



České vysoké učení technické v Praze

Fakulta strojní

Ústav technologie obrábění, projektování a metrologie

Návrh a výroba přípravku pro renovaci brzdových kotoučů

Bakalářská práce

Vypracoval: Matěj Vrána

Vedoucí práce: Ing. Zdeněk Pitrmuc

Studijní obor: Technologie, materiály a ekonomika strojírenství

2017/18



ZADÁNÍ BAKALÁŘSKÉ PRÁCE

I. OSOBNÍ A STUDIJNÍ ÚDAJE

Příjmení: **Vrána** Jméno: **Matěj** Osobní číslo: **457273**
Fakulta/ústav: **Fakulta strojní**
Zadávající katedra/ústav: **Ústav technologie obrábění, projektování a metrologie**
Studijní program: **Výroba a ekonomika ve strojírenství**
Studijní obor: **Technologie, materiály a ekonomika strojírenství**

II. ÚDAJE K BAKALÁŘSKÉ PRÁCI

Název bakalářské práce:

Návrh a výroba přípravku pro renovaci brzdových kotoučů

Název bakalářské práce anglicky:

Design and manufacturing of fixture for re-machining of brake discs

Pokyny pro vypracování:

1. Rešeršní činnost o požadavcích kvality povrchu a házivosti brzdových kotoučů
2. Rešerše materiálu brzdových kotoučů
3. Návrh koncepce přípravku
4. Optimalizace návrhu
5. Výroba optimální varianty

Seznam doporučené literatury:

Online katalogy distributorů autodílů

Jméno a pracoviště vedoucí(ho) bakalářské práce:

Ing. Zdeněk Pítrmuc, ústav technologie obrábění, projektování a metrologie FS

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

Datum zadání bakalářské práce: **09.04.2018**

Termín odevzdání bakalářské práce: **31.07.2018**

Platnost zadání bakalářské práce: _____

Ing. Zdeněk Pítrmuc
podpis vedoucí(ho) práce

Ing. Libor Beránek, Ph.D.
podpis vedoucí(ho) ústavu/katedry

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

III. PŘEVZETÍ ZADÁNÍ

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

24.4.2018
Datum převzetí zadání

Podpis studenta

Prohlášení

Prohlašuji, že jsem bakalářskou práci *Návrh a výroba přípravku pro renovaci brzdových kotoučů* vypracoval samostatně pod vedením pana Ing. Zdeňka Pitrmuce s využitím použité literatury uvedené ve zdrojích.

V Praze dne:

Podpis:

Poděkování

Rád bych poděkoval svému vedoucímu bakalářské práce panu Ing. Zdeňku Pitrmucovi, za jeho ochotu, čas, trpělivost a příkladné vedení při vypracovávání této práce. Dále bych rád poděkoval Ing. Janu Šimotovi za pomoc s měřením kotoučů.

Anotace

Tato bakalářská práce se zabývá návrhem a výrobou přípravku pro renovaci brzdových kotoučů. V teoretické části je popsán brzdový systém a jeho součásti. Dále jsou zde popsány požadované vlastnosti brzdových kotoučů a materiály, ze kterých se vyrábí. Dále se práce zabývá rešerší rozměrů brzdových kotoučů a následným navržením přípravku. Poslední část práce se týká výroby přípravku a testování podmínek při stáčení kotoučů.

Klíčová slova

Brzdový kotouč, šedá litina, přípravek, stáčení brzdového kotouče, házení

Annotation

The bachelor thesis is focused on design and manufacturing of fixture for re-machining of brake discs. Theoretical part describes braking system and parts of it. Next, there is a description of required properties of brake discs and materials used for manufacturing of them. In the next part, the thesis is focused on research of sizes of brake disc and following design of fixture. The last part is focused on manufacturing the fixture and testing the conditions during re-machining of brake discs.

Key words

Brake disc, grey cast iron, fixture, re-machining of brake disc, run out

Obsah

1. Úvod.....	8
2. Brzdový systém.....	9
2.1. Bubnová brzda	10
2.2. Kotoučová brzda	11
3. Požadavky na brzdový kotouč	13
3.1. Geometrické tolerance kotoučů.....	13
3.1.1. Čelní házení	13
3.1.2. Rovinnost.....	13
3.1.3. Tloušťka kotouče a měření diferenciální tloušťky.....	13
4. Materiály brzdových kotoučů	13
4.1. Šedá litina.....	14
4.2. Nerezová ocel 1.4541	14
4.3. Slitiny titanu	14
4.4. Slitiny hliníku.....	15
4.5. Karbon keramické kotouče	15
5. Obrábění litiny	16
5.1. Šedá litina.....	16
5.2. Nodulární litina	17
5.3. Temperovaná litina.....	18
5.4. Vermikulární litina	19
5.5. Izotermicky kalená nodulární litina	20
6. Průmyslové řešení stáčení kotoučů.....	21
7. Rozměry kotoučů.....	23
8. Návrh přípravku.....	25
8.1. Přípravek s centrováním pomocí šroubů.....	25
8.2. Přípravek s centrováním pomocí centrovacích kroužků	27

8.2.1.	Centrovací kroužky	28
8.2.2.	Přítlačná deska	29
8.2.3.	Matice	30
8.2.4.	Výroba	30
8.2.5.	Sestavování přípravku a příprava kotouče	31
9.	Zkoušení rezných podmínek	32
9.1.	Vliv upnutí na házení	36
10.	Závěr	40
11.	Zdroje	41
	Seznam příloh	43

1. Úvod

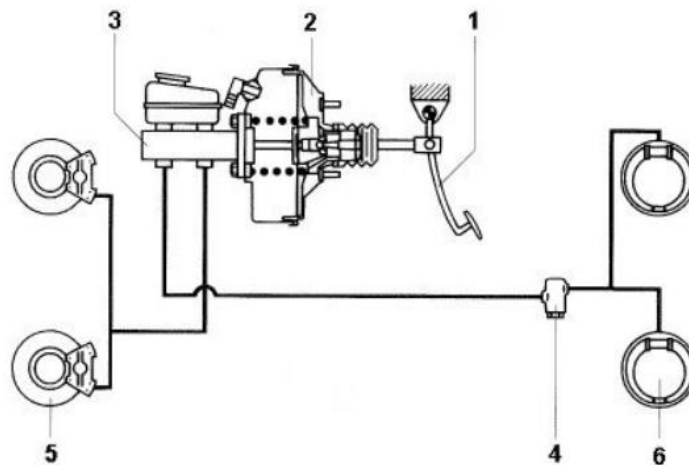
Tato bakalářská práce se zabývá návrhem a výrobou přípravku na renovaci brzdových kotoučů. Kotouče renovujeme kvůli tomu, že během jízdy automobilem dochází působením tření k opotřebování brzdových destiček a kotoučů. Třením může dojít až k deformaci kotoučů, což má negativní vliv na jejich brzdovou funkci. Dále může docházet k ztrátě rovinnosti, což může způsobit problémy. Dalším důvodem, kvůli kterému kotouče stáčíme je výskyt koroze. [1]

Z těchto důvodů je nutné kotouče stáčet. Dalším důvodem, proč stáčíme brzdové kotouče je ten, že brzdové destičky se rychleji opotřebávají, Abychom zajistili, že plocha brzdových destiček bude přesně dosedat na kotouč, musíme daný kotouč stočit. Kotouče vydrží zhruba 2–3krát déle než brzdové destičky. [2]

V dnešní době existuje více způsobů, jakými lze brzdové kotouče stáčet. Jednou z metod je pomocí stáčečky. Stáčečka může kotouč stáčet buď přímo na automobilu, nebo samostatně. Tento způsob renovace by měl být poměrně přesný, avšak pořizovací náklady jsou výrazně vyšší než při výrobě přípravku. Dalším způsobem je stáčení pomocí soustruhu. Většina způsobů stáčení kotouče na soustruhu, které jsem viděl, mi přišla poměrně nepřesná, z toho důvodu jsem se rozhodl vytvořit přípravek, který zajistí přesné stáčení kotouče. Snažil jsem se vytvořit jednoduchý přípravek, který by bylo možné použít na univerzálních konvenčních soustruzích, které se běžně používají v dílnách. [13,14]

2. Brzdový systém

Brzdy slouží k spolehlivému zpomalování automobilu, přibrzdění až zastavení. Principem této činnosti je tření rotující části a třecího brzdného členu. Během tohoto procesu se kinetická energie mění na teplo. V automobilech se používají hydraulické brzdy. Tento systém se skládá z 1, brzdového pedálu 2, posilovače 3, dvouokruhového hlavního válce s nádobkou 4, brzdového potrubí, omezovače brzdového tlaku 5, brzd přední nápravy 6, brzd zadní nápravy [3]



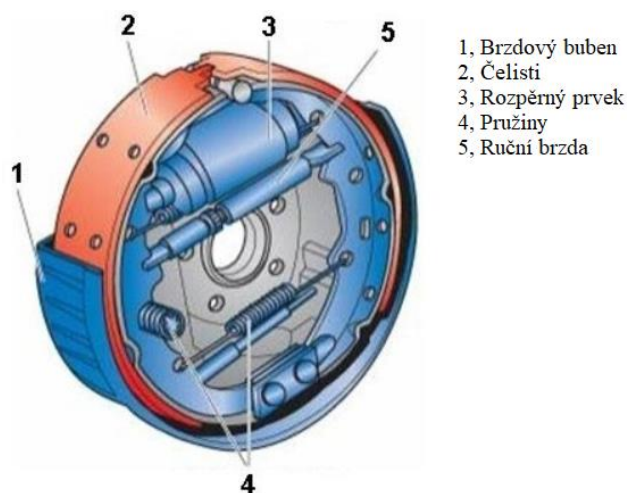
Obrázek 1: Brzdový systém [3]

Kvůli bezpečnosti se v dnešní době využívají výhradně dvou okruhové brzdové systémy. Je to z toho důvodu, že pokud dojde k poruše v jednom okruhu, auto je stále schopné zastavit. Existuje více druhů zapojení, mezi ně můžeme například zařadit zapojení HH, kde jsou okruhy zdvojené a oba brzdí obě nápravy. Další způsob je řešení X, jinak řečeno diagonální, kde každý okruh ovládá křížem jedno přední a jedno zadní kolo. Způsob LL je velmi podobný způsobu X, rozdíl je pouze v tom, že LL ovládá přední a zadní kolo na jedné straně. U zapojení II jsou okruhy rozdělené pro přední a pro zadní nápravu. Posledním způsobem je zapojení HI, kde je jeden okruh pro obě nápravy a druhý je zde pouze záložní. [3]

K přenosu síly dochází na principu Pascalova zákona. Poté, co řidič zatlačí na brzdový pedál, je síla přenesena pomocí kapaliny až na brzdu kola. Hydraulická brzda může pracovat až s tlakem 18MPa. Díky tomu je možné, aby součásti systému byly malé. Kapalina je téměř nestlačitelná a vůle brzd jsou malé, z toho důvodu roste tlak rychle a tím umožňuje rychlou odezvu brzd. [3]

2.1. Bubnová brzda

Jedná se o konstrukčně starší typ brzdy. Dříve se tento typ brzd používal na obě nápravy. V dnešní době se využívá pouze na zadní nápravy levnějších automobilů. Pracuje na principu tření brzdových čelistí na vnitřní stranu brzdového bubnu. Brzdový buben je pevně zachycen k náboji a rotuje společně s kolem. Při uvolnění brzdového pedálu se čelisti vrátí zpátky pomocí pružiny. Čelisti jsou k bubnu přitlačovány pomocí rozpěrného prvku, který může být hydraulický (válec s pístem) nebo mechanický (rozpěrná páka v případě parkovací brzdy). Mechanicky se ovládá také ruční brzda. [3]



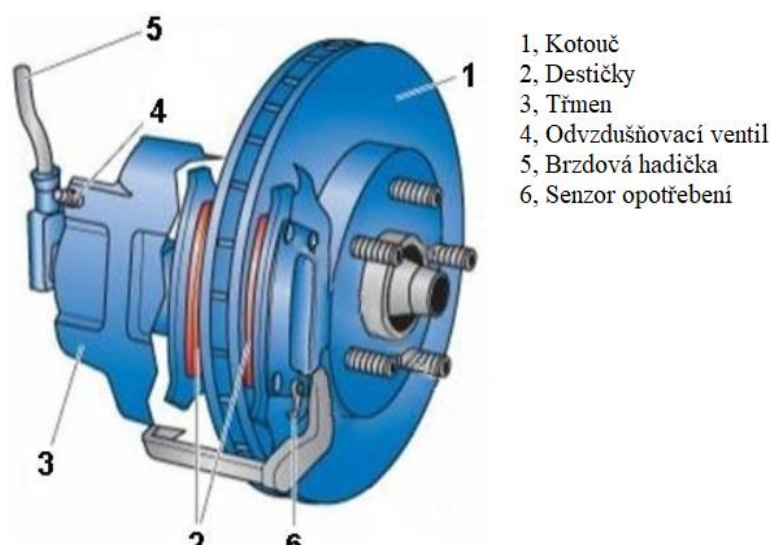
Obrázek 2: Bubnová brzda [3]

