

VYSOKÉ UČENÍ TECHNICKÉ V BRNĚ

Fakulta strojního inženýrství

BAKALÁŘSKÁ PRÁCE



VYSOKÉ UČENÍ TECHNICKÉ V BRNĚ

BRNO UNIVERSITY OF TECHNOLOGY

FAKULTA STROJNÍHO INŽENÝRSTVÍ

FACULTY OF MECHANICAL ENGINEERING

ÚSTAV VÝROBNÍCH STROJŮ, SYSTÉMŮ A ROBOTIKY

INSTITUTE OF PRODUCTION MACHINES, SYSTEMS AND ROBOTICS

NÁVRH PÁSOVÉ BRUSKY

DESIGN OF BELT GRINDER

BAKALÁŘSKÁ PRÁCE

BACHELOR'S THESIS

AUTOR PRÁCE

AUTHOR

JIŘÍ BARTUNĚK

VEDOUCÍ PRÁCE

SUPERVISOR

Ing. JAN PAVLÍK, Ph.D.

BRNO 2020

Zadání bakalářské práce

Ústav: Ústav výrobních strojů, systémů a robotiky
Student: **Jiří Bartuněk**
Studijní program: Strojírenství
Studijní obor: Stavba strojů a zařízení
Vedoucí práce: **Ing. Jan Pavlík, Ph.D.**
Akademický rok: 2019/20

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

Návrh pásové brusky

Stručná charakteristika problematiky úkolu:

Navrhnete a konstrukčně zpracujete řešení stacionární pásové brusky. Orientační parametry stroje: rozměr pásu 50 x 2000 mm, výkon pohonu cca 1,5 kW.

Cíle bakalářské práce:

Rozbor současného stavu vědy a techniky u řešené problematiky.

Návrh a zdůvodnění zvoleného způsobu řešení zadaného úkolu.

Návrh variant řešení a zdůvodnění výběru konkrétního řešení.

Konstrukční návrh zvolené varianty – 3D model.

Výpočtová zpráva.

Výkresová dokumentace vybraných uzlů.

Závěr a doporučení pro praxi.

Seznam doporučené literatury:

SHIGLEY, Joseph Edward, Charles R MISCHKE a Richard G BUDYNAS, VLK, Miloš, ed. Konstruování strojních součástí. Přeložil Martin HARTL. V Brně: VUTUM, 2010. Překlady vysokoškolských učebnic. ISBN 978-80-214-2629-0.

ČERNOCH, Svatopluk. Strojně technická příručka. 13., upravené vyd. Praha: SNTL-Nakladatelství technické literatury, 1977.

Termín odevzdání bakalářské práce je stanoven časovým plánem akademického roku 2019/20

V Brně, dne

L. S.

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

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

Abstrakt

Cílem této bakalářské práce je návrh stacionární pásové brusky pro universální použití. V úvodní části je popsán princip práce pásové brusky a současný stav poznání u daného tématu. Dále jsou navrženy možné způsoby konstrukčního řešení, z nichž je jedno vybráno jako nejvýhodnější, to je pak dále zpracováno. Konstrukční návrh je zpracovaný jako 3D model a doplněný o výpočtovou zprávu.

Summary

The aim of this bachelor's thesis is to design a general-purpose stationary belt sander. Current knowledge and a working principle of a belt sander is delineated in the introduction. Furthermore, all possible methods are shown, one of which is selected as the most convenient. That design is further compiled as a 3D model with a calculation report attached.

Klíčová slova

Broušení, bruska, pásová bruska, pás, konstrukce.

Keywords

Grinding, grinder, belt grinder, belt, construction.

BARTUNĚK, J. *Návrh pásové brusky*. Brno: Vysoké učení technické v Brně, Fakulta strojního inženýrství, 2020. 40 s. Vedoucí Ing. Jan Pavlík, Ph.D.

Prohlašuji, že předložená bakalářská práce je původní a zpracoval jsem ji samostatně. Prohlašuji, že citace použitých pramenů je úplná, že jsem ve své práci neporušil autorská práva (ve smyslu Zákona č. 121/2000 Sb., o právu autorském a o právech souvisejících s právem autorským).

Jiří Bartuněk

Rád bych poděkoval vedoucímu mé bakalářské práce Ing. Janu Pavlíkovi, PhD. za ochotu, trpělivost a podnětné připomínky k této bakalářské práci. Dále bych chtěl poděkovat všem, kteří mi pomohli v mém studiu a to zejména z řad rodiny a kolektivu školy.

Jiří Bartuněk

Obsah

Úvod	2
1 Rozbor problematiky	3
1.1 Základní rozdělení brusek	3
1.2 Pásové brusky	4
1.3 Hlavní prvky pásových brusek	5
1.3.1 Brusný Pás	5
1.3.2 Pohon	7
1.3.3 Rám	8
1.3.4 Kladky	8
1.3.5 Bezpečnostní prvky	9
2 Návrh variant řešení	10
2.1 Varianta 1	10
2.2 Varianta 2	11
2.3 Varianta 3	12
2.4 Vyhodnocení variant	14
3 Výpočtová dokumentace	16
3.1 Volba pohonu	16
3.2 Síly v pásu	18
3.3 Životnost ložisek	22
3.4 Kontrola hřídele	23
4 Konstrukční návrh	25
4.1 Celková sestava	25
4.2 Rám	26
4.3 Kladky	27
4.3.1 Napínací kladka	27
4.3.2 Vodicí kladky	28
4.4 Brusná hlavice	29
4.5 Napínací systém	30
4.5.1 Napínák	31
Závěr	32
Literatura a zdroje	33
Seznam obrázků	35
Seznam tabulek	36
Seznam použitých jednotek a symbolů	37
Seznam příloh	40

Úvod

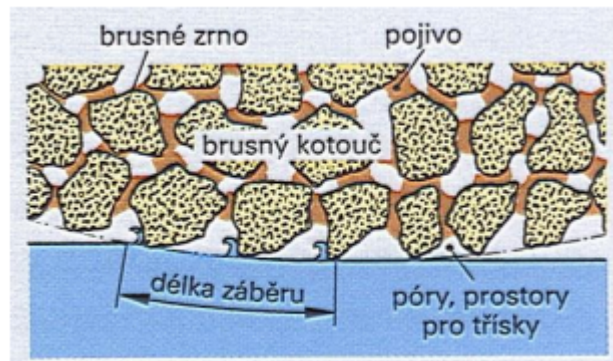
Ve výrobních procesech, ale i v podmínkách domácí dílny se často setkáváme s potřebou zabrousit svary, srazit rohy, odjehlit obrobky, vybrousit tvary, nabrousit nože... zkrátka ubrat materiál a to ideálně rychle snadno a přesně.

Většina obráběcích strojů vyžaduje zdlouhavé zaučení obsluhy a samotné obrábění je pak otázkou obrobitelnosti materiálu, typu nástroje a schopnostech obsluhy. To neplatí pro pásové brusky. Pásová bruska je stroj který vyniká svou univerzálností. Brousit se dají téměř všechny materiály, a to i ty, u kterých by jiné obrábění selhalo. Obsluha je snadná a rychlá, stačí jen zapnout pohon a brousit volně z ruky, na podpěrce, či na kontaktním kole. Tyto vlastnosti dělají z pásových brusek nepostradatelného pomocníka každé dílny.

Tato práce si klade za cíl navrhnout univerzální, stacionární pásovou brusku, pro poloprofesionální použití. Důraz je kladen zejména na snížení výrobních nákladů, při kusové výrobě stroje a na univerzálnosti použití stroje.

1. Rozbor problematiky

Broušení je technologie obrábění, při níž se materiál ubírá tvrdým brusivem (práškem, kotoučem ap.) s množstvím nepravidelných a nahodile orientovaných břitů (Obr. 4.11). Ruční broušení patří mezi nejstarší způsoby obrábění. Strojové broušení se používá k obrábění kovů, keramiky, skla, ale také dřeva a umělých hmot. Brousit lze i ty nejtvrdší materiály a při strojovém broušení lze dosahovat vysoké přesnosti a velmi kvalitního povrchu. [17]



Obrázek 1.1: Úběr materiálu brusnými zrny [8]

1.1. Základní rozdělení brusek

Existuje nepřehledné množství brusek, které lze dělit podle těchto základních kritérií:

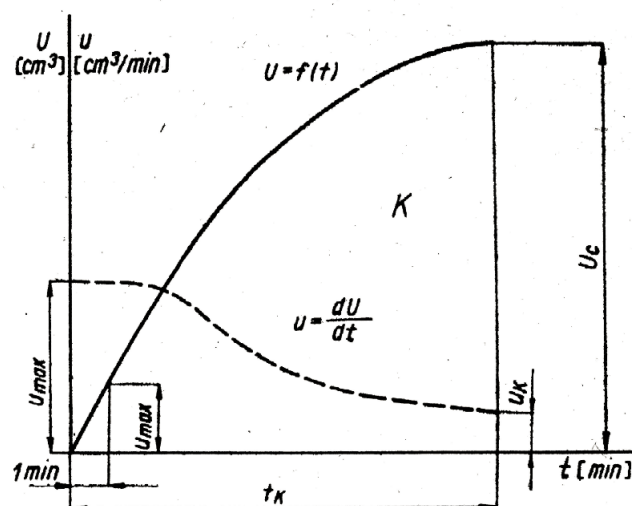
1. Podle způsobu obsluhy
 - (a) Ruční
 - (b) Strojní
2. Podle typu nástroje
 - (a) Kotoučové
 - (b) Pásové
3. Podle účelu a způsobu práce
 - (a) Hrotové
 - (b) Bezhroté
 - (c) Na díry
 - (d) Rovinné
 - (e) Nástrojové
 - (f) Speciální
4. Podle ubývání materiálu
 - (a) Pro postupný úběr materiálu (velký posuv a malý přísuv)
 - (b) Brusky pro tzv. silové broušení (velký přípravek se vybrušuje najednou)

1.2. Pásové brusky

Pásové brusky slouží k bezpečnému, rychlému a ekonomickému broušení kovových dílců i nekovových polotovarů, odlitků a najdou využití zejména v nožířských, zámečnických údržbářských a kovoobráběcích dílnách. Všude tam, kde je třeba rychle a perfektně začistit sváry nebo odlitky, odjehlit otřepy po stříhání nebo řezání, ale i velmi efektivně zhotovit úkosy pod různými úhly nebo libovolné radiusy. Prostě tam, kde je třeba rychle reagovat na rozmanité potřeby výroby.[11]

Ze všech typů brusek mají pásové brusky největší úběr materiálu, díky čemuž mohou suplovat hrubovací operace, zejména frézování (samozřejmě omezeně). Oproti frézám je však pořizovací cena pásové brusky několiarádově nižší. Na druhou stranu nedosahují takových rozměrových přesností při výrobě jako jiné typy brusek.

Stacionární pásová bruska je obráběcí stroj, u kterého hlavní přímočarý pohyb vykonává nástroj (brusný pás) a vedlejší pohyby, tj. posuv a přísuv koná obrobek.



Obrázek 1.2: Křivka úběru brusného pásu [12]

$U = f_t$ - úběrová křivka; U_{max} - největší (počáteční) úběrová rychlost (cm^3/min); U_K - konečná úběrová rychlost (cm^3/min); t_k - doba, za kterou nastane opotřebení brusného nástroje; K - brusná kapacita (cm^3/min)

Pro charakteristiku ekonomičnosti broušení na pásové brusce, je podstatná křivka úběru (obr. 1.2). Tato křivka je pro každý typ pásu rozdílná a získává se zkouškou na speciálních laboratorních přístrojích.

