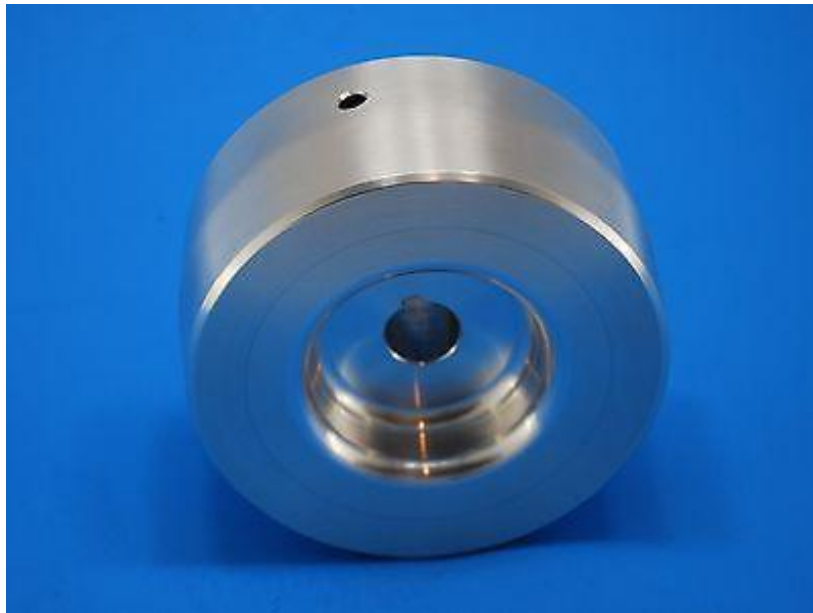


Obr. 10: Rám z výpalků [16]

3.3. Řemenice, kladky

3.3.1. Volba řemenice

Jak již bylo zmíněno v předchozí kapitole, na výstupní hřídel elektromotoru je nasazena hnací řemenice. Přímo na řemenici je osazen brusný pás. Uložení řemenice na hřídeli se za účelem eliminace axiálního pojištění volí s přesahem (obvykle se řemenice na hřídel „nasadí“ pomocí gumové paličky). K přenosu krouticího momentu z hřídele na náboj (řemenici) slouží klasické spojení pomocí těsného pera. Rozměry pera (výška, šířka) jsou dány průměrem hřídele, délka pera vychází z předpřipravené drážky v hřídeli elektromotoru. Rozměry řemenice se volí s ohledem na brusnou rychlost, otáčky elektromotoru a šířku brusného pásu. Materiál na výrobu řemenic se volí s ohledem na životnost, cenu a požadovanou hmotnost konstrukce brusky. Nejčastěji je to ale ocel, slitina hliníku, litina, v případě požadavku na lehkou konstrukci to ale může být i plast nebo silon. Ukázka hnací řemenice je na Obr. 11.



Obr. 11: Jedno z možných provedení řemenice [17]

3.3.2. Volba kladek

Počet kladek pro pohodlné vedení brusného pásu je určen dle délky brusného pásu. U ručních pásových brusek, kde je délka pásu poměrně malá, stačí zvolit pouze dvě kladky – jednu napínací, druhou vodící. V zahraničí je ale v případě dílenských hobby brusek nejpoužívanější rozměr brusného pásu 2x72“, což by v případě dvou kladek vedlo ke zbytečně velké konstrukci a docházelo by k vysokému průhybu pásu. Volí se tedy obvykle jedna napínací a dvě vodící kladky, čtvrtkou „kladku“ obstarává hnací řemenice. [15] [27]

Konstrukce kladky je velmi jednoduchá, jedná se o vysoustružený váleček z kruhové tyče příslušného materiálu. Obě strany válečku se opatřují zapuštěným vybráním pro ložiska, která se poté do těchto otvorů nalisují. [15] [27]

Do kladek se osazují klasická jednoduchá jednořadá kuličková ložiska, typ a velikost se většinou volí dle geometrie kladky a požadované trvanlivosti. [15] [27]

Volba průměrů kladek není svázána nějakými striktními pravidly. Neměly by být větší, než samotná řemenice, zároveň ne menší, než je dovolený poloměr průhybu pásu. Tuto hodnotu by měl sdělit dodavatel pásu, obvykle ale nikde udávána není. Nejčastější průměr vodících kladek se pohybuje v rozmezí 60 – 80 mm, průměr napínací kladky bývá volen o něco málo větší, zhruba v rozmezí 60 – 100 mm. Kladky jsou nejčastěji vyrobeny z oceli, hliníkových slitin, případně může být za účelem snížení hmotnosti zvolen opět plast nebo silon. [15] [27] [31]



Obr. 12: Silonové kladky [18]



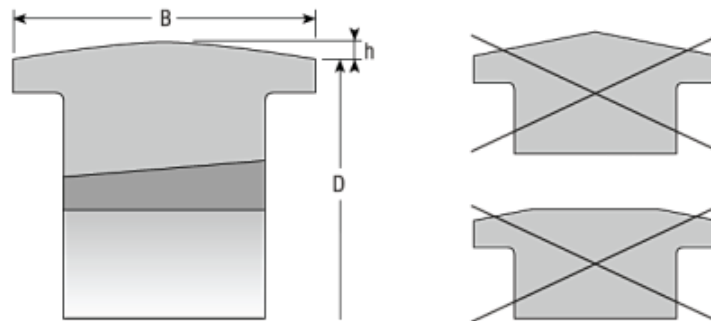
Obr. 13: Kladky z hliníkové slitiny [19]

3.3.3. Bombírování

Pro správný a přesný chod brusného pásu je důležité, aby byla alespoň jedna z kladek soudečkovitého tvaru (tzv. „bombírovaná“). Obvykle se tato technologická úprava provádí hlavně u hnací řemenice. Zde se ale tato úprava hodí i u napínací kladky, a to z důvodu přesnějšího vedení pásu. Klenutí musí být plynulé, nikoli hranaté nebo tupě kuželovité. Bombírování pomáhá pásu v plynulém chodu uprostřed řemenice a eliminuje sklon ke sjíždění z řemenice. Doporučené hodnoty výšky oblouku bombírování lze najít v Tab. 8, ukázky nesprávného tvaru řemenice na Obr. 14. [20]

Tab. 8: Doporučené hodnoty výšky oblouku h bombírování [20]

Průměr řemenice D [mm]	Do šířky řemenice B [mm]			
	125	160	200	250
20 – 115	0,3	0,3	0,3	0,3
116 – 159	0,4	0,4	0,4	0,4
160 – 199	0,5	0,5	0,5	0,5
200 – 249	0,6	0,6	0,6	0,6
250 – 399	0,8	0,8	0,8	0,8
400	1	1,2	1,2	1,2
500	1	1,5	1,5	1,5



Obr. 14: Rozměry pro bombírování a ukázka špatných tvarů řemenice [20]

3.3.4. Ukotvení vodících kladek

Vodící klady jsou situovány v přední pracovní části konstrukce. Jsou obvykle pevně uchyceny k výpalku z ocelového plechu, a to pomocí klasického spojení šroub – matka, případně podložka. Z jedné strany je kladka axiálně zajištěna hlavou šroubu, na druhé straně (mezi plechem a ložiskem) většinou tlustší podložkou. Toto spojení umožňuje bezproblémové otáčení kladky v ložiskách. [15] [27]

Součástí plechu s kladkami bývá také sestava opěrného plechu, který slouží k opoře pásu při zatížení obrobkem, redukuje se tak ohyb pásu. Vzdálenost opěrného plechu od pásu je nastavitelná jednoduchým uvolněním šroubů spojujících kladkový a nosný plech.

Celá tato sestava je ve většině případů ukotvena ke čtvercovému ocelovému profilu, který je dále zasunut do dalšího čtvercového profilu v konstrukci rámu. To umožňuje vodorovný posun předního kladkového plechu, čehož se využívá v případě výměny pásu, nebo k případnému dopnutí pásu.

Nevýhoda tohoto posuvného spojení spočívá dle mého názoru ve vložení dvou čtvercových profilů do sebe. Prakticky není možné najít normalizované čtvercové profily, které by do sebe zapadly tak, aby bylo zajištěno přesné vedení. Z tohoto důvodu tedy klesá tuhost konstrukce. Zatím se ale tento systém vyskytuje u drtivé většiny prodáváných i vyráběných brusek.

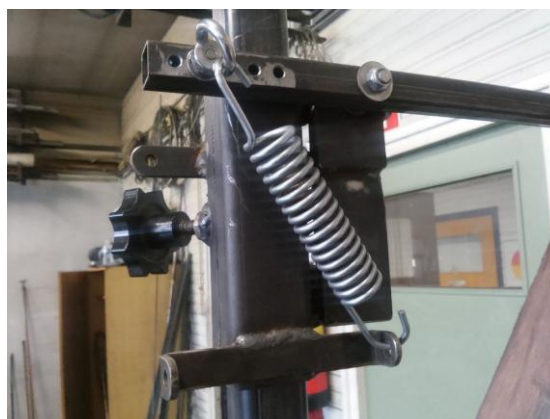


Obr. 15: Možný tvar kladkového plechu [21]

3.3.5. Napnutí pásu

Napnutí pásu je realizováno skrze rameno s vodící kladkou. Rameno je obvykle výpalek z ocelového plechu, používá se ale také čtvercový profil uchycený do patek přivařených k nosnému rámu. [23] [24]

Možností napnutí ramene je hned několik. Velmi často se používá tlačná pružina, která na spodní stranu ramene vykonává tlak a napínací kladka je tím pádem nadzvedávána. Nevýhoda tlačné pružiny může spočívat v možném vystřelení při výměně pásu. Možné je také použití tažné pružiny. Rameno je konstrukčně uzpůsobeno tak, aby tvořilo mechanismus „páky“. Na jednu stranu ramene se ukotví tažná pružina, na tuto stranu tedy působí tah od pružiny směrem dolů a opačný konec ramene s napínací kladkou je naopak nadzvedáván. Čím dál častěji se napnutí pásu realizuje pomocí vzduchového tlumiče (pístu), který na rameno vytváří konstantní tlak. Principiálně se podobá hydraulickému tlumiči u auta. Výhodou je přesnější napnutí pásu, nevýhodou vyšší pořizovací cena a omezený počet pracovních cyklů, časem ztrácí tlumič své původní vlastnosti. [22] [23] [24]



Obr. 16: Napnutí pásu tažnou pružinou [22]



Obr. 17: Napnutí pásu tlačnou pružinou [23]



Obr. 18: Napnutí pásu pomocí tlumiče [24]