Bubnové brzdění dělíme podle toho, jestli mají čelisti jeden nebo dva společné válečky. Čelisti s jedním válečkem označujeme Simplex a čelisti se dvěma válečky Duplex, nebo Duo-Duplex. Brzdové bubny Simplex jsou jednodušší a levnější, jejich nevýhodou je výskyt jevu, který nazýváme úběžné čelisti. Tento jev vzniká tím, že vlivem rotačního pohybu je jedna čelist odtláčována bubnem, což vede ke snížení brzdícího účinku. Naopak druhá čelist je bubnem přitlačována, což napomáhá brzdění. Kvůli tomuto jevu byl vyvinut systém Duplex, kde jsou čelisti přitlačovány na obou stranách, díky čemuž v podstatě vznikly dvě náběžné čelisti. [3]

Během brzdění dochází ke vzniku točivého momentu. Ten má tendenci vtahovat náběžnou čelist do bubnu, čímž dochází k zesílení brzdícího účinku. Tím vzniká tzv. samozesílení, což je částečně výhodou, avšak musí se na to myslet při konstrukci, aby nedocházelo k zadírání brzdy. [3]

2.2. Kotoučová brzda

Hlavním principem je u tohoto typu brzd tření. Brzdným elementem je v tomto případě destička, která je přitlačována ke kotouči, který je spojen s kolem. Při sešlápnutí brzdového pedálu dochází k tomu, že hydraulická kapalina působí na brzdový píst a ten na destičky. Kotoučová brzda se skládá z kotouče, destiček, třmenu a někdy také senzoru opotřebení. Další součástí kotoučové brzdny je odvzdušňovací ventil, který se nachází v nejvyšším místě třmenu. Pomocí brzdové hadičky se ke kotouči dopravuje brzdová kapalina. [3]



Obrázek 3: Kotoučová brzda [3]

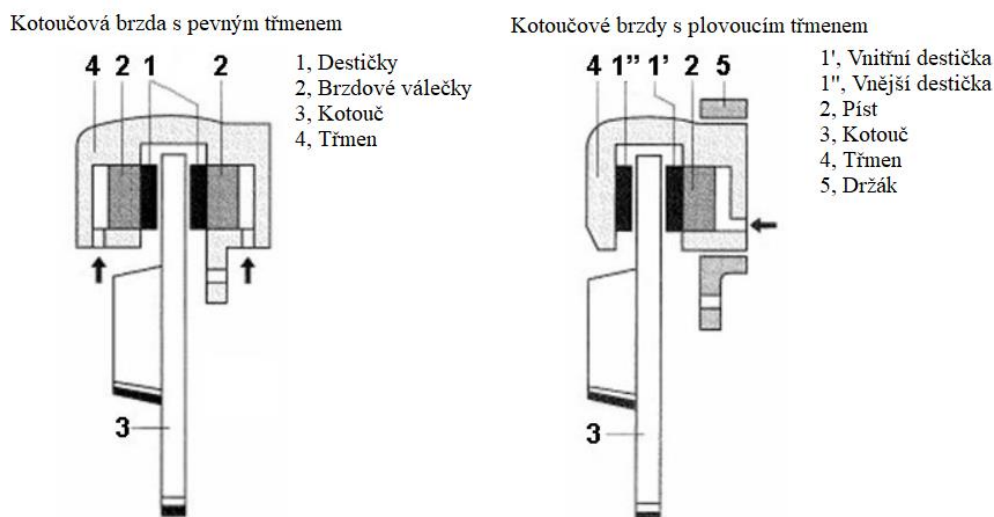
Během brždění vzniká vlivem tření teplo, které způsobuje zahřívání kotoučů. Z toho důvodu byly vynalezeny chlazené kotouče. Jedná se o dva tenké disky, které jsou spojené žebrováním, skrz které proudí chladicí vzduch. Z důvodu vzniku větší brzdné síly na přední nápravě se používají tyto disky především na ní. Dalším způsobem, kterým můžeme zlepšit vlastnost brzd je děrování. To pomáhá během deště odvádět vodu, což zlepšuje brzdny účinek. [3]

Jak již bylo zmíněno dříve, součástí kotoučové brzdny je brzdny třmen, který slouží pro uchopení destiček a také je v něm uložen brzdny píst. Pístů může být i více, to však bývá většinou u drahých nebo sportovních automobilů. Více pístů zlepšuje rovnoměrné rozvedení tlaku na plochu destičky. Další funkcí pístu je nastavovat vůli mezi kotouči a destičkami během klidového režimu, aby během jízdy nedocházelo k přibrždování. V dnešní době se používají samostavitelné písty, které udržují stejnou vůli i při opotřebení destiček a kotouče. [3]

Rozlišujeme dva základní typy kotoučových brzd – brzdy s pevným třmenem a brzdy s plovoucím třmenem. [3]

Kotoučové brzdy s pevným třmenem se většinou vyrábějí v provedení s dvěma nebo čtyřmi písty. Třmen je připevněn k závěsu kola a obklopuje kotouč z obou stran. Na obou stranách se nachází brzdové válečky, které leží v párech naproti sobě. Při brždění dochází k přitlačování obou protilehlých destiček ke kotouči. [3]

Kotoučové brzdy s plovoucím třmenem se skládají z držáku a plovoucího třmenu. Držák je připevněn na závěs kola, třmen má možnost pohybu a je veden zuby, nebo čepem. Principem této brzdy je tlačení vnitřní destičky ve třmenu proti brzdovému kotouči. Reakční síla pak posune třmen, takže dojde k tomu, že se do činnosti zapojí i vnější destička. Oba typy brzdových kotoučů jsou znázorněny na obrázku 4. [3]



Obrázek 4: Kotoučová brzda s pevným a plovoucím třmenem [3]

Brzdové destičky jsou navrženy, aby vlivem jejich přitlačení ke kotouči vznikalo velké tření a tím i brzdový účinek. Dříve se destičky vyráběli z azbestu. V dnešní době se na jejich výrobu používají směsi, které mohou obsahovat oxidy železa, měď, hliník nebo grafit. Brzdové destičky se liší teplotní zátěží a tvrdostí. Základní teplotní odolnost se pohybuje přibližně kolem 800 °C. [3]

Výhodou kotoučových brzd oproti bubnovým je nižší hmotnost, lepší výkonnost a lepší odvádění tepla. Nevýhodou je dražší výroba a jejich náchylnost na poruchy vlivem nečistot. [3]

3. Požadavky na brzdový kotouč

3.1. Geometrické tolerance kotoučů

Pro správný chod brzdové soustavy je důležité, aby házení kotouče a potažmo celé soustavy bylo v toleranci. Další důležitou vlastností je rovinnost a rovnoměrná tloušťka kotouče. [4]

3.1.1. Čelní házení

Měření čelního házení se provádí v namontovaném stavu. Toto měření se provádí pomocí číselnicového úchylkoměru. Měření se provádí v 10-15 mm pod vnějším poloměrem kotouče. Hodnota maximálního házení je udávána výrobcem automobilu. Většinou je tato hodnota do 0,05 mm. Velký vliv na házení má také dosedací plocha náboje a z toho důvodu je důležité tuto plochu vyčistit a zarovnat. [4,5]

3.1.2. Rovinnost

Další vlastností, která může mít negativní vliv na funkci brzdové soustavy je vlnitost brzdového kotouče. Z tohoto důvodu se kontroluje rovinnost, která by měla být menší než 0,05 mm. Rovinnost můžeme kontrolovat pomocí číselnicového úchylkoměru, nebo pomocí speciálních přístrojů. [4]

3.1.3. Tloušťka kotouče a měření diferenciální tloušťky

Minimální tloušťka brzdového kotouče je udávána výrobcem a je zhruba o 1-2 mm menší než původní tloušťka. Měření diferenciální tloušťky se provádí pomocí speciálních přístrojů nebo pomocí velmi přesných mikrometrů. Měření probíhá tak, že se po obvodu kotouče, 10-15 mm pod vnějším třecím poloměrem, změří tloušťka na 12-15 místech. Maximální povolený rozdíl tlouštěk je pro brzdy textar 0,008 mm. [4]

4. Materiály brzdových kotoučů

Efektivita součástí závisí na jejich materiálu. Z tohoto důvodu je důležité, aby vybraný materiál splňoval požadované podmínky, byl cenově dostupný a snadno se zpracovával. Brzdové kotouče je možné vyrábět z šedé litiny, nerezové oceli, slitin titanu, slitiny hliníku a také ze směsi keramiky a karbonu. [6]

4.1. Šedá litina

Jedná se o materiál, který se hojně využívá v průmyslu díky dobré slévatelnosti, odolnosti vůči korozi, dobré obrobitelnosti, nízké teplotě tavení a nízké ceně. Často se využívá na výrobu brzdových kotoučů, bloky motorů a brzdových bubnů. Vlastnosti šedé litiny používané na brzdové kotouče můžeme vidět na obrázku níže. [6]

Pevnost v tahu σ _b /MPa	Pevnost v tlaku /MPa	Mez kluzu σ _{0.2} /MPa	Prodloužení (%)	Tvrdość - Brinell
500	210	320	7	170~230

Obrázek 5: Vlastnosti šedé litiny [6]

4.2. Nerezová ocel 1.4541

Nerezové oceli se používají na výrobu brzdových kotoučů a obecně v automobilovém průmyslu díky dobrým mechanickým vlastnostem, poměrně nízkým nákladům a dobré obrobitelnosti. Důvodem volby této oceli je odolnost vůči korozi, vysoká tepelná odolnost, tepelná zpracovatelnost a svařitelnost. Vlastnosti této oceli můžeme vidět na obrázku níže. Tento typ oceli byl například použit firmou United performance Metal Joins v SAE závodech. [6]

Tvrdość podle Rockwella B	80
Pevnost v tahu	620 MPa
Pevnost v tlaku	240 MPa
Prodloužení při lomu	45 %
Modul elasticity	193 - 200 GPa
Charpyho ráz	165 J

Obrázek 6: Vlastnosti oceli 1.4541 [6]

4.3. Slitiny titanu

Slitiny titanu se využívají v automobilovém průmyslu zejména pro sportovní a exotická auta. Jedná se o poměrně drahý materiál, a proto není tolik využíván. Na výrobu brzdových kotoučů lze například použít slitinu Ti 500. Výhodou této slitiny je vysoká pevnost a vysoká teplotní odolnost. Vlastnosti a složení této slitiny můžeme vidět na obrázku níže. [7]

PROPERTIES	VALUES
Hustota (g/cm ³)	4.6
Teplota tavení (°C)	1650-1670
Modul elasticity (MPa) (Tension)	1030
Poissonova konstanta	0.31
Tepelná vodivost (W/m °C)	7.5
Tepelná kapacita J/(kg K)	586 (20-570 °C)
Tepelná roztažnost (×10 ⁻⁶ °C)	8.8

N	O ₂	H	Fe	Al	Mo	Su	Si	Ti
0.05 %	0.27 %	0.012 %	0.20 %	3-5 %	3.050 %	1.5-2.5 %	0.3-0.7 %	bal

Obrázek 7: Složení a vlastnosti Ti550 [7]

4.4. Slitiny hliníku

Slitiny hliníku se v automobilovém průmyslu využívají díky dobré zpracovatelnosti a ceně. Výhodou slitin hliníku je jejich trvanlivost a nízká váha. Na výrobu kotoučů je možné použít speciální slitinu hliníku označovanou AMC 2, jehož výkonost je lepší než u běžně používaných materiálů. Tento materiál má menší hustotu a vyšší tepelnou vodivost než šedá litina a očekává se, že hmotnost brzdového systému se sníží o 50 až 60 %. Navíc má tento materiál potenciál na lepší výkonnost při vyšších rychlostech a vyšším zatížení. Jedná se o experimentální materiál, a proto o něm zatím není moc informací. Na obrázku níže můžeme vidět jeho vlastnosti. [6]

Materiál	Pevnost v tlaku (MPa)	Koeficient tření	Míra opotřebení (x10 ⁻⁶ mm ³ /N/m)	Tepelná kapacita Cp (KJ/Kg. K)	Hustota (Mg/m ³)
AMC 2	761	0.44	2.91	0.92	2.8

Obrázek 8: Vlastnosti slitiny AMC 2 [6]

4.5. Karbon keramické kotouče

Využití karbon keramického kompozitu způsobilo revoluci v technologii brzd. Ve srovnání s běžně používanými kotouči z šedé litiny váží karbon-keramické kotouče přibližně polovinu. Výhodou těchto brzd je zlepšená odezva, teplotní stabilita, vysoká odolnost vůči opotřebení, z čehož plyne i delší životnost. Díky těmto vlastnostem a vysoké ceně materiálu se tento materiál používá především na luxusní a sportovní automobily značek jako Bentley, Bugatti nebo Lamborghini. Na obrázku níže můžeme vidět vlastnosti karbon-keramického kotouče ve srovnání s kotoučem z šedé litiny. [6]