Systémy zkušebních přístrojů jsou v různých státech různé, ale princip hodnocení je vždy stejný. Stanovuje se průběh úběru materiálu v závislosti na čase a ekonomická délka času broušení (čas, během něhož nástroj pracuje ještě hospodárně [ekonomicky]).[12]

Technologické vlastosti je možno kvantitativně vyjádřit pomocí veličin zakreslených v obrázku 1.2, nebo pomocí vztahů mezi těmito veličinami[12]

Podle uvedeného grafu platí:

$$U_c = \int_0^{t_k} u \, dt, \quad (1.1)$$

$$u_s = \frac{U_c}{t_k}, \quad (1.2)$$

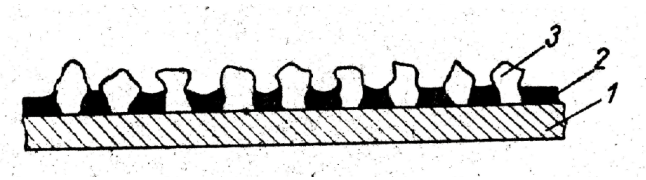
$$K = \int_0^{t_k} U \, dt. \quad (1.3)$$

Veličiny U_c , t_k , K , vyjadřují především trvanlivost nástroje, veličiny U_{max} a u_s vyjadřují brusné vlastnosti nástroje. Vždy však platí, že číselně větším hodnotám jmenovitých veličin odpovídají lepší vlastnosti nástrojů. V praxi se většinou sleduje U_c a t_k . Celkový úběr se vyjadřuje krácením standartní tyče v mm. Doba úběru se vyjadřuje v minutách. [12]

1.3. Hlavní prvky pásových brusek

Stacionárních pásových brusek je mnoho druhů, nicméně u všech lze nalézt některé obdobné části, byť v jiném provedení. Seznámení se s těmito částmi, jakožto uzly dané problematiky, je nezbytné k úspěšnému konstrukčnímu návrhu finálního stroje.

1.3.1. Brusný Pás



Obrázek 1.3: Příčný řez brusným pásem [12]
1 - podkladový materiál; 2 - pojivo; 3 - brusná zrna

I přesto že brusný pás je "pouze" nástroj brusky, je zároveň jejím charakteristickým rysem. Pro správné pochopení dané problematiky jako celku, je nezbytné se s tímto nástrojem dobře seznámit.

Obdobně jako brusný kotouč (viz obr. 4.11) se i brusný pás skládá z brusného materiálu (zrn) a pojiva. Oroti brusnému kotouči je však pojivo nesoucí brusný materiál nanášeno na pás z papíru nebo textílie, případně na kombinaci obojího¹. Pro správné použití pásu považujeme jako nejdůležitější správný výběr brusiva a pojiva [12].

¹Nanášení probíhá pomocí elektrostatického náboje

1.3. HLAVNÍ PRVKY PÁSOVÝCH BRUSEK

- **Brusný materiál**

- **Hnědý korund A96** - hodí se k broušení všech druhů. železných kovů
- **Bílý korund A99** - pro broušení různých druhů dřev; nejlépe tvrdých dřev.
- **Karbid křemíku C48 a C 49** - pro broušení šedé litiny, neželezných kovů, slinutých karbidů, laků, tmelů, skla, plastických hmot, kůže, kamene, gumy atd.
- **Granát** - především pro broušení všech druhů dřev.

- **Pojivo**

- **Pryskyřičná pojiva** - Nejčastější typ pojiva. Nejvíce se využívá při broušení kovů.
- **Pojiva odolná proti vodě** - Jsou zvláštním druhem pryskyřičného pojiva určeného pro broušení s chlazením. Toto pojivo se velmi hodí k broušení skla, keramiky laků a tmelů.
- **Klíhové pojivo** - Dříve nejčastější typ pojiva. Životnost pásů s klíhovým pojivem nedosahuje životnosti pásu s pryskyřicí. Tyto pásy najdou uplatnění zejména v dřevozpracujícím průmyslu.

Výrobci brusných pásů často používají obchodní názvy pro použité materiály, ze kterých se pás skládá.

Na brusné pásy jsou kladeny velké nároky co se pevnosti a odolnosti týče. Při dodržení pracovních postupů by nikdy nemělo dojít k přetržení pásu za provozu stroje. V opačném případě hrozí nebezpečí poranění obsluhy stroje. To je patrné i z rychlosti pásu, která dosahuje až 50 m/s. Pro správnou funkci musí být pás napnutý, což zajišťuje napínací rolna (viz. kapitola 1.3.4).



Obrázek 1.4: Brusný pás 50x1500 mm, typ SC-BL T - leštící, výrobce 3M. [1]

Brusné pásy jsou běžně k dostání v zrnitostech P30 až P2000 [11]. Speciálním typem pásu jsou filcové pásy (obr 1.4), určené k leštění za pomoci abrazivních past. Takovýmto opracováním lze dosáhnout "zrcadlového" povrchu materiálu.

1.3.2. Pohon

V dobách před průmyslovou revolucí, využívali brusiči k pohonu kotoučových brusek ruční pohon, nebo energii vodního spádu. Dnes můžeme plně využít elektrifikace domácností a dílen.

V současnosti se pro pohon pásových brusek nejvíce používá asynchronních elektromotorů s kotvou na krátko (obr. 1.5), které jsou napájeny střídavým elektrickým proudem o třech fázích s napětím většinou 400 V. Pro pohon lze použít i jednofázový asynchronní motor s rozběhovým kondenzátorem. Ten lze napojit na běžně dostupnou jednofázovou síť (230 V), nicméně má menší účinnost a používá se spíše pro méně náročné aplikace.



Obrázek 1.5: Elektromotor 5.5 kW, 1450 ot/min , výrobce SIEMENS. [15]

K třífázové síti lze běžný 3f asynchronní motor připojit dvojím způsobem – v konfiguraci hvězda, nebo v konfiguraci trojúhelník. Existují další asynchronní motory s odlišným vinutím, které však nejsou tak časté. Důležité je se vždy řídit typovým štítkem a datovým listem motoru. Nejčastěji se setkáme označením na štítku ΔY 230/400 V. Tento motor lze přímo připojit k třífázové síti ($3 \times 400V$) pouze do konfigurace hvězda.[14]

K třífázové síti ($3 \times 230 V$) lze motor připojit do konfigurace trojúhelník a motor bude fungovat na plný výkon při jmenovitém proudu uvedeném na štítku. V případě zapojení do hvězdy bude motor fungovat na podpětí při sníženém výkonu. Tato síť se však běžně v ČR nevyskytuje.[14]

U pásových brusek je často žádoucí možnost měnit rychlost pásu. Toho se dá docílit třemi způsoby:

- **Převodovkou**
- **Dvourychlostním motorem**
- **Frekvenčním měničem**

Z pravidla řemenová převodovka umožňuje změnu rychlosti pomocí stupňových řemenic. Je to však relativně nákladné, prostorově náročné a poskytuje to pouze omezený počet převodů. Proto se toto řešení prakticky přestalo používat s nástupem moderní a dostupné elektroniky.

Dvourychlostní motor má dvoje vinutí s rozdílným počtem pólů; vinutí jsou většinou zapojeny do hvězdy. V podstatě se jedná o dva separátní motory (dvě satorové vinutí) v jednom těle. Připojením napájení na první tři svorky se motor roztočí jinou rychlostí než při připojení napájení na druhé svorky[14]. Tento způsob změny otáček je cenově dostupný a praktický, avšak umožňuje přepínání pouze mezi dvěma rychlostmi chodu storaje.

Třetí způsob změny rychlosti pásu je doplnění motoru o frekvenční měnič. Frekvenční měnič dovoluje plynulou regulaci otáček motoru. Umožňuje nastavení rozběhové rampy,

1.3. HLAVNÍ PRVKY PÁSOVÝCH BRUSEK

ochrany motoru proti přetížení atd. Některé frekvenční měniče umí transformovat jednofázové napětí na třífázové a umožňují tím provoz třífázových asynchronních elektromotorů na jednofázové síti ($1 \times 230\text{V}$). Jedinou nevýhodou frekvenčního měniče jsou jeho pořizovací náklady.

1.3.3. Rám

Rám zajišťuje spojení a spoluráci všech komponentů pásové brusky. Při jeho návrhu by měl být brán zřetel na tlumení vybraní od pohonu.

V současné době se u pásových brusek s výkonem okolo 1,5 kW využívá rámů tvořených z více částí (nejčastěji vypálené a ohýbané plechy), které jsou k sobě přišroubovány, nebo přivařeny. Při svařování rámu je třeba brát zřetel na riziko pokroucení svařence.

Od litinových rámů se již upustilo, vzhledem k jejich ceně a prakticky nereálnému použití v kusové, nebo malosériové výrobě. Litina však oproti ocelovým ráům lépe tlumí vibrace.

1.3.4. Kladky

Každá pásová bruska má minimálně jeden hnací buben a jednu napínací kladku ² (například *Varianta 1* v podkapitole 2.1, či *Varianta 2* v podkapitole 2.2). Některé systémy využívají i dalších rotačních komponentů, všechny je lze však rozřadit do těchto skupin:

- **Vodící kladka**
- **Napínací kladka**
- **Hnací buben**
- **Naklápěcí kladka**
- **Kontaktní kolo**

Vodící kladka definuje dráhu pásu.

Napínací kladka zajišťuje správné napnutí pásu. Je žádoucí, aby byla stavitelná, jelikož pás se provozem vytahá (prodlužuje se).

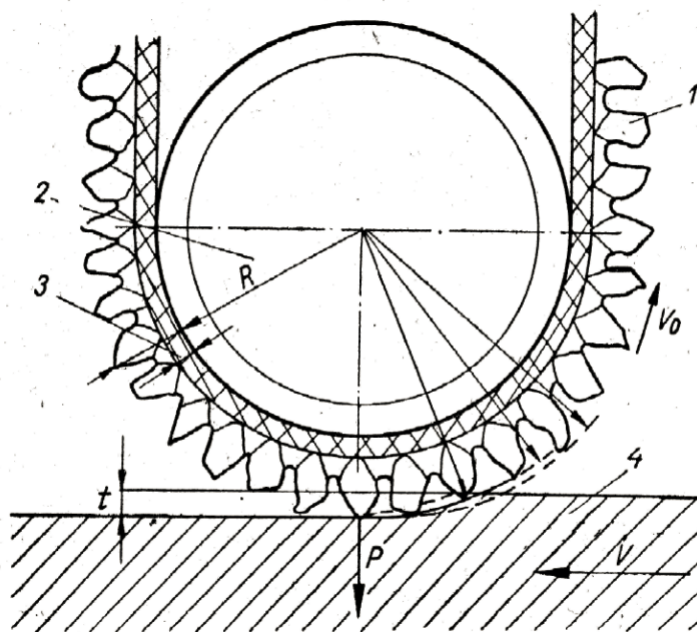
Naklápěcí kladka umožňuje malé naklonění své osy, v rovině kolmé k vektoru pohybu pásu (u systému pouze s dvěma kladkami je to rovina definovaná osou kladky a vektorem pohybu pásu). Běžně stačí naklonění v rozsahu pěti stupňů. Tím lze regulovat směr pohybu pásu tak, aby nesjížděl z kladek. Funkci naklápěcí kladky často přejímá napínací kladka. Centrování pásu na rolnách lze dosáhnout také bombírováním kladek ³.

