



## **Bakalářská práce**

# **Poloautomatické zařízení na broušení bruslí**

*Studijní program:*

B0715A270008 Strojírenství

*Autor práce:*

**Jan Matějka**

*Vedoucí práce:*

Ing. Josef Skřivánek, Ph.D.

Katedra textilních a jednoúčelových strojů

Liberec 2024



## Zadání bakalářské práce

### Poloautomatické zařízení na broušení bruslí

<i>Jméno a příjmení:</i>	<b>Jan Matějka</b>
<i>Osobní číslo:</i>	S20000358
<i>Studijní program:</i>	B0715A270008 Strojírenství
<i>Zadávající katedra:</i>	Katedra textilních a jednoúčelových strojů
<i>Akademický rok:</i>	2023/2024

#### Zásady pro vypracování:

1. Proveďte rešerši zařízení na broušení bruslí.
2. Navrhněte varianty zařízení na broušení bruslí.
3. Konstrukčně zpracujte vybranou variantu zařízení a vypracujte výrobní dokumentaci.
4. Případně ověřte vybrané technologické uzly výpočtem nebo experimentem.

*Rozsah grafických prací:* 20  
*Rozsah pracovní zprávy:* 40  
*Forma zpracování práce:* tištěná/elektronická  
*Jazyk práce:* čeština

### **Seznam odborné literatury:**

- [1] PEŠÍK, Lubomír. Části strojů: stručný přehled. Díl 2 / Vyd. 2. Liberec: Technická univerzita, 2005. ISBN 80-7083-608-3;  
[2] JULIŠ, K., BREPTA, R.: Mechanika I. díl. Statika a kinematika. Technický průvodce 65. SNTL Praha 1986;  
[3] BRÁT, V., ROSENBERG, J., JÁČ, V.: Kinematika. SNTL/ALFA Praha 1987;  
[4] BENEŠ, Š. : Teorie stavby strojů. Stripta. Liberec, VŠST, 1986.

*Vedoucí práce:* Ing. Josef Skřivánek, Ph.D.  
Katedra textilních a jednoúčelových strojů

*Datum zadání práce:* 21. listopadu 2023  
*Předpokládaný termín odevzdání:* 31. května 2025

doc. Ing. Jaromír Moravec, Ph.D.  
děkan

L.S.

doc. Ing. Jaromír Moravec, Ph.D.  
garant studijního programu

# Prohlášení

Prohlašuji, že svou bakalářskou práci jsem vypracoval samostatně jako původní dílo s použitím uvedené literatury a na základě konzultací s vedoucím mé bakalářské práce a konzultantem.

Jsem si vědom toho, že na mou bakalářskou práci se plně vztahuje zákon č. 121/2000 Sb., o právu autorském, zejména § 60 – školní dílo.

Beru na vědomí, že Technická univerzita v Liberci nezasahuje do mých autorských práv užitím mé bakalářské práce pro vnitřní potřebu Technické univerzity v Liberci.

Užiji-li bakalářskou práci nebo poskytnu-li licenci k jejímu využití, jsem si vědom povinnosti informovat o této skutečnosti Technickou univerzitu v Liberci; v tomto případě má Technická univerzita v Liberci právo ode mne požadovat úhradu nákladů, které vynaložila na vytvoření díla, až do jejich skutečné výše.

Současně čestně prohlašuji, že text elektronické podoby práce vložený do IS/STAG se shoduje s textem tištěné podoby práce.

Beru na vědomí, že má bakalářská práce bude zveřejněna Technickou univerzitou v Liberci v souladu s § 47b zákona č. 111/1998 Sb., o vysokých školách a o změně a doplnění dalších zákonů (zákon o vysokých školách), ve znění pozdějších předpisů.

Jsem si vědom následků, které podle zákona o vysokých školách mohou vyplývat z porušení tohoto prohlášení.

# Poloautomatické zařízení na broušení bruslí

## Anotace

Pohyb po ledové ploše bruslaři umožňují brusle, přičemž správné nabroušení bruslí ovlivňuje to, jak bezpečně a pohodlně se bruslař po ledu pohybuje. Bakalářská práce se zaměřuje na návrh konstrukčního řešení poloautomatického zařízení určeného k broušení bruslí. Práce je rozdělena na teoretickou a návrhovou část. V teoretické části práce, která je zaměřena především na problematiku broušení bruslí určených na lední hokej, jsou shrnuté základní informace o bruslení, bruslích, broušení a nožích na brusle. Dále byla v teoretické části provedena rešerše určitých vybraných zařízení určených k broušení bruslí. Návrhová část práce se zabývá návrhem konstrukčního řešení automatického zařízení, na kterém bude možné brousit brusle různými typy v současnosti používaných kotoučů. Model konstrukčního návrhu zařízení je vytvořen v softwaru Creo Parametric.

## Klíčová slova

brusle, nůž, broušení bruslí, brousící zařízení, brusný kotouč, lední hokej

# Semi-automatic skate grinding machine

## Annotation

Skates allow the skater to move on the ice, and the correct sharpening of the skates affects how safely and comfortably the skater moves on the ice. The bachelor thesis focuses on the design of a semi-automatic machine for grinding skates. The thesis is divided into theoretical and design part. In the theoretical part of the thesis, which focuses primarily on the problem of grinding ice skates intended for ice hockey, basic information about skating, skates, and grinding skate knives is summarized. Furthermore, in the theoretical part, research on certain selected equipment intended for grinding skates was carried out. The design part of the thesis deals with the design of a semi-automatic device, that can grind skates with different types of currently used skates. The design model of the device is created in Creo Parametric software.

## Keywords

skates, blade, grinding skates, grinding machine, grinding wheel, ice hockey

## Poděkování

Touto cestou bych chtěl poděkovat Ing. Josefu Skřivánkovi, Ph.D. za odborné vedení, cenné rady, věcné připomínky a také za vstřícný přístup při přípravě a tvorbě této bakalářské práce. Rád bych také poděkoval všem akademickým pracovníkům Technické univerzity v Liberci, kteří mi byli během celého studia nápomocni a předávali mi své znalosti. Velké poděkování náleží mé rodině za pochopení, morální podporu a trpělivost během celého studia.

# Obsah

<b>Seznam obrázků</b> .....	<b>10</b>
<b>Seznam symbolů a zkratek</b> .....	<b>12</b>
<b>Úvod</b> .....	<b>14</b>
<b>1 Teoretická část</b> .....	<b>15</b>
1.1 Bruslení .....	15
1.1.1 Historie .....	15
1.1.2 Princip bruslení.....	15
1.2 Brusle .....	16
1.2.1 Konstrukce brusle .....	16
1.2.2 Materiál nože .....	17
1.2.3 Geometrie nože.....	18
1.2.4 Opatření nože.....	23
1.3 Broušení bruslí .....	23
1.3.1 Proces broušení bruslí.....	24
1.4 Současné koncepty zařízení na broušení bruslí.....	25
1.4.1 Sparx ES 200 .....	25
1.4.2 ProSharp AS 1001 .....	27
1.4.3 ProSharp SkatePal Pro 3.....	27
1.4.4 Blademaster BRC 2005 .....	28
1.4.5 SSM-2 PRO .....	29
<b>2 Návrh konstrukce zařízení</b> .....	<b>31</b>
2.1 Brusné kotouče .....	31
2.2 Varianty pohonu kotoučů .....	32
2.2.1 Varianta 1 .....	33
2.2.2 Varianta 2 .....	33
2.2.3 Varianta 3 .....	34
2.2.4 Výběr varianty .....	34
2.3 Pohon kotoučů.....	34
2.3.1 Pohon keramického kotouče.....	34
2.3.2 Pohon diamantového kotouče.....	36
2.4 Silové účinky při broušení.....	37
2.5 Pojezd brusle .....	40



2.5.1	Pojezd brusle v podélném směru .....	40
2.5.2	Pojezd brusle v příčném směru.....	41
2.5.3	Kontrola příčného vedení .....	43
2.6	Návrh pružiny.....	46
2.7	Polohování diamantového kotouče .....	47
2.8	Upínání kotoučů .....	48
2.9	Orovnávání kotouče .....	50
2.10	Upínání brusle .....	51
2.11	Rám a krytování.....	52
2.11.1	Rám.....	52
2.11.2	Krytování .....	53
2.12	Odsávání .....	55
2.13	Model zařízení .....	56
2.14	Skříň zařízení .....	58
2.15	Návrh funkce.....	59
<b>3</b>	<b>Závěr .....</b>	<b>60</b>
	<b>Použitá literatura .....</b>	<b>61</b>
	<b>Seznam příloh.....</b>	<b>66</b>

## Seznam obrázků

<b>Obr. 1.1</b> – Kontakt nože s ledem při bruslení (čelní pohled) [5] .....	16
<b>Obr. 1.2</b> – Konstrukce brusle (boční pohled) [6] .....	16
<b>Obr. 1.3</b> – Nůž z nerezové oceli s titanovým povlakem [9] .....	17
<b>Obr. 1.4</b> – Nůž z nerezové oceli s DLC povlakem [10].....	17
<b>Obr. 1.5</b> – Kruhový žlábek – ROH (čelní pohled).....	19
<b>Obr. 1.6</b> – Hranatý žlábek (čelní pohled).....	19
<b>Obr. 1.7</b> – Příklady značení žlábků.....	20
<b>Obr. 1.8</b> – Poloměr profilu (boční pohled) .....	20
<b>Obr. 1.9</b> – Kombinace profilů na noži (boční pohled) [21] .....	21
<b>Obr. 1.10</b> – Sklon nože (boční pohled) .....	22
<b>Obr. 1.11</b> – Rovnost hran (čelní pohled).....	22
<b>Obr. 1.12</b> – Sparx ES 200 [27].....	26
<b>Obr. 1.13</b> – Sada diamantových kotoučů [29] .....	26
<b>Obr. 1.14</b> – ProSharp AS 1001[31].....	27
<b>Obr. 1.15</b> – ProSharp SkatePal Pro 3 [31] .....	28
<b>Obr. 1.16</b> – Blademaster BRC 2005 [32].....	29
<b>Obr. 1.17</b> – SSM-2 PRO [35].....	30
<b>Obr. 2.1</b> – Kotouč Tyrolit T1 175x6x20 – A98 A60 K9 V [37].....	32
<b>Obr. 2.2</b> – Kotouč Sparx Radius Ring [38].....	32
<b>Obr. 2.3</b> – Návrh varianty 1 .....	33
<b>Obr. 2.4</b> – Návrh varianty 3 .....	34
<b>Obr. 2.5</b> – Asynchronní motor ecoDrives FBS 71A-2 [39].....	35
<b>Obr. 2.6</b> – BLDC motor Maxon EC 45 150 W [40] .....	37
<b>Obr. 2.7</b> – Parametry řezného procesu [43] .....	38
<b>Obr. 2.8</b> – Síly při broušení.....	38
<b>Obr. 2.9</b> – Podélný pojezd.....	41
<b>Obr. 2.10</b> – Lineární vedení HG [46].....	41
<b>Obr. 2.11</b> – Příčný pojezd .....	43
<b>Obr. 2.12</b> – Zatížení vozíku (statické) [46].....	44
<b>Obr. 2.13</b> – Zatížení vozíku (pohybové) [46] .....	45
<b>Obr. 2.14</b> – Polohování diamantového kotouče.....	47
<b>Obr. 2.15</b> – Upnutí keramického kotouče.....	48

<b>Obr. 2.16</b> – Upnutí diamantového kotouče .....	49
<b>Obr. 2.17</b> – Orovnávací mechanismus .....	50
<b>Obr. 2.18</b> – Orovnávání brusného kotouče .....	51
<b>Obr. 2.19</b> – Držák brusle .....	52
<b>Obr. 2.20</b> – Rám z hliníkových profilů .....	53
<b>Obr. 2.21</b> – Kryt kotouče .....	53
<b>Obr. 2.22</b> – Zakrytí příčného pojezdu .....	54
<b>Obr. 2.23</b> – Odsávání zařízení.....	56
<b>Obr. 2.24</b> – Model sestavy brousícího zařízení (1).....	57
<b>Obr. 2.25</b> – Model sestavy brousícího zařízení (2).....	57
<b>Obr. 2.26</b> – Uložení zařízení do skříně .....	58

## Seznam symbolů a zkratek

Symbol /zkratka	Význam	[Jednotka]
a	vzdálenost od těžiště	[m]
$A_D$	průřez třísky	[mm <sup>2</sup> ]
$a_c$	pracovní záběr	[mm]
b	poloha od těžiště ve směru posuvu	[m]
$b_D$	šířka aktivní části brousicího kotouče	[mm]
bfd	Blademaster Form Dressing	
BLDC	brushless DC electric motor	
$b_{km}$	šířka mezikružní upínací příruby	[mm]
c	rozteč vozíků (kolejnic)	[m]
$C_0$	statická únosnost	[N]
$C_{dyn}$	dynamická únosnost	[N]
d	rozteč vozíků ve směru posuvu	[m]
D	průměr kotouče	[mm]
$D_d$	průměr diamantového kotouče	[mm]
$D_{dp}$	vnější průměr upínací příruby diamantového kotouče	[mm]
$D_{dpmin}$	minimální vnější průměr upínací příruby diamantového kotouče	[mm]
DLC	diamond like carbon	
$D_k$	průměr keramického kotouče	[mm]
$D_{kmin}$	minimální průměr keramického kotouče	[mm]
$D_{kp}$	vnější průměr upínací příruby keramického kotouče	[mm]
$D_{kpmin}$	minimální vnější průměr upínací příruby keramického kotouče	[mm]
E	tloušťka příruby	[mm]
FBV	Flat Bottom V	
$F_c$	řezná složka síly	[N]
$F_M$	pohybová síla	[N]
$F_p$	pasivní složka síly	[N]
$f_s$	statická konstrukční bezpečnost	
$F_S$	síla tělesa působící na vozík	[N]
$F_t$	hloubka skladu měchu	[mm]
g	gravitační zrychlení	[m·s <sup>-2</sup> ]
$h_{eq}$	ekvivalentní tloušťka broušení	[mm]
IP	ingress protection	

$k_c$	měrná řezná síla	[MPa]
$l$	vzdálenost zdroje síly od vozíků	[m]
$L_{max}$	maximální délka měchu	[mm]
$L_{min}$	minimální délka měchu	[mm]
$m$	hmotnost tělesa	[kg]
$m_v$	hmotnost sady vozíků	[kg]
$n$	počet skladů měchu	
$n_d$	otáčky diamantového kotouče	[min <sup>-1</sup> ]
$n_{dh}$	otáčky motoru	[min <sup>-1</sup> ]
$n_{dmax}$	maximální doporučené otáčky diamantového kotouče	[min <sup>-1</sup> ]
$n_{dmin}$	minimální doporučené otáčky diamantového kotouče	[min <sup>-1</sup> ]
$n_k$	otáčky keramického kotouče	[min <sup>-1</sup> ]
$P_1$	zatížení vozíku 1	[N]
$P_2$	zatížení vozíku 2	[N]
$P_3$	zatížení vozíku 3	[N]
$P_4$	zatížení vozíku 4	[N]
$P_m$	výsledné pohybové zatížení	[N]
$P_s$	výsledné statické zatížení	[N]
PVC	polyvinylchlorid	
ROC	rocker	
ROH	radius of hollow	
$S_p$	minimální délka jednoho skladu ve složeném stavu	[mm]
$S_t$	tloušťka krycí tkaniny	[mm]
$T$	tloušťka PVC rámečku	[mm]
$v_c$	řezná rychlost	[m·s <sup>-1</sup> ]
$v_{cd}$	řezná rychlost diamantového kotouče	[m·s <sup>-1</sup> ]
$v_{ck}$	řezná rychlost keramického kotouče	[m·s <sup>-1</sup> ]
$v_{cmax}$	maximální doporučená řezná rychlost	[m·s <sup>-1</sup> ]
$v_{cmin}$	minimální doporučená řezná rychlost	[m·s <sup>-1</sup> ]
$v_f$	rychlost posuvu obrobku	[m·min <sup>-1</sup> ]
$v_{fa}$	axiální rychlost posuvu kotouče	[m·s <sup>-1</sup> ]
$v_{fr}$	radiální rychlost posuvu kotouče	[m·s <sup>-1</sup> ]
$W$	zatížení od hmotnosti	[N]
$W_v$	zatížení od hmotnosti vozíků	[N]

## Úvod

Bruslení po ledové ploše je aktivitou, kterou může vykonávat nejen pokročilý bruslař, ale i začátečník, bruslení je součástí profesionálních i rekreačních sportů, mezi které patří krasobruslení, rychlobruslení a lední hokej. Pohyb po ledové ploše bruslaři umožňují brusle, jejichž konstrukce se liší dle druhu sportu a aktivity, ke které jsou brusle určeny.

Aby mohlo být bruslení užívané plnými doušky, je důležité mít vhodně nabroušené brusle. Správné nabroušení bruslí ovlivňuje to, jak bezpečně a pohodlně se člověk na ledu pohybuje. Pokud brusle nejsou nabroušené nebo jsou nabroušené špatně, pak kromě toho, že po ledě nekloužou správně, může dojít i zbytečně k úrazu.

Brusle by se měly kontrolovat před každým vstupem na ledovou plochu a v případě, že nejsou správně naostřené, mělo by dojít k jejich nabroušení. Je rozdíl mezi tím, zda jde o profesionálního hokejistu, poloprofesionála nebo amatéra. Profesionální hokejista má kolem sebe realizační tým, který se stará mimo jiné i o broušení jeho bruslí. Není neobvyklé, že broušení bruslí probíhá i mezi jednotlivými třetinami v zápase. Profesionál nemusí řešit ani otázku finanční. Naopak amatérskému hokejistovi, který se po ledové ploše pohybuje jednou, dvakrát za měsíc, je doporučováno nechat si nabrousit brusle minimálně jednou za měsíc. V obchodech s hokejovým zbožím, na zimních stadionech často fungují brusiči se speciálními bruskami, které jsou určené k broušení bruslí. Tito brusíři pak zájemci za finanční úplatu brusle nabrousí. Své brusky určené k broušení bruslí mají někteří i ve svých sklepech nebo garážích.

Já sám, který jsem aktivním hokejistou v současné době hrajícím krajský přebor za HC Varnsdorf a během hokejové sezóny jsem na ledě třikrát týdně nebo i častěji, musím k broušení bruslí brusíře vyhledat často dvakrát, třikrát do měsíce. Proto bylo téma spojené s hokejem při výběru tématu bakalářské práce první volbou. V době psaní této práce nebyla k dispozici odborná literatura shrnující problematiku broušení bruslí, proto mým osobním cílem bylo vytvořit práci, která bude užitečná pro všechny, kteří budou chtít pochopit téma broušení bruslí, a navrhnout konstrukci zařízení, která bude inspirovat výrobce při vývoji nových zařízení.

# 1 Teoretická část

Teoretická část této bakalářské práce je zaměřena především na problematiku broušení bruslí určených na lední hokej.