Vlastnost	Jednotka	Materiál		Šedá litina
		C/SiC	C/SiC pro brzdové kotouče	
Hustota	g cm ⁻³	1.8 ... 2.9	2,45	7,25
Pevnost v tlaku	MPa (=N mm ⁻²)	10 ... 240	20 ... 40	200 ... 250
Modul elasticity	GPa	20 ... 240	30	90 ... 110
Pevnost v ohybu	MPa (=N mm ⁻²)	20 ... 210	50 ... 80	150 ... 250
Prodloužení při lomu	%	0.05 ... 0.8	0.3	0.3 ... 0.8
Odolnost proti teplotním šokům	W m ⁻¹	25.500 ... 45.000	> 27.000	< 5.400
Teplotní stabilita	°C	1350	1350	approx. 700
Maximální teplota	°C	1400 non-oxidizing	900	700
Lineární koeficient teplotní expanze	K ⁻¹	1.0 ... 3.5	2.0 ... 3.0	9 ... 12
Tepelná vodivost	W m ⁻¹ K ⁻¹	20 ... 150	40	54
Tepelná kapacita (C _p)	KJkg ⁻¹ K ⁻¹	0.6 ... 1.7	0.8	0.5

Obrázek 9: Vlastnosti karbon keramického kotouče [6]

5. Obrábění litiny

Rozlišujeme pět základních druhů litiny. Mezi ně řadíme šedou, nodulární, temperovanou, vermikulární a izotermicky kalenou nodulární litinu. Litinou označujeme slitinu železa s uhlíkem a s obsahem křemíku mezi 1 až 3 %. Obsah uhlíku je minimálně 2 %. Další prvky, které se mohou v litině vyskytovat, jsou chrom, molybden a vanad. Tyto prvky zvyšují pevnost a tvrdost, zároveň ale snižují obrobiteľnost. Litiny je vhodné obrábět nástroji ze slinutých karbidů třídy K. [8]

5.1. Šedá litina

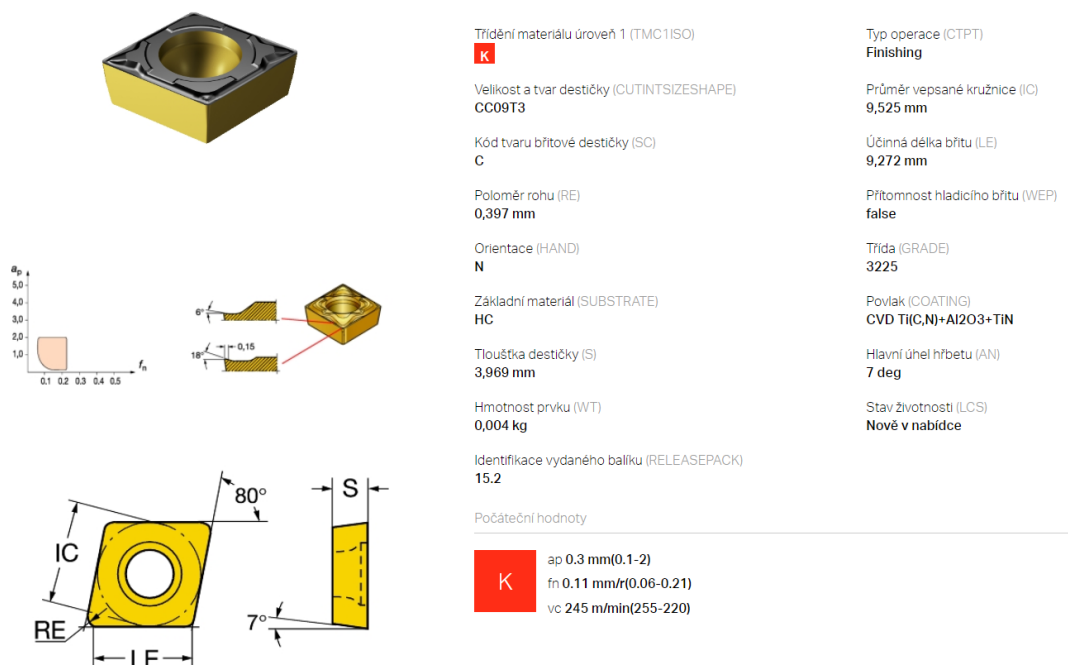
Jedná se o litinu, která obsahuje grafit ve formě lupínků. Jedná se o slitinu železa s uhlíkem a dalšími prvky. Množství uhlíku přesahuje 2,1 %. Obvykle se šedé litiny skládají z 2,8 až 3,6 % uhlíku, 1,4 až 2,8 % křemíku, 0,5 až 1 % manganu, 0,2 až 0,6 % fosforu a maximálně 0,15 % síry. [8,9]

Krystalizace šedých litin probíhá podle stabilní soustavy železo-uhlík. Většinu používaných šedých litin tvoří podeutektické šedé litiny. U těchto litin dochází k vylučování dendritických krystalů austenitu z taveniny na počátku krystalizace. Zbylá tavenina se při eutektické teplotě přemění na grafitové eutektikum, které má tvar buněk. Pokud dojde k malému přehřátí taveniny nad teplotu likvidu a pomalému ochlazení, dochází ke vzniku hrubých a málo rozvětvených lupínků. [9]

Dalším faktorem, který ovlivňuje strukturu je způsob překrystalizace. V závislosti na rychlosti ochlazování a chemickém složení může překrystalizace proběhnout podle metastabilní nebo podle stabilní soustavy. Pokud dochází ke krystalizaci a překrystalizaci podle stabilní soustavy v celém rozsahu, je matrice tvořena grafitovým eutektoidem. V tomto eutektoidu zcela převládá ferit. Pokud proběhne překrystalizace částečně nebo úplně podle metastabilní soustavy, dochází ke vzniku struktury, která je tvořena perlitickou nebo feriticko-perlitickou základní hmotou. V této hmotě jsou uloženy lupínky grafitu. [9]

Mezi její základní vlastnosti můžeme zařadit nízkou rázovou houževnatost, dobrou tepelnou vodivost a nízké působení tepla během obrábění. Další vlastností je schopnost absorbovat vibrace v motoru. Běžně se šedá litina používá na výrobu bloků motoru, válců kompresorů a brzdových kotoučů. [8,10]

Při obrábění šedé litiny dochází ke vzniku malých řezných sil, což vede k velmi dobré obrobiteľnosti materiálu. Během obrábění dochází pouze ke vzniku abrazivního opotřebení, k chemickému otěru nedochází. Kvůli zlepšení mechanických vlastností se šedá litina často leguje chromem, což zvyšuje pevnost, avšak snižuje obrobiteľnost. Na obrábění se používají nástrojové třídy 3210 nebo 3225 a geometrie -KF, -KR, -KM a -KRR. Na dokončování operace je také možné použít hladicí geometrii -WMX. Jedná se o nástrojové třídy a geometrie používané firmou Sandvik Coromant. Na obrázku níže můžeme vidět břitovou destičku, kterou by bylo možné použít na obrábění šedé litiny. Jsou zde také znázorněny vhodné podmínky pro obrábění. Konkrétně se jedná o destičku CCMT 09 T3 04-KF 3225 určenou pro dokončování. [8,10]

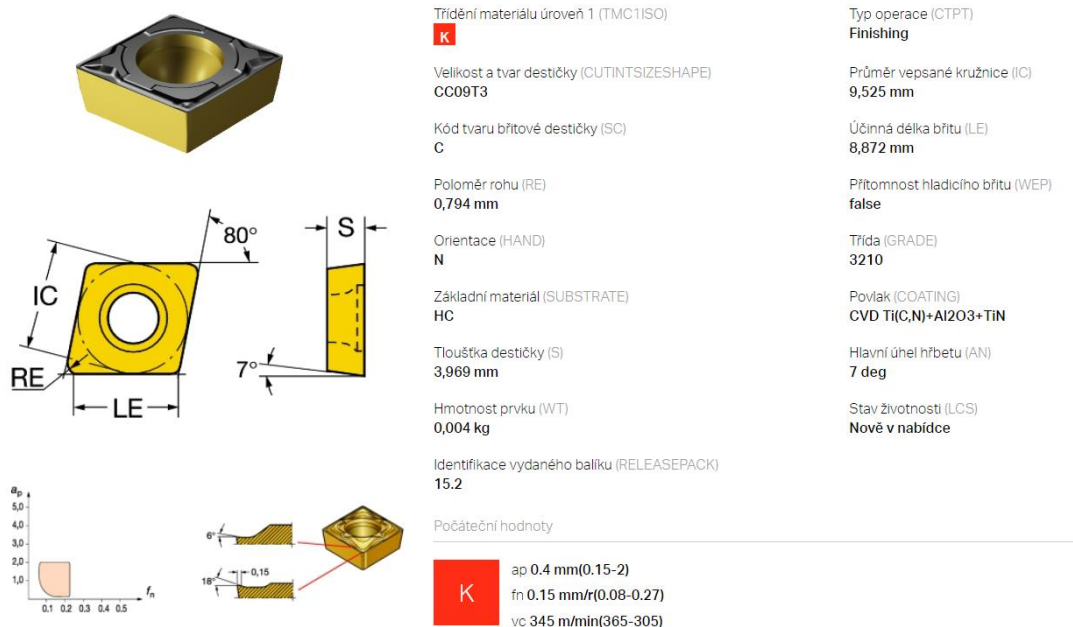


Obrázek 10: destička na obrábění šedé litiny [11]

5.2. Nodulární litina

Jedná se o litinu, která obsahuje grafit ve formě kuliček. Mezi její vlastnosti můžeme zařadit dobrou rázovou houževnatost, dobrou tuhost, odolnost vůči křehkým lomům, dobrou pevnost v tahu a vyšší působení tepla během obrábění. Na rozdíl od šedé litiny nemá schopnost absorbovat vibrace v motoru. Nejčastěji se využívá na výrobu poloos, potrubí, klikové hřídele a základové desky. [8,10]

Problémem při obrábění této litiny je vznik nárůstku na břítu. Nárůstek vzniká především při obrábění měkčí nodulární litiny s vyšším obsahem feritu. Pokud obrábíme tuto litinu přerušovaným řezem, dochází hlavně k adheznímu opotřebení. To může vést až k odlupování povlaků. Pokud obrábíme tvrdší nodulární litinu s vyšším obsahem perlitu, dochází k abrazivnímu opotřebení a k plastické deformaci. Na obrábění se používají nástrojové třídy 3210 nebo 3225 a geometrie -KF, -KM, -KR a -KRR. Na dokončovací operace je možné použít hladící geometrii -WMX. Na obrázku níže můžeme vidět destičku CCMT 09 T3 08-KF 3210 pro dokončovací operace a řezné podmínky, které lze použít na soustružení. [10]



Obrázek 11: destička pro obrábění nodulární litiny [11]

5.3. Temperovaná litina

Jedná se o litinu, jejíž matrice je velmi podobná bílé litině. Dále se tepelně zpracovává ve dvou stupních, během čehož vzniká struktura, která je tvořena feritem, perlitem a temperovaným uhlíkem. To má za následek nestejně rozložené vyloučení zrn grafitu v porovnání s lamelární strukturou šedé litiny. Nejčastěji se tyto litiny používají na výrobu ložisek nápravy, pojezdová kola a vysoce pevná ozubená soukolí. [8]

Podle charakteru lomu a mikrostrukturu základní hmoty dělíme temperovanou litinu na litinu s černým lomem a litinu s bílým lomem. Temperovaná litina s černým

lomem může mít feritickou základní hmotu. Tato litina má nízkou pevnost a dobrou houževnatost. Dále může mít perlitickou základní hmotu. Tato litina má vyšší pevnost a nižší houževnatost. Temperovaná litina s bílým lomem je na povrchu feritická a v jádře perlitická. [9]

Ve srovnání s šedou litinou má vyšší pevnost v tahu. Obrobitelnost je srovnatelná s nodulární litinou. Při pevnosti v tahu mezi 300 až 540 MPa je zaručená minimální tažnost u normovaných jakostí mezi 3 až 12 %. V závislosti na struktuře dochází buď k vyššímu abrazivnímu nebo adheznímu opotřebením. Pokud má litina perlitickou strukturu, dochází k abrazivnímu opotřebením a naopak, pokud má feritickou strukturu, dochází především k adheznímu opotřebením. Na obrábění se používají stejné nástrojové třídy a geometrie, jako při obrábění šedé litiny. [10]