Hnací buben pohání pás a přenáší tím výkon od motoru. Jeho průměr nám ovlivňuje rychlost pohybu pásu. U stacionárních brusek je téměř vždy bombírovaný.

Speciálním druhem kladky je kontaktní kolo (obr.1.6). Na něj, jakožto na jediné z výše zmíněných kladek může působit přitlačná síla od obrobku a fungovat tedy jako obráběcí, zakřivená plocha. Bývá vyrobeno nejčastěji z gumy či filcu s ocelovým jádrem.

²Někdy se můžeme setkat s názvem "rolny".

³Bombírování = vytvoření relativně velkého radiusu na válcové ploše kladky, resp. kladka nebude válcová, ale soudečková.



Obrázek 1.6: Schéma broušení brusným pásem na kontaktním kole

[12]

1 - brusná zrna; 2- kontaktní kolo; 3 - podkladový materiál; 4 - obrobek; R - poloměr kola; t - tloušťka odebrané vrstvy materiálu; V_0 - obvodová rychlost; P - přítláčná síla; V - rychlost materiálu

1.3.5. Bezpečnostní prvky

Nezbytnou součástí pásové brusky, jsou prvky určené k bezpečné obsluze stroje. Jedná se zejména o kryty které plní tři funkce:

- Odklon proudu žhavých třísek, které jsou při broušení unášeny pásem a mohly by dopadnout na kůži, či oděv obsluhy.
- Zabránění nechtěnému kontaktu obsluhy, či oděvu s pohyblivými částmi stroje.
- Zachycení, nebo změna trajektorie odmrštěného pásu, dojde-li k jeho přetržení.

Žádoucím bezpečnostním prvkem může být také tzv. "stop tlačítko", které je umístěno na dobře dostupném místě a po jeho stisknutí dojde k odpojení napájení stroje.

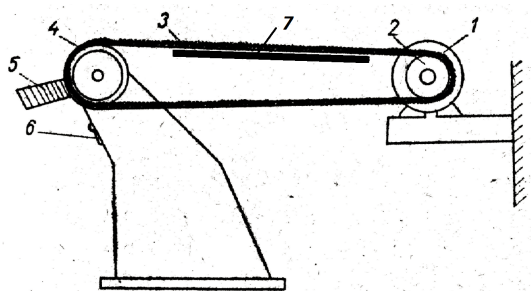
2. Návrh variant řešení

Tato část práce se zabývá návrhem možných konstrukčních variant pásové brusky. Každá z variant bude podrobena hodnocení, které vyústí v nejlepší řešení, to bude dále konstrukčně zpracováno.

2.1. Varianta 1

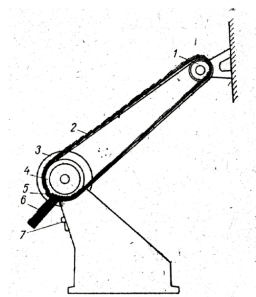
První variantou je horizontální uspořádání pásu. Tento koncept využívá jednoho kontaktního kola a jednoho hnacího kola.

Princip sestavení tohoto typu spočívá v tom, že brusný pás běží přes kontaktní kolo, které slouží k přenášení přitlačného tlaku na obrobek. Kontaktní kolo může být poháněno přímo motorem; naproti jemu je umístěn váleček s napínacím zařízením (viz obr. 2.1b). Tím se brusný pás udržuje v potřebném napětí. V některých případech není poháněný kotouč totožný s kontaktním (viz obr. 2.1a). Takové uspořádání má výhodu v tom, že lze použít různých kontaktních kotoučů beze změny pracovní rychlosti brusného pásu a že zamezuje ostré vydutí pásu před obrobkem. [12]



(a) Brusky s volným kontaktním a napínacím kolem.

1 - hnací motor; 2 - napínací (hnací) kolo;
3 - brusný pás; 4 - kontaktní kolo; 5 - obrobek;
6 - ovládací panel; 7 - pevná kontaktní podložka



(b) Brusky s poháněným kontaktním a napínacím kolem.

1 - napínací kladka; 2 - brusný pás; 3 - hnací motor;
4 - kontaktní kolo; 5 - vydutí brusného pásu;
6 - obrobek; 7 - ovládací panel

Obrázek 2.1: Schéma horizontálního uspořádání pásových brusek. [12]

Pro brusky s menšími výkony (do kterých spadá i naše zadání s výkonem 1,5 kW) se většinou používá uspořádání 2.1a, které bývá doplněno o pevnou podložku pásu (7). To umožňuje broušení rovinných ploch. Avšak, protože vzniká značné tření mezi podložným materiálem a pevnou podložkou (deskou), je velice vhodné použití brusného pásu s textilní podložkou. Podložku je také vhodné mazat grafitem.

Příkladem tohoto konceptu je dvourychlostní bruska MBSM 75-200-2 od výrobce Metalcraft (obr. 2.2).



Obrázek 2.2: Pásová bruska MBSM 75-200-2, výrobce: Metalkraft. [16]

Parametry brusky MBSM 75-200-2:

Výkon:	1,5 kW
Rozměry pásu:	2000 x 75 mm
Rychlost pásu:	14,5/29 m/s
Rozměry: (Š x V x H):	1070 x 950 x 340 mm
Hmotnost:	72 kg
Cena:	15 990 Kč

2.2. Varianta 2

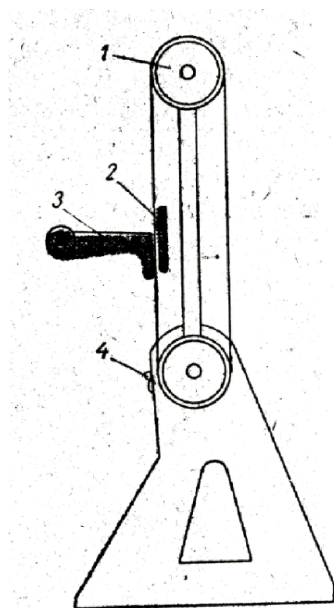
Druhou variantou je vertikální uspořádání pásu. Tyto brusky se skládají z jednoho hnacího kola umístěného v dolní části brusky a jedné napínací kladky, umístěné na rameni vybyveném spirálovou pružinou.

Tento typ brusky neumožňuje použití kontaktního kola, zato dosahuje dobrých výsledků při broušení na neopírané části brusného pásu (obr.2.3b). Toho se využívá zejména v případě že nepožadujeme velký odběr materiálu. Vhodné je použití brusky na dokončovací operace, jako je odjehlování a leštění, nebo broušený zakřivených ploch.

Broušení na neopírané části brusného pásu někdy umožňují i brusky s horizontálním uspořádáním (2.1). Nicméně vertikální uspořádání je pro obsluhu značně pohodlnější, obzvláště v případě těžkých obrobků.

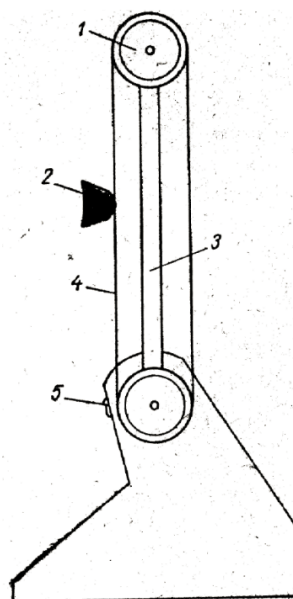
2.3. VARIANTA 3

Pro broušení rovinných ploch se tento typ brusky doplňuje o pevnou podložku (obr.2.3a), s nastavitelným úhlem broušení. V takovém případě je opět vhodné použití grafitového maziva a textilních pásů.



(a) Schéma broušení na pevné podložce

1 - napínací kotouč; 2 - pevná kontaktní podložka; 3 - obrobek; 4 - ovládací panel



(b) Schéma broušení na neopírané části pásu

1 - napínací kotouč; 2 - obrobek; 3 - napínací rameno; 4 - brusný pás; 5 - ovládací panel

Obrázek 2.3: Schéma vodorovného uspořádání pásových brusek. [12]

Příkladem tohoto konceptu je pásová bruska H04 V3 od českého výrobce Haim (obr.2.4). Příslušenstvím této brusky je odjímatelný opěrný stolek s možností sklopení 0 – 45°.

Parametry pásové brusky H04 V3:

Výkon:	1,5 kW
Rozměry pásu:	50 x 1500 mm
Rychlost pásu:	26,5 m/s
Rozměry (Š x V x H):	400 x 785 x 390 mm
Hmotnost:	50 kg
Cena:	32 661 Kč

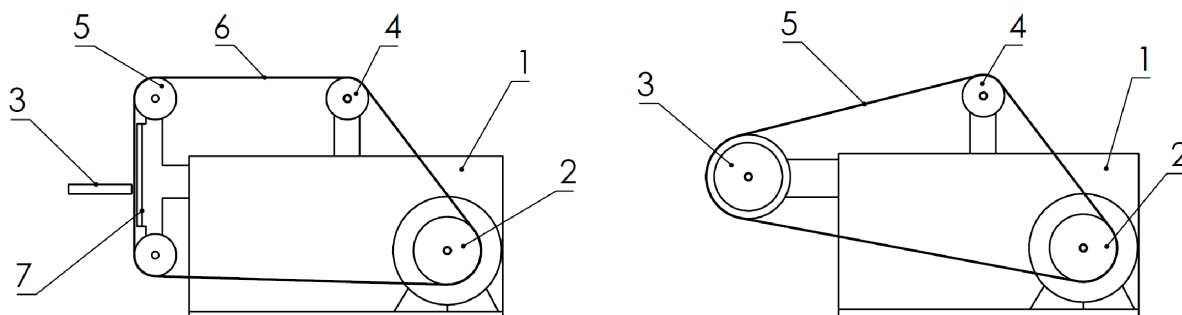
2.3. Varianta 3

Třetí koncepční varianta pásové brusky je v základním provedení nejčastěji se čtyřmi kladkami, z nichž dvě jsou umístěny na výsuvné hlavici, která nese pevnou kontaktní podložku (obr.2.5a). Toto uspořádání je vhodné pro broušení rovinných ploch. Hlavice zpra-



Obrázek 2.4: Pásová bruska H04 V3, výrobce: HAIM [11]

vidla umožňuje montáž opěrky a naklonění brusné plochy vůči ní, díky tomu lze brousit i úhly.



(a) Schéma broušení na pevné podložce
1 - rám; 2 - hnací kolo; 3 - podpěrka obrobku; 4 - napínací kladka; 5 - vodící kladka; 6 - brusný pás; 7 - kontaktní podložka

(b) Schéma broušení na kontaktním kole
1 - rám; 2 - hnací kolo; 3 - kontaktní kolo; 4 - napínací kladka; 5 - brusný pás

Obrázek 2.5: Schéma vícekladkového uspořádání pásových brusek.