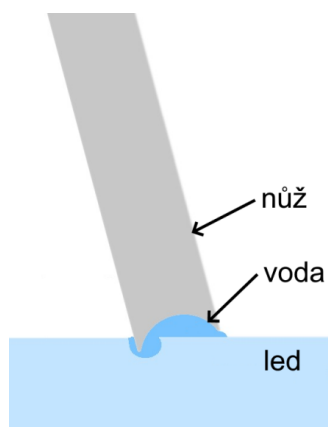
## 1.1 Bruslení

### 1.1.1 Historie

Bruslení sloužilo historicky jako způsob dopravy v severní Evropě, kde byly dlouhé zimy a bylo potřeba si usnadnit pohyb po povrchu pokrytého ledem. První zmínky o bruslení a prvních bruslích pochází přibližně z roku 3000 př. n. l., kdy se jako skluzná část (nůž - runner) využívaly zvířecí kosti, které se přivazovaly ke spodní části bot pomocí kožených řemínků. Kolem roku 1400 n. l. se začínají používat první kovové skluzné části, připevněné na dřevěné brusle. Přibližně od roku 1500 n. l. se začaly objevovat brusle s nabroušeným břitem, které umožnily pohyb pouze pomocí nohou, do té doby se k pohybu na bruslích využívalo odstrkávání hůlkami. [1] V průběhu 18. století přestalo bruslení sloužit pouze k dopravě po zamrzlých jezerech, ale stalo se i zdrojem zábavy. [1, 2] Začaly se postupně objevovat první bruslařské závody a později v 19. století vznikly počátky ledního hokeje a krasobruslení. [2] Podobu bruslení a bruslí tak, jak je známá dnes, položil v 19. století krasobruslař Jackson Haines, který připevnil kovovou skluznou část přímo k botě. [1] Tyto brusle mu umožňovaly jezdit ve velkých obloucích a provádět složitější obraty. [3] S první sériovou produkcí hokejových bruslí napevno spojených s botou začala roku 1927 firma Bauer Skate. [4]

### 1.1.2 Princip bruslení

Pro bruslení je velmi důležitá tenká vrstva kapalné vody, která vzniká v důsledku tání ledu v místě kontaktu nože s ledem (obr. 1.1). [1, 5] V důsledku tlaku a tření, ke kterému dochází při bruslení v místě kontaktu nože s ledem, se zvyšuje povrchová teplota nože, což vede k místnímu tání ledu a vzniku tenké vrstvy vody, která usnadňuje klouzavý pohyb a snižuje velikost tření. Na velikost tření má významný vliv teplota, složení ledu, materiál, geometrie nože a rychlost pohybu bruslaře. [1]



*Obr. 1.1 – Kontakt nože s ledem při bruslení (čelní pohled) [5]*

## 1.2 Brusle

### 1.2.1 Konstrukce brusle

Brusle umožňuje bruslaři pohybovat se po ledové ploše. Díky vhodné konstrukci brusle, která se liší dle druhu sportu a aktivity, ke které je brusle určena, může bruslař zrychlovat, zastavovat, zatáčet, provádět složité obraty apod. Brusle je tedy možné z konstrukčního hlediska rozdělit na několik hlavních typů, krasobruslařské, hokejové a rychlobruslařské atd. [1, 5]

V této práci je popisována brusle určená především na lední hokej. Konstrukce hokejové brusle je složena ze tří hlavních částí: bota, držák nože (holder) a nůž (runner) (obr. 1.2). K botě brusle je přinýtován plastový držák, do kterého je upevněn ocelový nůž. Nůž může být do držáku nalisován (na pevně) nebo může být vyměnitelný pomocí různých způsobů, které se liší dle výrobce brusle. [4]



*Obr. 1.2 – Konstrukce brusle (boční pohled) [6]*



## 1.2.2 Materiál nože

Pro dosažení co nejvyšší životnosti nože a vyšší efektivity při bruslení je od materiálů vyžadována vysoká tvrdost, odolnost proti opotřebení a korozivzdornost. V současnosti se pro výrobu nožů nejčastěji využívají dva hlavní druhy materiálů. [1]

Prvním materiálem je ušlechtilá uhlíková ocel, jejíž povrch může být případně povlakován chromováním. Hlavní výhodou tohoto materiálu jsou nižší výrobní náklady. Druhým materiálem jsou nerezové oceli, martenzitického nebo duplexního typu. [1] Mezi výhody nerezových ocelí patří jejich vyšší životnost z hlediska vyšší tvrdosti, vyšší odolnosti proti opotřebení a vyšší odolnosti vůči korozi. [1, 7] Naopak nevýhodou je jejich vyšší cena výroby. [1] Pro zlepšení vlastností může být povrch nožů opatřen titanovým povlakem (obr. 1.3). [7, 8]



**Obr. 1.3** – Nůž z nerezové oceli s titanovým povlakem [9]

Ve značné míře se dnes používají také nerezové nože s povlakem DLC (diamont like carbon) naneseným na stranách nože (obr. 1.4). [10] Tento povlak poskytuje vyšší tvrdost povrchu a nižší tření v porovnání se základním materiálem. [11] V důsledku toho je dosahováno vyšší životnosti nože. [10]



**Obr. 1.4** – Nůž z nerezové oceli s DLC povlakem [10]

### 1.2.3 Geometrie nože

Velikost nože je dána třemi rozměry, délkou, šířkou (tloušťkou) a výškou. Délka nože je definována vzdáleností od paty ke špičce brusle a je úměrná velikosti brusle. [12] Používají se nože s délkou od 211 mm do 322 mm. [13] Šířka je dána vzdáleností bočních stran nože. Tato vzdálenost se pohybuje od 2,5 mm do 4,2 mm. Výška nože je vzdálenost mezi spodní hranou držáku a spodní hranou nože, kde je nůž v kontaktu s ledem, u nových nebroušených nožů může být od 16,5 mm a vyšší. [12]

Broušením nože brusle se mění čtyři parametry geometrie nože. Mezi tyto parametry patří žlábek, profil, sklon a rovnost hran. Změnou těchto parametrů je možné měnit vlastnosti nože při bruslení. [12]

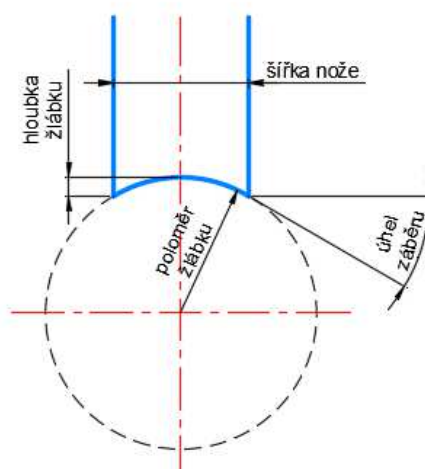
#### **Žlábek**

Žlábkem se nazývá drážka, která se vytváří při broušení mezi hranami nože. Velikost této drážky definuje úhel záběru při vnikání nože do ledu. Čím mělčí je žlábek, tím menší je úhel záběru. Mělčí žlábek zlepšuje skluz a rychlost bruslaře, zatímco hlubší má za následek lepší obratnost a schopnost bruslaře zastavit. [12]

#### **Kruhový žlábek (Radius of Hollow – ROH)**

Jedná se o „klasický“ žlábek, který má kruhový tvar otisku brusného kotouče (obr. 1.5), vytvořený při broušení. Jeho velikost je definována poloměrem udávaným v palcích nebo v milimetrech. Nejčastěji se používají hodnoty poloměru od ¼“ do 1“. Mělký žlábek, tedy žlábek většího poloměru (¾“ - 1“), má při bruslení menší smykové tření, což umožňuje bruslaři dosáhnout vyšší rychlosti. Nevýhodou při použití mělkého žlábků je zhoršení obratnosti bruslaře. Menší poloměr (¼“ - 7/16“) má ostřejší hrany, tím se více zařezává do ledu, což zlepšuje obratnost bruslaře. Nevýhodou je zvýšení potřebného úsilí bruslaře pro dosažení stejné rychlosti při bruslení. [12, 14, 15]

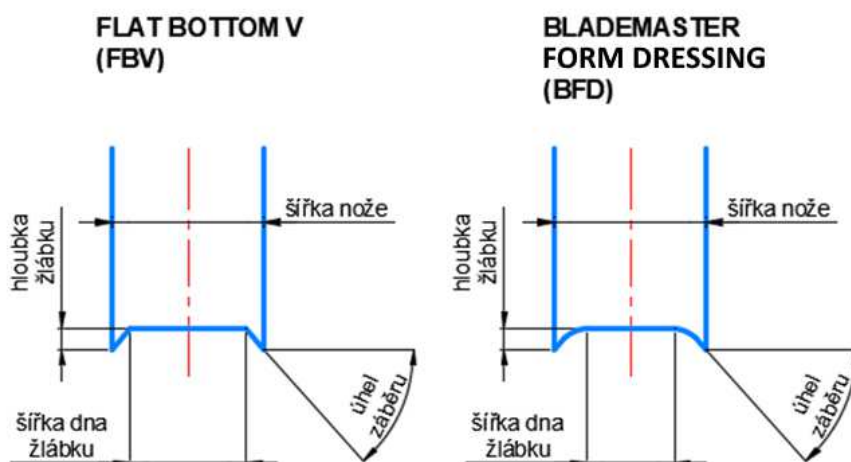
### RADIUS OF HOLLOW (ROH)



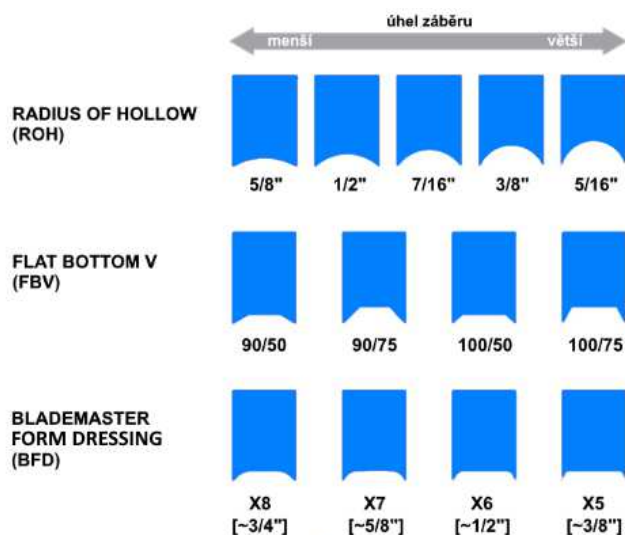
Obr. 1.5 – Kruhový žlábek – ROH (čelní pohled)

### Hranatý žlábek

Pro vytvoření tohoto žlábků se na rozdíl od „klasického“ kruhového tvaru používají při broušení dva kotouče. Prvním kotoučem se tvoří kruhový tvar a menším diamantovým kotoučem se vytváří konečný tvar žlábků. [16] Tento tvar, který má ploché dno drážky, umožňuje měnit hloubku žlábků, aniž by se změnil úhel záběru do ledu, tím je možné dosáhnout lepšího skluzu a rychlosti bruslaře při zachování stejné obratnosti. Jeho velikost je definována hloubkou a šířkou dna žlábků. V současnosti se používají dva typy hranatého žlábků, a to FBV (Flat Bottom V) a BFD (Blademaster Form Dressing). Typ BFD má oproti FBV zaoblené hrany dna drážky viz obr. 1.6. [12, 14, 17]



Obr. 1.6 – Hranatý žlábek (čelní pohled)

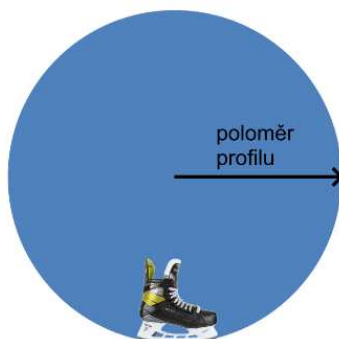


*Obr. 1.7 – Příkladů značení žlábků*

## Profil (Rocker – ROC)

Profil (kolébka) nože popisuje, jak velká plocha nože se při bruslení dotýká ledu. Tuto plochu nazýváme styčnou plochou. Velikost styčné plochy závisí na velikosti nože a zvoleném profilu. [12, 18] Velikost profilu (obr. 1.8) definuje poloměr kruhu, který slouží k vytvoření kolébky od špičky k patě nože. Hodnoty poloměru profilu se udávají ve stopách (ft) a používají se hodnoty od 6 ft do 20 ft. [19]

Větší poloměr (15 ft – 20 ft) má větší styčnou plochu, a tím také menší smykové tření při bruslení. Zvolením většího poloměru je možné docílit lepšího skluzu, vyšší stability a dosáhnout vyšší maximální rychlosti. Zvolením naopak menšího poloměru (6 ft – 9 ft), který má styčnou plochu menší, je možné zlepšit obratnost bruslaře. [12, 19, 20]



*Obr. 1.8 – Poloměr profilu (boční pohled)*

Pro docílení co nejvyšší efektivity bruslení je možné kombinovat více profilů, a to rozdělením nože do několika zón. Efektivita jednotlivých zón je úměrná velikosti jejich plochy. [18, 19]

### **Rozdělení nože např. do 4 zón (obr. 1.9)**

**Zóna zrychlení** (poloměr profilu 6 ft): Je umístěna v přední části nože. Slouží při startech pro dosažení co nejvyšší rychlosti během prvních metrů pohybu bruslaře.

**Zóna obratnosti** (poloměr profilu 9 ft): Pomáhá pro lepší zatáčení a při prudkých změnách směru.

**Zóna rychlosti** (poloměr profilu 12 ft): V této zóně, umístěné ve střední části nože, dochází k největšímu kontaktu mezi nožem a ledem. Slouží ke zlepšení skluzu a dosažení co nejvyšší maximální rychlosti bruslaře.

**Zóna stability** (poloměr profilu 15 ft): Nachází se v zadní části nože a pomáhá zlepšit rovnováhu bruslaře (např. při osobních soubojích). [19]

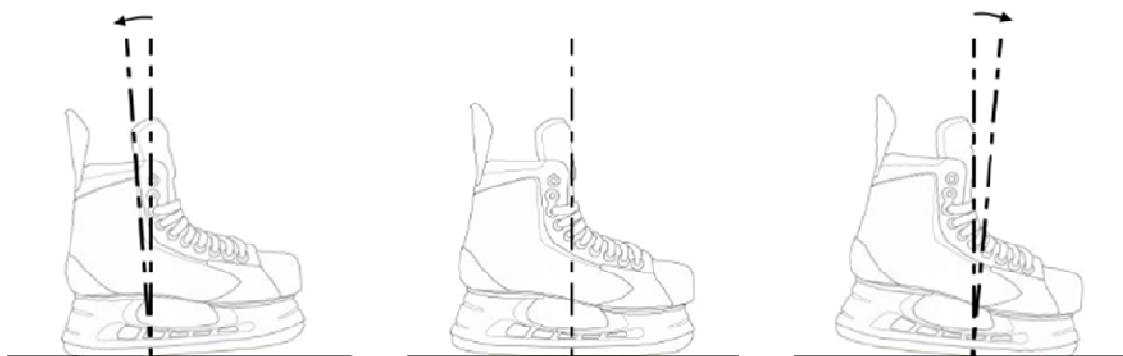


*Obr. 1.9 – Kombinace profilů na noži (boční pohled) [21]*

### **Sklon nože**

Sklon nože je určen polohou nejvyššího bodu na noži, nazývaného bodem rovnováhy, vzhledem ke středu nože. Nejčastěji je tento bod ve středu nože, ale může být posunut směrem ke špičce nebo patě brusle (obr. 1.10), aby se mohl změnit náklon těla bruslaře. [12] Přední sklon posouvá bod rovnováhy směrem dozadu k patě brusle, což

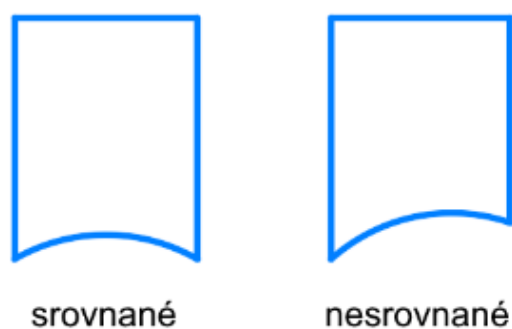
způsobuje větší náklon těla bruslaře dopředu, a tím zlepšení obratnosti při jízdě vpřed. Zadní sklon naopak způsobuje naklonění těla dozadu, a tím pomáhá bruslaři ke snadnějšímu bruslení směrem vzad a k lehčímu provedení obrátů z jízdy vpřed do jízdy vzad. [12, 20]



*Obr. 1.10 – Sklon nože (boční pohled)*

## **Rovnost hran**

Rovnost hran je definována tak, že vnější a vnitřní hrana nože jsou na stejné úrovni (obr. 1.11). Nesrovnané hrany změň úhel, pod kterým se nůž zařezává do ledu, což způsobí nedostatečný průnik do ledu, který je důležitý pro lepší „přilnavost“ a kontrolu brusle při obratech a zatáčení. Nerovnost hran může zvýšit pravděpodobnost zranění bruslaře, protože nadměrně zatěžují klouby, vazy a svaly. Za rovné hrany je možné považovat takové, jejichž rozdíl je menší než tisícina palce (0,001“). [12]



*Obr. 1.11 – Rovnost hran (čelní pohled)*

## 1.2.4 Opotřebení nože

Celou hmotnost bruslaře a síly vyvíjené při bruslení přenáší nože přes velmi malou styčnou plochu, a tím dochází ke vzniku velmi vysokých kontaktních tlaků, které způsobují opotřebení povrchu nože. Důsledkem je zhoršení kvality povrchu a snížení ostrosti nože, což snižuje životnost nože a efektivitu bruslení při odrazech, zatačení, brzdění. Při bruslení je nůž při kontaktu s ledem vystaven kombinací několika typů opotřebení, nejčastěji adhezivního a abrazivního opotřebení. [1]

K adhezivnímu opotřebení dochází vlivem nerovností na povrchu nože. Kdy v důsledku přítomnosti vysokých tlaků a teplot při bruslení dochází k oddělování malých částecek materiálu, což způsobuje opotřebení nože. Abrazivní opotřebení je způsobené přítomností nečistot a malých částecek materiálu v ledu a ve vodní vrstvě vzniklé při bruslení. Tyto nečistoty způsobují obroušování povrchu nože a opotřebení nože. [1]

Pro dosažení vyšší životnosti nože je potřeba zajistit co nejvyšší tvrdost a nejnižší drsnost povrchu. [1]

## 1.3 Broušení bruslí

Broušení je dokončovací metoda, jejíž cílem je vylepšit rozměrovou přesnost, povrchovou kvalitu a geometrii obrobku. Jedná se o třískové obrábění, u kterého hlavní řezný pohyb koná mnohobřitý nástroj (brusný kotouč) tvořený zrny brusiva spojené pojivem. Obecně je možné technologii broušení rozdělit podle druhu broušené plochy na broušení rovinných a válcových ploch. [22, 23] V případě broušení (ostření) bruslí je možné říci, že se jedná výlučně o rovinné broušení, kde nástrojem je brusný kotouč a obrobkem nůž brusle.