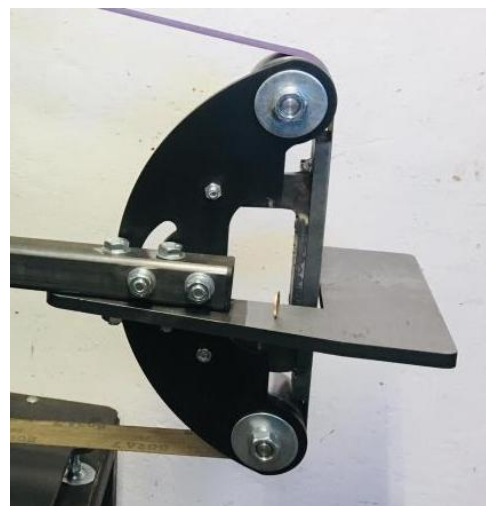
3.3.6. Používané uchycení stolu

Pro přitlačování obrobku k brusnému pásu je vhodné konstrukci opatřit pracovním stolem, nejlépe nastavitelným, často se opět jedná o ocelový výpalek. Dle vyhledávání se používají dva typy ukotvení. První způsob je stejný, jako u výsuvného kladkového plechu – tedy stůl připojený ke čtvercovému profilu, který je vsazen do druhého čtvercového profilu v nosném rámu. Tento způsob sice zajišťuje snadný přísun stolu k brusnému pásu nebo naopak, opět zde ale vyvstává problém s tuhostí a přesným vedením. V některých případech se lze setkat s přichycením stolu přímo k profilu s kladkovým plechem, čímž odpadá nutnost použít další čtvercový profil. [15] [25] [27]

Druhou možností je upevnění stolu přímo k přednímu kladkovému plechu a možnost nastavení polohy uvolněním kotevních šroubů. V některých případech se lze setkat s přichycením stolu přímo k profilu s kladkovým plechem. V obou těchto možnostech spatřuji úskalí ve zbytečném zatěžování konstrukce. [15] [25] [27]



Obr. 19: Konstrukce stolu se čtvercovým profilem [15]



Obr. 20: Uchycení stolu ke kladkovému plechu [25]

3.3.7. Příklady konkrétních brusek, prodávané stavebnice

V zahraničí jsou běžně k dostání pásové brusky v podobě stavebnice. Většina dílů je vyrobena v podobě výpalků. Konstrukce je jednoduchá, snadno sestavitelná. [26]

Příkladem stavebnice je pásová bruska 2x72" s frekvenčním měničem od americké firmy Northridge Tool. [26]



Obr. 21: Stavebnice pásové brusky od firmy Northridge [26]

Za zmínku také určitě stojí jedna z neznámějších podomácku vyrobených brusek. O její konstrukci se postaral americký kutil Jeremy Schmidt, který je oblíbený zvláště díky svému YouTube kanálu. Jeho pásová bruska je inspirací pro výrobu podobných konstrukcí takřka po celém světě. Konstrukce Jeremyho brusky vyniká hlavně v možnosti naklopení brusného pásu ze svislé do vodorovné polohy. [27]



Obr. 22: Pásová bruska – autor: Jeremy Schmidt [27]

4. Volba základních komponentů

V předchozí (teoretické) části byly shrnuty používané konstrukce pásových brusek, dále byla provedena rešerše jednotlivých komponentů brusek, text je doplněn o vlastní názor u jednotlivých typů provedení. Z těchto poznatků bude návrh konstrukce vycházet. V této kapitole bude shrnut základní výběr komponentů, jejichž parametry budou použity pro návrhové a kontrolní výpočty. Nejvíce návrh konstrukce ovlivní požadovaná brusná rychlost, s tím tedy spojený výběr pohonu a určení rozměrů brusného pásu. Zbytek konstrukce, ke kterému se výpočty nevztahují, bude popsán v poslední kapitole společně s vizualizací.

4.1. Volba pohonu

Pro pohon pásové brusky volím na základě rešerše třífázový asynchronní dvoupólový elektromotor od firmy Siemens, konkrétně typ 1LA7 096-2AA, bezpatkový, přírubový. Přírubový motor je volen z důvodu rámu tvořeného z výpalků, uchycení tedy bude řešeno v jednom z plechů základního rámu. Výčet základních parametrů motoru lze nalézt v Tab. 9.

Tab. 9: Základní parametry motoru Siemens 1LA7 096-2AA [28]

Siemens 1LA7 096-2AA	
Jmenovitý výkon	2,2 kW
Velikost	90L
Otáčky	2 880 ot/min
Jmenovitý proud při 400V	4,55 A
Frekvence	50 Hz
Hmotnost	15,7 kg



Obr. 23: Motory Siemens – typ 1LA7 096-2AA [29]

4.2. Volba brusného pásu

Celá konstrukce pásové brusky vychází z rozměrů brusného pásu. Šířka pásu je určující pro rozměry vodících kladek, řemenice a napínací kladky, délka pásu pro celkové rozměry rámu.

Inspirací pro tuto konstrukci jsou v zahraničí běžně prodávané brusné pásy o rozměrech 2 x 72" (palců), což po převodu na metrické jednotky odpovídá rozměrům 50 x 1830 mm. Velké množství českých firem zabývajících se dodávkou brusiv nabízí možnost výroby brusných pásů dle požadovaných rozměrů na zakázku, k výběru je i široké spektrum brusných zrn. [30] [27]

Pro jednodušší nákup bude ale vhodnější zvolit nejbližší dostupnou velikost brusného pásu na českém trhu, což je v tomto případě rozměr 50 x 1800 mm. Brusný pás právě takového rozměru je možné zakoupit u českého dodavatele TOP ABRASIVE s.r.o. a o jeho výrobu se stará firma VSM Abrasives s.r.o. – jedná se o firmu z Německa. Cena jednoho kusu pásu na českém trhu činí 78,6 Kč vč. DPH. [30]

Vzhledem k tomu, že předmětem této práce je konstrukce pásové brusky na kov, bude ideální volbou produktová řada ZK713X (viz. Obr. 5). Brusné pásy z této řady mají plátěný podklad, který přispívá k dobré životnosti a zirkonkorundové zrno, které je vhodné právě pro broušení oceli, nerez, šedých litin, hliníku a dalších neželezných kovů. Pro zirkonkorund je charakteristický silný samoostřicí účinek, který zajišťuje optimální úběr materiálu bez výraznějšího vzniku tepla. [30]

Vzhledem k délce pásu je ideální opatřit vodící dráhou dvěma vodícími kladkami umístěnými vpředu konstrukce a klasicky jednou napínací kladkou a řemenicí.



Obr. 24: Brusný pás ZK713X [30]

5. Návrhové výpočty

5.1. Krouticí moment elektromotoru

Jak již bylo zmíněno, pro pohon pásové brusky byl zvolen elektromotor Siemens 1LA7 096-2AA o jmenovitých otáčkách 2 880 ot/min a výkonu 2,2 kW. Pro další výpočty bude potřeba spočítat jeho krouticí moment.

$$M_K = 9550 \cdot \frac{P_M}{n} = 9550 \cdot \frac{2,2}{2880} = 7,295 \text{ Nm} \quad (1)$$

5.2. Výpočet velikosti řemenice

Navrhovaná bruska je určena pro broušení oceli. Doporučené brusné rychlosti pro broušení uhlíkaté oceli se pohybují v rozmezí 20 – 25 m/s, pro nerez je to 25 – 35 m/s. V našem případě se tedy pohybujeme v rozmezí 20 – 35 m/s. Pro výpočet průměru řemenice volím střední hodnotu 27,5 m/s, pro kterou budou dále ověřeny další parametry.

$$v = \frac{\pi \cdot d \cdot n}{60} \quad (2)$$

$$d = \frac{60 \cdot v_{stř}}{\pi \cdot n} = \frac{60 \cdot 27,5}{\pi \cdot 2880} = 0,182 \text{ m} \quad (3)$$

Volím průměr řemenice 180 mm a pro tuto hodnotu ověřím otáčky motoru.

$$n = \frac{60 \cdot v_{stř}}{\pi \cdot d} = \frac{60 \cdot 27,5}{\pi \cdot 0,18} = 2917,84 \text{ ot/min} \quad (4)$$

2917,84 ot/min odpovídá zhruba 50 Hz. Vzhledem k proměnné rychlosti broušení bude potřeba zajistit regulaci otáček motoru. K tomuto účelu dobře poslouží frekvenční měnič, který se k řízení třífázových motorů běžně používá. Frekvenční měnič umožňuje změnu otáček za současné změny frekvence v určitém rozmezí. Běžně užívaný a bezpečný rozsah frekvence je 30 – 70 Hz. Je tedy potřeba ověřit, zda budou frekvence pro krajní hodnoty požadované rychlosti tomuto rozmezí vyhovovat.

$$v_1 = 20 \text{ m/s}$$

$$n_1 = \frac{60 \cdot v_1}{\pi \cdot d} = \frac{60 \cdot 20}{\pi \cdot 0,18} = 2122,07 \text{ ot/min} \quad (5)$$

$$2122,07 \text{ ot/min} \rightarrow 35,37 \text{ Hz}$$

$$v_2 = 35 \text{ m/s}$$

$$n_2 = \frac{60 \cdot v_2}{\pi \cdot d} = \frac{60 \cdot 35}{\pi \cdot 0,18} = 3713,62 \text{ ot/min} \quad (6)$$

$$3713,62 \text{ ot/min} \rightarrow 61,89 \text{ Hz}$$

Vypočtené frekvence pro krajní hodnoty požadované rychlosti broušení spadají do rozmezí 30 – 70 Hz, tudíž je zvolený průměr řemenice 180 mm vyhovující. Výpočet schvaluje možnost použití frekvenčního měniče pro zvolený rozsah brusných rychlostí, výběr konkrétního modelu měniče v této práci ale proveden není. Výběr správného frekvenčního měniče pro konkrétní motor vyžaduje pokročilou znalost problematiky, v praxi by tedy tento výběr provedla kvalifikovaná osoba.

5.3. Výpočet obvodové a napínací síly pásu

Pro výpočet tahových sil v pásu je nejdříve zapotřebí určit obvodovou a napínací sílu pásu.

Pro výpočet jsou důležité tyto hodnoty:

Úhel opásání řemenice: $\alpha = 130^\circ = 2,269 \text{ rad}$

Koeficient tření (ocel – plátno): $\mu_{oc/pl} = 0,22$

Výpočet obvodové síly:

$$F_{obv} = \frac{M_K}{r_{rem}} = \frac{7,295}{0,09} = 81,06 \text{ N} \quad (7)$$

Výpočet minimální napínací síly:

$$z_{min} = F_{obv} \cdot \frac{2}{e^{\alpha \mu_{oc/pl}} - 1} = 81,06 \cdot \frac{2}{e^{2,269 \cdot 0,22} - 1} = 250,429 \text{ N} \quad (8)$$

V reálu je skutečná napínací síla zhruba $(1,4 \div 1,5)$ krát vyšší, než z_{min} .

5.4. Výpočet sil v pásu

Síla v odlehčené části pásu:

$$T_2 = \frac{F_{obv}}{e^{\alpha \mu_{oc/pl}} - 1} = \frac{81,06}{e^{2,269 \cdot 0,22} - 1} = 125,214 \text{ N} \quad (9)$$

Síla v zatížené části pásu:

$$T_1 = T_2 \cdot e^{\alpha \mu_{oc/pl}} = 125,214 \cdot e^{2,269 \cdot 0,22} = 206,274 \text{ N} \quad (10)$$

Rozdíl výsledných sil v pásu by se měl rovnat obvodové síle, tímto výpočtem bude ověřeno, zda byly určeny síly v pásu správně.