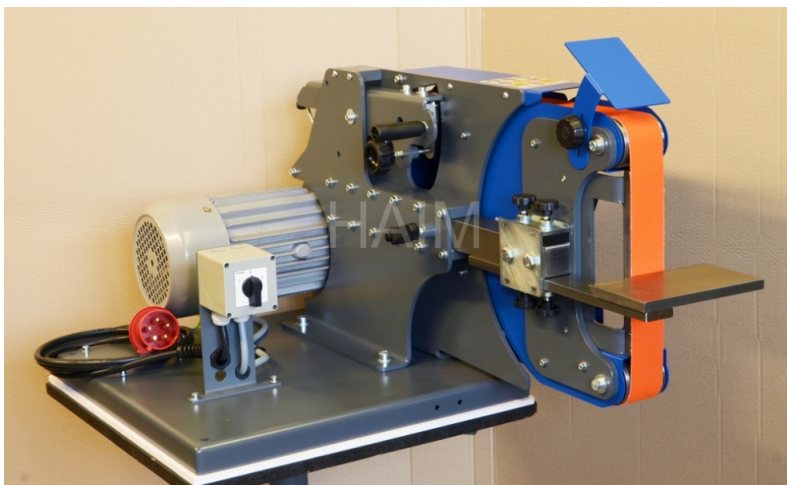
Na trhu, ani v odborné literatuře není ustálený, jednotný název pro tento typ brusky. Pro naše potřeby ji proto nazvěme "*Vícekladková pásová bruska*", jelikož má vždy 3 a více kladek¹.

Tato varianta je typická tím, že výsuvné hlavice lze zaměňovat za jiné, které nesou příslušenství pro jiný způsob broušení. Těmi jsou: hlavice s kontaktním kolem (2.5b); hlavice pro voné broušení z ruky a hlavice pro tvarové broušení (např. průniku trubek a podobně).

¹Často se lze setkat s názvy *kovářská*, či *nožířká*

2.4. VYHODNOCENÍ VARIANT

Příkladem tohoto koncepčního typu je pásová bruska H01-J-V1 od českého výrobce Haim (obr.2.6).



Obrázek 2.6: Pásová bruska H01-J-V1, výrobce: HAIM [11]

Parametry pásové brusky H01-J-V1

Výkon:	1,5 kW
Rozměr pásu:	50x2000 mm
Rychlost pásu:	22 m/s
Rozměry (Š x H x V):	500 x 850 x 600
Hmotnost:	75 kg
Cena:	30 010 Kč

2.4. Vyhodnocení variant

V této podkapitole vyhodnotíme nejvhodnější variantu konstrukce. V tabulce 2.1 je bodové hodnocení důležitých vlastností, pro každou navrženou variantu. Bodový rozsah pro každou vlastnost je 0 - 10, přičemž vyšší počet bodů, znamená lepší hodnocení.

Kromě bodového hodnocení, nalezneme v tabulce také *koeficient váhy kritéria* [v], kterým se násobí bodový zisk každého kritéria u každého stroje. Tento koeficient je stanovený pro každé kritérium zvlášť, podle jeho významu na kvalitě výsledného konstrukčního návrhu. Celkový bodový zisk každé varianty se nachází v kolonce "Suma".

Z výsledků je zřetelné že nevyššího bodového hodnocení dosáhla *Varianta 3*. Tato varianta je proto vybrána pro další konstrukční zpracování. Relativně úspěšného hodnocení dosáhla i *Varianta 2*.

2. NÁVRH VARIANT ŘEŠENÍ

Tabulka 2.1: Bodové hodnocení jednotlivých variant řešení.

Varianta 1			
kritérium	Hodnocení	Koeficient [v]	Součin
Náročnost konstrukce	7	0,9	6,3
Universálnost	6	1	6
Zástavbový prostor	4	0,7	2,8
Omezení	6	0,8	4,8
Suma			19,9

Varianta 2			
kritérium	Hodnocení	Koeficient [v]	Součin
Náročnost konstrukce	6	0,9	5,4
Universálnost	7	1	7
Zástavbový prostor	8	0,7	5,6
Omezení	6	0,8	4,8
Suma			22,9

Varianta 3			
kritérium	Hodnocení	koeficient [v]	Součin
Náročnost konstrukce	5	0,9	4,5
Universálnost	10	1	10
Zástavbový prostor	6	0,7	4,2
Omezení	7	0,8	5,6
Suma			24,3

3. Výpočtová dokumentace

Tato kapitola bude věnována výpočtům zvolené *varianty 3* z kapitoly 2.4. V závislosti na těchto výpočtech budou zvoleny některé komponenty brusky.

3.1. Volba pohonu

Nejdříve ze všeho je potřeba zvolit správnou pohonnou soustavu.

Použití námi konstruované pásové brusky cílí primárně na broušení železných kovů. Dle dostupných zdrojů [6, 12], je pro tento typ broušení ideální rychlost pásu okolo 30 m/s, berme proto tuto hodnotu jako výchozí parametr při výpočtech pohonu.

- Rychlost pásu: $v_p = 30 \text{ m/s}$

Motor

Jak již bylo popsáno v podkapitole 1.3.2, pro pohon pásové brusky je vhodný asynchronní motor s kotvou nakrátko. Ze zadání máme daný výkon motoru okolo 1,5 kW. Motory s těmito dvěma specifikacemi se běžně vyrábějí ve čtyřech provedeních, které se liší otáčkami, jsou to: 700; 940; 1410 a 2835 [ot/min]. Pro pohon brusek obecně, je výhodné použít motor s vysokými otáčkami, jelikož to eliminuje potřebu použít převodovku, pro dosažení žádoucí řezné rychlosti. Z těchto důvodů byl zvolen motor SIEMENS 1LE10020EA02.[9]

Jmenovité parametry motoru SIEMENS 1LE10020EA02:

- Otáčky: $n_{jm} = 2835 \text{ 1/min}$
- Výkon: $P_{jm} = 1,5 \text{ kW}$

Hnací kladka

Hnací rolna bude umístěna přímo na hřídeli motoru a její průměr tedy přímo ovlivňuje rychlost pásu. Průměr hnací rolny vypočteme z rovnice 3.1:

$$\phi D = \frac{v_p \cdot 60}{\pi \cdot n_{jm}} = 0,202 \text{ m} = 202 \text{ mm} \quad (3.1)$$

Během konstrukčního návrhu byly zjištěny problémy s rozměrností hnací rolny. Jako nejlepší řešení bylo vyhodnoceno redukovat průměr na 180mm.

- Redukovaný průměr:

$$\phi D_{red} = 180 \text{ mm}$$

Redukovanou rychlost pásu pro tento průměr hnací rolny získáme z rovnice

3.2:

$$v_{red} = \frac{\pi \cdot D_{red} \cdot n_{jm}}{60} = \frac{\pi \cdot 0.180 \cdot 2835}{60} = 26,72 \text{ m/s} \quad (3.2)$$

Výpočty neuvažují prokluz pásu a jsou tedy zjednodušené, pro naše potřeby jsou však postačující.

Rychlost v_{red} je relativně postačující. Nicméně pro vyšší rychlost pásu můžeme použít frekvenční měnič, který je součástí plánované elektroinstalace brusky.

Při přetáčení motoru nad jmenovité otáčky klesá jeho krouticí moment, tomu se však dá zabránit, pokud se využije tzv. „*princip 87 Hz*“. Tento způsob zapojení umožňuje provoz asynchronního motoru za stálého kroutícího momentu, až po frekvenci napájecího proudu 87 Hz [14].

Motor se však již nedá provozovat v režimu S1 (trvalý chod) ale například v režimu S3 (přerušovaný chod) [4]. Pro naše účely bude vhodné uvažovat hraníční frekvenci 60 Hz a jmenovitý krouticí moment motoru. Tyto hodnoty budou použity pro pozdější výpočty.

Otáčky motoru při 60 Hz získáme z rovnice 3.3 [21]:

$$n_{60} = n_s - \frac{s \cdot n_s}{100} = 60 \cdot \frac{f}{p} - \frac{s \cdot (60 \cdot \frac{f}{p})}{100} = 60 \cdot \frac{60}{1} - \frac{4 \cdot (60 \cdot \frac{60}{1})}{100} = 3456 \text{ 1/min} \quad (3.3)$$

Kde n_s [1/m] jsou synchronní otáčky, s [%] je skluz udávaný výrobcem, f [Hz] je frekvence napájecího proudu a p je počet pólových dvojic motoru.

Rychlost pásu pro 60Hz získáme dosazením n_{60} namísto n_{jm} do rovnice 3.2:

$$v_{60} = 32,57 \text{ m/s} \quad (3.4)$$

Tato rychlost pásu je již absolutně dostačující.

3.2. Síly v pásu

Pro analýzu silových působení v pásu je potřeba nejdříve vypočítat jmenovitý krouticí moment motoru z rovnice 3.5 [21]

$$M_n = \frac{9,55 \cdot P_{jm} \cdot 1000}{n_{jm}} = \frac{9,55 \cdot 1,5 \cdot 1000}{2835} = 5,053 \text{ N m} \quad (3.5)$$

Při zatěžování asynchronního motoru se zvětšuje jeho skluz (snižují se otáčky) a roste generovaný krouticí moment, dle křivky momentové charakteristiky. Výrobce tedy udává ještě tzv. záběrný moment, který je výrazně vyšší než jmenovitý, ale motor ho zvládne generovat jen krátkodobě. V katalogu výrobce je záběrný moment definován jako jeho poměr k jmenovitému momentu, v našem případě je $\frac{M_k}{M_n} = 2,6$ [21]. V pásu brusky se tedy krátkodobě mohou vyskytnout síly vycházející z 2,6 násobku jmenovitého kroutícího momentu. Pro výpočty předpětí pásu proto budeme brát v potaz právě záběrný moment M_k :

$$M_k = 2,6 \cdot M_n = 2,6 \cdot 5,053 = 13,138 \text{ Nm} \quad (3.6)$$

Sílu kterou motor generuje na obvodu hnací rolny za běžného provozu získáme z rovnice 3.7:

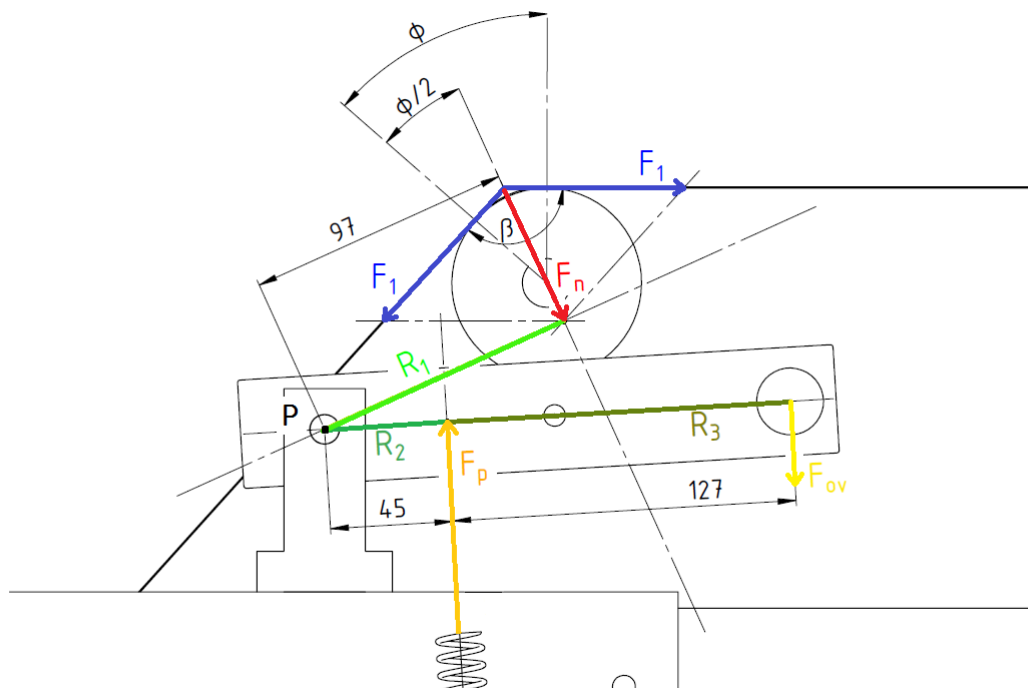
$$F_{o_{jm}} = \frac{M_n}{r_{red}} = \frac{5,05}{0,09} = 56,143 \text{ N} \quad (3.7)$$