### **Brusný kotouč**

Vlastnosti kotouče jsou definované druhem brusiva (materiál zrn), zrnitostí, tvrdostí, pojivem, strukturou. [22]

Materiál zrn může být přírodní nebo umělý. Přírodním brusivem může být diamant, přírodní korund, smírek atd. Mezi umělé brusivo patří umělý korund, karbid křemíku, umělý diamant atd. [24]

Zrnitost vyjadřuje velikost jednotlivých zrn. Kotouče s hrubší zrnitostí (větší velikost zrn) se používají pro hrubování povrchu a při vyšší požadované hodnotě drsnosti po-

vrchu. Jemné kotouče (malá velikost zrn) jsou vhodné pro přesné broušení při nižší požadované drsnosti povrchu. [22]

Tvrдость kotouče je schopnost udržet zrna při sobě a odolávat proti vylomení jednotlivých zrn při broušení. Při broušení tvrdých materiálů se používají měkké kotouče. Pro měkké materiály se používají tvrdé kotouče. [22]

Pojivo je látka spojující jednotlivá zrna v jeden celek. Druh pojiva určuje tvrdost brusného kotouče. Mezi hlavní druhy pojiva patří keramická, silikátová, magnezitová, šlaková, kovová, pryžová pojiva z umělé pryskyřice. [22, 23]

Struktura brusného kotouče definuje jeho pórovitost (velikost póru), která vyjadřuje vzdálenost mezi jednotlivými brusnými zrny. Kotouče s velkou vzdáleností mezi zrny se nazývají pórovité. Naopak kotouče s malou vzdáleností mezi zrny se nazývají hutné. Při broušení měkkých a houževnatých materiálů se používají pórovité kotouče. Hutné kotouče jsou vhodné pro tvrdé a křehké materiály. [22, 23]

## **Orovnávání**

Orovnání je proces, jehož hlavním úkolem je obnovit nebo vytvořit požadovaný geometrický tvar brusného kotouče pro dosažení požadované přesnosti a kvality broušeného povrchu. Orovnáním se obnovuje řezivost kotouče a odstraňuje přebytečný materiál z kotouče. Pro dosažení velmi kvalitního povrchu broušené plochy se používají diamantové orovnávače. [22, 23]

### **1.3.1 Proces broušení bruslí**

#### **Kontrola a očištění nože**

Zkontrolování nože, zda není poškozený. Odstranění otřepů z hran, které vznikají při broušení nože, pomocí brusného kamene případně pomocí koženého pásku. Při odstraňování otřepů oceli potažené DLC povlakem se používá pouze kožený pásek, aby nedošlo k odstranění nebo poškození tohoto povlaku. [25]

#### **Orovnání brusného kotouče**

Proces orovnání kotouče slouží ke tvarování brusného kotouče na požadovaný poloměr. Pro dosažení co nejpřesnějšího a nejkvalitnějšího broušeného povrchu se využívá diamantových orovnávacích nástrojů. [22, 25]



## **Broušení nože**

Broušením se odstraňuje materiál nože, tím se nůž upravuje do požadovaného tvaru, drsnosti a ostrosti. Cílem broušení nože je zlepšit efektivitu bruslení. Pro udržení požadované kvality povrchu nože je potřeba broušení provádět pravidelně. [25, 26]

## **Kontrola a očištění nože**

Kontrola ostrosti a rovnosti hran nože a odstranění otřepů. [25]

# **1.4 Současné koncepty zařízení na broušení bruslí**

Vývojem a výrobou zařízení na broušení bruslí se na současném trhu zabývá mnoho firem. V této části jsou popsána jen některá zařízení, které se liší svým konceptem broušení.

Brousící zařízení je možné rozdělit na ruční a poloautomatické. U ručních zařízení (např. Blademaster BRC 2005 a SMM-2 PRO) probíhá veškeré nastavení stroje i samotné broušení ručně, jen s pomocí různých typů držáků a přípravků apod. U poloautomatických zařízení probíhají ručně jen některé úkony nastavení stroje, ale samotný proces broušení probíhá zcela automaticky. Mezi poloautomatické stroje je možné zařadit např. Sparx ES 200, ProSharp AS 1001 a ProSharp SkatePal Pro 3.

Podle polohy osy brusného kotouče je možné zařízení rozdělit:

- svislé (SSM-2 PRO, Blademaster BRC 2005)
- vodorovné (Sparx ES 200, ProSharp AS 1001, ProSharp SkatePal Pro 3).

Zařízení je možné také rozdělit podle vzájemného pohybu brusle a kotouče:

- pohybující se brusle podél rotujícího kotouče (SSM-2 PRO, Blademaster BRC 2005, ProSharp AS 1001)
- pohybující se rotující kotouč podél brusle (Sparx ES 200, ProSharp SkatePal Pro 3)

## **1.4.1 Sparx ES 200**

U brousícího zařízení od americké firmy Sparx (obr. 1.12) není potřeba po každém broušení orovnávat brusný kotouč. Při broušení se využívají vyměnitelné diamantové brusné kotouče, které jsou odstupňované podle velikosti poloměru žlábků viz obr. 1.13. Jeden brusný kotouč má životnost dle výrobce přibližně 60 ostření. Většina nastavení

brusky včetně nastavení počtu cyklů broušení probíhá přes ovládací panel, který zobrazuje technická upozornění o brusce a broušení. Ovládací panel také zobrazuje stav životnosti kotouče pomocí informací o broušení, které jsou uloženy na mikročipu uvnitř kotouče. Zařízení je vybaveno samocentrovací upínací svěrkou, která vystředí polohu nože vůči kotouči. Před samotným broušením je potřeba určit správnou výšku kotouče a bod dotyku vůči noži pomocí nastavitelného ramena. Při broušení se rotující kotouč pohybuje podél spodní hrany nože brusle upnuté v upínací svěrce. Bruska má zabudované senzory, pomocí kterých řídí a kontroluje všechny brusné funkce pro zajištění přesného a bezpečného broušení. Zabudovaný filtrační systém a ventilátor zajišťuje odvod brusného prachu a zplodin. [27, 28]



*Obr. 1.12 – Sparx ES 200 [27]*



*Obr. 1.13 – Sada diamantových kotoučů [29]*

## 1.4.2 ProSharp AS 1001

Na tomto broušícím zařízení od švédské firmy ProSharp (obr. 1.14), kdy většina nastavovacích úkonů probíhá zcela automaticky pomocí nastavení na ovládacím panelu, je možné nůž ostřit, ale také profilovat. Při samotném broušení nože se brusle pohybuje v drážce spodní hranou nože podél rotujícího kotouče. Před ostřením nože je potřeba brusný kotouč orovnat pomocí orovnávacího diamantu. Brusný kotouč je uložen na rameni, kterým je možné nastavit jeho správnou polohu pro orovnění. Po orovnění brusného kotouče na požadovaný rozměr žlábků je dalším krokem vystředění polohy brusného kotouče podle šířky nože. Poté je možné brusli upnout do držáku, kde je opřena na dvou válečcích, a nastavit požadovaný počet cyklů broušení. Při profilování nože se pomocí ovládacího panelu nastaví body (úseky), ve kterých se má brusle podél kotouče pohybovat a vybrušovat potřebný profil nože. [30, 31]



*Obr. 1.14 – ProSharp AS 1001[31]*

## 1.4.3 ProSharp SkatePal Pro 3

Firma ProSharp má ve svém portfoliu také zařízení SkatePal Pro 3 (obr. 1.15). Tento stroj je velmi podobný zařízení Sparx ES 200. Zařízení SkatePal Pro 3 pro broušení využívá také vyměnitelné diamantové kotouče s předem vytvořeným tvarem, které lze vybrat z odstupňované řady. Firma ProSharp nabízí do zařízení SkatePal Pro 3 výběr ze dvou velikostí (vnějšího průměru) kotoučů, a to průměr 60 mm nebo 100 mm. Dle vý-

robce lze jedním brusným kotoučem nabrousit až 500 párů bruslí. Zařízení je také vybaveno samocentrovacím upnutím brusle. Na tomto zařízení se nenastavuje dorazová poloha kotouče vůči noži. Nastavení zařízení, které probíhají ručně, jsou v zásadě pouze upnutí brusle a výměna kotouče. Pro zajištění případného odvodu brusného prachu ze zařízení je možné k odsávacímu výstupu připojit externí odsávací jednotku. [31]

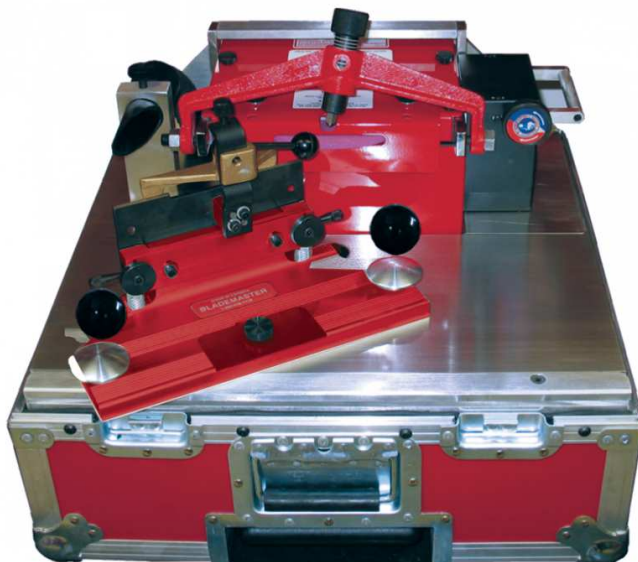


*Obr. 1.15 – ProSharp SkatePal Pro 3 [31]*

#### **1.4.4 Blademaster BRC 2005**

Jedná se o univerzální brousící zařízení od kanadského výrobce Blademaster (obr. 1.16), které umožňuje měnit nastavení stroje mezi profilováním a ostřením pomocí otočné páky. Brusle je upnuta v držáku horizontálně, rovnoběžně s magnetickou deskou, která je potažena vrstvou teflonu. Správné vystředění svislé polohy nože vůči kotouči zajišťuje otočné nastavovací kolečko na držáku. Při broušení se držák s upnutou bruslí posouvá po desce. Díky tomuto způsobu je možné nastavit polohu nože téměř neomezeně, a tím dosáhnout požadované geometrie nože. K orovnění kotouče pro vytvoření požadovaného poloměru žlábků nože se využívá orovňovací diamant, který je zašroubován do otočného ramene. Polohu otočného ramene s diamantem je možné měnit pomocí šroubovacího mechanismu. Při ostření, kdy je rovina kotouče rovnoběžná s rovinou brusle, se spodní hrana nože pohybuje podél rotujícího brusného kotouče. Při nastavení stroje na profilování je rovina brusného kotouče kolmo na rovinu brusle

a desky. Pro zpřesnění vybroušení do požadovaného tvaru profilu je možné využít šablony, které lze upevnit na stroj. K zařízení je možné připojit externí vysavač pro odvod brusného prachu. [32–34]



*Obr. 1.16 – Blademaster BRC 2005 [32]*

#### **1.4.5 SSM-2 PRO**

Jedná se o brousící zařízení od švédské firmy SSM (obr. 1.17), kde je brusle upnuta v horizontální poloze v držáku na vodícím horizontálním rameni, které zajišťuje pohyb spodní strany nože podél rotujícího brusného kotouče. Vystředění svislé polohy nože zajišťuje opěrný otočný váleček, který je možné nastavovat podle šířky nože (od 2,5 mm do 4,2 mm). Díky opěrnému válečku, kdy je nůž opřený pouze v jednom bodě, je možné brousit částečně křivé (poškozené) nože. K orovnaní brusného kotouče se používá posuvné otočné zařízení, do kterého je zašroubován diamant. Posuvný pohyb otočného zařízení (od nebo ke kotouči) zajišťuje nastavovací šroub. Odsávání jisker a dalších úlomků zajišťuje odsávací trubice připojená ke stroji, ke které je možné připojit vhodný externí vysavač prachu. [35, 36]



*Obr. 1.17 – SSM-2 PRO [35]*

Důležitými parametry všech zařízení jsou jejich hmotnost a rozměry. Hmotnost a rozměry (délka x šířka x výška) vybraných zařízení jsou uvedeny v tab. 1.1.

*Tab. 1.1 – Srovnání zařízení dle hmotnosti a rozměrů*

<b>Zařízení</b>	<b>Hmotnost [kg]</b>	<b>Rozměry [mm]</b>
<b>Sparx ES 200</b>	10	660x390x180
<b>ProSharp AS 1001</b>	22,5	670x220x260
<b>ProSharp SkatePal Pro 3</b>	14,8	700x220x320
<b>Blademaster BRC 2005</b>	44,7	508x527x470
<b>SSM-2 PRO</b>	14,6	350x250x300

## 2 Návrh konstrukce zařízení

Cílem této práce je navrhnout poloautomatické zařízení. Ke splnění uvedeného požadavku bude zařízení provozováno z části manuálně a z části automaticky. Ze srovnání brousících zařízení z teoretické části je patrné, že většinou je automatická část u zařízení zastoupena v procesu broušení. Tento princip bude využit také v tomto návrhu, ve kterém automatická funkce zařízení spočívá v samotném procesu broušení, kdy se brusle bude samočinně pohybovat podél brusného kotouče. Všechny ostatní funkce potřebné pro nastavení zařízení budou probíhat ručně.

Úkolem této práce je navrhnout zařízení, které bude v určitém směru inovující. V době psaní této práce nebylo z dostupných zdrojů nalezeno zařízení, které by umožňovalo kombinovat broušení různými typy v současnosti používaných kotoučů. Proto hlavní myšlenka tohoto návrhu spočívá v možnosti brousit brusle různými typy kotoučů na jednom zařízení.

Prvním krokem návrhu byl výběr brusných kotoučů a následně návrh o jejich pohonu. Následoval rozbor celkové koncepce zařízení. Další etapou byl návrh řešení jednotlivých technologicko-konstrukčních uzlů. Model konstrukčního návrhu zařízení bude vytvořen v softwaru Creo Parametric.

### 2.1 Brusné kotouče

Vzhledem k tomu, že koncepce zařízení spočívá ve využití odlišných typů brusných kotoučů, je důležité nejdříve zvolit oba typy použitých kotoučů.

Prvním je zvolen brusný kotouč firmy Tyrolit (dále jen „keramický kotouč“) s označením T1 175x6x20 – A98 A60 K9 V (obr. 2.1). Jedná se o plochý kotouč z umělého korundu s keramickým pojivem, se střední zrnitostí a otevřenou strukturou. Vnější průměr kotouče je 175 mm, tloušťka 6 mm a průměr díry je 20 mm. [37]





**Obr. 2.1** – Kotouč Tyrolit T1 175x6x20 – A98 A60 K9 V [37]

Druhým kotoučem byl vybrán brusný kotouč s označením Radius Ring (obr. 2.2) od firmy Sparx (dále jen „diamantový kotouč“). Kotouč je z části plastový a z části kovový. Na kovové části je nanесena vrstva diamantového prachu. Jak už bylo zmíněno v teoretické části, tento kotouč má předem vytvořený tvar po vytvoření žlábků na noži brusle a požadovaný poloměr žlábků je možné si vybrat z odstupňované řady. Rozměry tohoto kotouče byly zjištěny po komunikaci s distributorem těchto kotoučů HejdukSport.cz. Vnější průměr kotouče je 42 mm a průměr díry 9 mm.



**Obr. 2.2** – Kotouč Sparx Radius Ring [38]

## 2.2 Varianty pohonu kotoučů

Dílním cílem práce je také návrh různých variant řešení zařízení. Základní funkcí zařízení bude v tomto návrhu broušení keramickým kotoučem s přídatnou funkcí a možným přednastavením stroje na broušení (ostření) diamantovým kotoučem. Vzhledem ke skutečnosti, že pro pohon keramického kotouče bude vybrán asynchronní motor, který je značně rozměrný, bylo by složité přemísťovat tento motor s keramickým

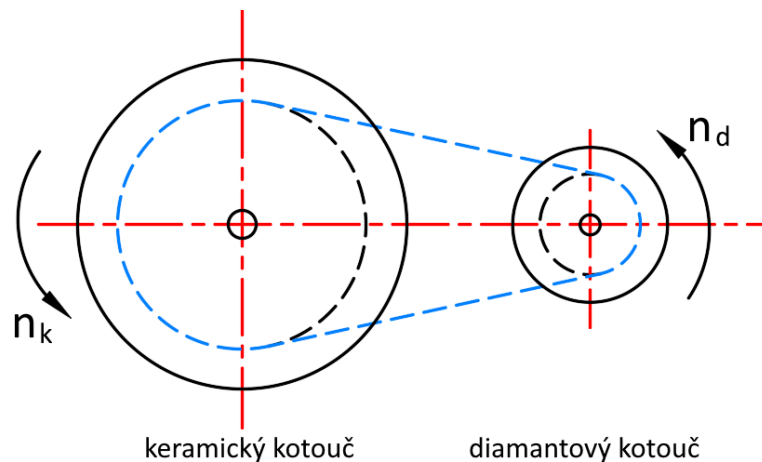


kotoučem do místa broušení. Proto bylo jedním z hlavních úkolů zajistit pohon diamantového kotouče a jeho polohování do místa broušení. Níže bude navrženo několik variant řešení tohoto technologicko-konstrukčního uzlu a následně rozhodnuto o vybrané variantě.

### 2.2.1 Varianta 1

První uvažovanou možností, jak může být pohon diamantového kotouče řešen, je pomocí převodu z elektromotoru určeného primárně pro pohon keramického kotouče. Hnaná hřídel diamantového kotouče by byla uložena v ložiskovém domku. Polohování diamantového kotouče do místa broušení by mohlo být provedeno prostřednictvím otočného ramene. Na jednom konci ramene by byla uložena hnaná hřídel a druhý konec ramene by mohl být uchycen k asynchronnímu motoru.

Výhodou tohoto řešení je, že pro pohon obou kotoučů je zapotřebí pouze jednoho elektromotoru. Nevýhodou je pevný převod mezi kotouči a náročnější údržba. Návrh varianty 1 je znázorněn na obr. 2.3.



**Obr. 2.3** – Návrh varianty 1

$n_k$  – otáčky keramického kotouče,  $n_d$  – otáčky diamantového kotouče

### 2.2.2 Varianta 2

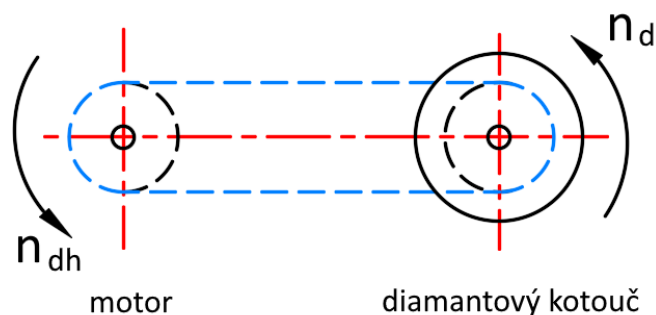
Druhá varianta spočívá v tom, že diamantový kotouč má vlastní elektromotor. Diamantový kotouč je poháněn přímo z motoru. Polohování kotouče by v tomto případě mohlo být zajištěno polohovacím stolem, na kterém by byl pomocí upínací desky uchycen elektromotor.

Jedna z výhod této varianty je poměrně jednoduchá konstrukce, kdy se motor „pouze“ správně upne na upínací desku polohovacího zařízení a je možné brousit. Toto řešení je ovšem značně omezeno výběrem dostupných motorů, co do požadovaných rozměrů, otáček a výkonu.

### 2.2.3 Varianta 3

V případě třetí varianty má diamantový kotouč také vlastní motor, ovšem pohon kotouče není realizován přímo z motoru, ale pomocí ozubeného řemene. Hnaná hřídel diamantového kotouče je uložena v ložiskovém domku. Polohování by u této varianty mohlo být provedeno také polohovacím stolem. Ovšem na upínací desku polohovacího stolu by kromě elektromotoru byl uchycen ložiskový domek s hnanou hřídelí.

Výhodou tohoto řešení je detailnější dimenzování pohonu dle požadovaných parametrů. Nevýhodou je přítomnost dalšího řemenového převodu. Varianta 3 je znázorněna na obr. 2.4.