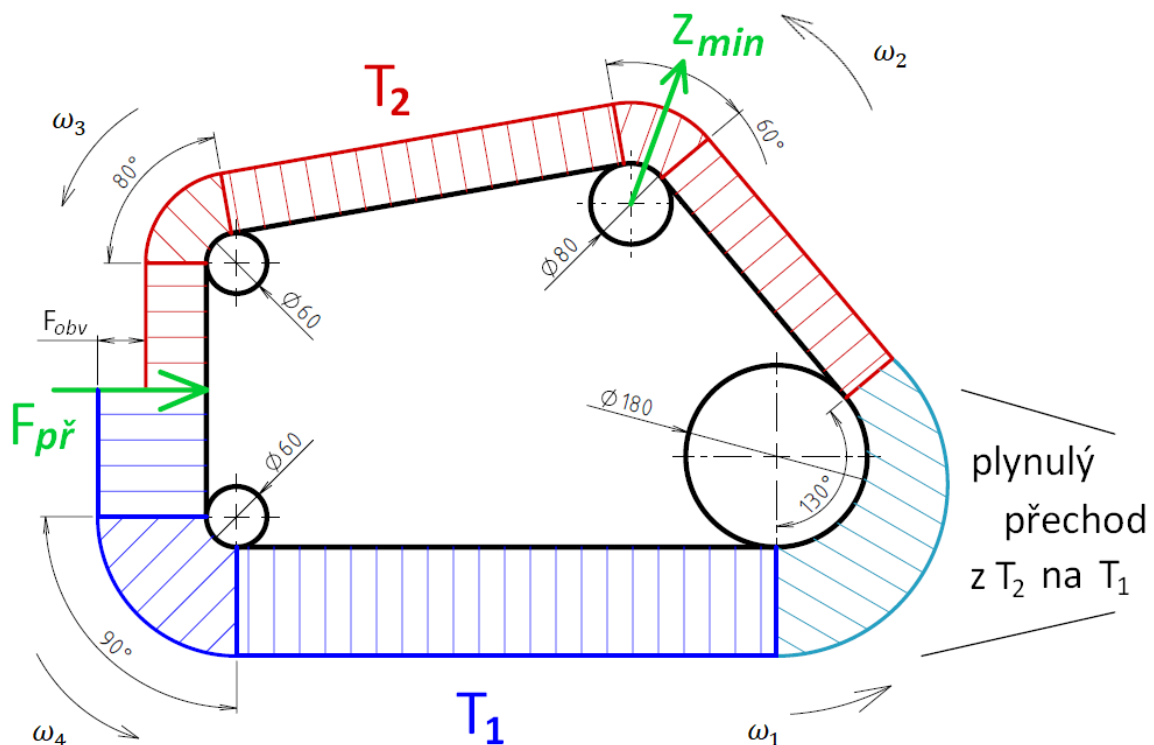
$$T_1 - T_2 = 206,274 - 125,214 = 81,06 \text{ N} \rightarrow \text{ověřeno} \quad (11)$$

5.5. Výpočet přitlačovací síly obrobku k pásu

Výpočet sil v pásu je určen pro přenos plného výkonu motorem pásem. Maximální přitlačovací sílu obrobku k pásu lze tedy určit z obvodové síly dělené koeficientem tření mezi ocelí a plátnem.

$$F_{př} = \frac{F_{obv}}{\mu_{oc/pl}} = \frac{81,06}{0,22} = 368,454 \text{ N} \quad (12)$$

Maximální sílu při přetržení pásu by měl správně uvádět výrobce pásu, bohužel ale nebyla k nalezení. Z toho důvodu byla určena maximální přitlačovací síla obrobku tímto způsobem.



Obr. 25: Výsledný průběh sil podél brusného pásu

6. Kontrolní výpočty

6.1. Těsné pero

Použitý elektromotor Siemens má dané rozměry hřídele, ve které je již přichystaná drážka pro pero. Rozměry jsou následující:

$$d_H = 24 \text{ mm}$$

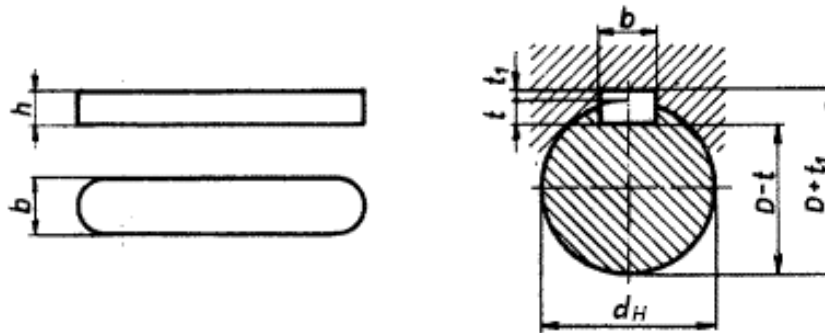
$$b = 8 \text{ mm}$$

$$h = 7 \text{ mm}$$

$$t = 4,1 \text{ mm}$$

$$t_1 = 2,9 \text{ mm}$$

$$l = 40 \text{ mm}$$



Obr. 26: Rozměry těsného pera a drážky pro pero [35]

6.1.1. Kontrola pera na otláčení

$$p_s = \frac{4 \cdot M_K}{d_H \cdot l \cdot h} = \frac{4 \cdot 7295}{24 \cdot 40 \cdot 7} = 4,342 \text{ N/mm}^2 \quad (13)$$

$$p_s = 4,342 \text{ N/mm}^2 \leq p_D = 90 \text{ N/mm}^2 \rightarrow \text{vyhovuje}$$

6.1.2. Kontrola pera na stříh

$$\tau_D = (60 \div 90) \text{ N/mm}^2$$

$$\tau = \frac{2 \cdot M_K}{d_H \cdot l \cdot b} = \frac{2 \cdot 7295}{24 \cdot 40 \cdot 8} = 1,899 \text{ N/mm}^2 \leq \tau_D \rightarrow \text{vyhovuje} \quad (14)$$

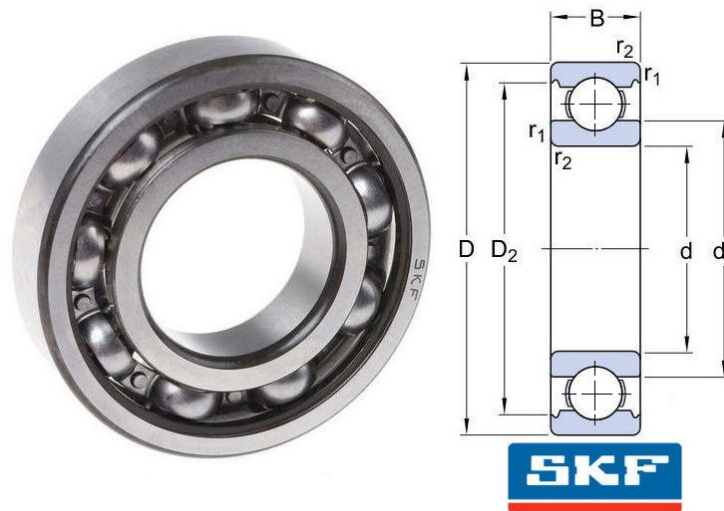
Výrobce motorů by měl kontrolu drážky pro pero garantovat, konstrukce je udělaná tak, aby drážka daný tlak vydržela. Spíše by nás měla zajímat kontrola náboje (řemenice), pokud by byla například řemenice vyrobena z hliníkové slitiny, případně plastu nebo silonu, byl by dovolený tlak i napětí výrazně nižší (až poloviční).

Z výpočtů ale vyplývá, že jsou hodnoty skutečného tlaku i napětí pera opravdu nízké a je zde tedy výrazná rezerva, která je dána nízkým krouticím momentem elektromotoru.

Přenosu krouticího momentu vyhovuje těsné pero 8x7x40 ČSN 02 2562.

6.2. Trvanlivost ložisek

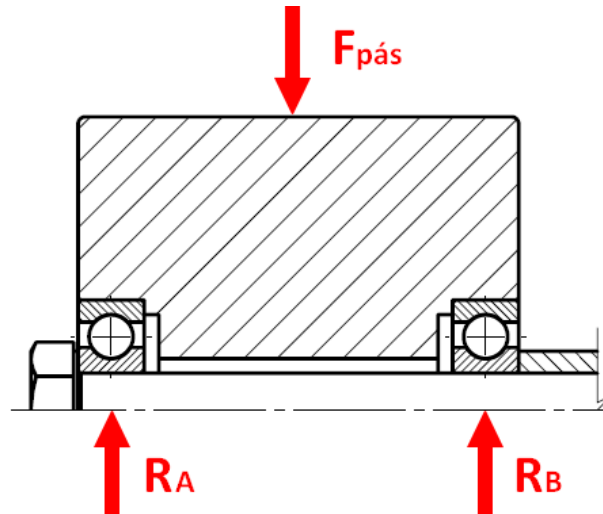
V kladkách byla použita kuličková ložiska od firmy SKF, konkrétně se jedná o typ 6200. Tab. 10 a Obr. 27 shrnuje základní rozměry a parametry ložiska. V konstrukci pásové brusky lze najít celkem tři kladky, nejvíce namáhaná je kladka na spodní straně brusného pásu, zbylé dvě kladky jsou namáhány mnohem menším zatížením. Bude tedy stačit ověřit životnost pouze této nejnamáhanější kladky. Obr. 28 zobrazuje rozložení zatěžovacích sil do ložisek.



Obr. 27: Jednořadé kuličkové ložisko SKF 6200 – rozměry [31]

Tab. 10: Parametry ložiska SKF 6200 [31]

SKF 6200		
d	[mm]	10
D	[mm]	30
B	[mm]	9
d ₁	[mm]	≈ 17
D ₂	[mm]	≈ 24,72
Základní dynamická únosnost C	[kN]	5,4
Základní statická únosnost C ₀	[kN]	2,36
Mezní únavové zatížení P _U	[kN]	0,1
Referenční otáčky	[ot/min]	56 000
Mezní otáčky	[ot/min]	36 000
Výpočtový součinitel k _r	[-]	0,025
Výpočtový součinitel f ₀	[-]	13
Hmotnost ložiska	[kg]	0,031



Obr. 28: Zatížení ložisek

Zatížení ložiska odpovídá zatěžující síle od brusného pásu. Jelikož jsou v kladce ložiska dvě, zatěžující síla se rovnoměrně rozloží do obou ložisek, tudíž zatížení jednoho ložiska odpovídá poloviční síle od pásu. Z důvodu geometrie zatížení je třeba sílu od pásu ještě přenásobit $\sqrt{2}$.

$$R_A = R_B = P = \frac{F_{pás}}{2} \cdot \sqrt{2} = \frac{206,274}{2} \cdot \sqrt{2} = 145,858 \text{ N} \quad (15)$$

Základní trvanlivost (při spolehlivosti 90 %):

C	Základní dynamická únosnost
P	Ekvivalentní dynamické zatížení ložiska
p	Exponent rovnice trvanlivosti (pro kuličková ložiska = 3)