Maximální sílu, kterou je motor schopen vygenerovat na obvodu hnací kladky, získáme z rovnice 3.8:

$$F_o = \frac{M_k}{r_{red}} = \frac{13,138}{0,09} = 145,973 \text{ N} \quad (3.8)$$

Pro další výpočty budeme potřebovat hodnoty, které získáme z konstrukčního návrhu, těmi jsou:

- Úhel opásání hnací kladky: $\alpha = 138^\circ = 2,41 \text{ rad}$
- Úhel ohybu pásu okolo napínací kladky: $\beta = 132^\circ$
- Úhel ohybu pásu okolo spodní vodící rolny: $\gamma = 132^\circ$
- Délka ramene napínací síly: $R_1 = 97 \text{ mm}$
- Délka ramene síly od pružiny: $R_2 = 45 \text{ mm}$
- Délka ramene ovládací síly: $R_2 = 45 \text{ mm}$
- Průměr napínací kladky (dále jen kladka B): $\phi d_A = 70 \text{ mm}$
- Průměr spodní vodící kladky (dále jen kladka A): $\phi d_B = 80 \text{ mm}$



Obrázek 3.1: Schéma rozložení sil na napínací páce
 ϕ - úhel opásání napínací kladky.

Dále budeme potřebovat součinitel tření mezi hliníkem a textilem[2]:

$$\mu_1 = 0,30$$

Ramena R_1 , R_2 , R_3 a úhel β jsou zobrazeny na obrázku 3.1. Úhel α a kladky A a B jsou zobrazeny na obrázku 3.2.

Z rovnice 3.9 získáme minimální napínací sílu, potřebnou k tomu, aby za žádných okolností nedošlo k protočení hnacího kola vzhledem k pásu. Tím zajistíme, že všechny výkon motoru bude převeden na řezný výkon (mínus ztráty) [2].

$$F_{n_{min}} = 2 \cdot \left(\frac{\beta}{2} \right) \cdot \frac{F_o}{e^{\alpha \cdot \mu} - 1} = 2 \cdot \left(\frac{132}{2} \right) \cdot \frac{145.973}{e^{2,41 \cdot 0,30} - 1} = 112.054 \text{ N} \quad (3.9)$$

Vzhledem ke konstrukci napínací páky, je při výpočtech sil na ni působících, výhodné použít momentovou rovnici rovnováhy k ose rotace (bod P, obr. 3.1). Následující rovnice jsou tedy odvozeny právě z ní.

Nyní vypočítáme minimální sílu generovanou pružinou tak, aby byla dodržena podmínka z předchozího odstavce. K tomu využijeme následující vztah 3.10:

$$F_{p_{min}} = \frac{F_{n_{min}} \cdot R_1}{R_2} = \frac{112.054 \cdot 0,097}{0,045} = 241.539 \text{ N} \quad (3.10)$$

Reálnou pružinu volím tak, aby její síla byla větší než $F_{p_{min}}$. Příliš velká síla by však zbytečně zatěžovala pás a ložiska. Konstrukční návrh brusky umožňuje regulovat přítlak pružiny, pro plné využití tohoto potenciálu je vhodné volit relativně delší pružinu. Zvolená pružina nese označení 23250 od výrobce SOLEMAN [19].

Maximální, krátkodobou tečnou sílu v zatížené větvi získám z rovnice [3.15](#)

$$F_2 = F_1 + F_o = 180.292 + 145.973 = 326.265 \text{ N} \quad (3.15)$$

Z výpočtu výše je patrné, že největší možná tangenciální složka řezné síly, kterou vygeneruje bruska je rovna F_o , Dlouhodobě pak $F_{o_{jm}}$. V reálném použití stroje k takovým případům pravděpodobně nedojde, nicméně pro účely pevnostních a životnostních výpočtů je vhodné uvažovat takovéto mezní stavy.

3.3. Životnost ložisek

Každá ze tří kladek je osazena dvěma ložisky 6004-2Z, od výrobce SKF. Tyto ložiska jsou z obou stran zakrytovaná prachovou clonou vyrobenou z kovu.

Parametry ložiska 6004-2Z [3]:

- Dynamická únosnost: $C = 12.774 \text{ kN}$
- Koeficient typu ložiska: $a = 3 [-]$

Životnost ložisek má význam počítat na kladce A, jelikož na ni působí největší zatížení a na kladce B, na kterou sice působí menší zatížení, ale dosahuje vyšších otáček, díky menšímu průměru.

Jak bylo řečeno, rozběhový moment je motor schopný generovat jen krátkodobě a většinu času budou na ložiska působit síly generované jmenovitým momentem. Proto budeme do výpočtu životnosti ložisek uvažovat síly odvozené z jmenovitého momentu.

Otáčky na kladce A získáme ze vztahu 3.16:

$$n_A = \frac{n_{60} \cdot D}{d_A} = \frac{3456 \cdot 0,180}{0,080} = 7776 \text{ ot/min} \quad (3.16)$$

Otáčky na kladce B pak získáme obdobně ze vztahu 3.17:

$$n_B = \frac{n_{60} \cdot D}{d_B} = \frac{3456 \cdot 0,180}{0,070} = 8887 \text{ ot/min} \quad (3.17)$$

Síla generovaná brusným pásem se na obě ložiska jedné rolly rozkládá souměrně. Proto u každé kontrolované rolly, budeme ověřovat jen jedno ložisko.

Sílu zatěžující ložisko rolly A získáme ze vztahu 3.18:

$$F_{R_A} = \frac{2 \cdot F_{2jm} \cdot \cos\left(\frac{\gamma}{2}\right)}{2} = 2 \cdot 236,435 \cdot \cos\left(\frac{96,7}{2}\right) = 314,259 \text{ N} \quad (3.18)$$

Sílu zatěžující ložisko rolly B získáme ze vztahu 3.19:

$$F_{R_B} = \frac{F_n}{2} = \frac{146,663}{2} = 73,331 \text{ N} \quad (3.19)$$

Základní trvanlivost ložisek získáme ze vztahu 3.20 pro ložisko rolly A [18]:

$$L_{10A} = \left(\frac{C}{F_{R_A}}\right)^a \cdot \frac{10^6}{60 \cdot n_A} = \left(\frac{12.774}{314,259}\right)^3 \cdot \frac{10^6}{60 \cdot 7776} = 1.919 \cdot 10^4 \text{ h} \quad (3.20)$$

Ze vztahu 3.21 pak pro ložisko rolly B:

$$L_{10B} = \left(\frac{C}{F_{R_B}}\right)^a \cdot \frac{10^6}{60 \cdot n_B} = \left(\frac{12.774}{73,331}\right)^3 \cdot \frac{10^6}{60 \cdot 8887} = 1.652 \cdot 10^5 \text{ h} \quad (3.21)$$

3.4. Kontrola hřídele

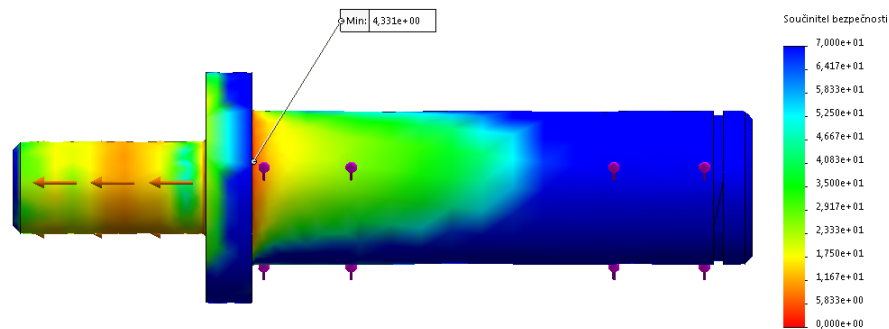
Hřídel rolny A je z pohledu pevnosti nejrizikovějším dílem sestavy. Působí zde síla od pásu (rozložena přes dvě ložiska, tzn. $2 \times F_{R_A}$) a osová síla předpětí šroubového spoje, tu získáme z rovnice 3.22. Materiál hřídele je ocel 11 600.

Hodnoty pro výpočet síly od předpětí:

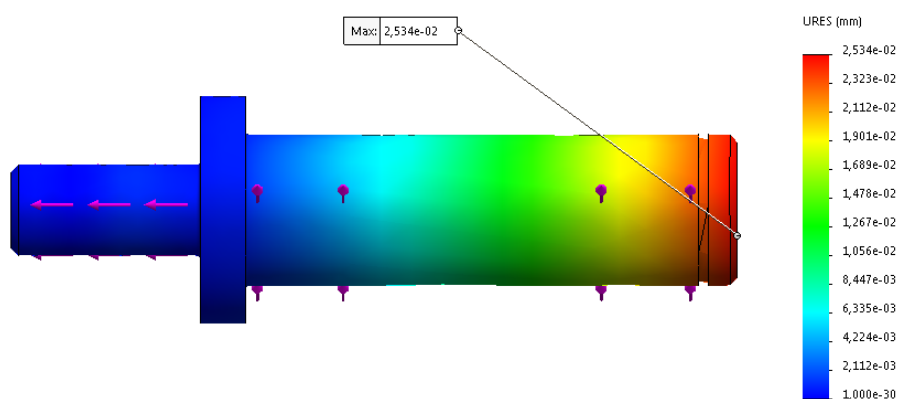
- Jmenovitý průměr šroubu: $\phi d = 12 \text{ mm}$
- Utahovací moment [6]: $M = 33,4 \text{ Nm}$
- Součinitel utahovacího momentu [18]: $K = 0,2[-]$

Výpočet osově síly od předpětí [18]:

$$F_i = \frac{M}{K_m \cdot d} = \frac{33,4}{0,20 \cdot 0,012} = 1,392 \cdot 10^4 \text{ N} \quad (3.22)$$