**Obr. 2.4** – Návrh varianty 3

$n_{dh}$  – otáčky motoru,  $n_d$  – otáčky diamantového kotouče

### 2.2.4 Výběr varianty

Po rozboru všech tří variant a průzkumu dostupnosti jednotlivých prvků zařízení byla vybrána druhá varianta, s diamantovým kotoučem poháněným přímo motorem. Polohování kotouče bude realizováno polohovacím stolem.

## 2.3 Pohon kotoučů

### 2.3.1 Pohon keramického kotouče

Pro výběr pohonu je zapotřebí nejdříve zvolit otáčky kotouče. Pro pohon keramického kotouče byl měl být zvolen i na základě rešerše zařízení elektromotor s jmenovitými

otáčkami pohybující se kolem hodnoty  $3000 \text{ min}^{-1}$ . Je vybrán jednofázový asynchronní elektromotor s označením ecoDrives FBS 71A-2 (obr. 2.5) s jmenovitými otáčkami  $n_k = 2800 \text{ min}^{-1}$  a o výkonu 370 W. [39] Z dostupných typů konstrukce elektromotoru je vybrána konstrukce s patkami a malou přírubou. Patky slouží k upevnění motoru k nosnému rámu zařízení. Příruba elektromotoru je využita pro montáž orovnávacího mechanismu a případně dalších prvků. Výstupní hřídel elektromotoru má průměr 14 mm. Na konci hřídele je vytvořený závit pro zašroubování upínací příruby.



**Obr. 2.5** – Asynchronní motor ecoDrives FBS 71A-2 [39]

K dosažení potřebné kvality broušené plochy je klíčové zajistit vhodné řezné podmínky [22]. Pro další postup v návrhu je tedy zapotřebí spočítat řeznou rychlost kotouče (2.1). Doporučená řezná rychlost broušení by měla být mezi  $20$  a  $35 \text{ m}\cdot\text{s}^{-1}$ . [21] Průměr keramického kotouče  $D_k = 175 \text{ mm}$ .

$$v_{ck} = \frac{\pi \cdot D_k \cdot n_k}{60 \cdot 1000} = \frac{\pi \cdot 175 \cdot 2800}{60 \cdot 1000} = 25,66 \text{ m} \cdot \text{s}^{-1} \quad (2.1)$$

kde  $v_{ck}$  ... řezná rychlost keramického kotouče [ $\text{m}\cdot\text{s}^{-1}$ ]

$n_k$  ...otáčky pohonu keramického kotouče [ $\text{min}^{-1}$ ]

$D_k$  ... vnější průměr keramického kotouče [mm]

Řezná rychlost keramického kotouče je  $25,66 \text{ m}\cdot\text{s}^{-1}$ .

Vzhledem k opotřebení a zmenšování keramického kotouče broušením je potřeba určit také minimální průměr použitelnosti kotouče (2.2) při zachování stejných otáček a splnění minimální hodnoty řezné rychlosti z doporučeného intervalu.

$$D_{kmin} = \frac{60 \cdot 1000 \cdot v_{cmin}}{\pi \cdot n_K} = \frac{60 \cdot 1000 \cdot 20}{\pi \cdot 2800} = 136,42 \text{ mm} \quad (2.2)$$

kde  $v_{cmin}$  ... minimální doporučená řezná rychlost keramického kotouče [ $\text{m} \cdot \text{s}^{-1}$ ]

$D_{kmin}$  ... minimální průměr keramického kotouče [mm]

Další návrh konstrukce zařízení bude proveden pro broušení s minimálním průměrem keramického kotouče 140 mm.

### 2.3.2 Pohon diamantového kotouče

Pro výběr pohonu diamantového kotouče je nejprve potřeba určit interval doporučených otáček kotouče a následně dle dostupnosti požadovaných parametrů vybrat potřebný pohon. Průměr diamantového kotouče  $D_d = 42 \text{ mm}$ .

$$n_{dmin} = \frac{60 \cdot 1000 \cdot v_{cdmin}}{\pi \cdot D_d} = \frac{60 \cdot 1000 \cdot 20}{\pi \cdot 42} = 9094,57 \text{ min}^{-1} \quad (2.3)$$

$$n_{dmax} = \frac{60 \cdot 1000 \cdot v_{cdmax}}{\pi \cdot D_d} = \frac{60 \cdot 1000 \cdot 35}{\pi \cdot 42} = 15915,49 \text{ min}^{-1} \quad (2.4)$$

kde  $n_{dmin}$ ... minimální doporučené otáčky diamantového kotouče [ $\text{min}^{-1}$ ]

$n_{dmax}$ ... maximální doporučené otáčky diamantového kotouče [ $\text{min}^{-1}$ ]

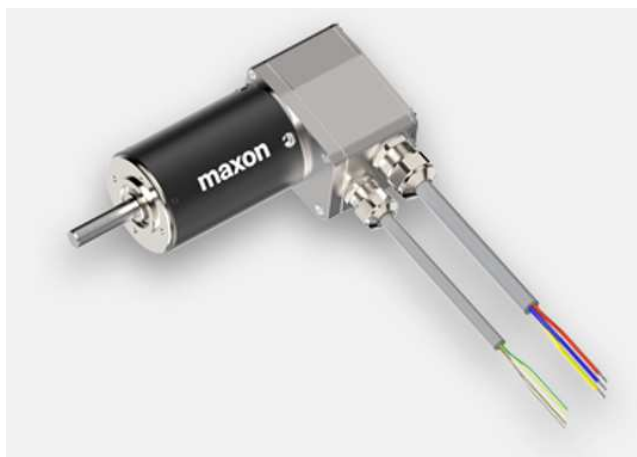
$v_{cdmin}$ ... minimální řezná rychlost diamantového kotouče [ $\text{m} \cdot \text{s}^{-1}$ ]

$v_{cdmax}$ ... maximální řezná rychlost diamantového kotouče [ $\text{m} \cdot \text{s}^{-1}$ ]

$D_d$ ... průměr diamantového kotouče [mm]

Z výpočtu výše vyplývá, že otáčky diamantového kotouče musí být od  $9094,57 \text{ min}^{-1}$  do  $15915,49 \text{ min}^{-1}$ .

Vzhledem k vybrané variantě pohonu diamantového kotouče přímo z motoru byl pro pohon zvolen BLDC motor Maxon EC 45 150 W (obr. 2.6) s jmenovitými otáčkami  $n_D = 9290 \text{ min}^{-1}$  a o výkonu 150 W. [40] Výkon motoru byl zvolen na základě řešerše zařízení. Zařízení Sparx ES 200, ve kterém se zvolený diamantový kotouč používá, má výkon 150 W. [27] Vybraný motor má v horní části vytvořené díry pro přichycení na požadované místo. Hřídel motoru má průměr 8 mm.



**Obr. 2.6** – BLDC motor Maxon EC 45 150 W [40]

Nyní je možné spočítat řeznou rychlost diamantového kotouče při otáčkách  $n_D = 9290 \text{ min}^{-1}$  (2.5).

$$v_{cd} = \frac{\pi \cdot D_d \cdot n_d}{60 \cdot 1000} = \frac{\pi \cdot 42 \cdot 9290}{60 \cdot 1000} = 20,43 \text{ m} \cdot \text{s}^{-1} \quad (2.5)$$

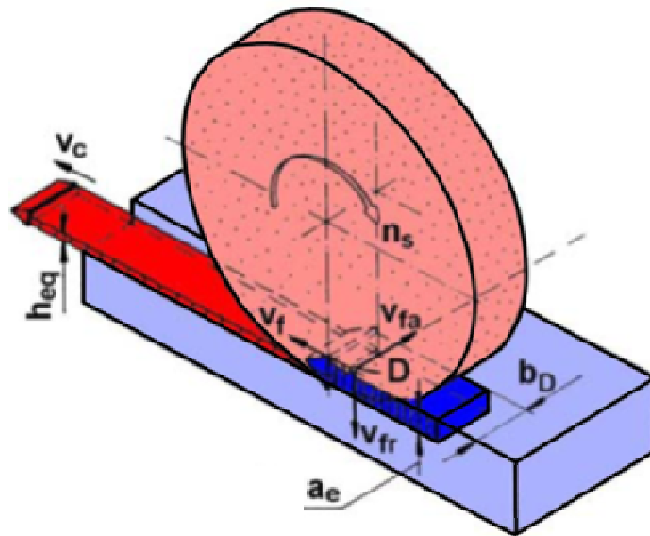
kde  $v_{cdmin}$ ... řezná rychlost diamantového kotouče [ $\text{m} \cdot \text{s}^{-1}$ ]

Řezná rychlost diamantového kotouče je  $20,43 \text{ m} \cdot \text{s}^{-1}$ .

Při broušení vzniká značné množství prachu, proto musí být oba elektromotory odolné proti vniknutí cizích těles. Asynchronní elektromotor ECODRIVES FBS 71A-2 má stupeň krytí IP 55 [39] a BLDC motor MAXON EC 45 má IP 54. [40] To znamená, že oba motory jsou chráněny proti vniknutí prachu, které by mohlo elektromotor poškodit. [41]

## 2.4 Silové účinky při broušení

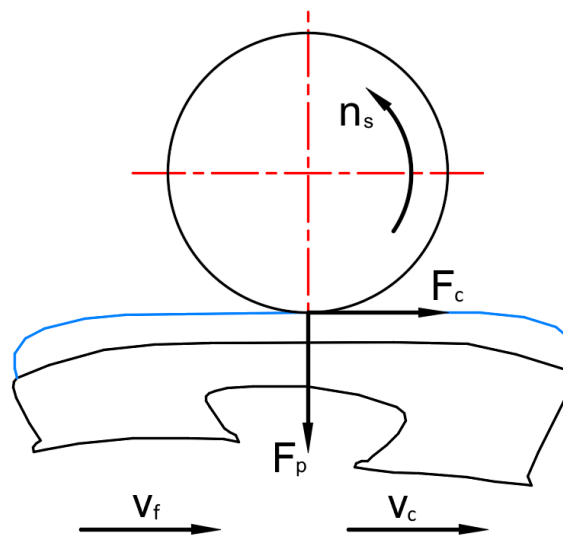
Při broušení působí mezi obrobkem a brusným kotoučem řezné síly. Velikost řezných sil závisí na způsobu broušení, vlastnostech brusného kotouče, broušeném materiálu, řezných podmínkách atd. [42] V tomto návrhu bude pro stanovení orientačních hodnot řezných sil využita metoda výpočtu na základě měrné řezné síly dle literatury [42]. Konkrétně výpočet pro rovinné obvodové tangenciální broušení s přímočarým pohybem stolu (obr. 2.7).



**Obr. 2.7** – Parametry řezného procesu [43]

$D$  – průměr kotouče,  $n_s$  – otáčky kotouče,  $v_c$  – řezná rychlost,  $v_f$  – rychlost posuvu,  $b_d$  – šířka aktivní části brusného kotouče,  $h_{eq}$  – hodnota ekvivalentní tloušťky,  $a_e$  – pracovní záběr,  $v_{fr}$  – radiální rychlost posuvu kotouče,  $v_{fa}$  – axiální rychlost posuvu kotouče

Celkovou sílu působící při řezném procesu lze rozložit do tří složek. Řezná složka leží ve směru řezné rychlosti. Pasivní složka působí kolmo k broušené ploše a u technologie broušení je tato složka největší. Posuvová složka působí ve směru podélného posuvu (kolmo na rovinu otáčení kotouče). Vzájemný poměr jednotlivých sil závisí především na geometrii nástroje a použité metodě obrábění. Pasivní složka řezné síly je při broušení vždy 1,2 až 3krát větší než řezná síla. [23, 42]



**Obr. 2.8** – Síly při broušení

$F_c$  - řezná složka,  $F_p$  - pasivní složka,  $n_s$  - otáčky kotouče,  $v_c$  - řezná rychlost,  $v_f$  - rychlost posuvu

### Hodnota ekvivalentní tloušťky broušení $h_{eq}$

$$h_{eq} = \frac{v_{ft} \cdot a_e}{60 \cdot v_c} \quad (2.6)$$

kde  $a_e$  ... pracovní záběr [mm]

$v_{ft}$  ... tangenciální rychlost posuvu stolu brusky [ $m \cdot min^{-1}$ ]

$h_{eq}$  ... ekvivalentní tloušťka broušení [mm]

Vzhledem k tomu, že je při broušení bruslí vyžadována co nejnižší drsnost povrchu a broušeným materiálem je nerezová ocel, bude hodnota pracovního záběru dle literatury [42] zvolena  $a_e = 0,0065$  mm.

Držák s bruslí koná při broušení přímočarý pohyb. Brousící cyklus je tvořen dvěma pracovními zdvihy (do krajní polohy a zpět). Jeden zdvih znamená jeden průchod broušené plochy brusle podél kotouče. Rychlost posuvu stolu byla zvolena na základě vlastní zkušenosti s broušením bruslí na jiných zařízeních a po konzultaci s odborníky, kteří se zabývají broušením bruslí. Zvolená rychlost posuvu je  $1,2 m \cdot min^{-1}$ .

### Výpočet průřezu třísky $A_D$

$$A_D = b_D \cdot h_{eq} \quad (2.7)$$

kde  $b_D$  ... šířka aktivní části brousícího kotouče [mm]

Šířkou aktivní části brousícího kotouče se rozumí šířka broušeného nože. V tomto výpočtu bude pracováno s hodnotou  $b_D = 3$  mm.

### Řezná složka $F_c$

$$F_c = k_c \cdot A_D \quad (2.8)$$

kde  $k_c$  ... měrná řezná síla [MPa]

$A_D$  ... průřez třísky [ $mm^2$ ]

Pro ocel se hodnota měrné řezné síly pohybuje v rozsahu od 10000 MPa do 35000 MPa, vyšší hodnoty platí pro broušení na čisto a tvrdé materiály. [42] Je zvolena měrná řezná síla  $k_c = 30000$  MPa.

## Pasivní složka $F_p$

$$\frac{F_p}{F_c} = 1,2 \div 3 \Rightarrow F_p = 2,5 \cdot F_c \quad (2.9)$$

Pasivní složku řezné síly je možné dle literatury [42] spočítat z poměru řezných sil. Tento poměr je zvolen 2,5.

**Tab. 2.1** – Stanovené řezné síly

Označení	Keramický kotouč	Diamantový kotouč
$F_c$	0,53 N	0,67 N
$F_p$	1,33 N	1,67 N

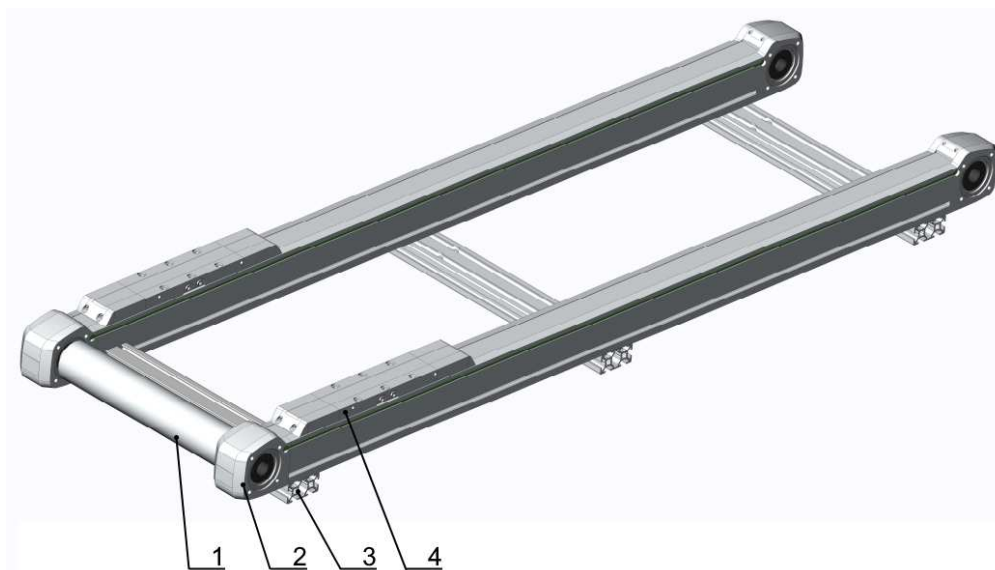
## 2.5 Pojezd brusle

V řešeném zařízení se brusle pohybuje podél rotujícího kotouče prostřednictvím lineárního vedení. Aby bylo možné brousit i zaoblené konce nože, je nutné zajistit pojezd brusle v podélném i příčném směru.

### 2.5.1 Pojezd brusle v podélném směru

Pohyb brusle v podélném směru nebo též posuv je realizován pomocí lineárního systému Hiwin s. r. o (dále jen Hiwin). Jedná se o sestavu s dvojicí lineárních os (obr. 2.9). Na každé ose (2) je připojen posuvný vozík (4). Pohyb posuvných vozíků i s dalšími k nim připojenými prvky je realizován poháněným ozubeným řemenem v každé ose. Osy mají společný pohon, který zajišťuje servomotor připojený k jedné z os. Pro přenesení pohonu z jedné osy na druhou slouží společná hřídel (1). [44] Dvojice os je k sobě připojena pomocí spojovacího hliníkového profilu o rozměrech 20 x 40 mm (3). Tento profil slouží také pro uchycení této sestavy lineárního systému na rám. Pro pohon dvojice os byl na základě rešerše brousících zařízení a po konzultaci s vedoucím práce vybrán servomotor Hiwin EM1CM202BF0A. Jedná se o servomotor s výkonem 200 W a jmenovitým kroutícím momentem 0,64 Nm. [45] Vzdálenost mezi osami je 220 mm a délka zdvihu je 600 mm. Návrh celé této sestavy byl proveden v konfigurátoru lineárních os Hiwin.





**Obr. 2.9 – Podélný pojezd**

*1 – hřídel, 2 – osa, 3 – spojovací profil, 4 – vozík*

## 2.5.2 Pojezd brusle v příčném směru

Pohyb brusle v příčném směru neboli přísuv je zajištěn pomocí kuličkového lineárního vedení Hiwin. Toto vedení je typu HG (obr. 2.10) a vyznačuje se vysokou tuhostí ve všech směrech. [46] Konstrukce tohoto vedení spočívá ve využití principu kolejnic a posuvných vozíků. Montáž lineárního vedení je provedena dle postupu uvedeného v katalogu Hiwin [46].