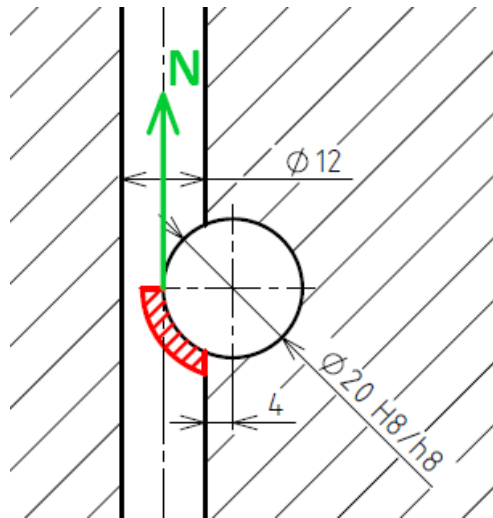
$$L_{10} = \left(\frac{C}{P}\right)^p = \left(\frac{8,52}{0,145858}\right)^3 = 199\,310 \text{ mil. otáček} \quad (16)$$

Trvanlivost v hodinách:

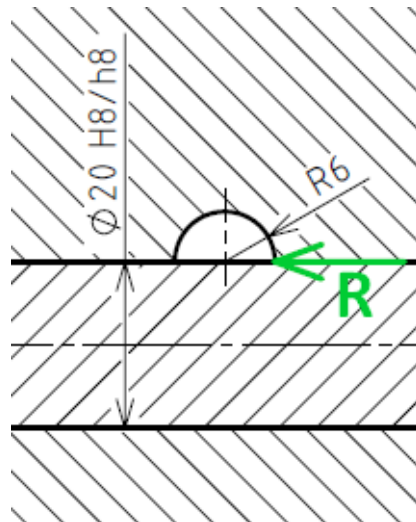
$$L_{10h} = \frac{10^6}{60 n} \cdot L_{10} = \frac{10^6}{60 \cdot 2880} \cdot 199\,310 = 1\,153\,414 \text{ hod} \quad (17)$$

Výsledná trvanlivost ložisek vyšla více než uspokojivá, stačilo by zvolit i nižší produktovou řadu s nižšími parametry. Výpočet ale nepočítá s okolními vlivy pracovního prostředí, ložiska jsou namáhána převážně ocelovými šponami a prachem vzniklým při broušení, v reálu tedy bude výsledná trvanlivost nižší. Pro stanovení přesnější výdrže by byla vhodná spolupráce přímo s firmou SKF a vytvoření detailnější studie při daných pracovních podmínkách při broušení.

6.3. Kontrola utahovací síly šroubu v aretačním mechanismu



Obr. 29: Zatěžovaná plocha při vzepření šroubu – pohled zepředu



Obr. 30: Aretační šroub – pohled shora

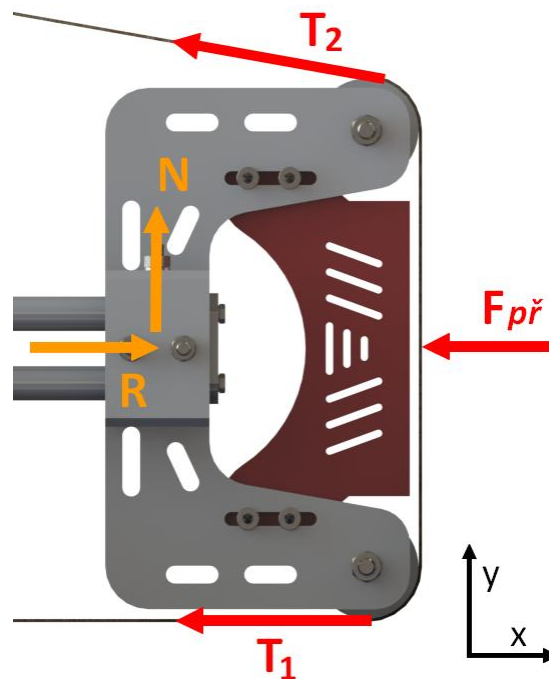
Součinitel smykového tření $f_{oc/oc}$ (kombinace ocel – ocel):

$$f_{oc/oc} = (0,15 \div 0,20) \rightarrow \text{volím střední hodnotu } f_{oc/oc} = 0,175$$

Zatěžovaná plocha = půlkruh o poloměru rozteče šroubu:

$$S = \frac{\pi \cdot r_s^2}{2} = \frac{\pi \cdot 6^2}{2} = 56,548 \text{ mm}^2 \quad (18)$$

Normálová předepínací síla šroubu N se určí jako poměr reakční síly R složené ze silových účinků v pásu (T_1 ; T_2 ; $F_{př}$) a součinitele smykového tření kombinace ocel – ocel.



Obr. 31: Silová rovnováha – brusný pás/kladkový plech

Pro výpočet reakční síly R zanedbám odklon síly T_2 o 10° od vodorovné osy (tento odklon již výsledek zásadně neovlivní). Dle silové rovnováhy na Obr. 33 vyplývá:

$$R = T_1 + T_2 + F_{př} = 206,274 + 125,214 + 368,454 = 699,942 \text{ N} \quad (19)$$

$$N = \frac{R}{f_{oc/oc}} = \frac{699,942}{0,175} = 3\,999,669 \text{ N} \quad (20)$$

Kontrola na otláčení:

$$p_{\text{š}} = \frac{N}{S} = \frac{3\,999,669}{56,548} = 70,731 \text{ N/mm}^2 \quad (21)$$

$$p_{\text{š}} \leq p_{D\text{š}} = 90 \text{ N/mm}^2 \rightarrow \text{vyhovuje}$$

7. Popis konstrukce

7.1. Volba rámu

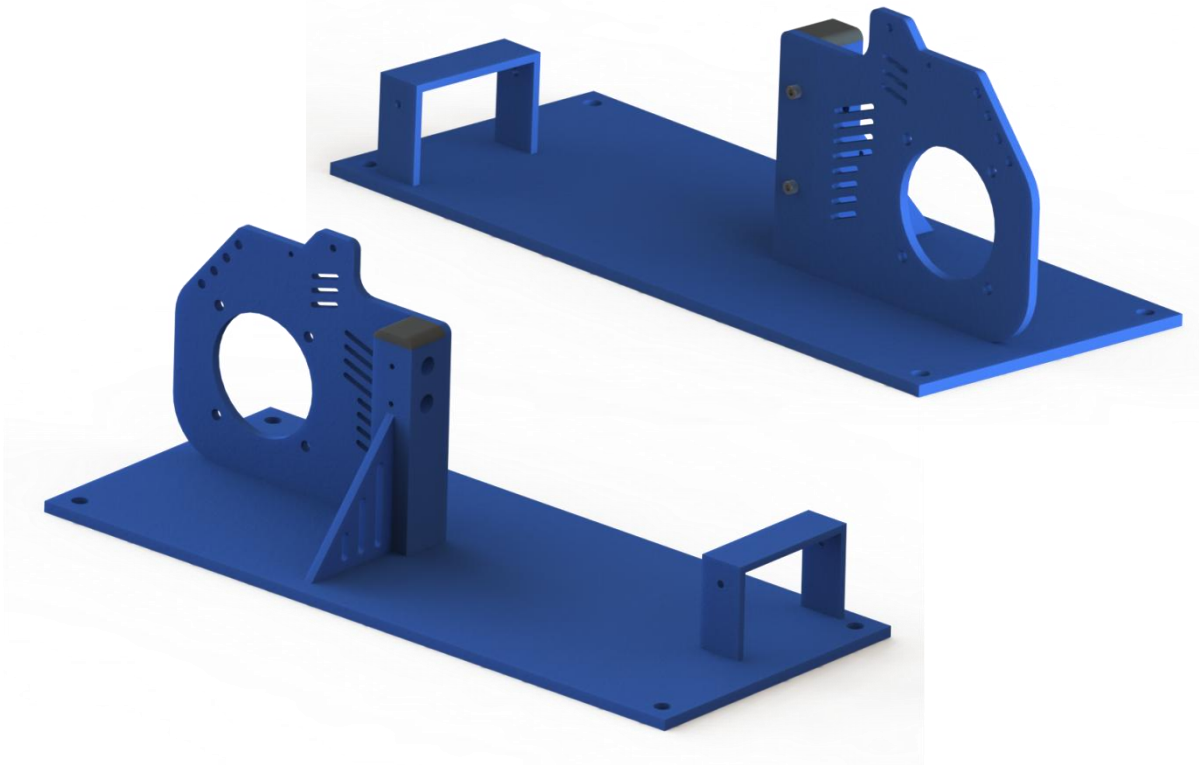
Původní úvaha směřovala k výrobě rámu ze čtvercového profilu 40 x 40 mm, nakonec se ale kvůli velkému množství potřebných svarů a celkové složitosti konstrukce od této varianty upustilo. Namísto toho je mnohem výhodnější, rychlejší a levnější nechat většinu rámu vypálit na laseru (většina dílů navržené konstrukce je určena pro výrobu na laseru).

Nosný díl je tedy vypálen z 12 mm tlustého plechu, konečný rozměr je 810 x 340 mm. V nosném plechu jsou předpřipraveny díry pro uchycení k pracovnímu stolu. Na nosnou desku je přivařena stojna z tyče čtvercového profilu o hraně 50 mm a délce 220 mm. Vršek stojny je zakončen gumovou koncovkou, a to spíše z estetických důvodů.

K boku stojny a nosné desce je dále přivařena boční deska pro ukotvení elektromotoru a napínacího ramene. Ta je rovněž navržena jako výpalek z 10 mm plechu. Boční plech je navíc z důvodu větší pevnosti přichycen ke stojně pomocí dvou šroubů M8x25 s vnitřním šestihranem (ISO 4762).

Pro snížení namáhání koutových svarů ve spoji nosné a boční desky, způsobené především vahou elektromotoru, je ke stojně a nosné desce přivařeno výztužné žebro, opět se jedná o výpalek z 10 mm plechu.

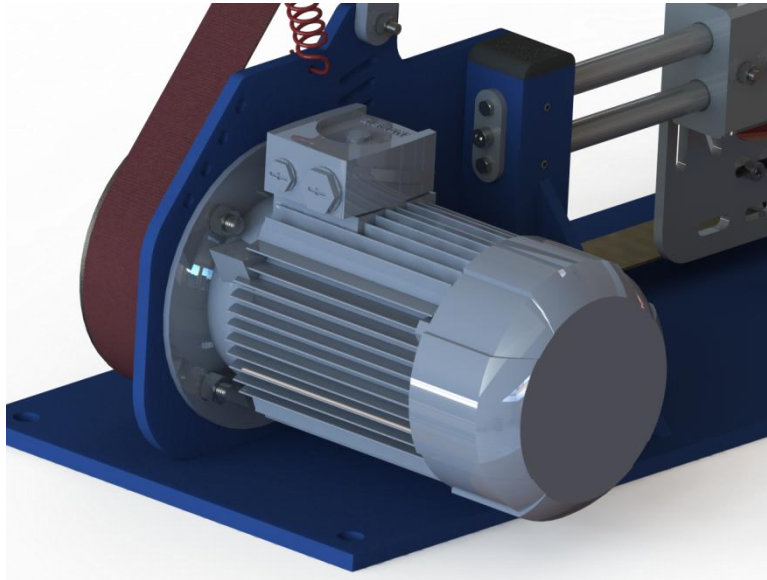
Poslední výpalek tvořící rám je základní kostra pro uchycení pracovního stolku. Jedná se o ohnutý pás vypálený z 8 mm plechu. Umístění pracovního stolku je zvoleno záměrně přímo na nosném dílu, čímž se eliminuje zbytečné zatížení konstrukce.