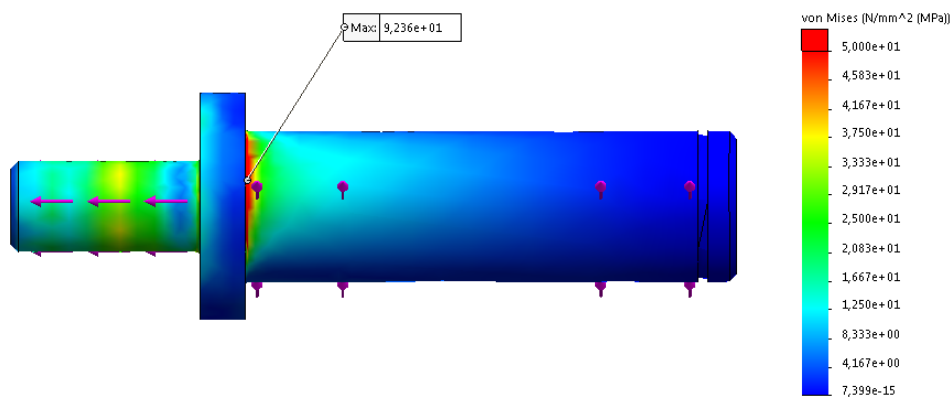


Obrázek 3.3: Znázornění koeficientu bezpečnosti při namáhání, hřídel rolny A



Obrázek 3.4: Znázornění posunutí hřídele rolny A

3.4. KONTROLA HRÍDELE



Obrázek 3.5: Znázornění maximálního napětí při namáhání, hřídel rolny A

Pevnostní analýza proběhla pomocí simulace v programu *SolidWorks*, využívající MKP¹. Pevnostní koeficient bezpečnosti k vyšel 4,3 (obr.3.3), což je vyhovující. Maximální posunutí se nachází na volném konci hřídele a má hodnotu $2,53 \cdot 10^{-2}$ mm (obr.3.4). Na obr. 3.5 vidíme znázorněné maximální napětí, které vyšlo 92 Mpa. Na obrázku je jasně vidět, že u osazení hřídele vzniká koncentrátor napětí a to i přes to, že je zde rádius $R0,5$. Hodnoty napětí jsou však v bezpečné mezí.

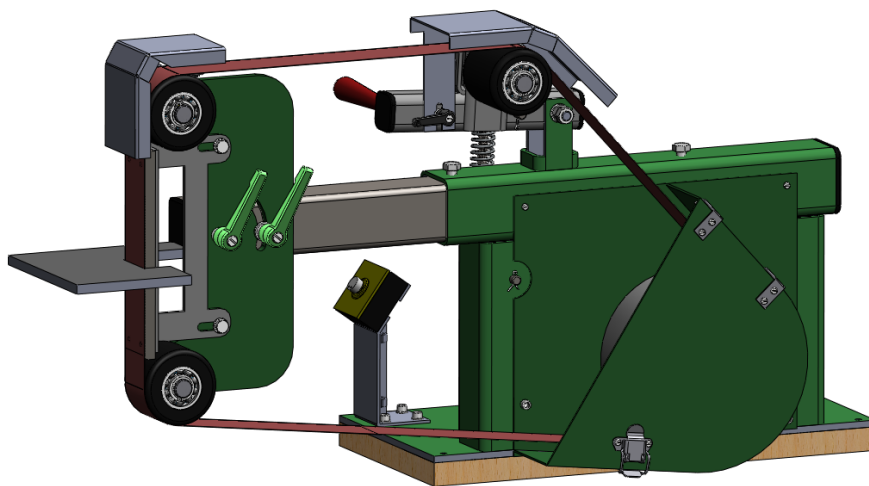
¹Metoda konečných prvků

4. Konstrukční návrh

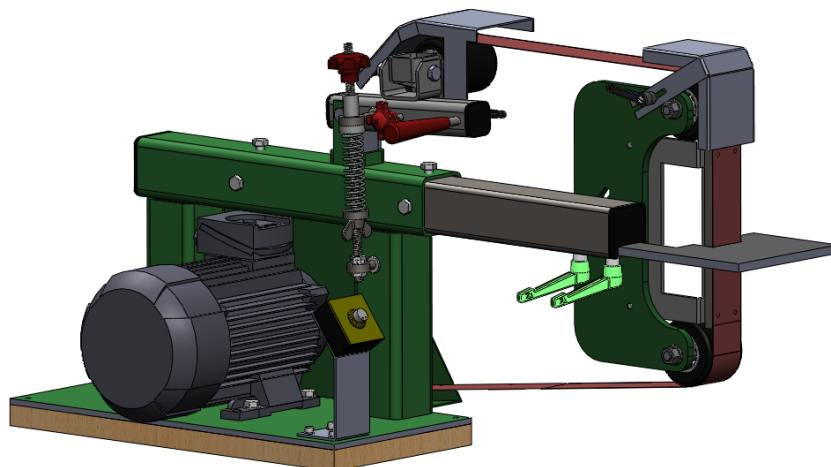
Tato kapitola bude věnována konstrukčnímu návrhu varianty 3, vybrané v podkapitole 2.4. Nejprve bude představena celková sestava stroje, poté budou podrobně rozebrány její jednotlivé části. Modely byly vytvořeny v programu SolidWorks.

4.1. Celková sestava

Konstrukční návrh byl tvořen s ohledem na snížení ceny při kusové, či malosériové výrobě. Z tohoto důvodu je zde co nejvíce využito normalizovaných prvků. Je zde také využito plechových dílů, které jsou určeny pro vypálení laserem (obr. 4.3). Pro tyto díly byl zvolen jako materiál svařitelná ocel EN S235JRG [2]. Rozměry celkové sestavy jsou $422 \times 959 \times 535 \text{ mm}$ (šířka $\times$ délka $\times$ výška).

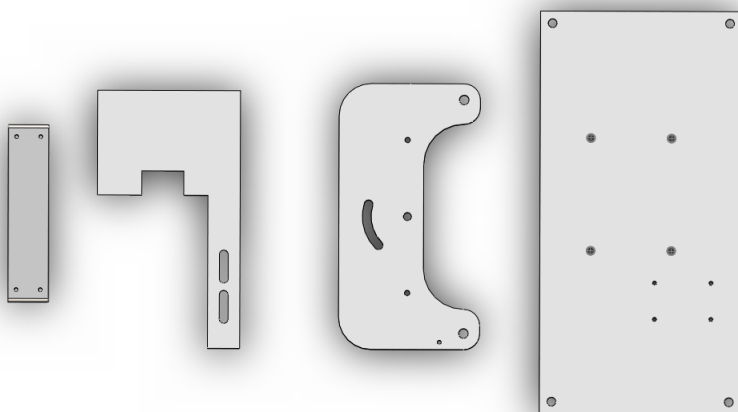


Obrázek 4.1: Celková sestava pásové brusky - pravý pohled



Obrázek 4.2: Celková sestava pásové brusky - levý pohled

4.2. RÁM

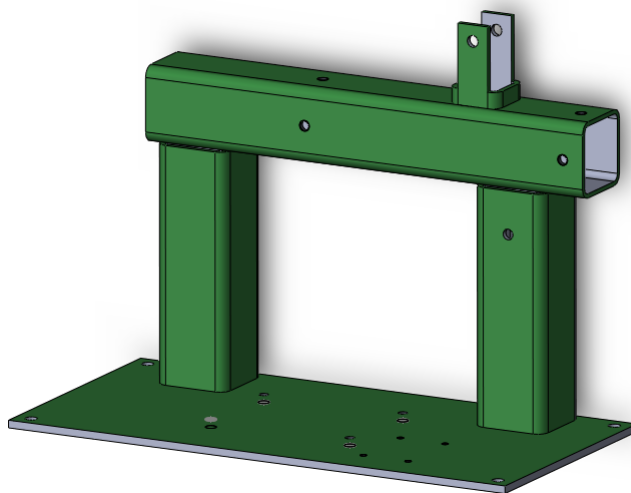


Obrázek 4.3: Díly určené k vypálení laserem

4.2. Rám

Rám brusky je svařenec tvořený z pěti dílů. Třemi z nich jsou normalizované ocelové profily o rozměru $70 \times 70 \text{ mm}$ a tloušťce stěny 5 mm . Čtvrtý díl je závěs napínací kladky v horní části rámu, ten je opět z profilu o rozměrech $50 \times 50 \text{ mm}$ a tloušťce stěny 5 mm . Všechny profily jsou vyrobeny ze svařitelné oceli EN S235JRH¹ [10]. Posledním dílem je plechový výpalek tloušťky 5 mm (viz 4.3).

Všechny nefunkční plochy rámu jsou opatřeny ochranným nátěrem, pro zvýšení odolnosti vůči korozi. Do rámu jsou vyvrtány otvory pro uchycení motoru, frekvenčního měniče, napínacího systému a brusné hlavice.



Obrázek 4.4: Rám pásové brusky

¹Dříve ČSN 11 375

4.3. Kladky

Na pásové brusce se krom hnacího kola nachází celkem tři kladky, z nichž dvě jsou totožné (A a C). Třetí z nich (B) je napínací kladka.

4.3.1. Napínací kladka

Tělo napínací kladky (obr. 4.5) má vnější průměr 70 mm a šířku 80 mm. Vysoustruženo je ze silonu. Tento materiál byl zvolen ze dvou důvodů. Prvním je jeho relativně nízká cena. Druhým je jeho nízká hmotnost, to je výhodné vzhledem k dynamickým vlivům rotující hmoty (kladka dosahuje až 8887 ot/min). Ze stejného důvodu jsou kladeny nároky na geometrickou přesnost rotujícího těla kladky.



Obrázek 4.5: Návrh napínací kladky pásové brusky

Větší šířka těla zajišťuje dostatečný prostor pro pohyb pásu při naklápění kladky (popsáno v kapitole 4.5). Hřídel kladky je vyroben z materiálu E335². Její pravý konec je opatřen pojistným kroužkem, který zabraňuje axiálnímu posuvu ložisek i s tělem kladky. Na levé straně hřídele je za osazením závit M12, který spojuje celou sestavu s klopným závěsem. Kladka je osazena dvěma ložisky 6204-2Z od výrobce SKF.

Vlastnosti oceli E335 [5]:

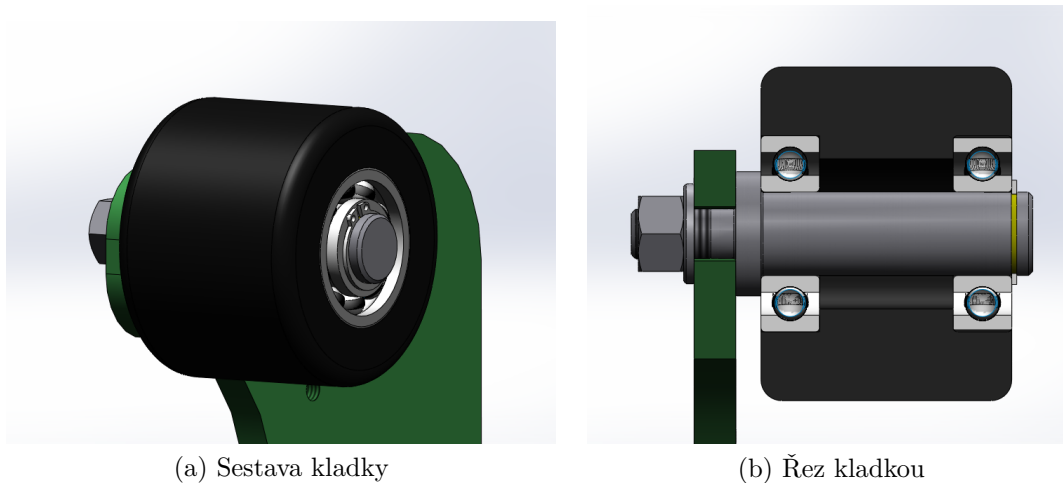
- Mez pevnosti: $R_m = 600 \text{ Mpa}$
- Mez kluzu: $R_e = 310 \text{ Mpa}$

²Dříve ČSN 11 600

4.3. KLADKY

4.3.2. Vodící kladky

Jak již bylo zmíněno, obě vodící kladky (A a C) jsou totožné, jejich konstrukce je následující.