**Obr. 2.10 – Lineární vedení HG [46]**

Posuvné vozíky dvojice lineárních os podélného pojezdu (1) jsou osazeny základovou deskou (2). Tato deska má v sobě vyfrézované potřebné otvory pro uchycení a montáž dalších prvků. Na základovou desku se přišroubují dvě kolejnice (3), po kterých se pohybují dvě sady lineárních vozíků. Jedná se o vozíky typu HGL15 se čtyřmi

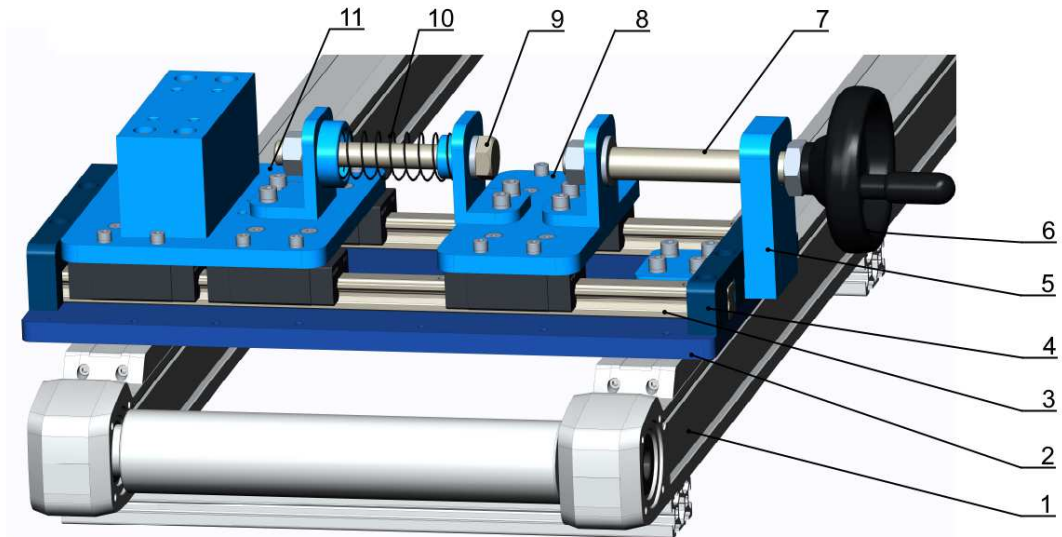
oběžnými řadami kuliček. Vozíky jsou také opatřeny těsněním k zabránění vniknutí brusného prachu a nečistot. [46] Na základovou desku se také přimontuje spojovací úhelník (5). Do úhelníku se našroubuje polohovací šroub (7) s otočnou kličkou (6). Tento polohovací šroub bude následně připojen k jedné ze sad vozíků.

První sada (8) se skládá ze dvou vozíků, jednoho na každé kolejnici. Vozíky jsou spojené distanční deskou pomocí šroubů s válcovou hlavou. Na této desce jsou pomocí dalších šroubů připojeny dva spojovací díly. První díl slouží k připojení k druhé sadě vozíku (11). Je na něm vytvořené osazení, na které se nasadí tlačná pružina (10) zajišťující přítlak brusle k brusnému kotouči při broušení. V tomto díle je také vytvořena díra se závitem pro zašroubování vodícího šroubu (9). Tento vodící šroub má šestihrannou hlavu, není ovšem normalizovaný. Má vytvořené závity pod hlavou a na konci šroubu. Druhý spojovací díl slouží pro spojení této sady s polohovacím šroubem. Toto spojení zajišťuje matice.

Druhá sada vozíků (11) je také spojena distanční deskou, ale z důvodu dosažení vyšší stability vedení je sada složena ze čtyř vozíků, dvou na každé kolejnici. Na této sadě se také nachází dva spojovací díly. Jeden slouží k připojení k první sadě vozíků. Je v něm vytvořená díra pro vedení vodícího šroubu. Také je na něm vytvořené pouzdro, do kterého se vloží tlačná pružina. Pomocí vodícího šroubu s maticí je možné měnit vzdálenost mezi sadami vozíků, a tím regulovat potřebný přítlak pružiny. Na druhém spojovacím díle této sady je přišroubováno těleso držáku brusle. Samotné dimenzování tlačné pružiny bude provedeno v další části práce.

Prostřednictvím rukou poháněné kličky je možné posouvat se sadami vozíků, a tím určit přísuv (polohu brusle). Klička je s polohovacím šroubem spojena pomocí těsného pera a zajištěna šroubem s podložkou. Polohovací šroub umožňuje zdvih 60 mm.

Konce lineárního vedení jsou zajištěny dorazy (4) k zabránění vysunutí vozíků z kolejníc.



**Obr. 2.11 – Příčný pojezd**

*1 – podélný pojezd, 2 – základová deska, 3 – kolejnice, 4 – doraz, 5 – spojovací úhelník, 6 – klička, 7 – polohovací šroub, 8 – první sada vozíků, 9 – vodící šroub, 10 – pružina, 11 – druhá sada vozíků*

### 2.5.3 Kontrola příčného vedení

Kontrola vedení byla provedena na základě výpočtu z katalogu [46]. Příčné vedení je zatížené převážně statickou a pohybovou silou. Statické zatížení vozíků je dané hmotností a polohou těžiště zatěžujícího tělesa vůči těžišti sady vozíků viz obr. 2.12. Zatěžující těleso je tvořené sestavou připojených dílů. Připojeny jsou distanční deska, spojovací deska, držák brusle a brusle samotná. Celková hmotnost této soustavy dílů a poloha těžiště vůči poloze těžiště druhé sady vozíků je určena přibližně, a to prostřednictvím softwaru Creo Parametric. Níže jsou uvedené parametry druhé sady vozíků, hmotnost a poloha těžiště zatěžující soustavy.

Zatížení vedení je dané především třecí silou působící proti pohybovým silám. Výrobce Hiwin uvádí, že pokud je zatížení menší než 10 %  $C_{dyn}$ , je třecí síla ovlivněna převážně mazivem a třením mezi valivými tělesy. [46] Hodnota třecího odporu u zvoleného typu vozíků je dle katalogu [46] přibližně 1,2 N. Při broušení jsou vozíky zatíženy především pasivní řeznou silou působící od kotouče. Vypočítaná hodnota pasivní řezné síly je přibližně 1,7 N. Z důvodu naddimenzování vedení je při výpočtu zvolena hodnota pohybové síly  $F_M = 10$  N.

## Parametry příčného vedení

Statická únosnost  $C_0 = 14700 \text{ N}$  [46]

Dynamická únosnost  $C_{\text{dyn}} = 23470 \text{ N}$  [46]

Rozteč vozíků (kolejnic)  $c = 0,1 \text{ m}$

Rozteč vozíků ve směru posuvu  $d = 0,07 \text{ m}$

Hmotnost sady vozíků  $m_v = 1 \text{ kg}$

Hmotnost tělesa  $m = 4,5 \text{ kg}$

Pohybová síla  $F_M = 10 \text{ N}$

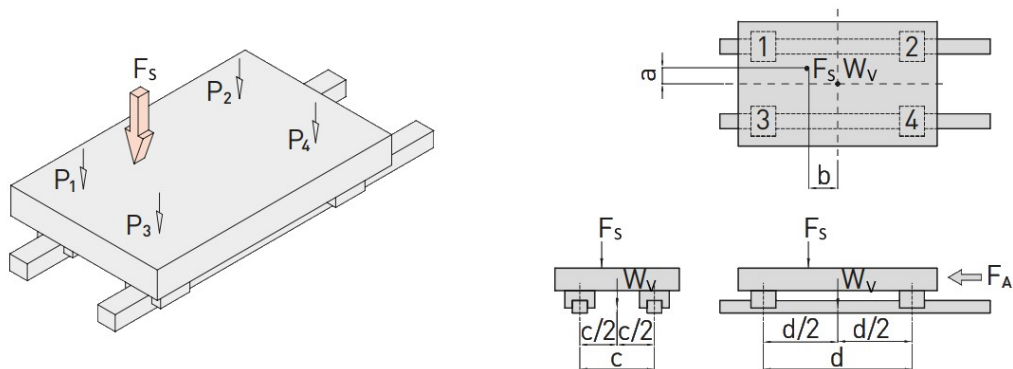
Vzdálenost od těžiště  $a = 0,02 \text{ m}$

Vzdálenost od těžiště ve směru posuvu  $b = 0,1 \text{ m}$

Vzdálenost zdroje síly od vozíků  $l = 0,15 \text{ m}$

Gravitační zrychlení  $g = 9,81 \text{ m}\cdot\text{s}^{-2}$

## Statické zatížení



**Obr. 2.12** – Zatížení vozíku (statické) [46]

$P_1 \dots P_4$  – zatížení vozíku,  $W_V$  – zatížení od hmotnosti vozíků,  $F_S$  – síla zatížení,  
 $c$  – rozteč kolejnic,  $d$  – rozteč vozíků,  $a$  – vzdálenost od těžiště,  
 $b$  – vzdálenost od těžiště

Síla tělesa působící na vozík  $F_S$ :

$$F_S = m \cdot g = 4,5 \cdot 9,81 = 44,15 \text{ N} \quad (2.10)$$

Zatížení vozíků  $P_1 \dots P_4$ :

$$P_1 = \frac{F_S}{4} + \frac{F_S \cdot a}{2 \cdot c} + \frac{F_S \cdot b}{2 \cdot d} = \frac{44,15}{4} + \frac{44,15 \cdot 0,02}{2 \cdot 0,1} + \frac{44,15 \cdot 0,1}{2 \cdot 0,07} = 46,98 \text{ N} \quad (2.11)$$

$$P_2 = \frac{F_S}{4} + \frac{F_S \cdot a}{2 \cdot c} - \frac{F_S \cdot b}{2 \cdot d} = \frac{44,15}{4} + \frac{44,15 \cdot 0,02}{2 \cdot 0,1} - \frac{44,15 \cdot 0,1}{2 \cdot 0,07} = -16,08 \text{ N} \quad (2.12)$$

$$P_3 = \frac{F_S}{4} - \frac{F_S \cdot a}{2 \cdot c} + \frac{F_S \cdot b}{2 \cdot d} = \frac{44,15}{4} - \frac{44,15 \cdot 0,02}{2 \cdot 0,1} + \frac{44,15 \cdot 0,1}{2 \cdot 0,07} = 38,15 \text{ N} \quad (2.13)$$

$$P_4 = \frac{F_S}{4} - \frac{F_S \cdot a}{2 \cdot c} - \frac{F_S \cdot b}{2 \cdot d} = \frac{44,15}{4} - \frac{44,15 \cdot 0,02}{2 \cdot 0,1} - \frac{44,15 \cdot 0,1}{2 \cdot 0,07} = -24,91 \text{ N} \quad (2.14)$$

Výsledné statické zatížení  $P_S$ :

$$P_S = P_{\max}(P_1, P_2, P_3, P_4) = P_1 = 46,98 \text{ N} \quad (2.15)$$

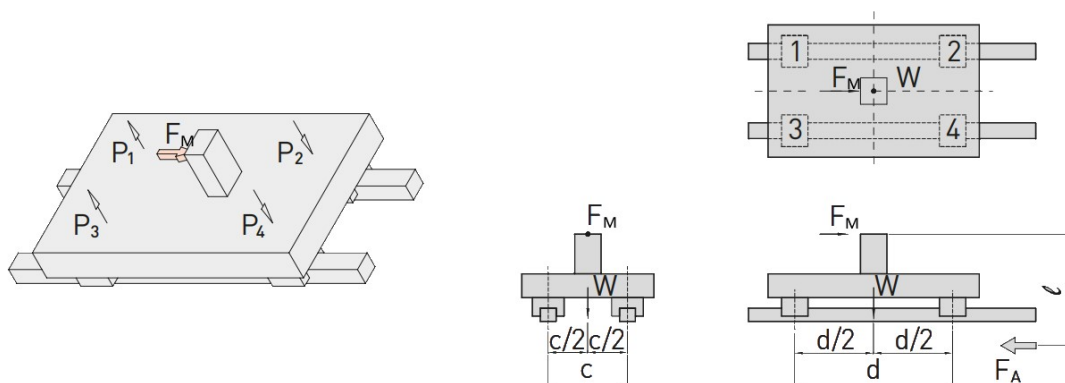
Nejvyšší statické zatížení je na vozíku 1.

Statická konstrukční bezpečnost  $f_s$ :

$$f_s = \frac{C_0}{P_S} = \frac{14700}{46,98} = 312,89 \quad (2.16)$$

Vypočítaná hodnota statické konstrukční bezpečnosti vedení je několikanásobně vyšší než minimální požadovaná hodnota dle katalogu [46].

### Zatížení pohybové



**Obr. 2.13** – Zatížení vozíku (pohybové) [46]

$P_1 \dots P_4$  – zatížení vozíku,  $W$  – zatížení od hmotnosti,  $F_M$  – pohybová síla,  $c$  – rozteč kolejnic,  $d$  – rozteč vozíků,  $l$  – vzdálenost zdroje síly od vozíku

Zatížení vozíků W:

$$W = (m_v + m) \cdot g = (1 + 4,5) \cdot 9,81 = 53,96 \text{ N} \quad (2.17)$$

Zatížení vozíků P<sub>1</sub>...P<sub>4</sub>:

$$P_1 = P_3 = \frac{W}{4} - \frac{F_M \cdot l}{2 \cdot d} = \frac{53,96}{4} - \frac{10 \cdot 0,15}{2 \cdot 0,07} = 4,11 \text{ N} \quad (2.18)$$

$$P_2 = P_4 = \frac{W}{4} + \frac{F_M \cdot l}{2 \cdot d} = \frac{53,96}{4} + \frac{10 \cdot 0,15}{2 \cdot 0,07} = 22,86 \text{ N} \quad (2.19)$$

Výsledné zatížení P<sub>m</sub>:

$$P_m = P_{max}(P_1, P_2, P_3, P_4) = 22,86 \text{ N} \quad (2.20)$$

Nejvíce namáhány jsou vozíky s označením 2 a 4.

Poměr mezi zatížením a dynamickou únosností:

$$\frac{P_m}{C_{dyn}} = \frac{13,49}{23470} = 0,001 \Rightarrow 0,1 \% \quad (2.21)$$

Zatížení vozíku je menší než 10 % C<sub>dyn</sub>, tzn. že třecí síla je daná převážně třecím odporem dle katalogu [46].

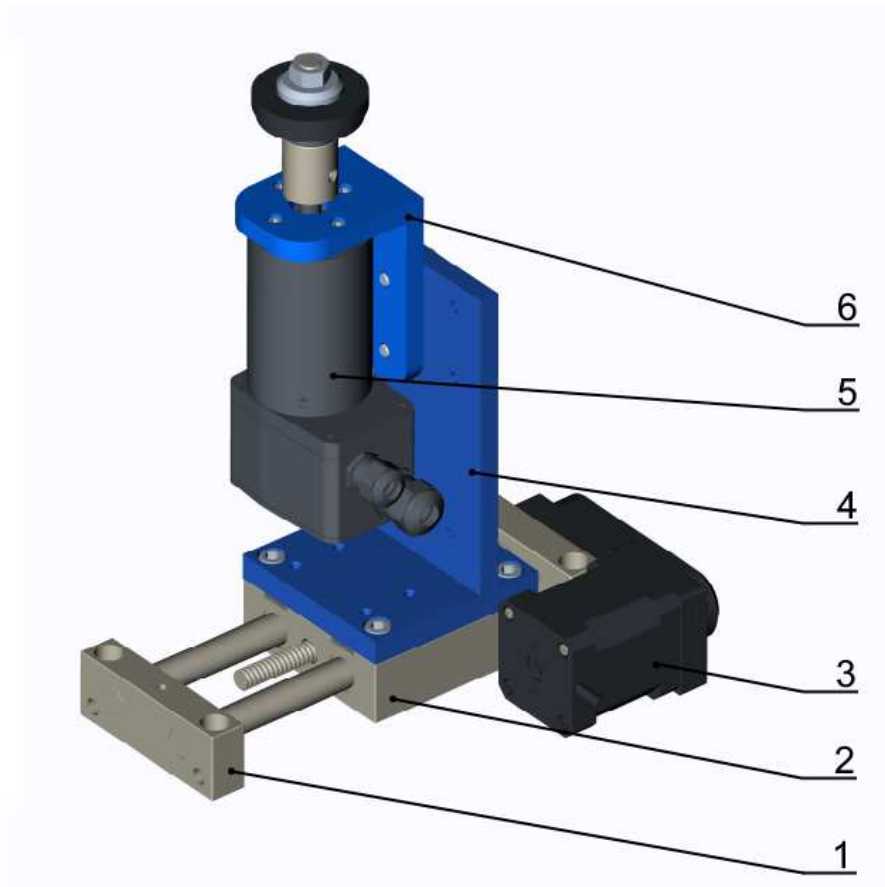
## 2.6 Návrh pružiny

Příčným pojezdem se nastavuje dorazová poloha nože, tzn. bod kontaktu mezi nožem a kotoučem. Nastavením tohoto bodu se určí, zda se budou brousit i zaoblené konce nože nebo pouze rovná část, která je nejvíce přilehlá k ledu. V praxi bývá nejčastěji poloha tohoto bodu kontaktu kolem 5 mm pod rovinou kotouče, ale může být také 10 mm. Proto je nutné zajistit, aby pružina byla schopná se při broušení stlačit i o více než 10 mm. Výběr pružiny byl proveden pomocí katalogu pružin Gutekunst Federn.

S ohledem na velikost vypočítané řezné síly a velikosti třecího odporu příčného pojezdu je zvolena tlačná pružina VD-145DC. Tato pružina má průměr drátu 1 mm, střední průměr pružiny 23 mm, délku v nezátíženém stavu 68,8 mm, délku při plném stlačení 18,09 mm a tuhost pružiny je 0,085 N·mm<sup>-1</sup>. [47] Pro dosažení rovnoměrného přitlaku je zvolena pružina s nízkou tuhostí. Při montáži do zařízení bude pružina předepnuta minimálně na délku 52 mm, to znamená na sílu 1,4 N. Toto předepnutí je zajištěno vodícím šroubem a maticí. Díky tomu lze velikost přitlaku pružiny případně regulovat.

## 2.7 Polohování diamantového kotouče

Vzhledem k tomu, že poloha keramického kotouče se nemění, musí být při broušení diamantovým kotoučem možné tento diamantový kotouč přisunout před keramický kotouč. Toto přisunutí a zasunutí v závislosti na zvoleném způsobu broušení bude zajištěno polohovacím stolem. Jedná se o stůl poháněný krokovým motorem (3). Konkrétně jde o polohovací stůl MPT7512AS-M (1) od firmy MM Engineering GmbH. Vozík (2) polohovacího stolu se pohybuje po vodících tyčích prostřednictvím kuličkového šroubu. Zdvih stolu je 75 mm. [48] Na vozík stolu je přišroubována upínací deska (4). Na tuto desku se připojí držák motoru (6), ve kterém je uchycen motor Maxon EC 45 (5). Spojení motoru s polohovacím stolem je vidět na obr. 2.14.



**Obr. 2.14** – Polohování diamantového kotouče

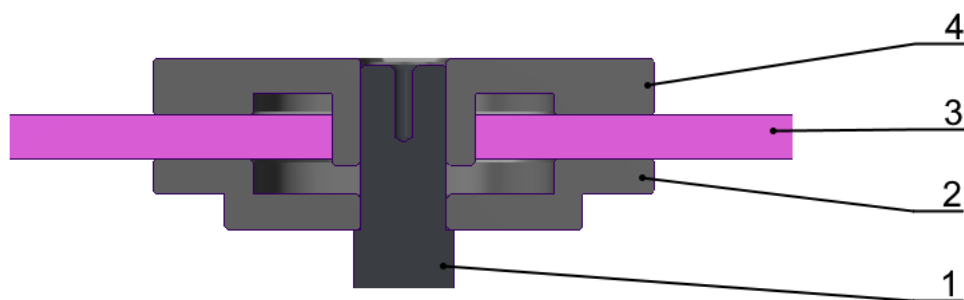
1 – polohovací stůl, 2 – vozík stolu, 3 – krokový motor, 4 – upínací deska,  
5 – BLDC motor Maxon EC 45, 6 – držák motoru

## 2.8 Upínání kotoučů

K zajištění správnosti a bezpečnosti při broušení musí být brusné kotouče vhodně a pevně upnuty. [24] V tomto případě jsou brusné kotouče upnuty mezi dvě upínací příruby. Aby bylo možné doladit polohu kotouče, případně použít kotouče s jinou šířkou, je součástí zařízení také několik podložek s různou tloušťkou pro správné vystředění vůči poloze brusle.