5.4. Vermikulární litina

Tuto litinu také nazýváme litinou s červíčkovým grafitem, protože v základní struktuře obsahuje červíčkový grafit a maximálně do 20 % nepravidelného kuličkového grafitu. Tato litina má eutektické složení a nízký obsah síry. Výroba probíhá tak, že dochází k modifikování, které zaručí neúplnou sferoidizaci grafitu. Modifikovat můžeme pomocí hořčíku, kombinace globularizačních a antiglobularizačních prvků, lantanoidů a hořčíku s lantanoidy. Po modifikování je nutné provést grafitizační očkování. [12]

Jediné teplené zpracování, které je možné běžně použít je perlitické žíhání. Během tohoto zpracování nedochází k výraznému zkřehnutí litiny. Pokud dosáhneme čistě feritické struktury matrice, získáme tím litinu s relativně vysokou tažností a houževnatostí. Abychom vytvořili tuto strukturu, potřebujeme zajistit vysokou čistotu surovin. [12]

Z hlediska obrobitelnosti řadíme vermikulární litinu mezi šedou a nodulární. Má zhruba dvakrát až třikrát vyšší pevnost v tahu a nižší tepelnou vodivost než šedá litina. Díky tomu vznikají při obrábění větší rezné síly a větší množství tepla v oblasti řezu. Pokud se v litině vyskytuje větší obsah titanu, má to negativní vliv na životnost nástroje. Na obrábění se používají stejné nástrojové třídy a geometrie, jako při obrábění šedé a temperované litiny. [9]

5.5. Izotermicky kalená nodulární litina

Jedná se o litinu, jejíž pevnost v tahu a houževnatost se velmi blíží ocelím. Z důvodu tvorby elementární třísky ji však řadíme mezi tvárné litiny. [9]

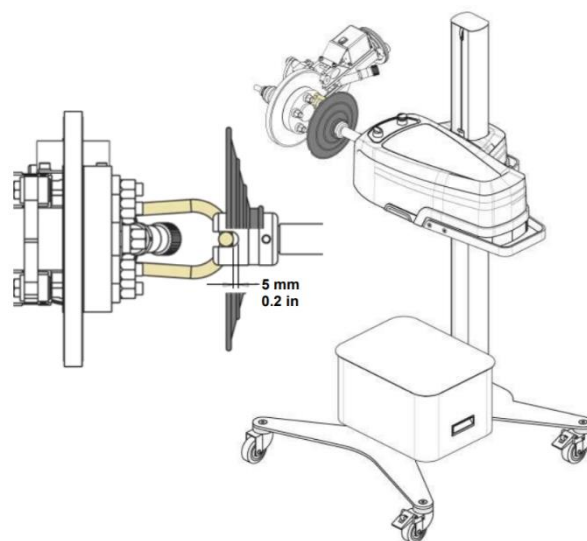
Izotermické kalení probíhá následovně. Nejprve dojde k austenizaci, dále k rychlému ochlazení na teplotu v biantické oblasti, a nakonec k dochlazení na pokojovou teplotu. Na začátku austenizace dojde k ohřátí odlitku na teplotu mezi 850 až 1000 °C. Austenizace probíhá přibližně mezi 1 až 3 hodinami při této teplotě, dokud nedojde k vytvoření čistě austenitické matrice. Poté, co se vytvořila austenitická matrice, dojde k ochlazení v solné lázni, která má teplotu mezi 250 až 450 °C. Ochlazení musí proběhnout velmi rychle, aby nedošlo k vyloučení perlitu a proeutektoidního perlitu. V poslední fázi dojde k ochlazení odlitku na vzduchu nebo ve vodě. Přičemž tato operace nemá výrazný vliv na vlastnosti této litiny [12]

Z důvodu vysoké pevnosti a houževnatosti dochází k velkému tepelnému a mechanickému zatížení. To zesiluje opotřebení v blízkosti řezné hrany, ke kterému dochází kvůli procesu tvorby elementární třísky, a opotřebení na špičce plochy čela. V průběhu utváření třísky dochází k mechanickému zpevnování, což vede k vysoké dynamice řezných sil. Velký vliv na opotřebení břitu má také jeho teplota. Na obrábění se používají stejné nástrojové třídy a geometrie, jako na obrábění šedé a temperované litiny. [9]

6. Průmyslové řešení stáčení kotoučů

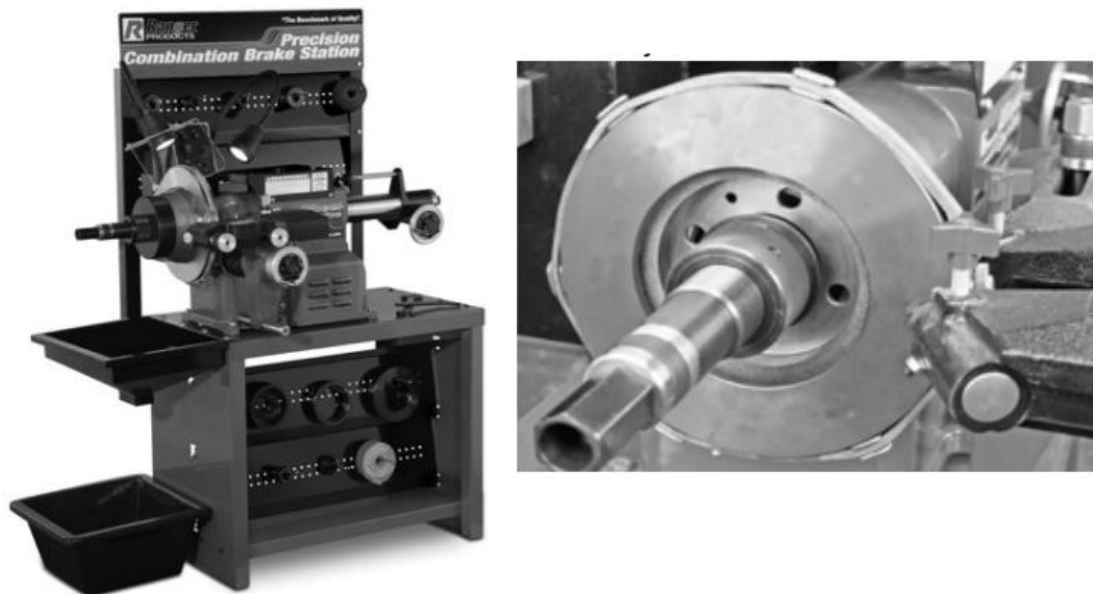
Průmyslově se brzdové kotouče stáčení na stáčečkách kotoučů. Může se jednat o stáčečky, které stácejí kotouč přímo nasazený na automobilu nebo stáčečky, na které se kotouč nasadí a poté dojde ke stočení. [13,14]

Jedním ze strojů na stáčení kotoučů přímo na automobilu je stáčečka Mad DA 8700. Postup při stáčení na tomto stroji je následující: nejprve zajedeme na zvedák, zařadíme neutrál a zvedneme auto. Poté sundáme kolo a brzdový kotouč zajistíme šrouby. Následně na jeden šroub namontujeme pohonný adaptér. Pak sundáme kolo na druhé straně a brzdový kotouč zajistíme dvěma šrouby a kuželovými kroužky. Poté sundáme třmen, který zavěšíme na hák a zkontrolujeme tloušťku kotouče, jestli není nižší než povolená tloušťka. Musíme zajistit, aby se brzdové vedení a třmen nedostali do kontaktu s hnací hřídelí nebo jinou rotující částí. Dále odstraníme špínu a rez z montážní plochy upevňovacích výstupků třmenu a ke kotouči namontujeme obráběcí adaptér. Následně dáme na kotouč gumový tlumící pás, který redukuje hluk během obrábění. Poté na adaptér namontujeme soustruh tak, aby byl kotouč přibližně uprostřed soustruhu. Následně k pohonnému adaptéru připojíme pohonnou jednotku a zkontrolujeme, zda jí nic nepřekáží v pohybu. Poté můžeme začít obrábět. Nejprve osoustružíme vnitřní a vnější okraj, zajedeme k vnitřnímu okraji a nastavíme hloubku, o kterou chceme kotouč stočit. Když je obrábění hotové, vše sundáme, zkontrolujeme házení a namontujeme zpátky třmen a kolo. Tento stroj můžeme vidět na obrázku 10. [13]



Obrázek 12: MAD DA 8700 [13]

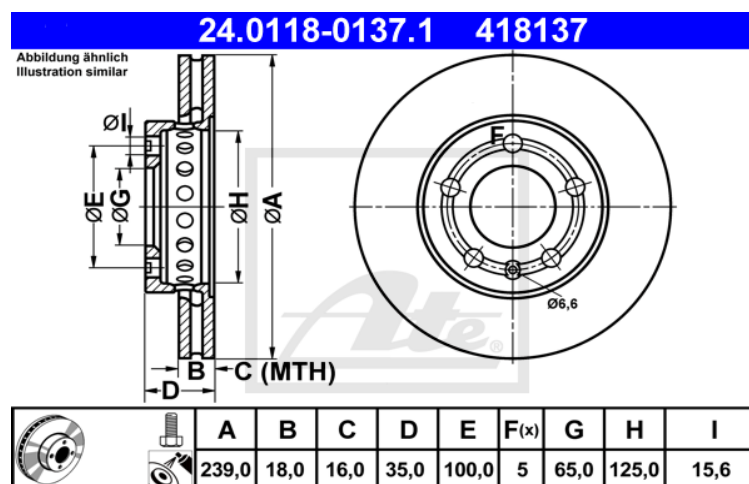
Jedním ze strojů, na kterém se mohou stáčet sundané kotouče je Ranger RL-8500. Postup při stáčení je následovný: Nejprve na hřídel namontujeme adaptér na rychlou výměnu kotoučů. Následně na adaptér umístíme kotouč, který vycentrujeme pomocí centrovacího kužele. Centrovací kužel zajistíme jisticí maticí, kterou nejprve utáhneme rukou a následně klíčem. Dále na kotouč namontujeme tlumič, abychom zredukovali hluk během obrábění. Následně umístíme kotouč přibližně doprostřed hlavy na obrábění a provedeme zkušební škrábnutí. Jakmile jsme provedli škrábnutí z obou stran, přejedeme s hlavou do zadní pozice a nastavíme hloubku, o kterou chceme kotouč stočit. Když je obrábění dokončeno, sundáme tlumič, uvolníme jisticí matici a poté ji sundáme. Nakonec sundáme také centrovací kužel a kotouč. Tento přístroj můžeme vidět na obrázku 13. [14]



Obrázek 13: Ranger RL-8500 [14]

7. Rozměry kotoučů

Před samotným návrhem přípravku na renovaci brzdových kotoučů bylo nutné provést průzkum na základní rozměry kotoučů. Hlavní parametry, které mě u kotoučů zajímali, byly centrovací průměr G, rozteč děr pro šrouby E, velikost díry pro šrouby I, velikost díry pro náboj H a počet děr na šrouby F. Tyto rozměry můžeme vidět na obrázku níže. [15]



Obrázek 14: Kotouč [15]

Předem jsem si určil 15 automobilek, u kterých jsem řešil tyto rozměry. Jedná se o běžné automobilky, s jejichž automobily jezdí většina lidí. Během hledání jsem se zpočátku primárně soustředil na centrovací průměr a rozteč děr pro šrouby. Vzhledem k dalšímu postupu při navrhování přípravku jsem právě tyto rozměry považoval za nejdůležitější. [15]

V následující tabulce můžeme vidět, jaké jsou tyto rozměry pro automobily Škoda Auto a Volkswagen. Jedná se o automobilky koncernu VW.