Obr. 32: Navržená konstrukce rámu

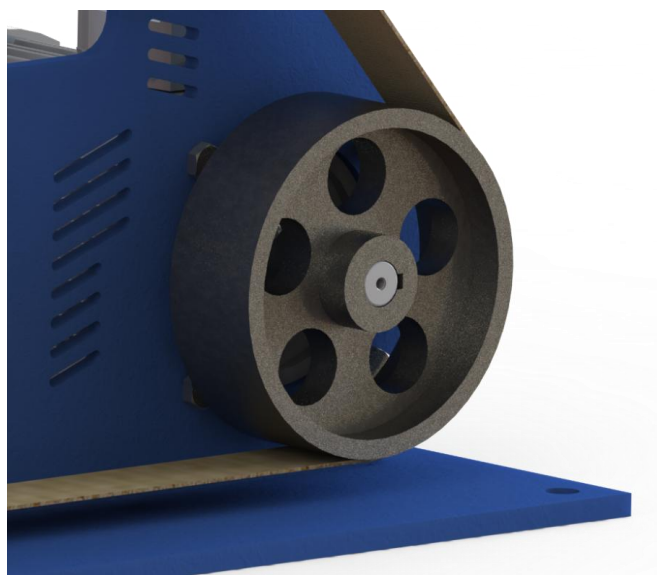
7.2. Ukotvení pohonu, hnací řemenice

Přírubový motor je pomocí osazení na přírubě vložen do připraveného otvoru v bočním plechu rámu a k tomuto plechu je uchycen čtyřmi šrouby M12x35 (ISO 4017), podložkami 12 (ISO 7062) a šestihrannými maticemi M12 (ISO 4032).



Obr. 33: Pohled na uchycení pohonu

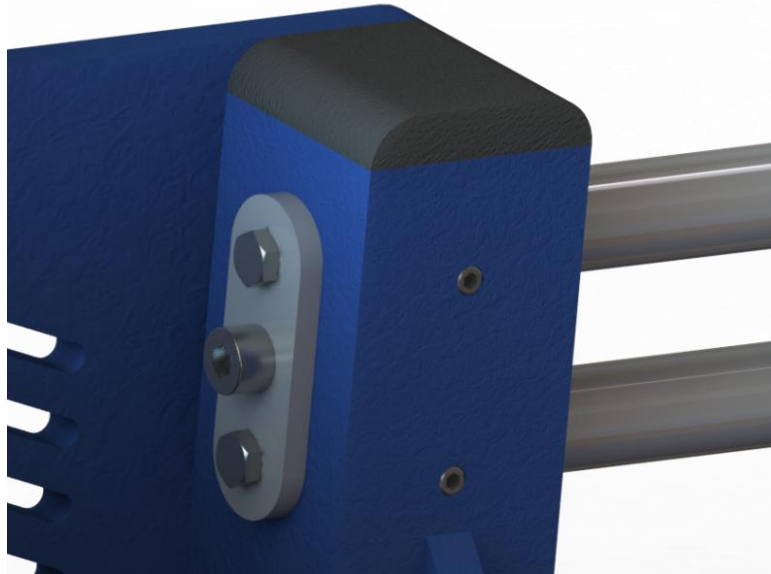
Na hřídel motoru je nasazena řemenice o vypočteném průměru 180 mm. Přenos krouticího momentu je zajištěn pomocí těsného pera 8x7x40 (ČSN 02 2562), které bylo zkontrolováno na otláčení a stříh. Materiálem je šedá litina (ČSN 42 2420), jedná se tedy o odlitek. Na základě rešerše je řemenice bombírovaná, výška oblouku bombírování h činí 0,5 mm (viz. Kapitola 3.3.3. a Tab. 3).



Obr. 34: Hnací řemenice o průměru 180 mm

7.3. Kladkový plech, pojezdové tyče, aretace

Ve stejné rámu jsou dva vyvrtané otvory pro pojezdové tyče, které slouží jako nosný prvek pro kladkový plech. Tyče jsou do otvorů vsunuty, na obou koncích jsou spřaženy pomocí dvou jednoduchých výpalků z 5 mm plechu, které jsou k tyčím přichyceny pomocí čtyř šroubů M6x20 (ISO 4017). Aretaci tyčí ve stojně zajišťují dva stavěcí šrouby M6x20 (ISO 4766) a jeden šroub s vnitřním šestihranem M8x20 (ISO 4762), kterým je zajištěno spřažení tyčí ve stojně (viz. Obr. 35). Pojezdové tyče jsou z tzv. „hlazenky“, tedy tažené konstrukční oceli 11 373.

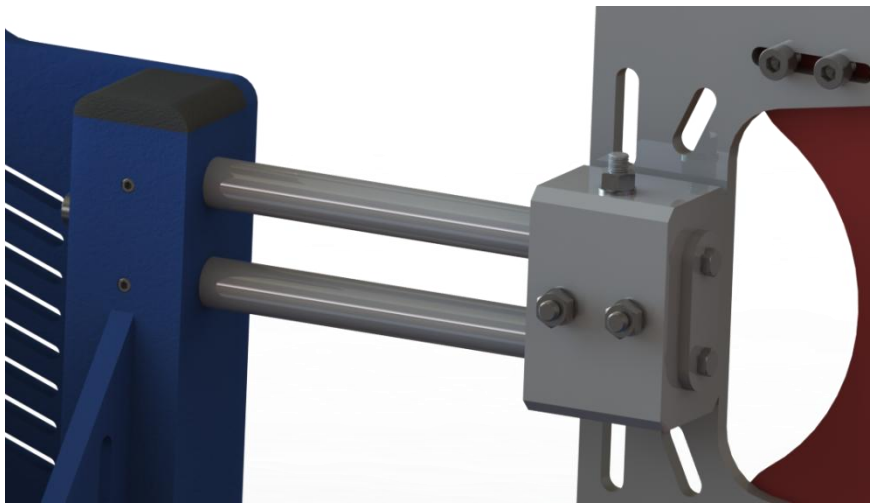


Obr. 35: Spřažení tyčí, ukotvení ve stojně

Na volném konci pojezdových tyčí je situován vodící element pro kladkový plech. Ve vodícím elementu jsou rovněž vyvrtány dva otvory, které slouží pro snadné nasunutí na tyče. Ve spojení vodící element – pojezdové tyče je zvoleno uložení H8/h8, tedy uložení těsné. Je vhodné pro přesné vedení, což je v tomto případě žádoucí, element musí mít možnost posuvu po tyčích, a to v případě výměny brusného pásu.

Aretaci vodícího elementu na pojezdových tyčích zajišťuje speciální vyráběný šroub o průměru 12 mm s dvojitým válcovým vybráním o mírně větším průměru, než je průměr samotných tyčí. Šroub je ve vrchní části opatřen závitem M8 a na vrchní straně elementu zajištěn příslušnou podložkou 8 (ISO 7092) a šestihrannou maticí M8 (ISO 4032). Materiálem pro výrobu šroubu je konstrukční ocel 11 500. Uložení šroubu v díře je opět zvoleno H8/h8, což zajistí přesné vedení.

Utahováním matice dochází k vtahování šroubu, válcové vybrání zde působí jako klín a šroub se do tyčí lidově řečeno „zakousne“, tento systém se dá také označit jako „spojení vzepřením“. Tím dojde k aretaci vodícího elementu v dané poloze. Uvolněním šroubu dojde opět k uvolnění elementu a umožnění posuvu po tyčích. Tento jednoduchý a spolehlivý způsob aretace umožňuje pohodlnou manipulaci s vodícím elementem po dráze pojezdových tyčí.

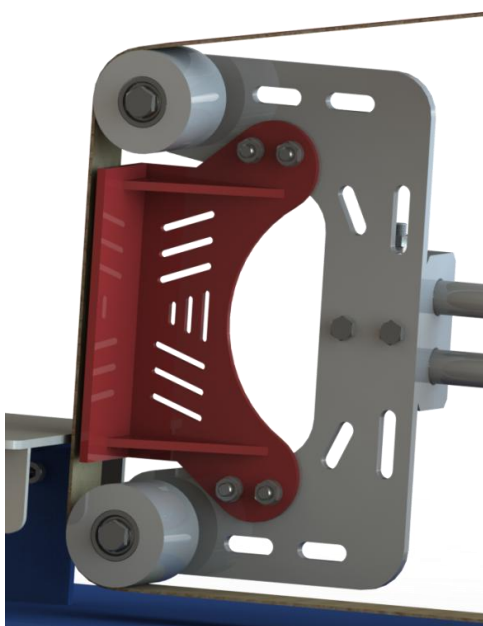


Obr. 36: Sestava pojezdových tyčí a vodícího elementu

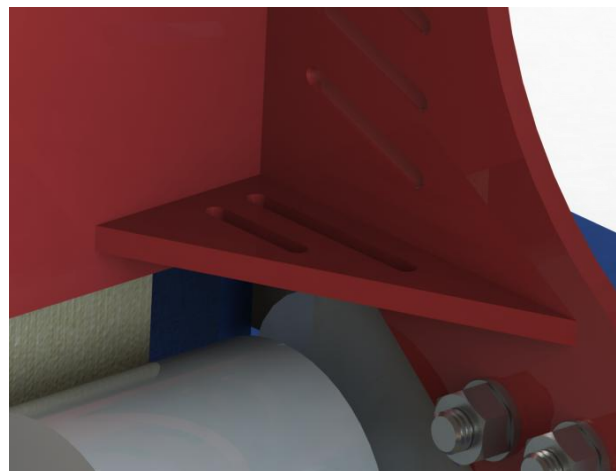


Obr. 37: Aretační šroub

Na vodícím elementu je pomocí dvou šroubů M8x70 (ISO 4017), podložek 8 (ISO 7092) a šestihranných matic M8 (ISO 4032) ukotven kladkový plech vypálený z plechu tloušťky 8 mm. Ke kladkovému plechu je pomocí čtyř šroubů s vnitřním šestihranem M8x25 (ISO 4762), podložek 8 (ISO 7092) a šestihranných matic M8 (ISO 4032) přichycena sestava opěrného plechu. Skládá se z bočního a předního dílu. Tyto díly jsou spojeny pomocí přivařených výztužných žeber. Všechny součásti opěrného plechu jsou opět výpalky, v tomto případě z plechu tloušťky 5 mm. Jak již bylo dříve řečeno, opěrný plech slouží ke snížení ohybu brusného pásu při přitlaku obrobku.