Oba typy kotoučů mají jiný průměr díry než je průměr hřídele z příslušného motoru. Proto je potřeba zajistit v obou případech souosost kotouče s hřídelem.

Upnutí keramického kotouče je provedeno tak, že dolní příruba (2) je nasazena a opřená o osazení hřídele (1). Na hřídel a dolní přírubu je nasazen kotouč (3). Keramický kotouč má vnitřní průměr 20 mm a výstupní hřídel z asynchronního elektromotoru má průměr 14 mm. Souosost kotouče s hřídelem je zde zajištěna osazením na horní upínací přírubě (4), která má vnitřní průměr 14 mm a vnější průměr 20 mm. V horní přírubě je také vytvořený závit, pomocí kterého se horní příruba našroubuje na hřídel. Závit na konci hřídele a v přírubě má opačný smysl, než je smysl otáčení kotouče, tzn. že po spuštění elektromotoru se příruba utahuje. Upnutí keramického kotouče je znázorněno na obr. 2.15.



**Obr. 2.15** – Upnutí keramického kotouče

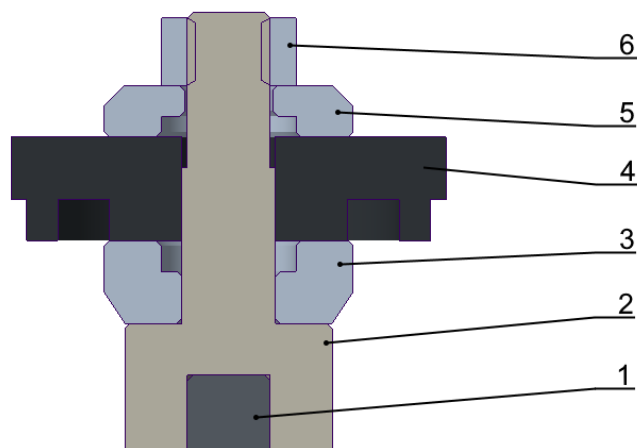
*1 – hřídel motoru, 2 – dolní příruba, 3 – kotouč, 4 – horní příruba*

Pro zajištění pevného upnutí kotouče je potřeba mezi kotouč a přítlačné příruby vložit papír nebo pryžovou podložku. Tento papír či pryžová podložka musí pokrýt celou plochu mezi kotoučem a upínacími přírubami. [24]

V případě pohonu diamantového kotouče má hřídel (1) motoru průměr 8 mm a průměr díry kotouče je 9 mm. Souosost kotouče s hřídelem je zde zajištěna upínací kleštíinou (2). Tato kleština má potřebný průměr pro upnutí kotouče a na svém konci vytvoře-



ný závit opačného směru než je směr otáčení motoru. Kleština se nasadí na hřídel motoru a zajistí stavěcím šroubem. Na kleštinu se nasadí dolní příruba (3). Poté je na kleštinu nasazen diamantový kotouč (4), horní příruba (5) a následně zajištění zašroubováním matice (6), která má stejný směr závitu jako kleština. Upnutí diamantového kotouče je znázorněno na obr. 2.16.



**Obr. 2.16** – Upnutí diamantového kotouče

1 – hřídel motoru, 2 – upínací kleština, 3 – dolní příruba, 4 – kotouč,  
5 – horní příruba, 6 – matice

Dále je potřeba dle literatury [43] spočítat minimální vnější průměr upínací příruby (2.22) a (2.23).

$$D_{kpmin} = \frac{1}{3} \cdot D_K = \frac{1}{3} \cdot 175 = 58,33 \text{ mm} \quad (2.22)$$

$$D_{dpmin} = \frac{1}{3} \cdot D_D = \frac{1}{3} \cdot 42 = 14 \text{ mm} \quad (2.23)$$

kde  $D_{kpmin}$  ... minimální vnější průměr upínací příruby keramického kotouče [mm]

$D_{dpmin}$  ... minimální vnější průměr upínací příruby diamantového kotouče [mm]

Pro keramický kotouč je zvolena příruba s vnějším průměrem  $D_{kp}$  65 mm. Příruba diamantového kotouče má vnější průměr  $D_{dp}$  25 mm. Upínací příruba keramického kotouče se může dotýkat kotouče pouze mezikružím o vypočtené šířce  $b_k$  (2.24). [43]

$$b_k = \frac{1}{6} \cdot D_{kp} = \frac{1}{6} \cdot 65 = 10,83 \text{ mm} \quad (2.24)$$

kde  $b_k$  ... šířka mezikruží upínací příruby keramického kotouče [mm]

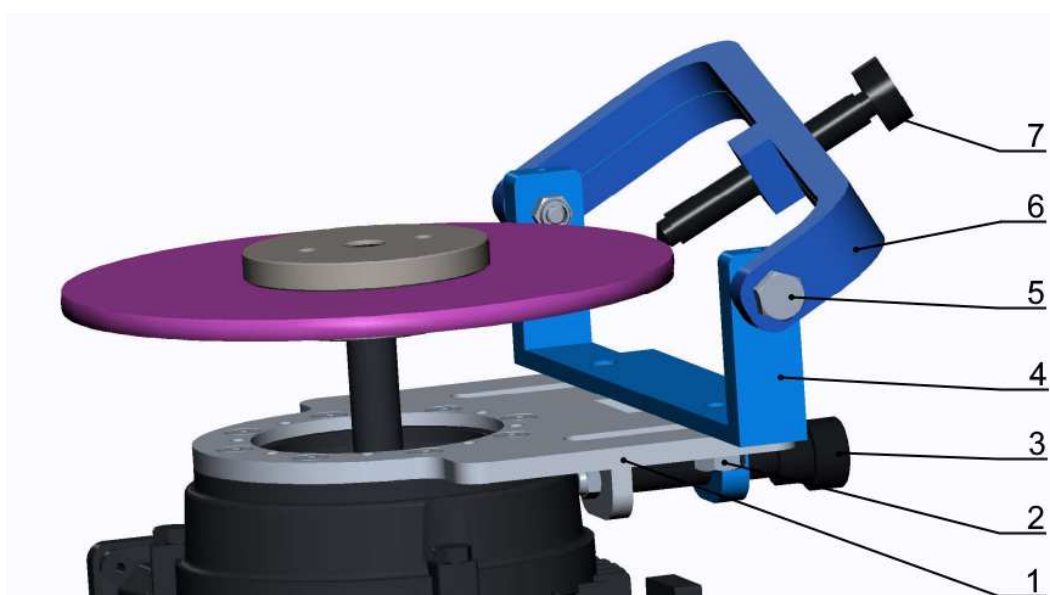
$D_{kp}$  ... vnější průměr upínací příruby keramického kotouče

Šířka mezikruží upínací příruby keramického kotouče je 10 mm.

## 2.9 Orovnávání kotouče

Vzhledem k tomu, že v tomto zařízení lze brousit keramickým kotoučem, je nutné zajistit orovnávací mechanismus pro obnovení řezivosti a požadovaného tvaru.

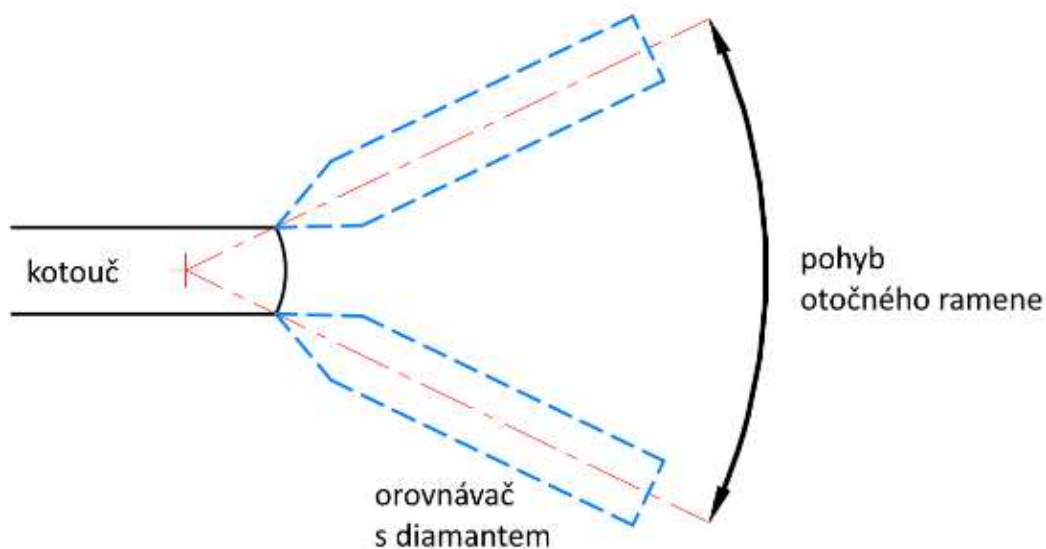
Pro orovnění keramického kotouče je použit koncept orovnávacího mechanismu na základě řešeného zařízení, který je ovšem upraven pro potřeby návrhu. Mechanismus se skládá z diamantového orovnávače (7), otočného ramene (6), posuvového šroubu (3), posuvného dílu (4) a pevné desky (1) viz obr. 2.17. Pevná deska je přišroubována k přírubě motoru. V desce jsou vytvořené drážky sloužící pro pohyb posuvného dílu. Diamantový orovnávač má v sobě 0,5 karátový syntetický diamant [49].



**Obr. 2.17** – Orovnávací mechanismus

1 – deska, 2 – šroub, 3 – posuvový šroub, 4 – posuvný díl, 5 – excentrický šroub,  
6 – otočné rameno, 7 – orovnávač

Požadovaný tvar (poloměr 6 mm až 25 mm) orovnění kotouče se vytváří pomocí orovnávače, který je zašroubován do otočného ramene. Šroubováním orovnávače v rameni se mění požadovaný poloměr orovnění. Samotné orovnávací mechanismus probíhá otáčením otočným ramenem pohybem nahoru a dolů viz obr. 2.18. Otočné rameno je uloženo pomocí excentrického šroubu (5) (k nastavení správné výšky vůči kotouči) v posuvném díle viz obr. 2.17. Vzhledem k tomu, že se keramický kotouč při broušení spotřebovává a zmenšuje, musí být zajištěno přisunutí a odsunutí diamantu vůči kotouči. Tento posun orovnávacího mechanismus zajišťuje posuvový šroub, pomocí kterého se posuvný díl pohybuje v drážkách v pevné desce.

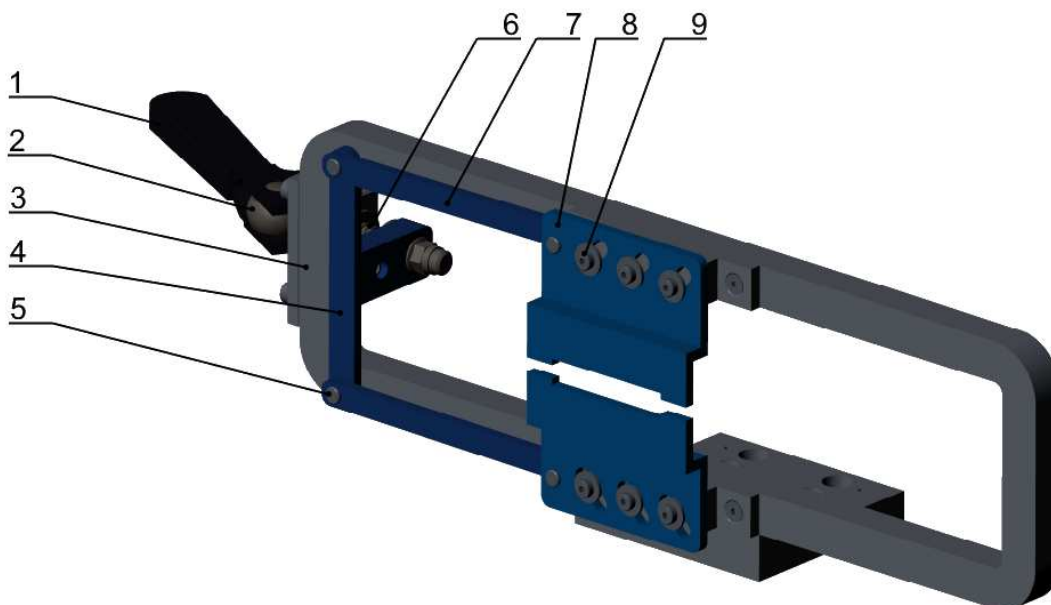


**Obr. 2.18** – Orovnávání brusného kotouče

## 2.10 Upínání brusle

Pro správnost nabroušení brusle je nezbytné, aby byl nůž pevně upnutý a správně vycentrován (vystředěn) vůči kotouči. K dosažení správného vycentrování je upínací mechanismus v této práci navržen jako samocentrovací. Díky tomu odpadá problém, který nastává s rozdílnými tloušťkami nožů a jejich vycentrováním. Upínací mechanismus je namontován na nosný rám. (obr. 2.19) Tento rám je vyroben z hliníkové desky. Nosný rám společně s upínacím mechanismem bude dále nazýván jako držák brusle.

Samotný upínací mechanismus se skládá z excentrické páky, soustavy táhel, upínacích čelistí, čepů a vodících šroubů. Excentrická páka je složena z rukojeti (1), vodícího pístu (2), pružiny (6) a podložek. Vodící píst má na svém konci vytvořený závit. Píst páky je provléknut skrz vodící díru v nosném rámu (3), připojen ke spojovacímu členu (4) a zajištěný maticí. Mezi rám držáku a spojovací táhlo je vložena pružina páky. Tato pružina zajišťuje odtažení čelistí při povoleném stavu páky. Spojovací člen je prostřednictvím čepů (5) připojen k dvěma táhlům (7). Každé táhlo je čepem spojeno s upínacími čelistmi (8). V upínacích čelistích jsou vytvořené tři oválné drážky, skloněné pod úhlem 45°. V těchto drážkách mohou být uložena ložiska nebo čtvercové matice. Těmito prvky se prostrčí vodící šrouby (9), které se přišroubují do nosného rámu. Díky tomuto mechanismu je možné přenášet vodorovný pohyb pístu excentrické páky na svislý pohyb čelistí, a tím dosáhnout pevného upnutí brusle.



**Obr. 2.19 – Držák brusle**

*1 – rukojeť páky, 2 – píst páky, 3 – rám, 4 – spojovací člen, 5 – čep, 6 – pružina, 7 – táhlo, 8 – upínací čelist, 9 – vodící šroub*

## 2.11 Rám a krytování

Vzhledem k tomu, že je zařízení navrženo jako otevřené, je krytování a rám zařízení v této práci zpracované pouze jako návrh. Tato práce se také nezabývá umístěním elektroinstalace a elektronických ovládacích prvků, konstrukce rámu a umístění, tvar či velikost krytů by se při přidání těchto prvků mohla lišit.

### 2.11.1 Rám

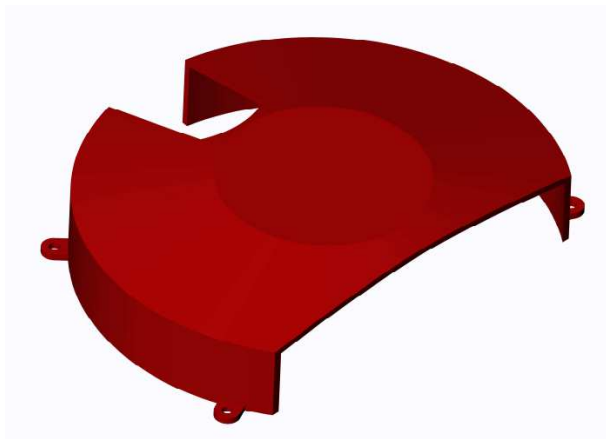
Při výběru konstrukce rámu bylo vybíráno ze dvou možností. První možností byl rám vytvořený ze svařovaných tyčí. Druhou variantou byl rám tvořený hliníkovými profily stavebnicového systému. Z důvodu zjednodušení výroby a montáže byl zvolen stavebnicový profil firmy Bosch Rexroth s. r. o. Tato firma nabízí široký sortiment profilů a příslušenství, které bude využito při montáži rámu. Profil má čtvercový průřez o rozměrech 30 x 30 mm a s šířkou drážky 8 mm. Rám se zařízením je uložen na pružných podporách k zamezení přenosu vibrací. Konstrukce rámu je vidět na obr. 2.20.



*Obr. 2.20 – Rám z hliníkových profilů*

### 2.11.2 Krytování

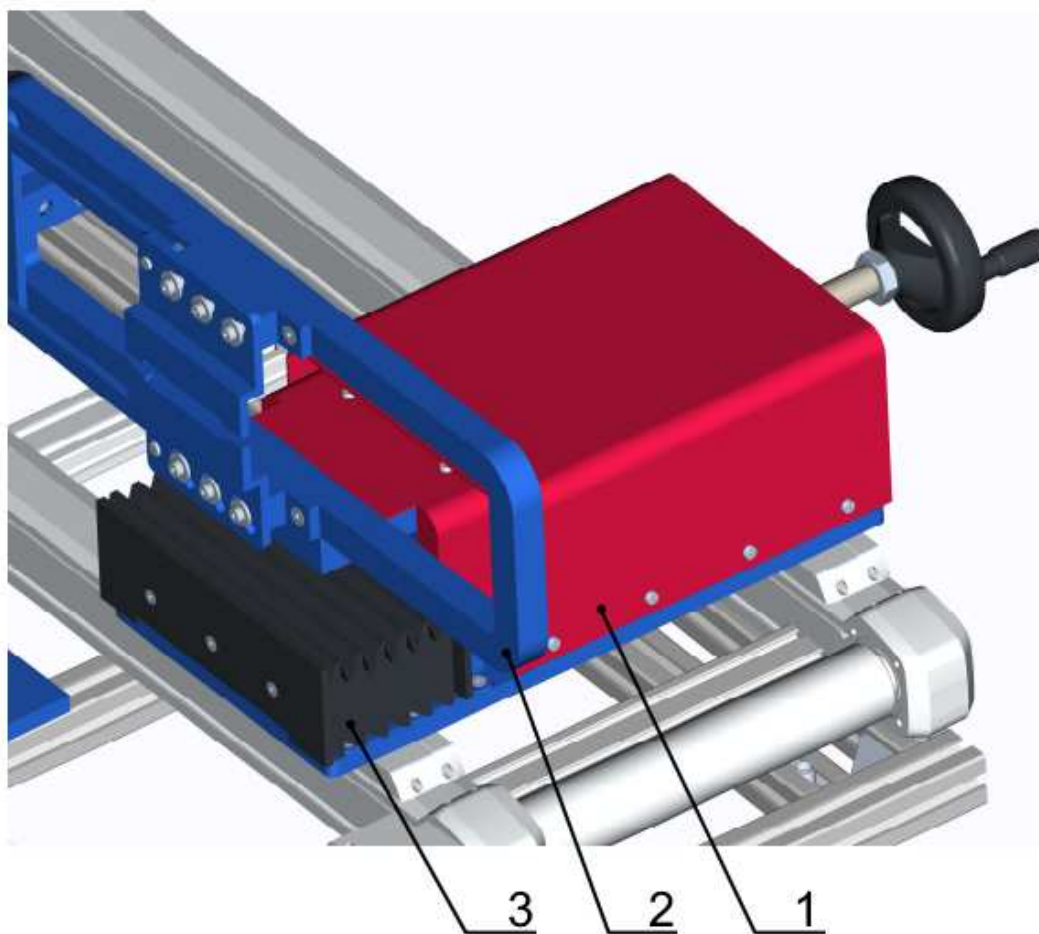
Při broušení může keramický brusný kotouč prasknout a roztrhnout se. Toto prasknutí může být způsobeno vadou v kotouči, příliš rychlým najetím broušeného dílu do kotouče a při dalších nežádoucích faktorech. Pro zajištění bezpečnosti a ochrany obsluhy zařízení před roztrhnutím a úlomky keramického kotouče je brusný kotouč opatřen ochranným krytem. Kryt je vytvarován a svařený ze dvou plechů viz obr. 2.21.