Tabulka 1: Škoda Auto [15]

Model	centrovací průměr (mm)	počet děr	rozteč (mm)	díra na šrouby (mm)	díra pro náboj (mm)
Favorit, Felicia	62	4	100	13,8	124,8
Fabia	65	5	100	15,6	125
Octavia, Superb	65	5	112	15,3	140
Kodiaq	65	5	112	15,3	144,1
Superb	68	5	112	15,3	136,5

Tabulka 2: Volkswagen [15]

Model	centrovací průměr (mm)	počet děr	rozteč (mm)	díra na šrouby (mm)	díra pro náboj (mm)
CC, Golf, Passat, Sharan, Tiguan, Touran	65	5	112	15,3	159
Caddy, Golf, Jetta, Passat, Polo, Scirocco	65	4	100	13,6	124,5
Polo	65	4	100	13,8	125
Passat	68	5	112	15,3	134

Z těchto tabulek můžeme vidět, že rozměry pro dané kotouče jsou rozdílné. Není zde jediný rozměr, který by byl totožný pro všechny kotouče. Vzhledem k tomu, že se jedná o jeden koncern, můžeme z tabulek vyčíst jisté podobnosti. Tyto podobnosti se například týkají centrovacích průměrů, počtu děr a velikosti rozteče pro díru pro šrouby. Stejně tomu je například i u automobilky Seat, která je také součástí koncernu VW. Kotouče, které jsou používány pro Seat, mají stejné hodnoty centrovacích průměrů a velikost roztečí. Z těchto tabulek například vyplývá, že rozlišujeme tři základní typy centrovacích průměrů a dva typy roztečí. Avšak kvůli tomu, že se nejedná o stejné rozměry, je nutné řešit, jakým způsobem by bylo možné udělat přípravek univerzální. [15]

Další problém nastává, pokud rozměry kotoučů porovnáme s rozměry jiné automobilky. V tabulce níže můžeme vidět porovnání rozměrů s automobilkou Peugeot. [15]

Tabulka 1: Peugeot [15]

Model	centrovací průměr (mm)	počet děr	rozteč (mm)	díra na šrouby (mm)	díra pro náboj (mm)
107, 108	55	4	100	13,2	129
807	59	5	98	15	134
106, 205, 306, 309, 405	66	4	108	13	133
206, 305, 306, 405, Panter	66	4	108	13	133
406	71	4	108	13	185,1

Jak můžeme v tabulce vidět, žádný kotouč není totožný s kotoučem z koncernu VW. Je zde například podobnost v centrovacích průměrech, avšak hodnoty nejsou stejné. Jediné hodnoty, které jsou v některých případech totožné, jsou počet děr a velikost rozteče. [15]

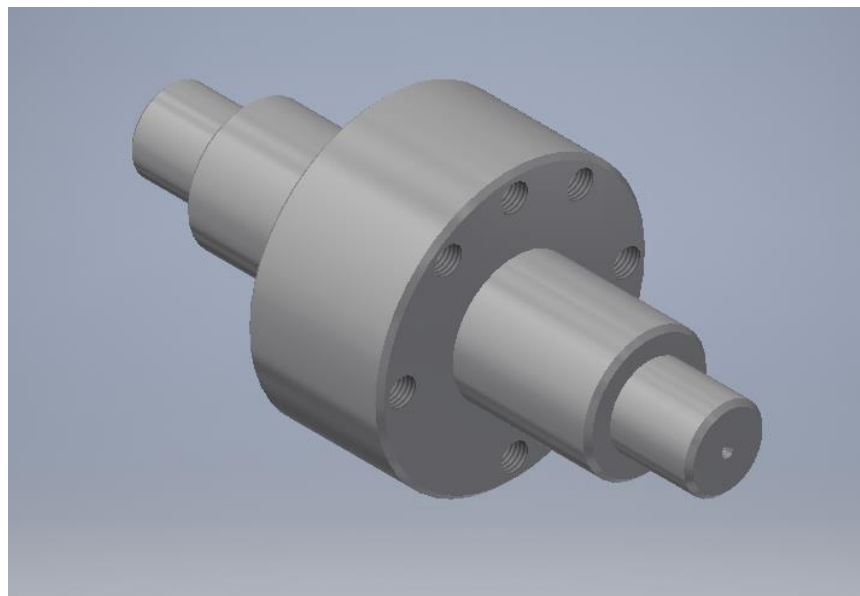
Vzhledem k tomu, že v dnešní době existuje spousta automobilek, které mají jiné typy kotoučů, je nutné řešit, jakým způsobem lze udělat přípravek univerzální. Výhodou dnešní doby je to, že dochází k vytváření koncernů, které sjednocují typy kotoučů používaná na všechna vozidla v rámci koncernu. Mezi tyto koncerny můžeme například zařadit VW, Toyota, GM nebo koncern Renault-Nissan. V těchto koncernech se většinou používají stejné typy kotoučů, u kterých se používají stejné prvky. Další informace k rozměrům kotoučů můžeme nalézt v příloze. [15]

8. Návrh přípravku

Na základě průzkumu rozměrů jsem se rozhodl vytvořit dva návrhy přípravku. V prvním případě jsem navrhl přípravek, u kterého by se kotouč centroval a uchycoval pomocí šroubů. Druhý přípravek jsem navrhl tak, že by se kotouč centroval pomocí centrovacích kroužků a byl by zajištěn pomocí přitlačné desky a matice.

8.1. Přípravek s centrováním pomocí šroubů

Z dostupných informací jsem se rozhodl vytvořit návrh s centrováním pomocí šroubů. Přípravek se skládá z uchycovací části, z dosedací plochy a z děr pro šrouby. Přípravek je opatřen středícími důlky a z tohoto důvodu je možné použít tento přípravek na soustruhu s hroty. Další způsob uchycení by byl pomocí sklíčidla a koníku s hrotem. Tento přípravek můžeme vidět na obrázku níže.



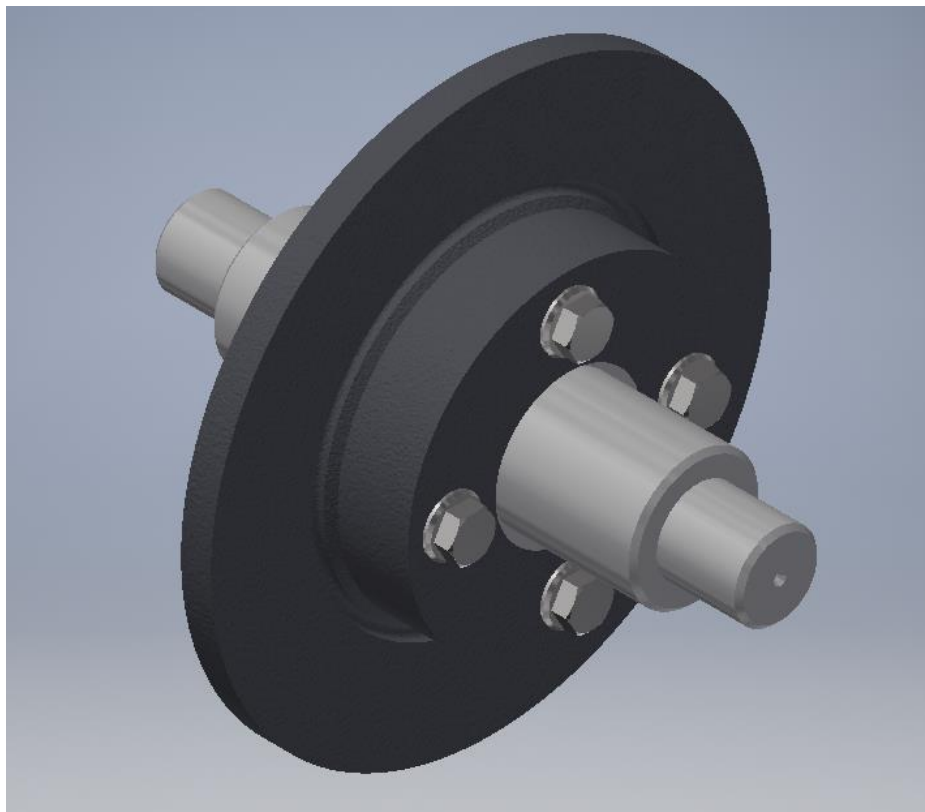
Obrázek 15: Přípravek se šrouby

Již během návrhu tohoto přípravku mi bylo jasné, že tato varianta nebude dostatečně variabilní. Největším problémem tohoto přípravku jsou rozdílné rozteče pro díry na šrouby. Během rešerše rozměrů jsem našel osm různých rozměrů pro rozteče. Rozteče se pohybují od 98 mm až do 120 mm pro kotouče používané na běžně používaných automobilech. Díra pro šrouby se pohybuje přibližně od 12 mm do 17 mm. Vzhledem k tomu, že během obrábění nevznikají velké síly, bylo by také možné použít menší šrouby i k upnutí větších kotoučů s většími dírami pro šrouby. Dalším velmi důležitým rozměrem při návrhu tohoto přípravku je velikost díry pro náboj, která u

malých kotoučů začíná na přibližně 125 mm. Kvůli této omezující podmínce je prakticky nemožné sestavit takový přípravek, který by bylo možné použít na všechny kotouče. Při rozteči 120 mm zbývá pouze pět milimetrů do velikosti díry pro náboj.

Pokud bych chtěl zajistit univerzálnost tohoto přípravku, bylo by nutné rozdělit rozteče do několika skupin podle velikosti a následně vyrobit více přípravků. Bylo by možné například vytvořit čtyři přípravky, kde by v každém byly díry pro dvě rozteče. Tímto by se vyřešil problém s velikou roztečí a malou dírou pro náboj.

Přípravek, který jsme mohli vidět na předchozí stránce, by bylo možné použít na kotouče, které mají rozteč děr pro šrouby 100 mm a počet děr je čtyři nebo pět. Jedná se například o menší typy automobilů Škoda Auto, Seat, Nissan nebo Opel. Na obrázku níže je zobrazeno, jak by na přípravku mohl být uchycený kotouč.



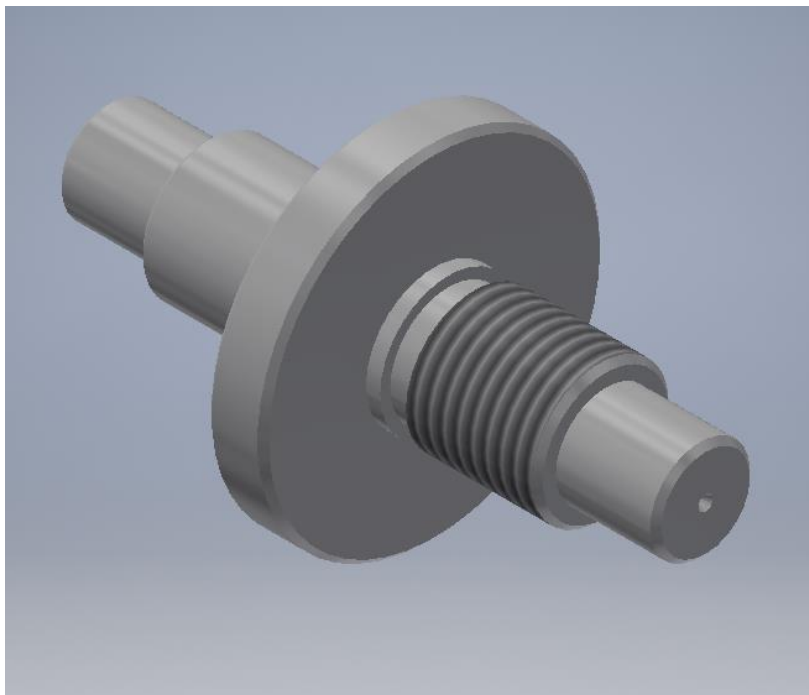
Obrázek 16: Kotouč se šrouby

Kotouč by pravděpodobně bylo možné zajistit pouze dvěma nebo třemi šrouby. Důležité by však bylo poté zkontrolovat házení a rovinnost.

Pokud by se tento přípravek vyráběl, bylo by nutné zajistit přesnou pozici děr a rovinnost dosedací plochy. Dále by bylo důležité, aby upínací části byly souosé.

8.2. Přípravek s centrováním pomocí centrovacích kroužků

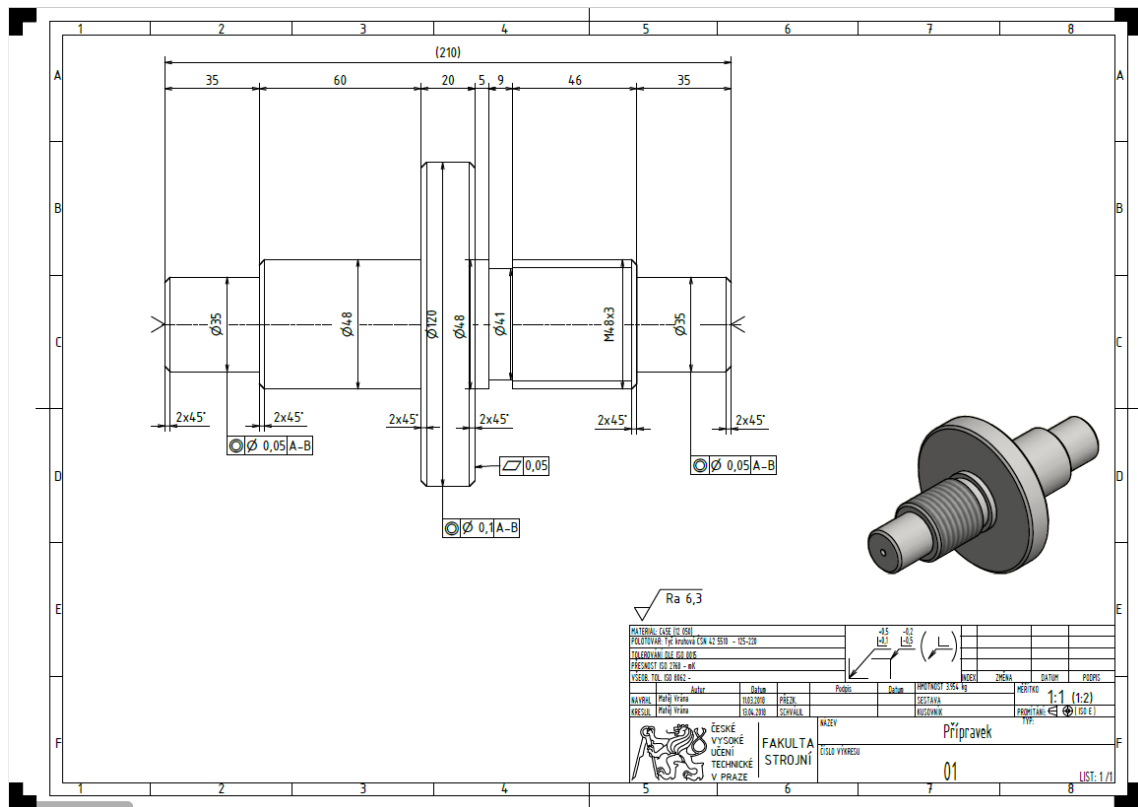
Dalším návrhem je přípravek se zajištěním kotouče pomocí přitlační desky a matice. Poté, co jsem zjistil, že předchozí přípravek není dostatečně univerzální, jsem se rozhodl primárně věnovat tomuto přípravku. Na obrázku níže můžeme vidět samotný přípravek, jehož další součásti jsou centrovací kroužky, přitlačná deska a matice.