Obr. 38: Kladkový a opěrný plech



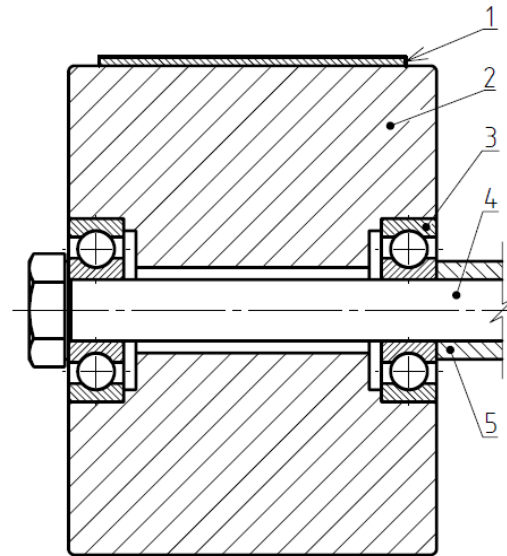
Obr. 39: Detail výztužného žebra opěrného plechu

7.4. Vodící kladky a jejich uchycení

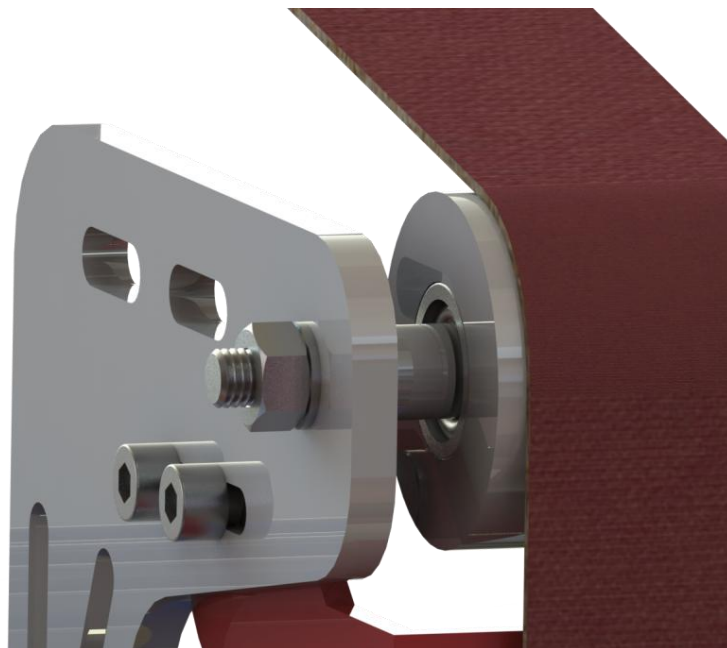
Na základě rešerše jsou zvoleny vodící kladky o průměru 60 mm. Do kladek jsou nalisována ložiska řady 6200 od firmy SKF, jejich trvanlivost byla spočtena v kapitole „Kontrolní výpočty“. Středem kladky je vrtána dutina pro šroub, kterým je celá kladka uchycena ke konstrukci brusky. Průměr této dutiny je volen větší než průměr šroubu, a to z důvodu případné výměny ložisek, vzniká tím větší prostor pro nástroj, kterým by se ložisko z kladky „vykleplo“. Šroub délky 100 mm je volen vyráběný, a to z důvodu dosažení přesnější tolerance pro uložení v ložiskách – nejlépe h7; h8. Pro zajištění plynulého otáčení kladky je mezi ložisko a kladkový plech na šroub nasunut distanční kroužek. Řez kladkou je zobrazen na Obr. 40.

V řezu kladky jsou zobrazeny následující součásti:

- 1 – brusný pás
- 2 – kladka
- 3 – kuličkové ložisko SKF 6200
- 4 – vyráběný šroub
- 5 – distanční kroužek



Obr. 40: Řez kladkou



Obr. 41: Detail uchycení vodící kladky

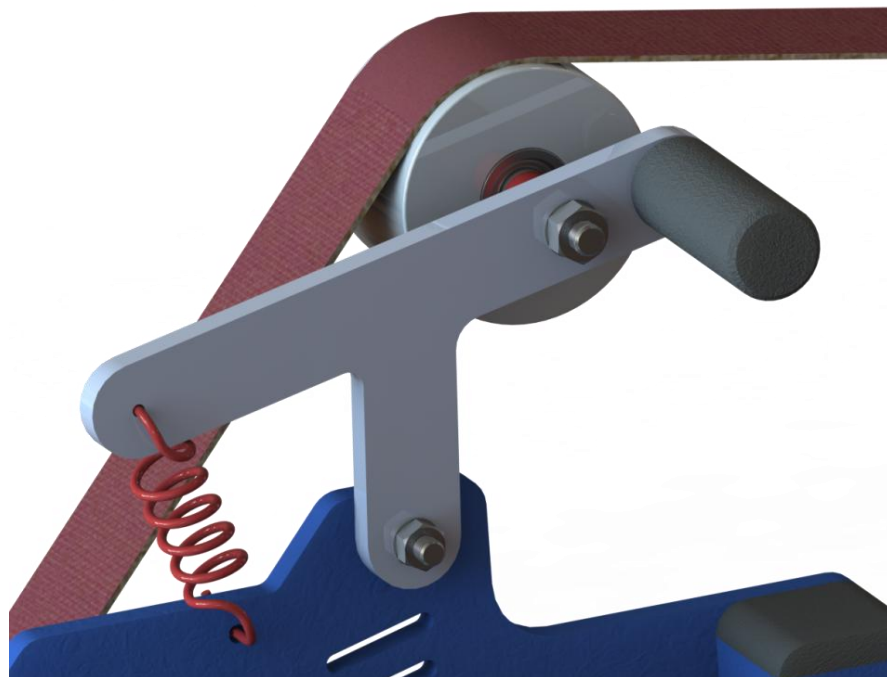
7.5. Napínací mechanismus

Pro pohodlné a dostatečné napnutí brusného pásu je zvolen jednoduchý napínací mechanismus. Skládá se z napínacího ramene, napínací kladky, rukojeti a tažné pružiny.

Napínací rameno je k boční desce připojeno pomocí šroubu M8x35 (ISO 4017), matice M8 (ISO 4032) a podložky 8 (ISO 7092) a je tedy posledním výpalkem z 10 mm plechu v sestavě pásové brusky. K napínacímu rameni je přichycena napínací kladka o průměru 80 mm.

Napínací kladka je stejně jako řemenice lehce bombírovaná (dle Tab. 8 činí výška oblouku bombírování h díky menšímu průměru 0,3 mm). Systém uchycení je totožný, jako u vodících kladek (viz. Kapitola 7.4.), jen je zde volen o 10 mm delší šroub (opět vyráběný).

O napnutí se stará kupovaná tažná pružina, zvolena je z důvodu menší pravděpodobnosti případného vystřelení. Pro pohodlné sklopení ramene pro sundání pásu je rameno doplněno o kupované pogumované madlo, přišroubováno je šroubem M8x35 (ISO 4017).

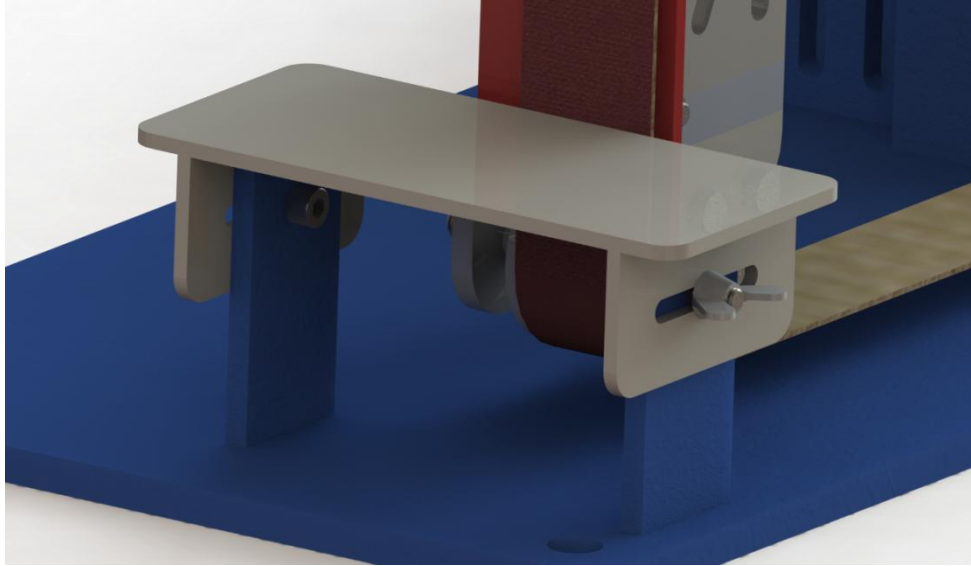


Obr. 42: Sestava napínacího mechanismu

7.6. Pracovní stůl

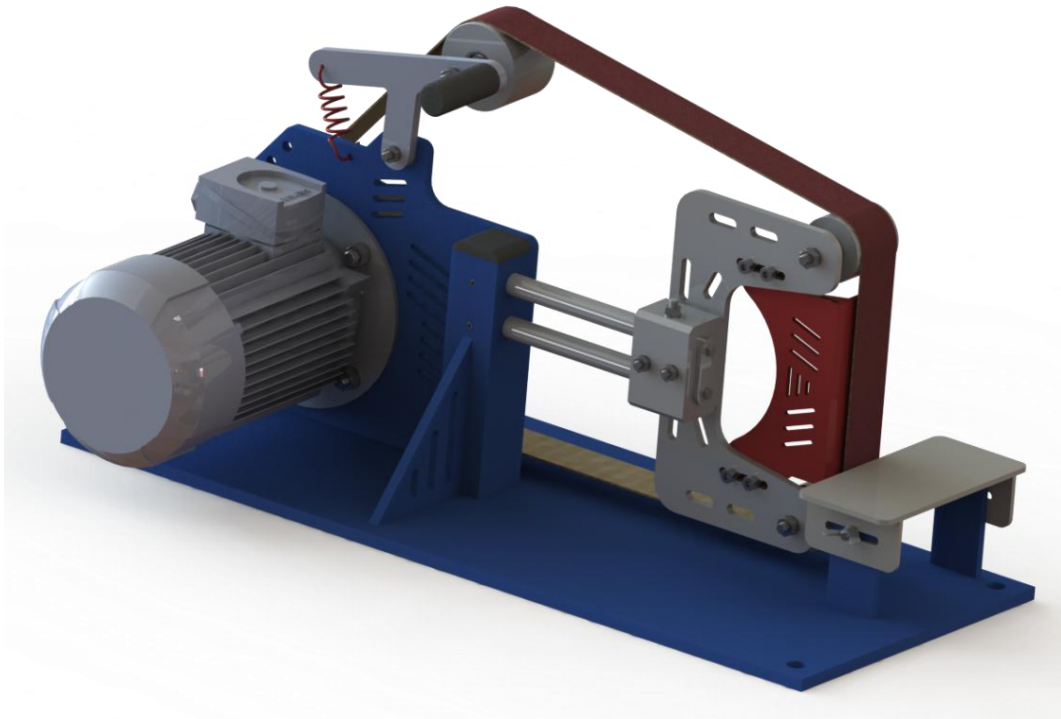
Pracovní stůl je umístěn mimo konstrukci vedení pásu. K základní kostře stolku přivařené k základnímu rámu (viz. Kapitola 7.1.) je pomocí dvou šroubů s vnitřním šestihranem M8x25 (ISO 4762) a dvou křídlových matic (ČSN 02 1665) přidělána svařená sestava stolku složená ze dvou bočních dílů s otvory pro šrouby a vrchního (nejpodstatnějšího) dílu, na který bude přikládán obrobek.

Součásti pracovního stolku jsou výpalky z 5 mm plechu. Ukotvení pomocí křídlových mitek je zde voleno záměrně, a to z důvodu jednoduchého nastavení polohy stolku bez nutnosti použití nářadí.