*Obr. 2.21 – Kryt kotouče*

Dále je potřeba pro bezpečnost a zajištění správné funkce zařízení zakrýt prostor lineárního vedení. Při broušení totiž vzniká poměrně značné množství prachu, a ačkoliv je lineární vedení s vozíky opatřené těsněním, je zapotřebí minimalizovat možnost kontaminace vedení prachem.

Osy podélného pojezdu jsou už od výrobce dodávány zakryté. U příčného pojezdu je ovšem nutné zakrýt přední a zadní prostor vedení (obr. 2.22). Pro uchycení krytů se na základovou desku přimontují hliníkové profily. V případě řešení zakrytí zadního prostoru (1) se na držák brusle (2) a hliníkový profil na základové desce přišroubují krycí plechy. Plechy připevněné k základové desce jsou pevně a nepohybují se. Plechy umístěné na držáku se posouvají společně s pohybem vozíků. Při pohybu lineárních vozíků s držákem brusle se plechy zasouvají do sebe, a tím je zajištěno zakrytí zadního prostoru příčného vedení. Ochrana předního prostoru (3) příčného pojezdu je řešena krycím měchem od firmy Hennlich s. r. o (dále jen Hennlich). Tento výrobce nabízí výběr dle požadovaných rozměrů a parametrů. Při dimenzování byly použity parametry a výpočty z katalogu Hennlich [50]. Měch je uložen na vodících profilech, které jsou připevněny k základové desce. Na každém konci měchu se nachází příruby, které se zašroubují na konec příčného pojezdu a na držák brusle.



**Obr. 2.22 – Zakrytí příčného pojezdu**

*1 – krycí plechy zadního prostoru, 2 – držák brusle, 3 – krycí měch*



Dle katalogu [50] je nejprve nutné určit materiál měchu. V tomto případě je zvolen materiál Nomex. Tento materiál je schopen krátkodobě snést teploty až k 300°C, a tím případně odolávat dopadajícím jiskrám z broušení. Tloušťka tohoto materiálu je  $S_t = 0,4$  mm a tloušťka PVC rámečku měchu  $T = 1$  mm. [50] Následně je možné spočítat minimální délku jednoho skladu  $S_p$  (2.25).

$$S_p = (6 \cdot S_t) + T = (6 \cdot 0,4) + 1 = 3,4 \text{ mm} \quad (2.25)$$

Při plném vysunutí příčného pojezdu musí měch zakrývat prostor o délce  $L_{\max} = 110$  mm. Hloubka skladu měchu je zvolena  $F_t = 15$  mm. Dále je potřeba určit počet skladů měchu  $n$  (2.26).

$$n = \left[ \frac{L_{MAX}}{(2 \cdot F_t) - 7} \right] + 2 = \left[ \frac{110}{(2 \cdot 15) - 7} \right] + 2 = 6,78 \Rightarrow n = 7 \quad (2.26)$$

Minimální délka měchu je délka, na kterou je možné měch úplně stlačit, bez případného poškození měchu. Tloušťka příruby je  $E = 5$  mm. Pro zvýšení odolnosti proti dopadajícím jiskrám jsou na vnějším povrchu měchu umístěné ochranné lamely.

$$L_{min} = n \cdot (0,5 + S_p) + (2 \cdot E) = 7 \cdot (0,5 + 3,4) + (2 \cdot 5) = 37,3 \text{ mm} \quad (2.27)$$

Minimální délka měchu  $L_{\min}$  při takto zvolených parametrech je 37,3 mm.

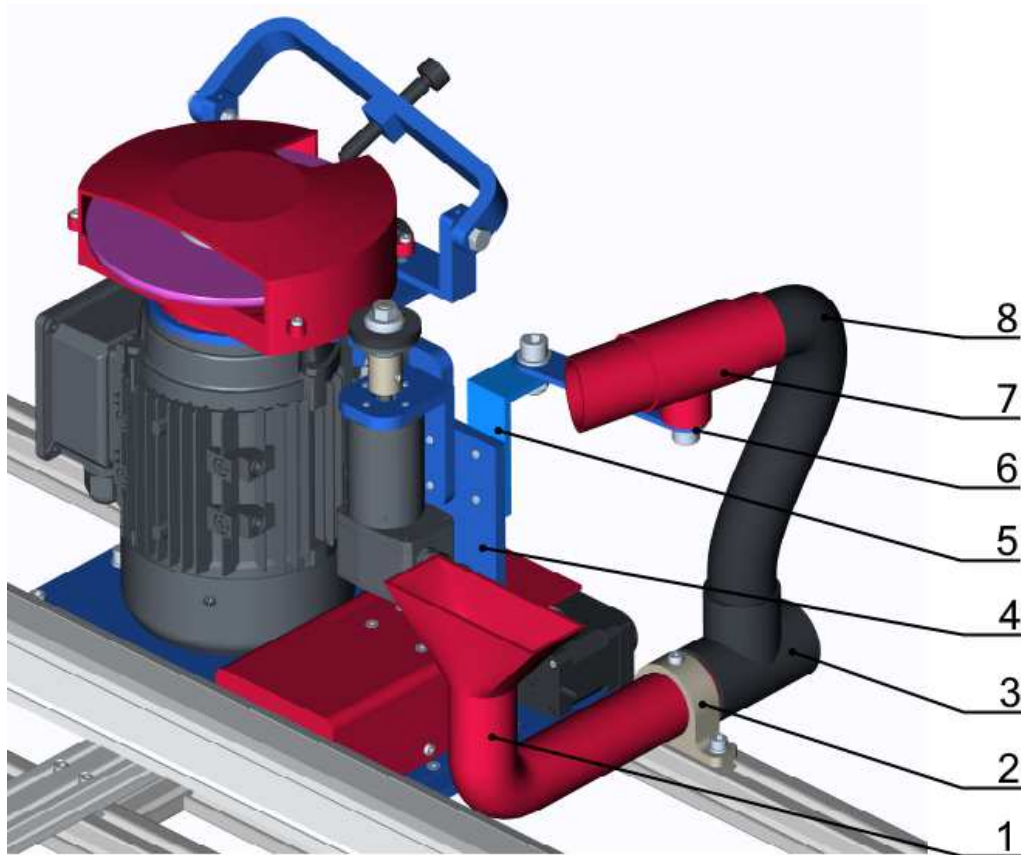
Zakrytí vedení polohovacího stolu bude řešeno obdobně jako u zadního prostoru příčného pojezdu, a to plechy zasouvajícími se do sebe.

## 2.12 Odsávání

Při procesu broušení proniká do prostoru značné množství prachu a zplodin z broušeného materiálu a brusného kotouče. Tento prach může být zdraví nebezpečný obsluze zařízení. Proto je nutné zajistit odvod tohoto prachu pomocí odsávání. Odvod brusného prachu v tomto zařízení je proveden pomocí odsávacích sběračů (obr. 2.23). Důvodem zvolení tohoto způsobu je zachytit brusný prach co neblíže od zdroje jeho vzniku. Ke každému sběrači jsou přivedené trubice, které se sdružují do rozbočovače (3), do kterého je možné následně připojit externí odsávací jednotku.

První sběrač s trubicí (1) je uchycen do upínací příruby (2), připojené k rámu zařízení. Druhý sběrač (7) připojený k odsávací trubicí (8) se nachází v držáku na otočném rameni (6), které je pomocí úhelníku (5) připojeno k upínací desce (4) polohovacího

stolu. Pozice odsávacího ramene se sběračem je v určitém rozsahu nastavitelná dle potřeby.



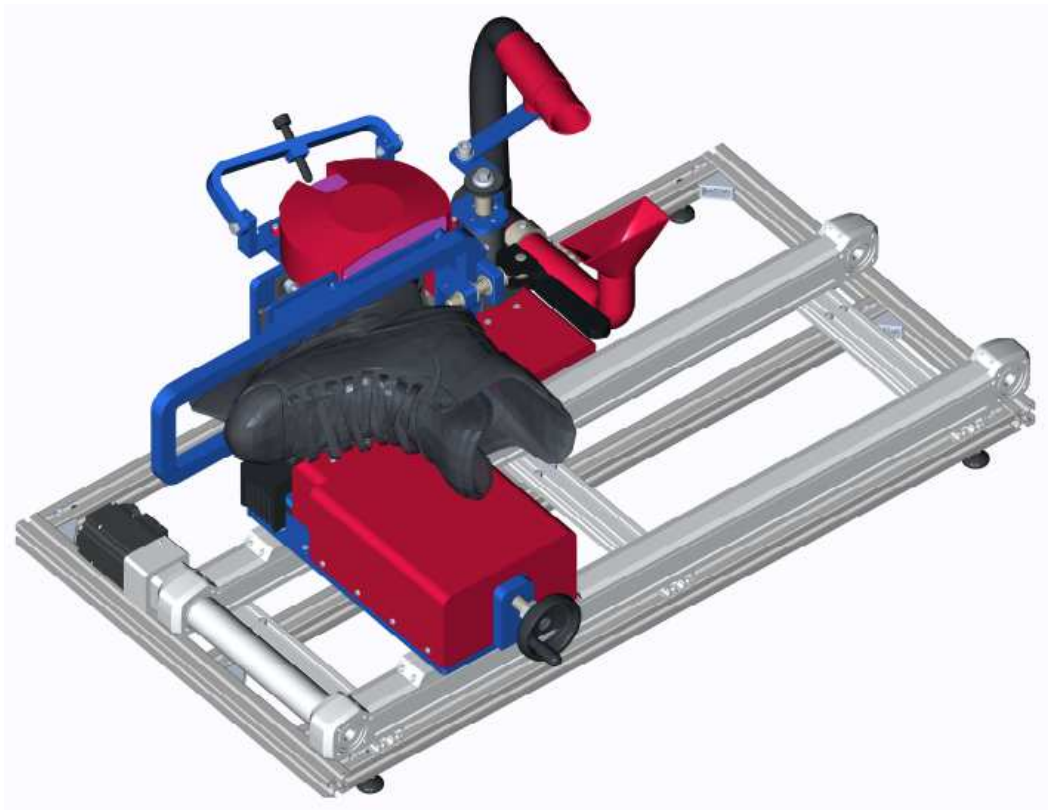
**Obr. 2.23** – Odsávání zařízení

*1 – sběrač s trubicí, 2 – upínací příruba, 3 – rozbočovač, 4 – upínací deska, 5 – úhelník, 6 – otočné rameno, 7 – držák se sběračem, 8 – odsávací trubice*

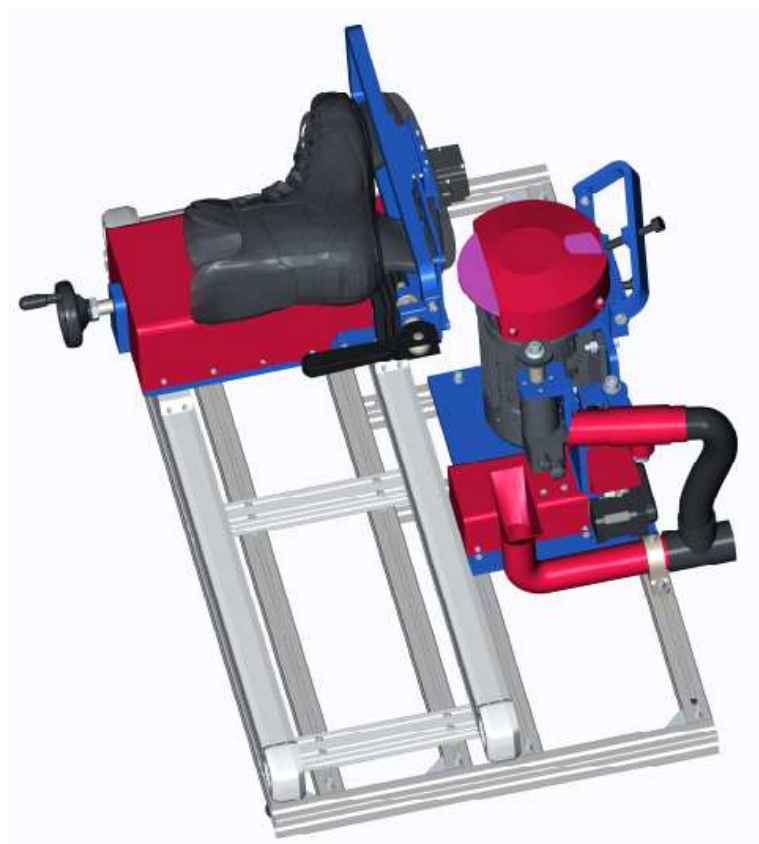
## 2.13 Model zařízení

Na obr. 2.24 a 2.25 je zobrazen model navrženého zařízení vytvořený v softwaru Creo Parametric.





*Obr. 2.24 – Model sestavy brousícího zařízení (1)*

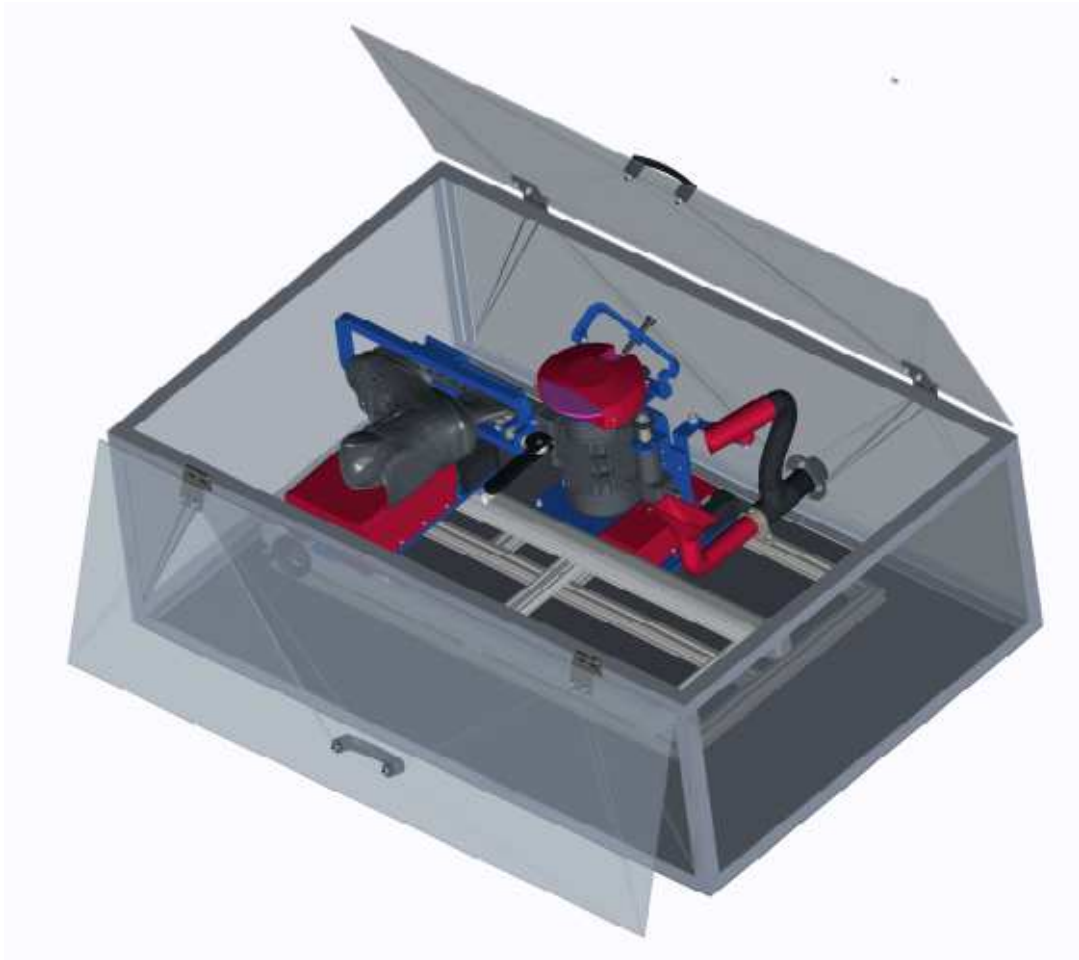


*Obr. 2.25 – Model sestavy brousícího zařízení (2)*

## 2.14 Skříň zařízení

Výše navržené otevřené zařízení je zcela funkční. Ovšem pro zamezení průniku prachu a ochranu obsluhy před vdechnutím zplodin z broušení je celá sestava uložena do uzavřené skříně (obr. 2.26). Ve skříni je umístěna odsávací příruba s trubicí. Po vložení sestavy zařízení do skříně je možné připojit rozbočovač pomocí trubice k odsávací přírubě a z venkovní strany skříně připojit k odsávací přírubě externí odsávací jednotku.

Skříň je tvořená základnou z ocelového plechu, rámem z hliníkových profilů a polykarbonátovými deskami. Na horní straně skříně je umístěna dvojice dvířek, které jsou uloženy na pantech a opatřené držadlem. Při otevření dvířek je možné vložit a upnout brusli, nastavit zařízení pro broušení, zavřít dvířka a brousit.



*Obr. 2.26 – Uložení zařízení do skříně*

## 2.15 Návrh funkce

Před samotným broušením brusle je nutné stroj nastavit. Stroj je ve výchozí funkci a pozici nastaven na broušení keramickým kotoučem, tzn. že je diamantový kotouč zasunut mimo prostor broušení.

Prvním krokem je tedy zvolení, zda chce obsluha brousit keramickým nebo diamantovým kotoučem. Pokud chce obsluha brousit keramickým kotoučem, může pokračovat k dalšímu kroku. Pokud chce ovšem brousit diamantovým kotoučem, stiskne tlačítko pro volbu diamantového kotouče. Tím dojde k přepnutí stroje do režimu „diamant“ a k vysunutí diamantového kotouče do místa broušení. Při broušení keramickým kotoučem je v této části možné zapnout motor keramického kotouče a orovnat kotouč dle potřeby.

Druhým krokem je upnutí brusle do upínacích čelistí. Obsluha pomocí upínací páky rozevře čelisti a vloží brusli. Po vložení brusle do čelistí může obsluha pomocí páky čelisti sevřít a upnout tak brusli.

Dalším krokem je nastavení příčné dorazové polohy nože. Tuto polohu nastavuje obsluha pomocí otočné kličky. Pro přesnější určení dorazové polohy je možné pomocí ovládacího panelu pohybovat s bruslí také podélně.

Po nastavení dorazové polohy je možné pomocí ovládacího tlačítka spustit funkci ostření. Stroj se vrátí do výchozí pozice v podélném směru, příslušný kotouč se roztočí a začne brousící cyklus. Brusle se pohybuje podél kotouče v jednom směru do krajní pozice a poté zpět. Po vrácení do výchozí polohy je možné cyklus opakovat dle potřeby.