Obrázek 17: Přípravek s centrováním

Přípravek je opatřen středícím důlkem, aby ho bylo možné uchytnout do hrotů soustruhu. Další možností, jak přípravek uchytnout, je uchytnout ho do sklíčidla přes koncovou část. Proto je důležité, aby byly tyto konce souosé. Dále je přípravek opatřen závitem M48x3. Závít M48x3 jsem volil podle matice, kterou se mi podařilo sehnat. Důležitou částí je plocha pro centrovací kroužky, která nám zajišťuje jejich správnou polohu. Toto může zásadně ovlivnit kvalitu povrchu kotouče po stočení. Další důležitou součástí přípravku je dosedací plocha, která musí být rovinná. Je to z toho důvodu, že je nutné zajistit, aby byl kotouč po stočení rovinný. Centrovací kroužky se nasazují na válcovou část o průměru 48 mm. Tento rozměr jsem vybral na základě tabulek, protože pro tento průměr se vyrábí normalizované matice. Normalizovanou matici jsem vybral kvůli zjednodušení výroby celého přípravku, protože díky tomu jsem ušetřil spoustu času, který bych strávil jejím vyráběním. Tento rozměr také umožňuje snadné nasazování kotoučů. Velikost centrovací díry se pohybuje zhruba od 55 mm. Existují i kotouče, které mají centrovací díru menší, avšak z důvodu pevnosti a tuhosti jsem se

rozhodl vybrat jako základní průměr 48 mm. Na obrázku níže je zobrazen výkres tohoto přípravku.



Obrázek 18: Výkres přípravku

8.2.1. Centrovací kroužky

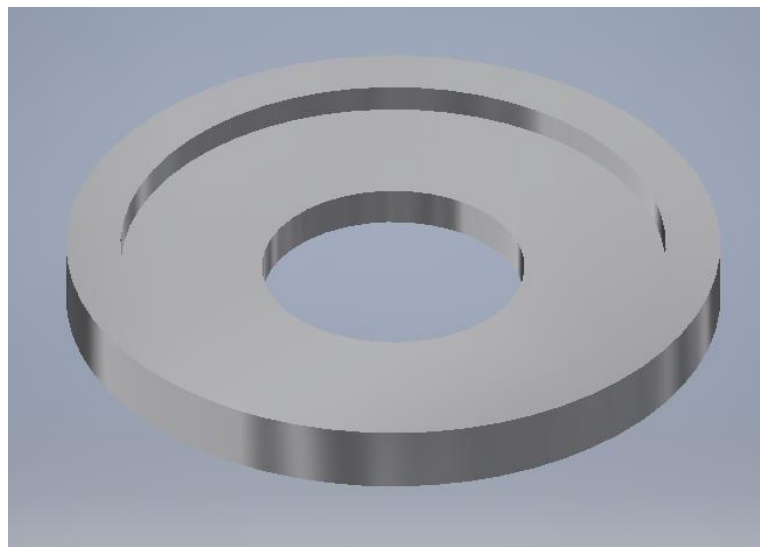
Jak již z označení vyplívá, k centrování kotouče dochází pomocí centrovacích kroužků. Rozměry centrovacích kroužků jsem vybral na základě rešerše rozměrů kotoučů. Velikost vnějšího rozměru těchto kroužků se pohybuje mezi 55 až 90 mm na základě velikosti centrovacího průměru kotouče. Vnitřní průměr je 48 mm kvůli rozměrům přípravku. Délka centrovacího kroužku je 8 mm. Tuto délku jsem volil na základě rešerše rozměrů kotoučů, kde se velikost stěny kotouče v oblasti náboje pohybovala zhruba mezi 5 až 8 mm. Kvůli dostatečným mechanickým vlastnostem a nízkým nákladům jsem centrovací kroužky vyráběl ze silonu. Jedná se o termoplastický materiál, který je velmi univerzální a lze ho použít v oblasti konstrukce, strojírenství nebo dopravní techniky. Výhodou použití silonu je jeho nízká hmotnost ve srovnání s kovem. Celá soustava spolu s kotoučem je poměrně těžká, proto je vhodné vybírat lehké materiály na tyto součásti.

Dalším způsobem, jakým by bylo možné řešit centrování je pomocí kužele. V tomto případě by bylo nutné mít vybrání v přípravku, a proto i větší prostřední část.

Vzhledem k velkým rozdílům v rozměrech centrovací díry by bylo vhodné vyrobit více kuželů různé strmosti. Důležitou částí by také byla nasazovací díra, která by musela být vyrobena pouze s malou vůlí vůči přípravku, kvůli možnému házení. Toto bylo také důležité při výrobě centrovacích kroužků, které jsem si vyráběl. Pokud by vůle mezi přípravkem a centrovacím kroužkem byla moc velká, kotouč by špatně seděl na přípravku, a během stáčení by vznikala nekvalitní povrch. [16]

8.2.2. Přítlačná deska

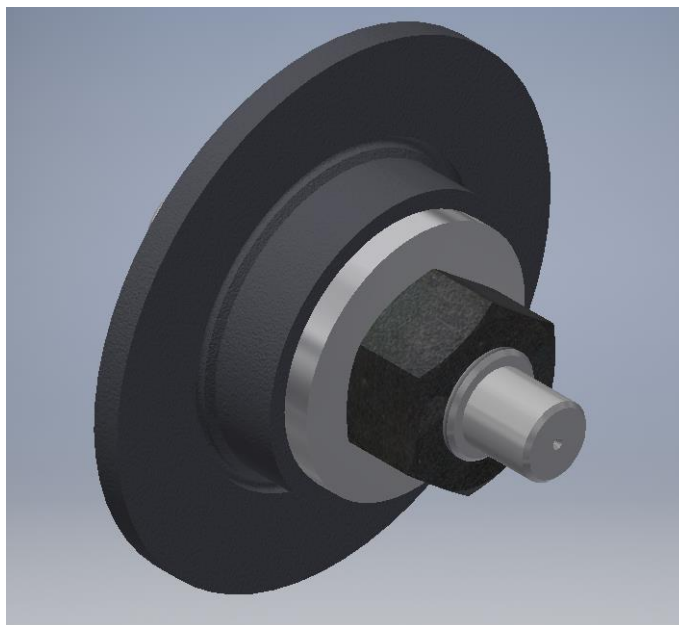
Další součástí je přítlačná deska, která jak již z názvu vyplývá, slouží k přítlačení kotouče v celém průměru k přítlačné desce. Přítlačnou desku jsem vyrobil z hliníku kvůli snížení hmotnosti celé soustavy. Důležitým prvkem této desky je její vybrání. Toto vybrání zabraňuje dotyku mezi centrovacím kroužkem a přítlačnou deskou. Rozměr tohoto vybrání jsem vybral na základě rešerše rozměrů kotoučů. Vybrání má délku 5 mm. Proto i v případě, že bude šířka stěny kotouče v oblasti náboje na dolní hranici rozměrů, nebude se centrovací kroužek dotýkat přítlačné desky. Na obrázku níže můžeme vidět podobu přítlačné desky.



Obrázek 19: Přítlačná deska

8.2.3. Matice

Poslední součástí tohoto přípravku je jistící matice. Jedná se o matici ČSN EN 24034 M48x3. Tuto matici jsem nevyráběl, pouze jsem ji koupil, protože se jedná o normalizovanou součást. Na obrázku níže můžeme vidět celý přípravek spolu se všemi součástmi a upnutým kotoučem.



Obrázek 20: Kotouč s centrováním

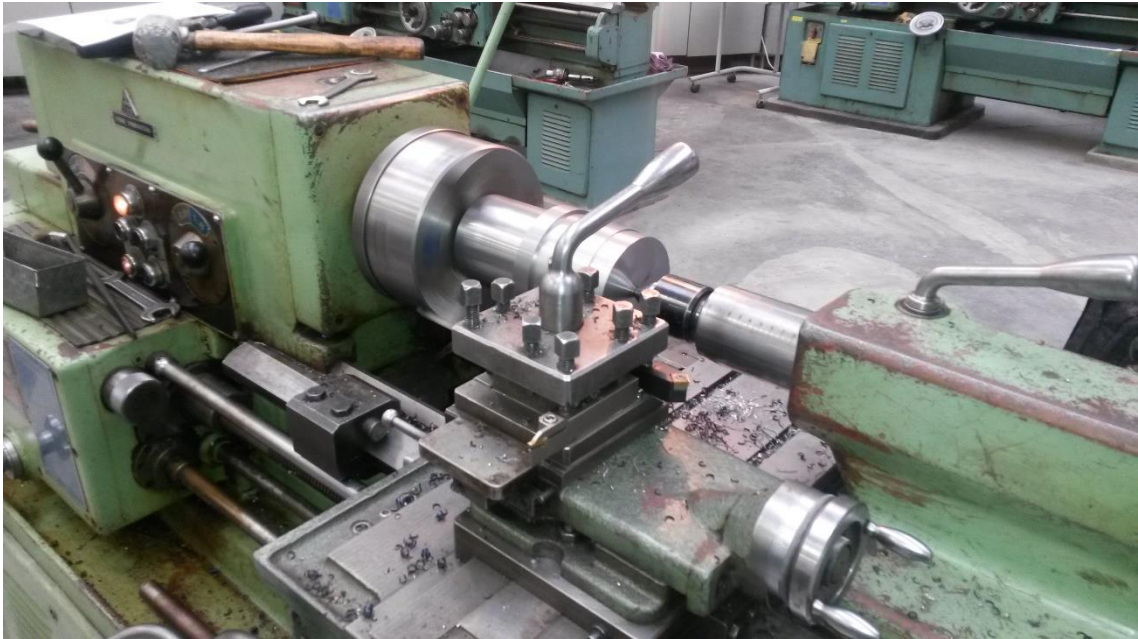
8.2.4. Výroba

Výroba probíhala na soustruhu TOS SV 18 RA. Jedná se o hrotový soustruh pro univerzální využití s výkonem 7,5 kW. Nejprve jsem si vyrobil centrovací kroužky. Tyto kroužky jsem vyráběl z tyče silonu, do kterého jsem nejprve vyvrtal díru o průměru 48 mm a následně jsem pomocí soustružnického nože osoustružil válec na požadované rozměry kroužků. V poslední části jsem pomocí upichovacího nože oddělil kroužky od sebe.

Jako další součást jsem vyráběl přítlačnou desku. Tuto desku jsem vyráběl z tyče hliníku, ze které jsem si uřízl polotovár, který jsem nejprve na jedné straně zarovnal a poté jsem do něj vyvrtal díru o průměru 48 mm. V dalším kroku jsem polotovár otočil, zarovnal čelo a vyrobil osazení o délce 5 mm.

Poslední součást, kterou jsem vyráběl, byla hřídel. Nejprve jsem si musel vytvořit polotovár z větší tyče oceli pomocí pily. Jedná se o ocel 12050. Následně jsem vyvrtal středící důlky. Poté jsem celou tyč zarovnal na průměr 120 mm. Dále jsem osoustružil levou stranu na průměry 35 a 48 mm a zarovnal čelo hřídele a zadní stěnu

dosedací plochy. Dále jsem zkosil hrany. Poté jsem součást otočil a osoustružil i druhou stranu na průměry 35 a 48 mm. Poté jsem zarovnal dosedací plochu hřídele a zkontroloval házení dané plochy. Následně jsem zkosil hrany. V dalším kroku jsem pomocí upichovacího nože vytvořil výběh za závitem. Jako poslední jsem pomocí závitovacího nože vysoustružil závit M48x3. Na obrázku níže můžeme vidět fotografii z právě probíhající výroby.