Obrázek 4.6: Návrh vodící kladky pásové brusky.

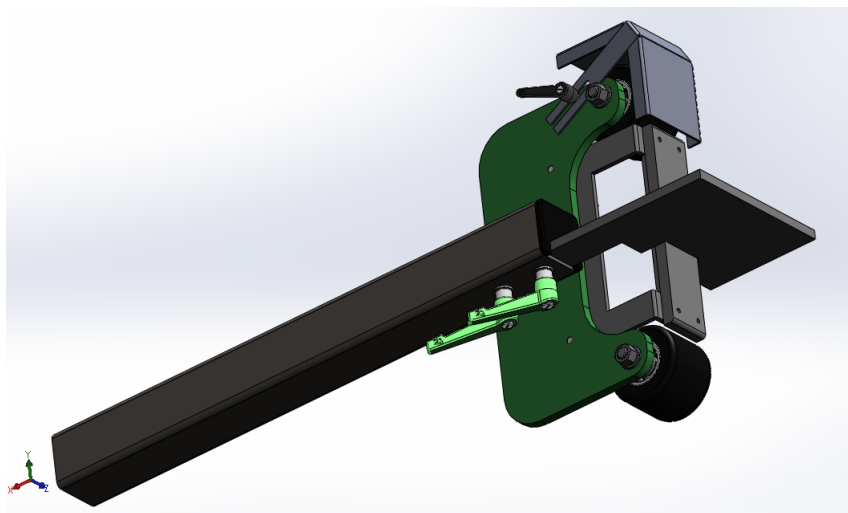
Tělo kladky je opět vysoustruženo ze silonu, ze stejných důvodů jako u napínací kladky. Průměr těla je zde 80 mm a je opět osazeno ložisky 6204-2Z.

Hřídel je zde velmi podobná jako u napínací kladky. Opět je na pravé straně pojistný kroužek proti axiálnímu posuvu a na levé straně závit fixující sestavu k držáku rolny (obr. 4.6). Ovšem oproti hřídeli napínací kladky jsou zde kladeny nároky na vzájemnou polohu obou hřídelí k rámu.

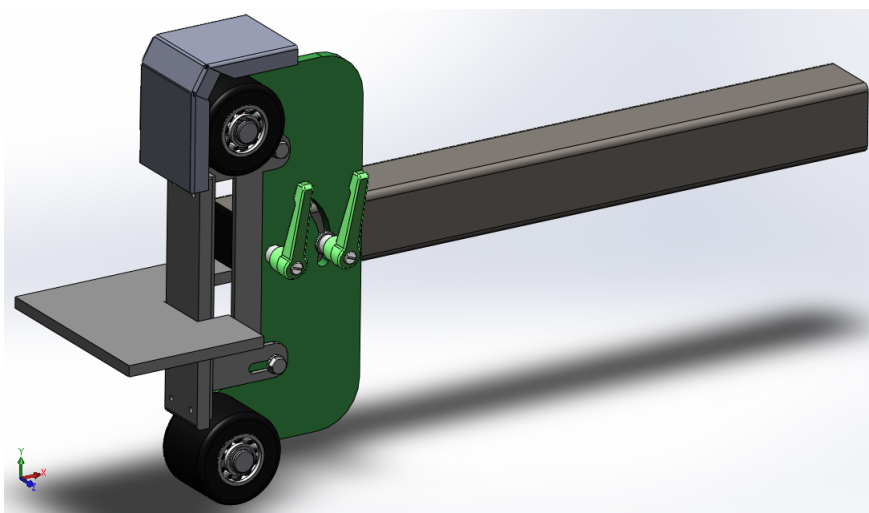
4.4. Brusná hlavice

Brusná hlavice (obr. 4.8, 4.7) je druhá nejmasivnější část stroje. Její základ tvoří opět normalizovaný ocelový profil $60 \times 60 \text{ mm}$, s tloušťkou stěny 4mm. Ten se zasouvá do otevřeného profilu rámu. Na nosném profilu je přichycen opěrný stolek pomocí stavitelných klíčků, stejně tak je přichycen držák kladek. Díky tomu je možné nastavovat úhel brusné plochy vzhledem ke stolku a brousit tak úhly. Držák kladek je osazen dvěma kladkami popsanými v kapitole 4.6. Dalším důležitým dílem je podložka brusné plochy, ta je vyrobena z plechu Hardox³. To zaručuje její odolnost vůči otěru. Hlavice dále nese bezpečnostní kryt z plechu.

Výhoda takto výsuvné hlavice je, že v případě potřeby lze zasunutím, nebo prodloužením nosného profilu použít i jiné délky pásu. Hlavice lze také vyrobit v provedení s kontaktním kolem, volným pásem, nástavci pro broušení průníků trubek a podobně. Stroj pak snadno osadíme hlavicí která se nám zrovna hodí.



Obrázek 4.7: Brusná hlavice - levý pohled



Obrázek 4.8: Brusná hlavice - pravý pohled

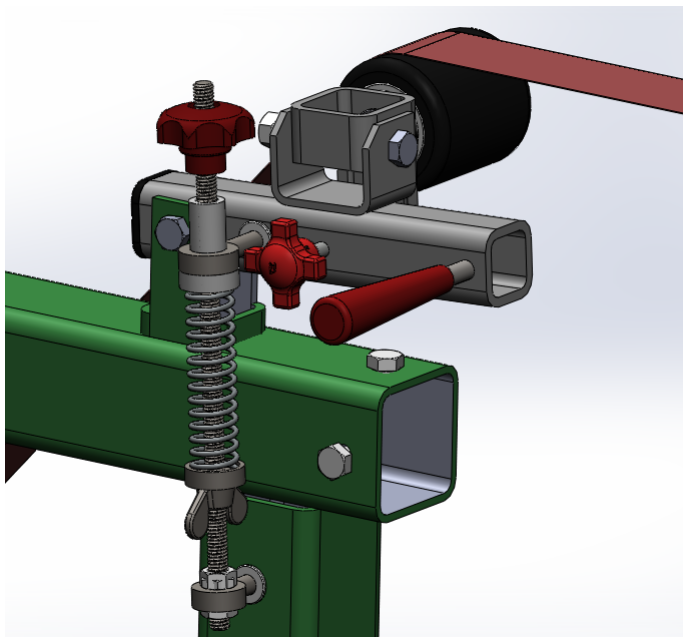
³Značka otěruvzdorné oceli, vyráběné společností SSAB a.s. [20]

4.5. Napínací systém

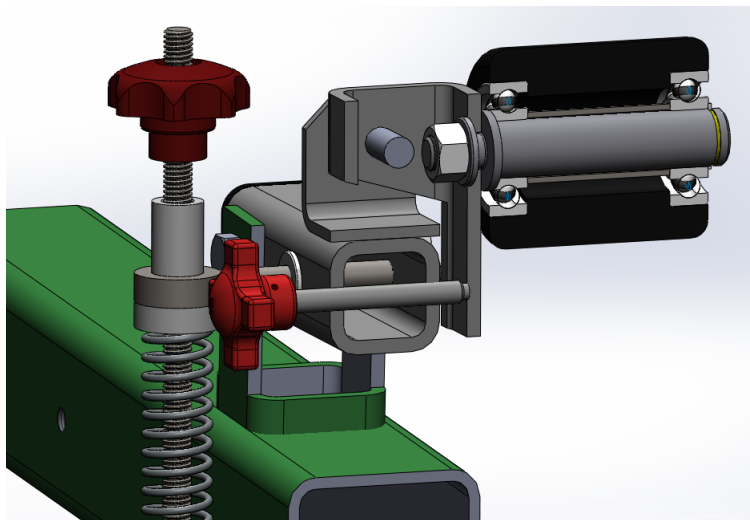
Napínací systém je tvořen pákou, která je vyrobena z normalizovaného profilu $40 \times 40 \times 5 \text{ mm}$ a profilu $6 \times 60 \times 4 \text{ mm}$ ze kterého je vyrobeno lože kyvného uchycení napínací kladky. Pod uložením kladky je stavěcí šroub, který slouží k nastavení úhlu kladky (obr. 4.10). význam tohoto systému byl popsán v kapitole 1.3.4.

Celá páka je pak s rámem spojena přes další kyvné uložení, které umožňuje napínání pásu. Z tohoto důvodu je zde také napínák.

Obě kyvná uložení využívají jako panty lícované šrouby.



Obrázek 4.9: Sestava napínacího systému



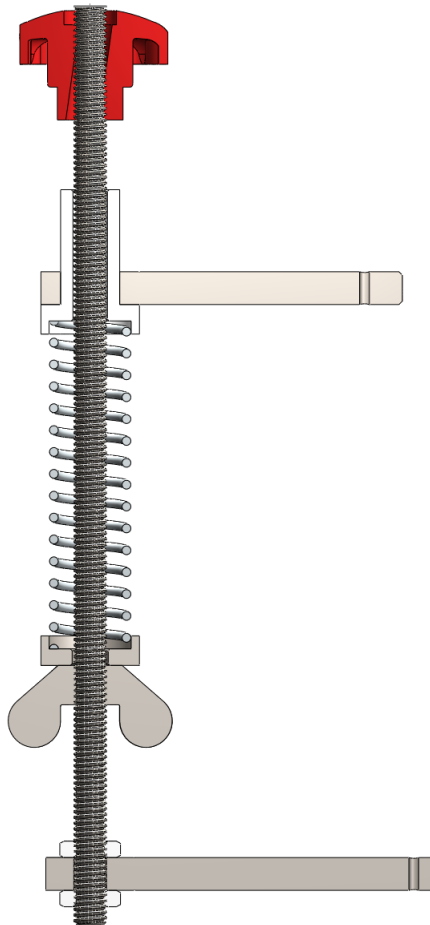
Obrázek 4.10: Řez naklápěcím systémem

4.5.1. Napínák

Napínák pásu je tvořen tlačnou pružinou, která byla spočítána v kapitole 3.2. Ta je navlečena na závitovou tyč M12 a přes kluzné pouzdro tlačí na horní čep. Horní čep je spojen s napínací pákou. Dolní čep je vzhledem k závitové tyči nepohyblivý a je spojen s rámem.

Na spodním konci pružiny je miska a křídlová matice, pomocí které je možné regulovat přítlak pružiny a tím i napnutí pásu.

Na horním konci závitové tyče je zobrazena rychloupínací matice, ta slouží jako aretace napínáku ve stlačeném stavu. To je vhodné pro pohodlnou výměnu pásu. Během broušení bude rychloupínací matice pravděpodobně odložena na jiném místě, aby nedošlo k jejímu sesunutí dolů.



Obrázek 4.11: Řez napínákem pásu.

Závěr

První část této práce byla věnována současnému stavu vědy a techniky u dané problematiky. Byly zde zmapovány moderní trendy v oblasti pásových brusek a jejich základní prvky. Představeny byly všechny stěžejní části stroje, jako konstrukční uzly. Nechybí ani rozbor technologie broušení.