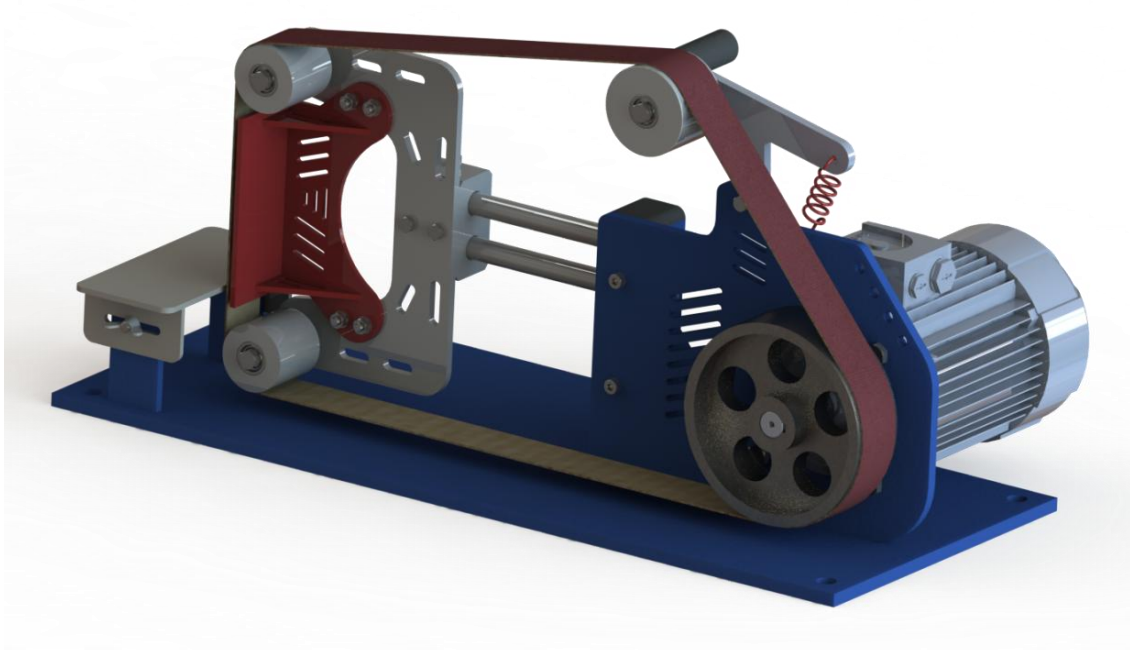


Obr. 43: Sestava pracovního stolku

7.7. Výsledná vizualizace pásové brusky



Obr. 44: Navržená konstrukce dílenské pásové brusky – pohled 1



Obr. 45: Navržená konstrukce dílenské pásové brusky – pohled 2

Otvory a drážky ve většině výpalků jsou zvoleny hlavně za účelem snížení celkové hmotnosti sestavy pásové brusky.

Pokud by byla navržená pásová bruska použita v průmyslovém prostředí, musela by mít dostatečné zakrytování a odsávání, aby byly splněny veškeré bezpečnostní normy. Vzhledem k tomu, že je bruska určena pro dílenské prostředí, zakrytování ani odsávání není v této bakalářské práci řešeno.

8. Závěr

Tato bakalářská práce si kladla za cíl vytvoření návrhu konstrukce dílenské pásové brusky pro broušení převážně ocelových obrobků.

V teoretické části byly shrnuty základní používané a prodávané typy konstrukcí pásových brusek v tuzemsku, inspirací pro tuto práci jsou ale hlavně konstrukce používané v zahraničí. Právě těmto konstrukcím je v rešerši věnována hlavní pozornost, velká část textu se zaměřuje na popis konstrukčních možností jednotlivých komponentů, ze kterých konečný návrh vychází.

Praktická část se zabývá již samotným návrhem konstrukce. Po základním výběru komponentů byly provedeny vybrané návrhové a kontrolní výpočty, konečná podoba konstrukce je včetně vizualizace popsána v závěrečné kapitole. 3D model, výkres sestavy a výrobní výkres rámu byl vytvořen v programu SolidWorks 2017, vyrenderovaná vizualizace pomocí doplňkového modulu PhotoView 360, který je součástí programu SolidWorks.

Pro případné zavedení brusky do výroby by bylo potřeba nejdříve navržený koncept vyrobit, vyzkoušet, ověřit zatížení rámu například pomocí MKP modelu a poté doladit konečné detaily, včetně zakrytování a odsávání (pro případné průmyslové využití).

Cíle práce byly splněny, důraz byl kladen hlavně na inovaci, jednoduchost konstrukce a použití normalizovaného spojovacího materiálu.

Seznam použité literatury

- [1] DOBRÉ STROJE s.r.o. *HOLZMANN RSG620 PÁSOVÁ BRUSKA NA KOV.* [online]. [cit. 14. 4. 2019]. Dostupné z: <https://www.dobrestroje.cz/dobrestroje/eshop/25-1-AKCE-VYPRODEJ/0/5/1251-PASOVA-BRUSKA-NA-KOV-HOLZMANN-RSG-620>
- [2] ONIO s.r.o. *BOSCH GRB 14 CE Professional pásová bruska na trubky.* [online]. [cit. 14. 4. 2019]. Dostupné z: <https://www.rucni-naradi.cz/bosch-grb-14-ce-professional-pasova-bruska>
- [3] Forsteel Europe s.r.o. *Stolní pásová bruska PÁSOVEC 100, 1 rychl., nová generace.* [online]. [cit. 17. 4. 2019]. Dostupné z: <https://www.forsteel.eu/stolni-pasova-bruska-100x-1000mm-1-rychlostni-pasovec-100>
- [4] ABRASIV, a.s. *EUROFINTEC 213 – Vertikální pásová bruska.* [online]. [cit. 17. 4. 2019]. Dostupné z: <https://pasove-brusky-abrasiv.cz/eurofintec-213>
- [5] DIFF s.r.o. *Bruska pásová + leštička ACETI 082.* [online]. [cit. 19. 4. 2019]. Dostupné z: <https://www.jadrove-vrtaky.cz/vrtaky/eshop/7-1-Brusky-lesticky/14-3-Brusky-stolni/5/302-Bruska-pasova-lesticka-ACETI-082>
- [6] D. Comeau Custom Knives. *Belt grinder motor guide.* [online]. [cit. 19. 4. 2019]. Dostupné z: <http://dcknives.blogspot.com/p/grinder-motors.html>
- [7] Milan Adámek, Univerzita Tomáše Bati ve Zlíně. *Elektrické stroje.* [online]. [cit. 5. 5. 2019]. Dostupné z: <http://www.elektro.utb.cz/prednasky/prednaska12.pdf>
- [8] Jiří Čermák, oEnergetice.cz. *Asynchronní stroje – konstrukce, princip, funkce a řízení.* [online] [cit. 5. 5. 2019]. Dostupné z: <https://oenergetice.cz/elektrina/asynchronni-stroje-konstrukce-princip-funkce-a-rizeni>
- [9] Prof. Andrija Jončić. *Nikola Tesla.* In: *akropolis.cz* [online] [cit. 5. 5. 2019]. Dostupné z: <https://www.akropolis.cz/nikola-tesla-clanek>
- [10] Mgr. Magda Králová. *Michail Doliwo-Dobrowolski.* In: *edu.techmania.cz* [online] [cit. 5. 5. 2019]. Dostupné z: <https://edu.techmania.cz/cs/encyklopedie/vedec/1124/doliwo-dobrowolski>
- [11] ROZMARING spol. s.r.o. *Odporúčané rezné rýchlosti.* [online]. [cit. 5. 5. 2019]. Dostupné z: <https://www.brusivo-rozmaring.sk/nekonecne-brusne-pasy/odporucane-rezne-rychlosti/>
- [12] D2DRIVES S.R.O. *FREKVENČNÍ MĚNIČE A VŠE O NICH.* [online]. [cit. 12. 5. 2019]. Dostupné z: <https://www.elektromotory.cz/frekvencni-menice-proc-a-jak>
- [13] Advanced Manufacturing Concepts. *AMK-77 2x72 Belt Grinder, 1.5hp, Variable Speed VFD, 12" Wheel.* [online]. [cit. 12. 5. 2019]. Dostupné z: <http://amktactical.com/AMK-77-2X72-Belt-Grinder-VFD>
- [14] EMP S.R.O. – ELEKTROMOTORY A ČERPADLA. *Jaké jsou možné tvary motorů?* [online]. [cit. 17. 5. 2019]. Dostupné z: <http://www.emp-slavkov.cz/faqs/jake-jsou-mozne-tvary-motoru>
- [15] D. Comeau Custom Knives. *DIY 2" x 72" Belt Grinder Project.* [online]. [cit. 17. 5. 2019]. Dostupné z: <http://dcknives.blogspot.com/p/2-x-72-belt-grinder.html>



- [16] ORIGIN BLADE MAKER. *Belt Grinder 2x72" Complete Chassis – Black*. [online]. [cit. 17. 5. 2019]. Dostupné z: <https://originblademaker.com/product/belt-grinder-2x72-complete-chassis-black/>
- [17] Knife Grinder Parts. *BELT GRINDER KNIFE GRINDER 5" DRIVE WHEEL CROWNED 1-1/8" BORE 6061 ALUMINIUM*. [online]. [cit. 17. 5. 2019]. Dostupné z: <https://www.knifegrinderparts.com/products/belt-grinder-knife-grinder-5-drive-wheel-crowned-1-1-8-bore-6061-aluminum>
- [18] Amazon.com, Inc. *Belt Grinder Wheel Set for Knife Grinders 4" Drive-19 mm Shaft 3" Track 2" Idler*. [online]. [cit. 28. 5. 2019]. Dostupné z: <https://www.amazon.co.uk/NY4-19-Grinder-Wheel-Grinders-Drive-19/dp/B079SLCTVN>
- [19] Knife Grinder Parts. *BELT GRINDER KNIFE GRINDER WHEEL SET 2.2" IDLER CONTACT WHEELS 4" TRACKING*. [online]. [cit. 28. 5. 2019]. Dostupné z: <https://www.knifegrinderparts.com/products/belt-grinder-knife-grinder-wheel-set-2-2-idler-contact-wheels-4-tracking>
- [20] Pikron s.r.o. *Ploché řemenice*. [online]. [cit. 28. 5. 2019]. Dostupné z: <https://www.pikron.cz/produkty/remenice/ploche>
- [21] ORIGIN BLADE MAKER. *Belt Grinder D-Backing Plate for 2x72" knife making grinder with wheels & mounting briket - Steel*. [online]. [cit. 28. 5. 2019]. Dostupné z: <https://originblademaker.com/product/belt-grinder-d-backing-plate-2x72-wheels-mounting-bracket-steel/>
- [22] Hielke Rispens, instructables.com. *DIY Highly Adaptable Belt Grinder*. [online]. [cit. 1. 6. 2019]. Dostupné z: <https://www.instructables.com/id/DIY-Highly-Adaptable-Belt-Grinder/>
- [23] Beaumont Metal Works, Inc. *Tension Spring and Perch*. [online]. [cit. 1. 6. 2019]. Dostupné z: <https://beaumontmetalworks.com/product/tension-spring-and-perch/>
- [24] IJustLikeMakingThings, instructables.com. *Bolt Together 2 x 72 Belt Grinder*. [online]. [cit. 1. 6. 2019]. Dostupné z: <https://www.instructables.com/id/Bolt-Together-2-X-72-Belt-Grinder/>
- [25] KNIFENETWORK.COM. *Belt Grinder from Poland*. [online]. [cit. 5. 6. 2019]. Dostupné z: <http://www.knifenetwork.com/forum/showthread.php?t=68659>
- [26] Northridge Tool, LLC. *Grinders*. [online]. [cit. 5. 6. 2019]. Dostupné z: <http://www.northridgetool.com/grinders/>
- [27] Jeremy Schmidt. *Building my 2x72" Belt Grinder*. In: *YouTube*. [online]. Zveřejněno 12. 4. 2017 [cit. 5. 6. 2019]. Dostupné z: https://www.youtube.com/watch?v=a_RIL1O-bK4
- [28] SIEMENS. *Katalog K02 – 0811 CZ, Trojfázové asynchronní motory nakrátko 1LA7*. [online]. [cit. 10. 6. 2019]. Dostupné z: http://www.opis.cz/siemens/pdf/k02-0811_1la7.pdf
- [29] INTERGEAR, s.r.o. *Třífázové elektromotory SIEMENS*. [online]. [cit. 10. 6. 2019]. Dostupné z: <http://www.intergear.eu/?id=motory-13f&ear=SIEMENS>