Obrázek 21: Výroba přípravku

Během testování podmínek pro stáčení kotouče se objevil problém u matice. Plocha, kterou matice dosedala na přítlačnou desku, nebyla rovinná, a proto během stáčení docházelo ke vzniku velkého házení. Z tohoto důvodu jsem ji musel nejprve zarovnat, aby přitlačovala desku ke kotouči rovnoměrně.

8.2.5. Sestavování přípravku a příprava kotouče

Přípravek můžeme upnout buď do sklíčidla a zajistit koníkem s hrotem nebo můžeme použít přípravek upnutý mezi hroty.

Před nasazením kotouče na přípravek je důležitá jeho příprava na stáčení. Kotouč nejprve upneme do svěráku a poté pomocí vrtačky s kartáčem očistíme vnitřní dosedací a vnější plochu. Vnější plochu čistíme hlavně z estetického důvodu. Poté kotouč sundáme, zkontrolujeme povrch a pomocí brusného papíru ještě dočistíme vnitřní a vnější plochu. Tento postup provádíme, abychom se zbavili nečistot a rzi,

protože potřebujeme, aby vnitřní dosedací plocha byla rovinná a bez nečistot, jelikož se jedná o referenční plochu.

Pokud máme přípravek upnutý ve sklíčidle, je postup sestavení následovný: nejprve vložíme přípravek do sklíčidla a pevně ho utáhneme. Poté na přípravek nasadíme centrovací kroužek, na který dále nasadíme brzdový kotouč, který chceme stáčet. Dále na přípravek nasadíme přítlačnou desku a celou soustavu zajistíme maticí, kterou nejprve utáhneme rukou a poté klíčem nebo hasákem. V posledním kroku zajistíme přípravek pomocí koníku s hrotem, abychom snížili házení.

V případě přípravku upnutého mezi hroty si nejprve upneme přípravek do svěráku, poté na něj nasadíme centrovací kroužek a brzdový kotouč. Následně na přípravek nasadíme přítlačnou desku, kterou zajistíme pomocí matice. Matici nejprve utáhneme rukou a poté klíčem nebo hasákem. Jako poslední na přípravek namontujeme unášecí srdce a přípravek upneme mezi hroty.

9. Zkoušení řezných podmínek

Prvním parametrem, který jsem testoval, byla hloubka řezu a_p . Na obrábění kotoučů jsem použil nůž s vyměnitelnými břitovými destičkami ze slinutého karbidu skupiny K. Z důvodu menšího výkonu stroje jsem se nejprve rozhodl zkusit hloubku $a_p = 0,1$ mm. Soustružení probíhalo bez problémů, avšak kvalita povrchu byla nedostačující. Z tohoto důvodu jsem se rozhodl zvýšit hloubku řezu na 0,2 mm. Došlo ke zlepšení kvality povrchu, ale stále nebyla vyhovující. Jako vyhovující se ukázala hloubka 0,3 mm. Výhodou této hloubky bylo to, že nůž byl po celou dobu obrábění dostatečně v řezu a nedocházelo tak k chvění celé soustavy.

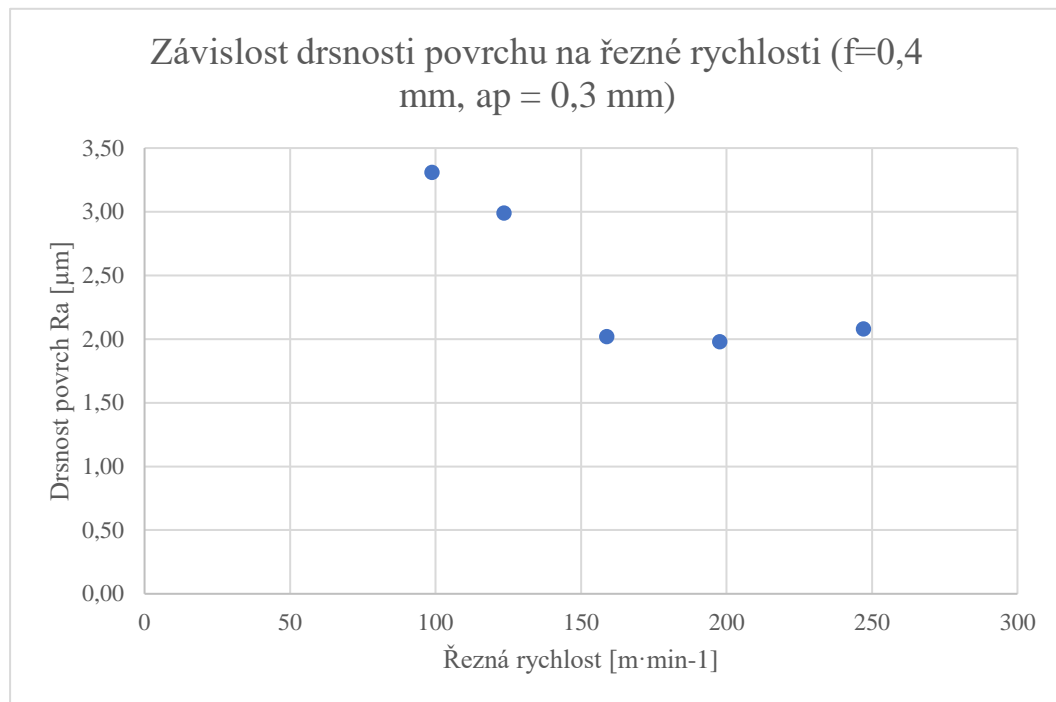
V dalším kroku jsem se soustředil na vhodný výběr počtu otáček a velikosti posuvu. Na soustruhu SV 18 RA je možno nastavit otáčky při poměru 1/8 od 71 až do 335 otáček za minutu. Během testování jsem používal kotouč s vnějším průměrem 281 mm a s vnitřním průměrem 174 mm. Z následující rovnice jsem si vypočetl omezující hodnotu pro otáčky.

$$v_c = \frac{\pi \cdot D \cdot n}{1000} \quad (1)$$

Při 280 otáčkách za minutu a vnějším průměru kotouče 281 mm jsem se dostal na hodnotu řezné rychlosti $247 \text{ m} \cdot \text{min}^{-1}$. Kvůli tomu, že při vyšší řezné rychlosti by

mohlo docházet k velikému namáhání nástrojů, jsem se rozhodnul brát tuto rychlost, jako omezující podmínku.

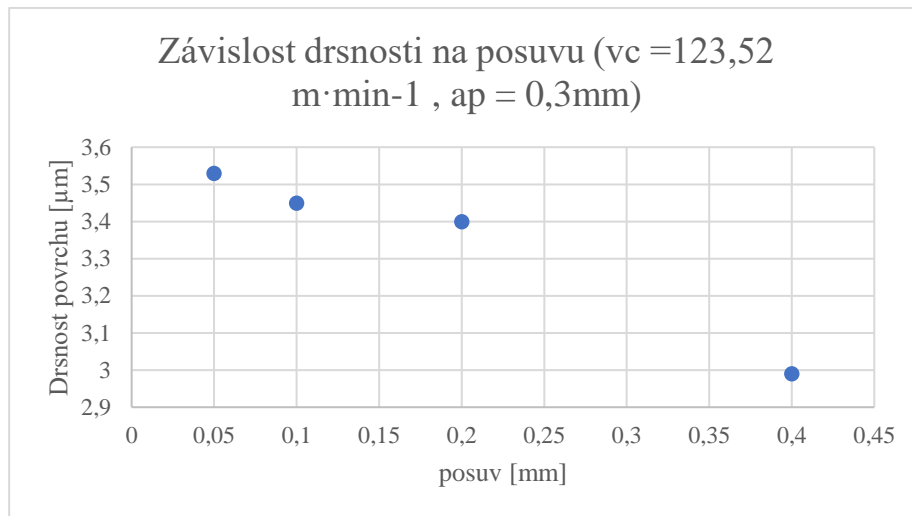
Z tohoto důvodu jsem se rozhodl testovat kvalitu povrchu při otáčkách: 280, 224, 180, 140 a 112 otáček za minutu. V následujícím grafu můžeme vidět závislost drsnosti povrchu na počtu otáček.



Obrázek 22: Závislost drsnosti na řezné rychlosti

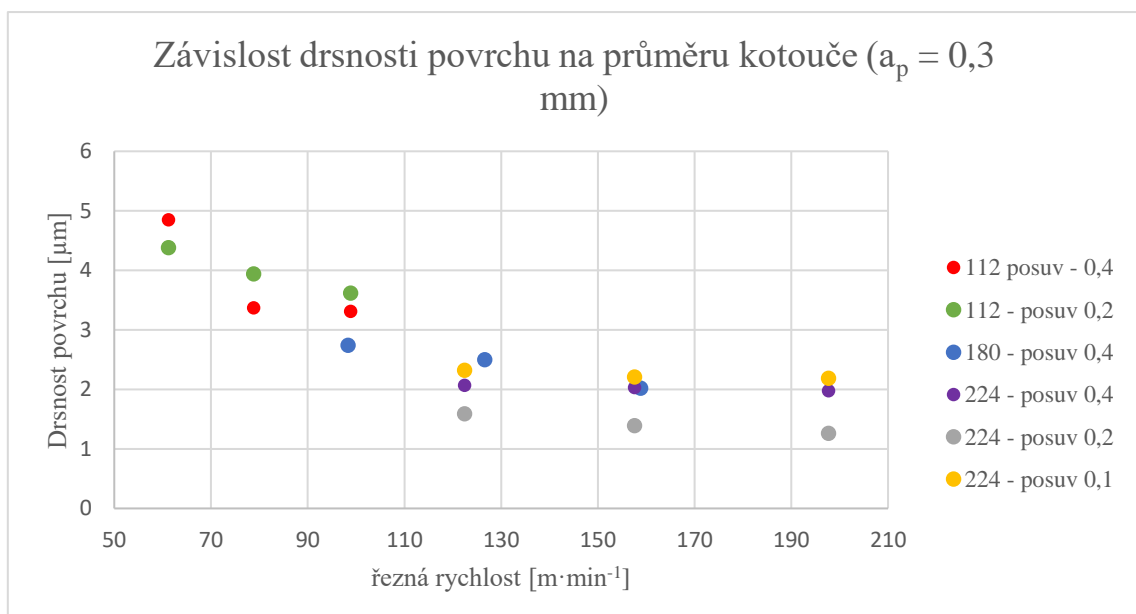
Při 224 otáčkách za minutu a při posuvu 0,4 mm na otáčku a hloubce řezu 0,3 mm vznikl nejlepší povrch. Jedná se o hodnotu 1,98 μm. Z grafu je jasně vidět, že při vyšších otáčkách má povrch menší drsnost než při menších otáčkách. Toto může být pravděpodobně z toho důvodu, že při vyšších rychlostech je nůž lépe v záběru, nedochází ke vzniku vibrací, a proto vytváří lepší povrch.

V dalším grafu můžeme vidět závislost drsnosti povrchu na posuvu. Hodnoty posuvu jsou pro nastavení 1: $1/1 = 0,4$ mm, $1/2 = 0,2$ mm $1/4 = 0,1$ a pro $1/8$ 0,05 mm.



Obrázek 23: Závislost drsnosti na posuvu

Z tohoto grafu vyplívá, že při snižujícím se posuvu, se drsnost povrchu zvyšuje. Toto je pravděpodobně také způsobeno tím, že během pomalejšího posuvu dochází ke vzniku vibrací, proto je kvalita povrchu nižší. Výjimkou tohoto měření byla drsnost naměřená při 224 otáčkách a posuvu 0,2 mm. Během tohoto nastavení jsem dosáhl nejlepšího povrch s drsností 1,26 až 1,59 μm . Tento rozsah je způsoben tím, že drsnost povrchu na celém kotouči není stejná. Drsnost povrchu se se snižující rychlostí zvyšuje. Toto můžeme vidět na grafu níže.

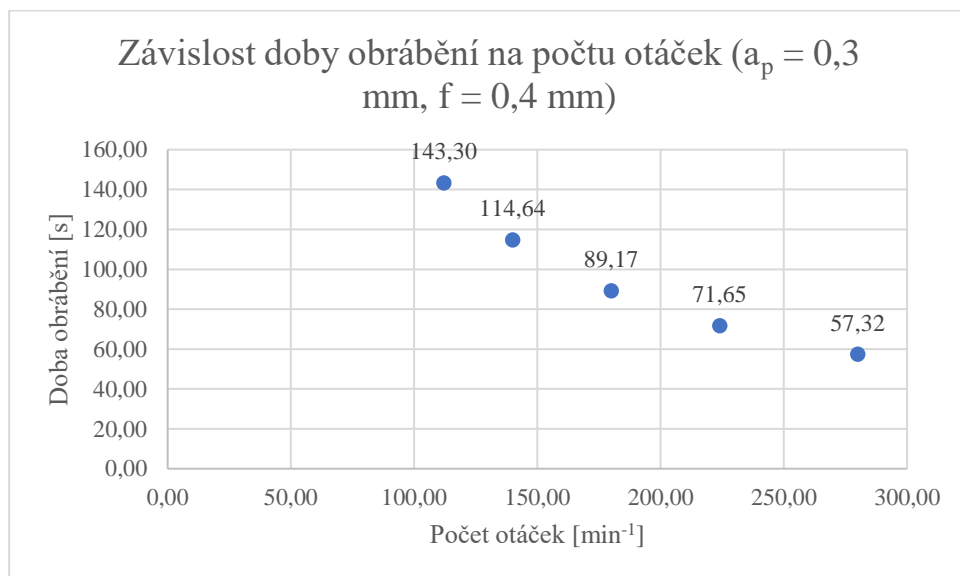


Obrázek 24: Závislost drsnosti na průměru kotouče

Důležitou vlastností při případném použití v dílně je doba, za jakou jsme schopni kotouč osoustružit. Doba soustružení můžeme vypočítat pomocí následujícího vzorce.