Druhá část byla věnována návrhu variant konstrukčního řešení stacionární pásové brusky. Byly zde představeny tři typy návrhů na konstrukci, které odpovídají cílům práce. U každého typu byly rozebrány charakteristiky a výhody. Na konci této části byly varianty podrobeny hodnocení, které vyústí ve zvolení jednoho nejvhodnějšího řešení.

Třetí část práce byla věnována konstrukčnímu zpracování zvolené varianty a to včetně výpočtové zprávy, 3D modelu a výkresové dokumentace vybraných uzlů.

Cíle práce byly splněny. Bruska byla podrobena výpočetním kontrolám, které byly vyhodnoceny jako vyhovující.

V příloze bakalářské práce jsou 3D modely vytvořené v programu SolidWorks doplněné o výkresovou dokumentaci.

Doporučením pro praxi je důkladné seznámení obsluhy s návodem stroje a proškolení s obecnými zásadami bezpečnosti práce.

Budoucí rozvoj projektu by mohl směřovat k návrhu vodního chlazení obrobku při broušení a opatření stroje pro takovýto provoz, nebo k návrhu výměnných brusných hlavic stroje.

Literatura

- [1] BRUSNÝ PÁS SC-BL T - LEŠTÍCÍ, 2015. Svoboda pro kováře [online]. Česká Skalice: Svobodaprokovare [cit. 2020-09-10]. Dostupné z: <https://www.svobodaprokovare.cz/50x1500-mm/119-brusny-pas-sc-bl-t-lestici.html>
- [2] BARTOŠ, Josef, 1965. Strojnické tabulky: pomocná kniha pro střední průmyslové školy strojnické a pro školy příbuzných oborů. 7., upr. vyd. Praha: Státní nakladatelství technické literatury. Řada strojírenské literatury.
- [3] Deep groove ball bearings. SKF [online]. [cit. 2020-09-06]. Dostupné z: <https://www.skf.com/group/products/rolling-bearings/ball-bearings/deep-groove-ball-bearings/productid-6004-2Z?system=metric>
- [4] Druhy zatížení elektrických motorů [online]. [cit. 2020-09-11]. Dostupné z: <https://www.google.com/search?q=provoz+s1&oq=provoz+s1+&aqs=chrome..69i57j0.3413j0j7&sourceid=chrome&ie=UTF-8> doi:Vítězslav Stýskala
- [5] CZ FERRO STEEL [online]. Napajedla: CZ FERRO - STEEL, spol. s r.o [cit. 2020-09-07]. Dostupné z: <http://www.czferrosteel.cz/>
- [6] ČERNOCH, Svatopluk, 1977. Strojně technická příručka. 13. uprav. vyd. Praha: SNTL.
- [7] ČSN 41 9221. Materiálový list: Ocel 19221. 1. [cit. 2020-09-06]
- [8] DRÁPAL, L., VOPARIL, J. Shape Design of a Piston Ring. In: Transport Means 2016: Proceedings of the 20th International Scientific Conference. Kaunas: Kaunas University of Technology, 2016, s. 767-771. ISSN 1822-296 X.
- [9] Elektromotor SIEMENS 1.5kW,2835ot, 1LE10020EA02. Elektromotory Moravec s.r.o. [online]. Zábřeh [cit. 2020-09-03]. Dostupné z: <https://www.elektromotory.net/siemens/1la7-3000-otacek/1le1002-0ea02-1-5kw-2835ot.html>
- [10] FERONA [online], 2017. Praha: Feron [cit. 2020-09-07]. Dostupné z: <https://online.ferona.cz/>
- [11] HAIM - Vladimír Horák: ÚVODNÍ STRANA [online], 2010. Přerov: WebCzech [cit. 2020-08-26]. Dostupné z: <https://www.pasovebrusky.com/>
- [12] KOŠEK, Vlastimil, Karel ZAHŘÁDKA a Vladislav MALÝ, 1962. *Broušení a leštění brusnými pásy*. Praha: Státní nakladatelství technické literatury. Knižnice strojírenské výroby.
- [13] KUBÍČEK, Miroslav, 2013. Obrábění: Broušení. Brno. Výukový materiál. Střední průmyslová a Vyšší odborná škola technická Brno, Sokolská 1.
- [14] Mylms [online], 2006. [cit. 2020-08-27]. Dostupné z: <https://www.mylms.cz/>
- [15] Obrázek: Elektromotor SIEMENS 5.5kW,1450ot. Elektromotory moravec [online]. Zábřeh [cit. 2020-09-10]. Dostupné z: <https://www.elektromotory.net/siemens/1la7-1500-otacek/1le1001-6-2-1.html>

LITERATURA

- [16] Pásová bruska na kov MBSM 75-200-2, 2020. KARAS [online]. Mýto: KARAS pily [cit. 2020-09-10]. Dostupné z: <https://www.karas.cz/catalog/kovoobrabeci-stroje/brusky/pasove-brusky-na-kov/pasova-bruska-na-kov-mbsm-75-200-2-3922075>
- [17] ŘASA, Jaroslav a Vladimír GABRIEL. *Strojírenská technologie* 3. 2. vyd. Praha: Scientia, 2005. ISBN 80-7183-337-1.
- [18] SHIGLEY, Joseph Edward, Charles R. MISCHKE a Richard Gordon BUDYNAS, 2010. Konstruování strojních součástí. Brno: Vysoké učení technické v Brně. Překlady vysokoškolských učebnic. ISBN 978-80-214-2629-0.
- [19] SODEMAN PRUŽINY [online]. Hinnerup [cit. 2020-09-06]. Dostupné z: <https://www.sodemann-pruziny.cz/>
- [20] SSAB: HARDOX [online]. [cit. 2020-09-11]. Dostupné z: <https://www.ssab.cz/products/brands/hardox>
- [21] SIEMENS, katalog motorů: Katalog D 81.1 CZ [online], 2016. 1. Praha: Siemens [cit. 2020-09-03]. Dostupné z: https://www.elektromotory.net/upload/file/katalog_1le1.pdf?s=210207308

Seznam obrázků

1.1	Úběr materiálu brusnými zrny [8]	3
1.2	Křivka úběru brusného pásu [12]	4
1.3	Příčný řez brusným pásem [12]	5
1.4	Brusný pás 50x1500 mm, typ SC-BL T - leštící, výrobce 3M. [1]	6
1.5	Elektromotor 5.5 kW, 1450 ot/min , výrobce SIEMENS. [15]	7
1.6	Schéma broušení brusným pásem na kontaktním kole	9
2.1	Schéma horizontálního uspořádání pásových brusek. [12]	10
2.2	Pásová bruska MBSM 75-200-2, výrobce: Metalcraft. [16]	11
2.3	Schéma vodorovného uspořádání pásových brusek. [12]	12
2.4	Pásová bruska H04 V3, výrobce: HAIM [11]	13
2.5	Schéma vícekladkového uspořádání pásových brusek.	13
2.6	Pásová bruska H01-J-V1, výrobce: HAIM [11]	14
3.1	Schéma rozložení sil na napínací páce	19
3.2	Schéma průběhu tečných sil v pásu a sil generovaných na kontrolavé rolny	20
3.3	Znázornění koeficientu bezpečnosti při namáhání, hřidel rolny A	23
3.4	Znázornění posunutí hřídele rolny A	23
3.5	Znázornění maximálního napětí při namáhání, hřidel rolny A	24
4.1	Celková sestava pásové brusky - pravý pohled	25
4.2	Celková sestava pásové brusky - levý pohled	25
4.3	Díly určené k vypálení laserem	26
4.4	Rám pásové brusky	26
4.5	Návrh napínací kladky pásové brusky	27
4.6	Návrh vodící kladky pásové brusky.	28
4.7	Brusná hlavice - levý pohled	29
4.8	Brusná hlavice - pravý pohled	29
4.9	Sestava napínacího systému	30
4.10	Řez naklápěcím systémem	30
4.11	Řez napínákem pásu.	31

Seznam tabulek

2.1 Bodové hodnocení jednotlivých variant řešení.	15
---	----

Seznam použitých jednotek a symbolů

α	úhel opásání hnací rolny	[°]
β	úhel ohybu pásu okolo napínací kladky	[°]
ϕ	úhel opásání napíncí kladky	[°]
ϕD_{red}	redukovaný průměr hnací rolny	[mm]
ϕD	průměr hnací rolny	[mm]
ϕd	průměr šroubu	[mm]
ϕd_a	průměr napínací kladky	[mm]
ϕd_b	průměr spodní vodící kladky	[mm]
γ	úhel ohybu pásu okolo spodní vodící kladky	[°]
μ_1	součinitel tření	[-]
a	koeficient typu ložiska	[-]
C	Dynamická únosnost	[kN]
$F_{n_{min}}$	minimální napínací síla	[N]
F_{ov}	ovládací síla	[N]
$F_{p_{min}}$	minimální síla od pružiny	[N]
F_{R_A}	síla zatěžující ložisko A	[F]
F_{R_B}	síla zatěžující ložisko B	[F]
F_1	tečná síla 1	[N]
F_2	tečná síla 2	[N]
F_i	osová síla	[N]
F_n	reálná napínací síla	[N]
F_o	obvodová síla	[N]
F_p	maximální zatížení pružiny	[N]
K	brusná kapacita	[cm ³ /min]

SEZNAM POUŽITÝCH JEDNOTEK A SYMBOLŮ

K_u	součinitel utahovacího momentu	[-]
K_p	tuhost pružiny	[N/m]
L_{10A}	základní trvanlivost ložiska A	[h]
L_{10B}	základní trvanlivost ložiska B	[h]
M	utahovací moment	[Nm]
n_{60}	otáčky při šedesáti hertzích	[1/min]
n_{jm}	jmenovité otáčky	[1/min]
n_A	otáčky kladky A	[1/min]
n_B	otáčky kladky B	[1/min]
n_s	synchronní otáčky	[1/min]
P	přítlačná síla	[N]
P_{jm}	jmenovitý výkon	[kW]
R	poloměr kola	[mm]
r_{red}	redukovaný poloměr	[N]
R_1	délka ramene napínací síly	[m]
R_2	délka ramene síly od pružiny	[m]
R_3	délka ramene ovládací síly	[m]
R_e	mez kluzu	[Mpa]
R_m	mez pevnosti	[Mpa]
s	skluz	[%]
t_k	doba opotřebení pásu	[s]
U_{max}	maximální úběr	[cm ³ /min]
U_c	celkový úběr	[cm ³ /min]
U_k	konečný úběr	[cm ³ /min]
V	rychlost materiálu	[m/min]
v	koeficient váhy kritéria	[-]
v_{red}	redukovaná rychlost	[m/s]
V_o	obvodová rychlost	[m/min]
v_p	rychlost pásu	[m/s]

SEZNAM POUŽITÝCH JEDNOTEK A SYMBOLŮ

3D	trojdimenzionální
ČSN	Česká státní norma
EN	Evropská norma
HRC	tvrdost dle Rockwella
MKP	metoda konečných prvků

Seznam příloh

Přílohy na CD:

1. 3D model konstrukčního návrhu ve formátu .step
2. Výkres sestavy pásové brusky
3. Výkres hnacího kola
4. Výkres svařence rámu
5. Výkres hřídele vodící kladky