Po dokončení broušení obsluha vypne stroj, odsune otočnou kličkou brusli od kotouče. Pomocí upínací páky rozevře čelisti, vyndá brusli, začistí a zkontroluje broušenou plochu a broušení je hotovo.

### 3 Závěr

V době psaní této práce nebyla v českém prostředí k dispozici odborná práce, která by obecně shrnovala informace o broušení bruslí. Proto byla tato problematika shrnuta v úvodní části této bakalářské práce. Následně byla provedena rešerše zařízení, kde byla popsána jednotlivá zařízení a jejich funkce.

Cílem této práce bylo navrhnout poloautomatické zařízení na broušení bruslí. Prvním krokem při návrhu bylo určení typů použitých kotoučů a jejich pohonu. Dále určit řešení pohybu brusle vůči kotouči, zajistit možné orovnávaní keramického kotouče a určit, jak bude zajištěno pevné a správné upínání kotoučů a brusle. Následně navrhnout jaké bude řešení nosného rámu, krytování a odsávání brusného prachu z prostoru broušení. Na závěr byla popsána obsluha a funkce zařízení.

Na navrženém zařízení je možné brousit brusle dvěma typy kotoučů, keramickým a diamantovým. Díky tomu odpadá potřeba vlastnit jinak dva samostatné stroje. Zařízení je určené pro ostření bruslí, tzn. pro vytvoření a obnovu požadovaného tvaru žlábků nože. Brusle se po ručním nastavení stroje pohybuje automaticky podél kotouče, přítlak brusle ke kotouči je zajištěn tlačnou pružinou.

Z praktického hlediska jsou velmi důležitými parametry zařízení výsledná hmotnost zařízení a rozměry zastavěného prostoru. Parametry navrženého zařízení byly určeny z modelu v softwaru Creo Parametric. Výsledná hmotnost je přibližně 25 kg. Zastavěný prostor je délky 1100 mm, šířky 700 mm a výšky 400 mm. Na zařízení lze brousit nože s délkou až 310 mm, výškou 20 mm a tloušťkou 5 mm. Pomocí orovnávaní lze prostřednictvím keramického kotouče brousit poloměr žlábků od 6 mm do 25 mm.

Úkolem práce bylo také zpracovat technickou dokumentaci. Technická dokumentace zařízení je zpracována formou výkresů sestav jednotlivých technologicko-konstrukčních uzlů.

Při návrhu jednotlivých technologicko-konstrukčních uzlů bylo vycházeno i z funkčních prvků jiných zařízení. Vzhledem k tomu, že se v této práci jedná především o návrh koncepce zařízení, jsou některé části zařízení zjednodušené. Pro detailnější návrh by bylo vhodné práci doplnit o návrh elektronických a ovládacích prvků. Pro ověření správnosti a funkčnosti návrhu by bylo nejvhodnější zhotovit prototyp zařízení.

## Použitá literatura

- [1] DU PLESSIS, Andrew. *Low temperature plasma surface modification of stainless steels for ice sliding applications*. University of Birmingham, 2012. Dostupné z: [https://etheses.bham.ac.uk/id/eprint/3456/1/DuPlessis\\_12\\_MRes.pdf](https://etheses.bham.ac.uk/id/eprint/3456/1/DuPlessis_12_MRes.pdf).
- [2] ŠÍR, Vladan. Jejich domovem je Skandinávie. Kdy a proč vznikly brusle na led? online. 2018. In: *Lidovky.cz*. Dostupné z: [https://www.lidovky.cz/relax/zajimavosti/jejich-domovem-je-skandinavie-kdy-a-proc-vznikly-brusle-na-led.A180219\\_143359\\_In\\_kultura\\_ape](https://www.lidovky.cz/relax/zajimavosti/jejich-domovem-je-skandinavie-kdy-a-proc-vznikly-brusle-na-led.A180219_143359_In_kultura_ape). [citováno 2023-12-16].
- [3] ICE SKATING GURU. Who Invented Ice Skating? (The History Of Ice Skating). online. 2022. In: *Ice Skating Guru*. Dostupné z: <https://iceskatingguru.com/the-history-of-ice-skating/>. [citováno 2023-12-17].
- [4] HOKEJMAN.CZ. Vše o bruslích. online. In: *Hokejman.cz*. Dostupné z: <https://hokejman.cz/vse-o-bruslich/>. [citováno 2023-12-16].
- [5] WIKIBOOKS CONTRIBUTORS. Wikijunior:How Things Work/Ice Skates. online. In: *Wikibooks*. Dostupné z: [https://en.wikibooks.org/wiki/Wikijunior:How\\_Things\\_Work/Ice\\_Skates](https://en.wikibooks.org/wiki/Wikijunior:How_Things_Work/Ice_Skates). [citováno 2023-12-11].
- [6] HOKEJMAX. Hokejové brusle Bauer Supreme 3S SR. online. In: *Hokejmax.cz*. Dostupné z: [https://www.hokejmax.cz/hokejove-brusle-bauer-supreme-3s-sr-1057172?gad\\_source=1&gclid=Cj0KCQjwgJyyBhCGARIsAK8LVLOh92sILoGks2wuUmWYYe0R4NqytYHxel4IZXS2z7bw9XCR0aLRq0EaAmzPEALw\\_wcB](https://www.hokejmax.cz/hokejove-brusle-bauer-supreme-3s-sr-1057172?gad_source=1&gclid=Cj0KCQjwgJyyBhCGARIsAK8LVLOh92sILoGks2wuUmWYYe0R4NqytYHxel4IZXS2z7bw9XCR0aLRq0EaAmzPEALw_wcB). [citováno 2024-05-17].
- [7] MTSCO. What kind of steel does ice skate use? online. In: *MTSCO: Stainless Steel Pipe/Tube/Tubing, Flange, Pipe fitting*. Dostupné z: [https://www.mtstainlesssteel.com/what-kind-of-steel-does-ice-skate-use\\_newsview250.html](https://www.mtstainlesssteel.com/what-kind-of-steel-does-ice-skate-use_newsview250.html). [citováno 2023-12-11].
- [8] SPORTS EXCELLENCE. What To Look For When Choosing Your Hockey Skate Blade. online. In: *Sports Excellence*. Dostupné z: <https://sportsexcellence.com/blogs/guides/what-to-look-for-when-choosing-your-hockey-skate-blade>. [citováno 2023-12-17].
- [9] HOKEJMAX. Hokejové nože Bauer Tuuk LS Pulse TI XL Edge. online. In: *Hokejmax.cz*. Dostupné z: <https://www.hokejmax.cz/hokejove-noze-bauer-tuuk-ls-pulse-ti-xl-edge-1061404>. [citováno 2024-05-17].

- [10] BLADETECH HOCKEY. All Skate Blades - Black Diamond DLC Steel. online. In: *Bladetech Hockey*. Dostupné z: <https://bladetechhockey.com/products/black-diamond-dlc-steel-for-all-skate-models>. [citováno 2023-12-11].
- [11] IONBOND CZECHIA, S.R.O. DLC povlaky. online. In: *Ionbond*. Dostupné z: <https://povlakovani-ionbond.cz/dlc-povlaky>. [citováno 2023-12-16].
- [12] MCKENZIE, Andrew. *The Effect of Skate Blade Radius of Contour and Radius of Hollow on Skating Performance in Male Ice Hockey Players*. 2012. Dostupné z: [https://dr.library.brocku.ca/bitstream/handle/10464/4068/Brock\\_McKenzie\\_Andrew\\_2012.pdf?sequence=1&isAllowed=y](https://dr.library.brocku.ca/bitstream/handle/10464/4068/Brock_McKenzie_Andrew_2012.pdf?sequence=1&isAllowed=y).
- [13] ICE WAREHOUSE. How to Select a Hockey Skate Blade and Holder. online. In: *Ice Warehouse*. Dostupné z: [https://www.icewarehouse.com/lc/skates/How\\_to\\_Size\\_a\\_Hockey\\_Skate\\_Blade\\_and\\_Holder\\_\\_\\_Ice\\_Warehouse.html](https://www.icewarehouse.com/lc/skates/How_to_Size_a_Hockey_Skate_Blade_and_Holder___Ice_Warehouse.html). [citováno 2023-12-17].
- [14] EDGEHOGS. Sharpening Style. online. In: *Edgehogs Canada*. Dostupné z: <https://edgehogs.ca/sharpening-style/>. [citováno 2023-12-16].
- [15] RON CHISHOLM. Radius of Hollow or Hollow Grind for Ice Hockey Skates. online. In: *Salem skates*. Dostupné z: <https://salemskates.com/hollowgrind.html>. [citováno 2023-12-14].
- [16] HOKEJNET.CZ. Broušení bruslí. online. In: *hokejnet.cz*. Dostupné z: <https://www.hokejnet.cz/brouseni-brusli/>. [citováno 2023-12-16].
- [17] RON CHISHOLM. Flat Bottom Form Dressing. online. In: *Salem skates*. Dostupné z: [https://salemskates.com/flat\\_bottom\\_form\\_dressing.html](https://salemskates.com/flat_bottom_form_dressing.html). [citováno 2023-12-14].
- [18] HTC TELČ. Chcete lépe bruslit. online. In: *Hockey Talent Center*. Dostupné z: <http://www.htctelc.com/chcete-lepe-bruslit.html>. [citováno 2023-12-12].
- [19] HOKEJLEVNĚ.CZ. Profilování bruslí. online. In: *HokejLevně.cz*. Dostupné z: <https://www.hokejlevne.cz/profilovani-brusli>. [citováno 2023-12-11].
- [20] HOKEJMAN.CZ. Co je profilování nožů? online. 2019. In: *Hokejman.cz*. Dostupné z: <https://hokejman.cz/zajimavosti/co-je-profilovani-nozu/>. [citováno 2023-12-16].
- [21] BAUER HOCKEY. Brusle BAUER BTH20 SUPREME 3S SKATE - INT. online. In: *Bauer Hockey*. Dostupné z: <https://www.bauerhockey.cz/brusle-bauer-bth20-supreme-3s-skate-int-1057162>. [citováno 2024-05-17].

- [22] NĚMEC, Dobroslav a kol. *Strojírenská technologie 3: Strojní obrábění*. První vydání. Řada strojírenské literatury. Praha: SNTL, 1979. ISBN DT 621.9.042 (075).
- [23] ŘASA, Jaroslav a Vladimír GABRIEL. *Strojírenská technologie 3 - 1. díl, Metody, stroje a nástroje pro obrábění*. 2. vyd. Praha: Scientia, 2005. ISBN 80-7183-337-1.
- [24] HLUCHÝ, Miroslav a Jan KOLOUCH. *Strojírenská technologie 1 - 1. díl, Nauka o materiálu*. 4., rev. vyd. Praha: Scientia, 2007. ISBN 978-80-86960-26-5.
- [25] RON CHISHOLM. Skate sharpening step by step process. online. In: *Salem skates*. Dostupné z: [https://salemskates.com/sharpening\\_process.html](https://salemskates.com/sharpening_process.html). [citováno 2023-12-16].
- [26] LOUGHRAN, Jim. Sharpen Your Ice Skates Like a Pro: Best Step-by-Step Guide. online. 2023. In: *PolyGlide Ice*. Dostupné z: <https://www.polyglidesyntheticice.com/blogs/news/how-to-sharpen-ice-skates>. [citováno 2023-12-17].
- [27] SPARX HOCKEY. *Manuál k brusce ES200 v českém jazyce*. Webové sídlo. Dostupné z: [https://hejdukспорт.blob.core.windows.net/hejdukспорт/ContentItems/5349\\_bruska-sparx-es200/uSbbWq/cz-sparx-skate-sharpeneres200-manual-k.docx](https://hejdukспорт.blob.core.windows.net/hejdukспорт/ContentItems/5349_bruska-sparx-es200/uSbbWq/cz-sparx-skate-sharpeneres200-manual-k.docx). [citováno 2023-12-16].
- [28] SPARX HOCKEY. Bruska Sparx | Osobní bruska na brusle | Sparx Hockey. online. In: *Sparx EU*. Dostupné z: <https://sparxhockey.eu/cs-cz/products/sparx-sharpener>. [citováno 2023-12-11].
- [29] SPARX HOCKEY. Kotouč Sparx s rádiusem | Brusné kotouče s dutým profilem. online. In: *Sparx EU*. Dostupné z: <https://sparxhockey.eu/cs-cz/products/1-2-radius-ring>. [citováno 2023-12-16].
- [30] PROSHARP AB. AS 1001- Portable ORIGINALNÍ NÁVOD. online. In: *ProSharp*. Dostupné z: <https://prosharp.com/file/navod-as1001-cze.pdf>. [citováno 2023-12-16].
- [31] PROSHARP AB. *ORIGINAL INSTRUCTIONS*online. ProSharp. Dostupné z: <https://www.prosharp.com/file/broschyroriginalinstructions-eng.pdf>.
- [32] BLADEMASTER. BRC2005 - 2-IN-1 COMBO SKATE SHARPENER (TRAVEL MODEL). online. In: *Blademaster*. Dostupné z: <https://blademaster.com/web/en/portable-machines/259-brc2005.html>. [citováno 2023-12-11].

- [33] BLADEMASTER. Documentation / Downloads - Blademaster. online. In: *Blademaster*. Dostupné z: <https://blademaster.com/web/img/cms/Educational/ISPO%202015.pdf>. [citováno 2023-12-16].
- [34] ALLEN, Robert H. a Blankenburg Karl VAN. *Skate Sharpening Fixture and Method of Use*. ALLEN, Robert H. a Blankenburg Karl VAN (vynálezce/vynálezci). Přihl.: 16. 6. 2004. Uděl.: 24. 11. 2005. CA2471111A1.
- [35] SSM PRODUKT AB. *Skate sharpener SSM-2 PRO*. 2019-08-09. Dostupné z: SSM Produkt, <https://ssmprodukt.com/produkt/skate-sharpener-ssm-2-pro/>. [citováno 2023-12-11].
- [36] SSM PRODUKT AB. *Instruction manuals*. Dostupné z: SSM Produkt, <https://ssmprodukt.com/wp-content/uploads/2020/12/SSM-2-pro-cz-web.pdf>. [citováno 2023-12-16].
- [37] KUBOŠEK, Vladimír. Brousící kotouč plochý 175x6x20 mm 98A 60 K 9 V. online. In: *vladkub.cz*. Dostupné z: [https://www.vladkub.cz/brousici-kotouc-plochy-brusivo-360313-/41361-3117-0915/-t1-175x6x20-mm?gad\\_source=1&gclid=Cj0KCQjwgJyyBhCGARIsAK8LVLOE1eiIliGeqsaPpG4v6ecVk9NFYCe-or0CFjLHnVZfOH3uY1xgzcYaAp98EALw\\_wcB](https://www.vladkub.cz/brousici-kotouc-plochy-brusivo-360313-/41361-3117-0915/-t1-175x6x20-mm?gad_source=1&gclid=Cj0KCQjwgJyyBhCGARIsAK8LVLOE1eiIliGeqsaPpG4v6ecVk9NFYCe-or0CFjLHnVZfOH3uY1xgzcYaAp98EALw_wcB). [citováno 2024-05-17].
- [38] HEJDUK SPORT. *Brusný kotouč Sparx ES100/ES200 Grinding Ring*. Webové sídlo. Dostupné z: <https://www.hejduksport.cz/cs/prislusenstvi/70961-brusny-kotouc-sparx-es100-grinding-ring-1700000110226.html>. [citováno 2024-05-17].
- [39] EMM SERVICE. ecoDrives FBS 71A-2 - AC motors with operating capacitor ++ EMM. online. In: *EMM SERVICE GmbH*. Dostupné z: <https://www.elektromotorenmarkt.de/elektromotoren/en/ShopDetailPage.shtml?catsku=95&produktsku=17648&SelectedPage=1&SCODE=aCfIRD>. [citováno 2024-05-09].
- [40] MAXON GROUP. EC 45 Ø45 mm, brushless, 150 Watt, with Hall sensors. online. In: *Maxon Group*. Dostupné z: <https://www.maxongroup.com/maxon/view/product/136204>. [citováno 2024-05-17].
- [41] DRAHOŇOVSKÝ, Tomáš. Krytí IP: stupně ochrany elektrických zařízení proti prachu a vodě. online. In: *ABB*. Dostupné z: <https://nizke-napeti.cz.abb.com/blog-kryti-ip-stupne-ochrany-elektricky-zarizeni-proti-19963>. [citováno 2024-05-17].
- [42] HUMÁR, Anton. *TECHNOLOGIE I TECHNOLOGIE OBRÁBĚNÍ – 3. část: Interaktivní multimediální text pro bakalářský a magisterský studijní program*. on-



- line. VUT-FSI v Brně, 2005. Dostupné z: [https://ust.fme.vutbr.cz/obrabeni/studijni-opory/Dokoncovaci\\_a\\_nekonvencni\\_metody\\_obrabeni/TI\\_TO-3.cast.pdf](https://ust.fme.vutbr.cz/obrabeni/studijni-opory/Dokoncovaci_a_nekonvencni_metody_obrabeni/TI_TO-3.cast.pdf).
- [43] ČEP, Robert. *Skripta z technologie II - 2. díl.* online. FS VŠB - Technická Univerzita Ostrava. Dostupné z: [https://homel.vsb.cz/~cep77/PDF/skripta\\_Technologie\\_II\\_2dil.pdf](https://homel.vsb.cz/~cep77/PDF/skripta_Technologie_II_2dil.pdf).
- [44] HIWIN. *Positioning System* online. HIWIN s.r.o. Dostupné z: <https://www.hiwin.cz/download/4ca4856a3f993562faa7aad80910c7eb>.
- [45] HIWIN. EM1-C-M-20-2-0-E-0-A. online. In: *HIWIN GmbH*. Dostupné z: <https://www.hiwin.de/en/Products/Servo-motors/Servo-motors-EM1/EM1-C-M-20-2-0-E-0-A/p/8-07-0191>. [citováno 2024-05-17].
- [46] HIWIN S.R.O. *Lineární vedení* online. HIWIN s.r.o. 2021. Dostupné z: <https://www.hiwin.cz/download/151dfac53255e0a6966d8f863096911a>.
- [47] GUTEKUNST FEDERN. Tlacené pružiny: VD-145DC. online. In: *Gutekunst Federn*. Dostupné z: [https://www.federnshop.com/cz/výrobek/tlacené\\_pružiny/vd-145dc.aspx](https://www.federnshop.com/cz/výrobek/tlacené_pružiny/vd-145dc.aspx). [citováno 2024-05-17].
- [48] MM ENGINEERING. Long motor positioning table lateral drive with motor MPT7512-AS-M. online. In: *MM Engineering GmbH*. Dostupné z: <https://www.mm-engineering.com/en/mpt7512-as-m.html>. [citováno 2024-05-09].
- [49] PARDUC. Diamond dresser. online. In: *Parduc*. Dostupné z: <https://www.parduc.com/en/diamond-dressing/diamond-dresser-m10x1-60-prosharp-compatible2>. [citováno 2024-05-17].
- [50] HENNLICH. *Krycí měchy* online. HENNLICH s.r.o. 2018. Dostupné z: <https://www.hennlich.cz/hennlichapi/media/Category/Kryc%3%ad%20m%4%9bchy.pdf>.

## Seznam příloh

Příloha 1	Sestava brousíčího zařízení	výkres
Příloha 2	Pojezd brusle	výkres
Příloha 3	Polohovací zařízení	výkres
Příloha 4	Orovnávací mechanismus	výkres
Příloha 5	Držák brusle	výkres
Příloha 6	Konstrukce rámu	výkres