- [30] TOP ABRASIVE s.r.o. *Brusné nekonečné pásy – plátno zirkonkorund*. [online]. [cit. 10. 6. 2019]. Dostupné z: <https://www.topabrasive.cz/cz/sortiment-08-01/>
- [31] SKF CZ, a.s. *Kuličková ložiska 6200*. [online]. [cit. 10. 6. 2019]. Dostupné z: <https://www.skf.com/cz/products/bearings-units-housings/ball-bearings/deep-groove-ball-bearings/deep-groove-ball-bearings/index.html?designation=6200&unit=metricUnit>
- [32] Will Matthews. *Building a 2x72" Belt Grinder*. In: *YouTube* [online]. Zveřejněno 7. 10. 2017 [cit. 10. 6. 2019]. Dostupné z: <https://www.youtube.com/watch?v=15hUBgCOack>
- [33] Making Stuff. *Making a DIY 2x72" Belt Grinder from Treadmill Parts*. In: *YouTube*[online]. Zveřejněno 10. 2. 2017 [cit. 10. 6. 2019]. Dostupné z: <https://www.youtube.com/watch?v=6GoEXR5NuHo>
- [34] STEELTEC CZ, s.r.o. *BROUŠENÍ A JEHO PODSTATA*. [online]. [cit. 15. 6. 2019]. Dostupné z: <https://www.steeltec.cz/brouseni-a-jeho-podstata/>
- [35] LEINVEBER, Jiří a Pavel VÁVRA. *Strojnické tabulky: pomocná učebnice pro školy technického zaměření*. 5. upr. vyd. Úvaly: Albra, 2011. ISBN 978-80-7361-081-4.
- [36] Bolek, Alfred. Kochman, Josef. *Technický průvodce 6, Části strojů, 1. a 2. svazek*. 5. přepracované vydání. SNTL Praha, 1989 a 1990.
- [37] ŠVEC, Vladimír. *Části a mechanismy strojů: spoje a části spojovací*. Vyd. 3. V Praze: České vysoké učení technické, 2008. ISBN 978-80-01-04138-3.
- [38] ŠVEC, Vladimír. *Části a mechanismy strojů: příklady*. Vyd. 4. V Praze: České vysoké učení technické, 2008. ISBN 978-80-01-04137-6.
- [39] HLUCHÝ, Miroslav, Jan KOLOUCH a Rudolf PAŇÁK. *Strojírenská technologie 2. 2., upr. vyd.* Praha: Scientia, 2001. ISBN 80-718-3244-8.
- [40] ROWE, W. B. *Principles of modern grinding technology*. Norwich, NY: William Andrew, c2009. ISBN 9780815520184.

Seznam obrázků

Obr. 1: Ruční pásová bruska Holzmann RSG 620 [1]	2
Obr. 2: Ruční pásová bruska na trubky BOSCH GRB 14 CE Professional [2]	3
Obr. 3: Stolní pásová bruska N.KO Machines PÁSOVEC 100 [3]	4
Obr. 4: Stojanová pásová bruska Eurofintec 213 [4]	4
Obr. 5: Kombinovaná bruska ACETI 082 [5]	5
Obr. 6: Řez asynchronním motorem s popisem součástí [7]	7
Obr. 7: Frekvenční měnič [13]	9
Obr. 8: Možnosti uchycení motoru [14].....	9
Obr. 9: Rám ze čtvercových profilů [15]	10
Obr. 10: Rám z výpalků [16]	10
Obr. 11: Jedno z možných provedení řemenice [17].....	11
Obr. 12: Silonové kladky [18]	12
Obr. 13: Kladky z hliníkové slitiny [19].....	12

Obr. 14: Rozměry pro bombírování a ukázka špatných tvarů řemenice [20]	13
Obr. 15: Možný tvar kladkového plechu [21]	14
Obr. 16: Napnutí pásu tažnou pružinou [22]	14
Obr. 17: Napnutí pásu tlačnou pružinou [23]	15
Obr. 18: Napnutí pásu pomocí tlumiče [24]	15
Obr. 19: Konstrukce stolku se čtvercovým profilem [15]	15
Obr. 20: Uchycení stolku ke kladkovému plechu [25]	15
Obr. 21: Stavebnice pásové brusky od firmy Northridge [26]	16
Obr. 22: Pásová bruska – autor: Jeremy Schmidt [27].....	16
Obr. 23: Motory Siemens – typ 1LA7 096-2AA [29]	17
Obr. 24: Brusný pás ZK713X [30]	18
Obr. 25: Výsledný průběh sil podél brusného pásu.....	21
Obr. 26: Rozměry těsného pera a drážky pro pero [35]	22
Obr. 27: Jednořadá kuličkové ložisko SKF 6200 – rozměry [31]	23
Obr. 28: Zatížení ložisek	24
Obr. 29: Zatěžovaná plocha při vzepření šroubu – pohled zepředu	25
Obr. 30: Aretační šroub – pohled shora.....	25
Obr. 31: Silová rovnováha – brusný pás/kladkový plech	26
Obr. 32: Navržená konstrukce rámu	27
Obr. 33: Pohled na uchycení pohonu	28
Obr. 34: Hnací řemenice o průměru 180 mm	28
Obr. 35: Spřažení tyčí, ukotvení ve stojně.....	29
Obr. 36: Sestava pojezdových tyčí a vodícího elementu	30
Obr. 37: Aretační šroub	30
Obr. 38: Kladkový a opěrný plech	30
Obr. 39: Detail výztužného žebra opěrného plechu	30
Obr. 40: Řez kladkou	31
Obr. 41: Detail uchycení vodící kladky	31
Obr. 42: Sestava napínacího mechanismu	32
Obr. 43: Sestava pracovního stolu	33
Obr. 44: Navržená konstrukce dílenské pásové brusky – pohled 1.....	33
Obr. 45: Navržená konstrukce dílenské pásové brusky – pohled 2.....	34

Seznam tabulek

Tab. 1: Parametry ruční pásové brusky Holzmann RSG 620 [1]	2
Tab. 2: Parametry ruční brusky na trubky BOSCH GRB 14 CE Professional [2]	3
Tab. 3: Parametry stolní pásové brusky N.KO Machines PÁSOVEC 100 [3]	4
Tab. 4: Parametry stojanové pásové brusky Eurofintec 213 [4]	4
Tab. 5: Parametry kombinované brusky ACETI 082 [5]	5
Tab. 6: Doporučené brusné rychlosti kovových materiálů [11]	8
Tab. 7: Doporučené brusné rychlosti nekovových materiálů [11]	8
Tab. 8: Doporučené hodnoty výšky oblouku h bombírování [20].....	13
Tab. 9: Základní parametry motoru Siemens 1LA7 096-2AA [28].....	17
Tab. 10: Parametry ložiska SKF 6200 [31]	23

Seznam příloh

Příloha 1: Výrobní výkres rámu (BP – JS – 2019 – 01)

Příloha 2: Sestavný výkres pásové brusky (BP – JS – 2019)

Příloha 3: Kusovník k sestavnému výkresu BP – JS – 2019

Seznam zkratk a symbolů

Symbol	Jednotka	Význam
M_K	[Nm]	Krouticí moment elektromotoru
P_M	[kW]	Výkon elektromotoru
n	[ot/min]	Otáčky elektromotoru
v	[m/s]	Brusná rychlost (obecně)
d	[m]	Průměr řemenice
$v_{stř}$	[m/s]	Střední hodnota rozmezí brusných rychlostí
v_1	[m/s]	Vrchní hodnota rozmezí brusných rychlostí
n_1	[ot/min]	Otáčky motoru pro nejnižší rychlost v rozmezí
v_2	[m/s]	Spodní hodnota rozmezí brusných rychlostí
n_2	[ot/min]	Otáčky motoru pro nevyšší rychlost v rozmezí
α	[rad]	Úhel opásání řemenice
$\mu_{oc/pl}$	[-]	Koeficient smykového tření (ocel – plátno)
F_{obv}	[N]	Obvodová síla
$r_{řem}$	[mm]	Poloměr řemenice
Z_{min}	[N]	Minimální napínací síla brusného pásu
e	[-]	Eulerovo číslo
T_2	[N]	Síla v odlehčené části pásu
T_1	[N]	Síla v zatížené části pásu
$F_{př}$	[N]	Maximální přitlačovací síla obrobku k pásu
d_H	[mm]	Průměr hřídele elektromotoru
b	[mm]	Šířka těsného pera
h	[mm]	Výška těsného pera
t	[mm]	Hloubka drážky v hřídeli
t_1	[mm]	Hloubka drážky v náboji
l	[mm]	Délka těsného pera
p_S	[N/mm ²]	Skutečný tlak při kontrole pera na otláčení
p_D	[N/mm ²]	Dovolený tlak při kontrole pera na otláčení

τ	$[N/mm^2]$	Skutečné napětí při kontrole pera na střiž
τ_D	$[N/mm^2]$	Dovolené napětí na smyk - pero
R_A	$[N]$	Zatížení levého ložiska
R_B	$[N]$	Zatížení pravého ložiska
P	$[kN]$	Ekvivalentní dynamické zatížení ložiska
$F_{pás}$	$[N]$	Síla od brusného pásu
L_{10}	$[mil. otáček]$	Základní trvanlivost ložisek
C	$[kN]$	Základní dynamická únosnost ložiska
ρ	$[-]$	Exponent rovnice trvanlivosti ložiska
L_{10h}	$[hod]$	Trvanlivost ložiska v hodinách
$f_{oc/oc}$	$[-]$	Koeficient smykového tření (ocel – ocel)
S	$[mm^2]$	Zatěžovaná plocha pojezdové tyče od šroubu
r_{ξ}	$[mm]$	Poloměr aretačního šroubu
N	$[N]$	Normálová předepínací síla šroubu
R	$[N]$	Reakční síla od silových účinků v pásu
p_{ξ}	$[N/mm^2]$	Skutečný tlak při kontrole tyče na otláčení
$p_{D\xi}$	$[N/mm^2]$	Dovolený tlak při kontrole tyče na otláčení