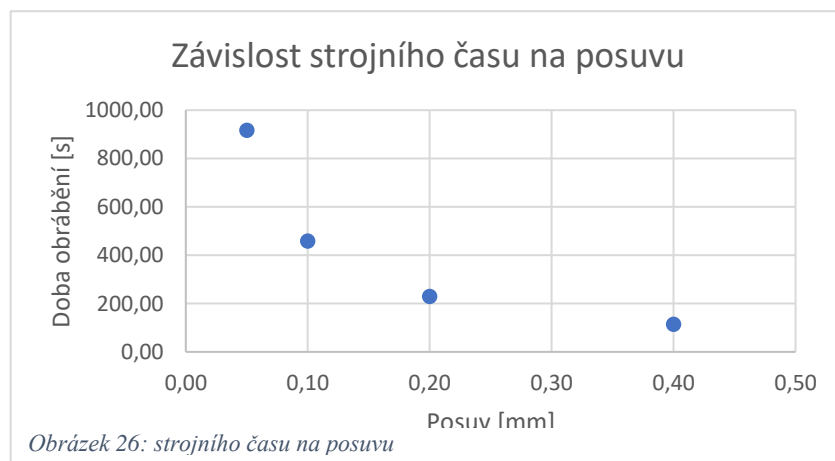
$$T_{AS} = \frac{L}{n \cdot f} \quad (1)$$

Délku můžeme vyjádřit jako rozdíl vnějšího a vnitřního průměru kotouče, což v mém případě byl vnější průměr 281 mm a vnitřní průměr 174 mm, n je počet otáček za minutu a f je posuv. V grafu, který můžeme vidět níže jsou vypočítané hodnoty pro posuv 0,4 mm. $T_{AS} = \frac{L}{n \cdot f} = \frac{281-174}{280 \cdot 0,4} = 0,955 \text{ min} = 57,32 \text{ s}$



Obrázek 25: Závislost doby obrábění na otáčkách

Z grafu je jasně patrné, že při použití 224 otáček za minutu trvá obrábění necelou minutu. Tento fakt je také velmi dobrý vzhledem k tomu, že právě při tomto počtu otáček jsem dosáhnul nejlepších drsností. Na obrázku 23 můžeme vidět závislost strojního času na posuvu.



Obrázek 26: strojního času na posuvu

V tomto grafu můžeme vidět, že doba potřebná pro obrobení kotouče se snižujícím se posuvem exponenciálně roste. Z toho důvodu je velmi dobré, že nejlepší drsnosti povrchu jsem dosáhnul při posuvu 0,2 mm.

9.1. Vliv upnutí na házení







V poslední fázi této práce jsem vyzkoušel tři typy upnutí a jejich vliv na házení.

První způsob bylo s upnutím přípravku do sklíčidla. Nejprve jsem si očistil dosedací plochu kotouče, který jsem poté umístil na přípravek a zajistil pomocí přitlačné desky a matice. Následně jsem kotouč stočil z jedné strany. Poté jsem celý přípravek spolu s kotoučem otočil a stočil také druhou stranu. Na obrázku níže můžeme vidět fotku z právě probíhajícího stáčení.



Obrázek 27: Stáčení kotouče







Při použití tohoto postupu jsem dosáhl hodnot, které můžeme vidět na obrázku níže.

	Rovinnost1	0.018	0.000	0.020	---	0.018
	Rovinnost2	0.012	0.000	0.020	---	0.012
	Čelní házení2	0.067	0.000	0.100	---	0.067
	Rovinnost3	0.032	0.000	0.020	0.012	0.032
	Čelní házení3	0.051	0.000	0.100	---	0.051
	Rovnoběžnost1	0.043	0.000	0.100	--	0.043

Obrázek 28: Geometrie kotouče 1

Z těchto dat vyplívá, že při použití tohoto postupu jsem dosáhnul nejlepších vlastností. Maximální hodnota rovinnosti je 0,032 mm, což vyhovuje maximální povolené hodnotě, která je u většiny kotoučů 0,05 mm. Nejvyšší hodnotou házení je 0,067 mm, což je stále v toleranci. Jedná se o vyšší hodnotu házení, proto by bylo vhodné použít přípravek s tímto typem upnutí na kotouče, které mají povolenou vyšší maximální hodnotu házení.







Dalším způsobem bylo stočení kotouče na jedno upnutí. Postup přípravy a nasazení kotouče byl stejný, jako v předchozím případě, avšak poté, co jsem stočil přední stranu, jsem vyměnil nože a stočil i zadní stranu. Na obrázku níže, můžeme vidět výsledek měření kotouče, který byl stočen tímto způsobem.

	Rovinnost1	0.010	0.000	0.020	--	0.010
	Rovinnost2	0.112	0.000	0.020	0.092	0.112
	Čelní házení2	0.130	0.000	0.100	0.030	0.130
	Rovinnost3	0.047	0.000	0.020	0.027	0.047
	Čelní házení3	0.064	0.000	0.100	---	0.064
	Rovnoběžnost1	0.136	0.000	0.100	0.036	0.136

Obrázek 29: Geometrie kotouče 2

Z těchto dat vyplývá, že tento způsob stáčení není vhodný. Vyhovují pouze rovinnost pro dosedací plochu pro náboj a házení pro přední plochu kotouče. Problém tohoto upnutí mohl být v tuhosti nože, použitého na obrábění zadní strany kotouče. Další negativní vliv na stáčení mohl mít fakt, že na tento způsob stáčení jsem použil menší kotouč a řezná rychlost obrábění byla tudíž nižší. Jak již bylo zmíněno dříve, během stáčení vyšší rychlostí vznikala lepší povrch.

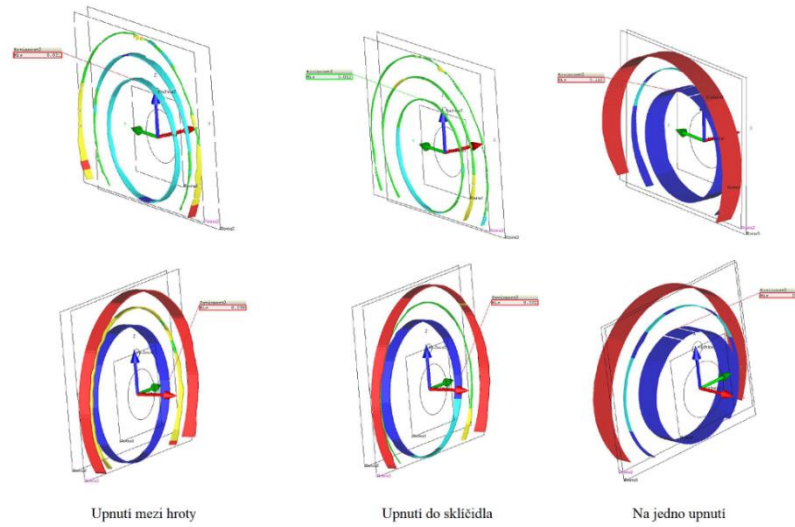
Posledním způsobem bylo stočení kotouče upnutého v hrotech soustruhu. Nejprve jsem si očistil dosedací plochu kotouče. Poté jsem přípravek vložil do svěráku a zajistil. Na přípravek jsem následně nasadil centrovací kroužek a očištěný kotouč, který jsem zajistil pomocí přitlačné desky a matice. Poté jsem na zadní část přípravku namontoval unášecí srdce. Přípravek spolu s kotoučem jsem upnul mezi hroty a stočil přední stranu. Poté jsem přípravek sundal, přeupnul unášecí srdce na přední stranu přípravku a vložil ho zpátky do soustruhu, kde jsem stočil i zadní stranu. Na obrázku níže můžeme vidět hodnoty z tohoto měření.

	Rovinnost1	0.019	0.000	0.020	---	0.019
	Rovinnost2	0.021	0.000	0.020		0.001
	Čelní házení2	0.055	0.000	0.100	---	0.055
	Rovinnost3	0.038	0.000	0.020		0.018
	Čelní házení3	0.095	0.000	0.100	---	0.095
	Rovnoběžnost1	0.037	0.000	0.100	--	0.037

Obrázek 30: Geometrie disku 3

Z tohoto obrázku vyplývá, že nejvyšší naměřená rovinnost je 0,038 mm, což je v toleranci. Maximální povolená rovinnost se pro některé kotouče může pohybovat až do 0,05 mm. Dalším měřeným prvkem bylo čelní házení. Maximální hodnota pro házení je 0,095 mm . Toto házení je už ovšem poměrně veliké, proto bych toto upnutí doporučil používat pouze na kotouče, které mají povolenou velkou hodnotu házení.

Na obrázku níže jsou znázorněny hodnoty rovinností pro dané kotouče.



Obrázek 31: Rovinnosti kotoučů [vlastní]

Z tohoto obrázku vyplývá, že šířka kotouče se směrem do středu snižuje. Toto je pravděpodobně způsobeno tím, jakým způsobem funguje soustruh. Tento fakt však nemá negativní vliv na funkci brzdového kotouče. Problém by nastal, pokud by se kotouč směrem do středu rozšiřoval. V tomto případě by docházelo k tomu, že by byla brzdná síla menší a mohlo by docházet ke špatné funkci brzdového systému.

10. Závěr

Hlavním cílem této bakalářské práce bylo navrhnout a sestrojít přípravek na stáčení brzdových kotoučů. V první části této práce je popsána funkce a součásti brzdového systému. Dále jsou zde popsány požadavky na brzdový kotouč a materiály, které lze použít na jeho výrobu. Vzhledem k tomu, že nejčastěji se brzdové kotouče vyrábějí z litiny, jsou zde popsány způsoby, jakými lze litinu obrábět. Dále jsou v této práci popsány průmyslové způsoby, jakými lze kotouče stáčet. Další část této práce je věnována rešerši rozměrů kotoučů. Poslední část se zabývá samotným návrhem a výrobou přípravku.

Na základě rešerše jsem navrhl dva přípravky. U prvního přípravku by docházelo k zajištění a centrování kotouče pomocí šroubů. Tento přípravek jsem se však rozhodl nevyrábět z důvodu malé univerzálnosti. Největším problémem tohoto přípravku byly rozdílné velikosti rozteče pro díru pro šrouby a velikost díry pro náboj. Při velké rozteči a malé díře pro náboj by nebylo možné tento přípravek sestavit. Z tohoto důvodu jsem se hlavně věnoval druhému přípravku. V tomto případě dochází k centrování kotouče pomocí centrovacích kroužků. Kotouč je zajištěn pomocí přítlačné desky a jisticí matice.

Poté, co jsem vytvořil návrh, jsem vyrobil přípravek, centrovací kroužky a přítlačnou desku. Matici, kterou jsem koupil, jsem musel upravit, protože dosedací plocha nebyla rovinná. Z tohoto důvodu matice nepřítlačovala desku rovnoměrně a způsobovala vysoké házení.

Dále jsem testoval podmínky pro stáčení kotouče. Z pohledu stavu povrchu jsem získal nejlepší parametry povrchu při hloubce řezu 0,3 mm, 224 otáčkách za minutu a posuvu 0,2 mm. Poté jsem těmito podmínkami stočil tři kotouče s různým stylem upnutí.

Nejlépe vycházelo upnutí ve sklíčidle se zajištěním pomocí koníku s hrotem. Maximální hodnota házení byla 0,067 mm. Jedná se o vyšší hodnotu házení, avšak stále by bylo možné používat tento přípravek na kotouče s větší tolerancí házení. Přípravek by ještě bylo možné vylepšit, pokud by se rozšířila prostřední část, do které bych vytvořil vyložení. Dalším zlepšením by bylo použití centrovacích kuželů, avšak i takto vyrobený přípravek by bylo možné využívat pro stáčení kotoučů.

11. Zdroje

1. "ZKROUCENÉ" BRZDOVÉ KOTOUČE A DALŠÍ MÝTY O BRZDOVÉM SYSTÉMU. *Trinom.org* [online]. Compton, CA: StopTech, c2004 [cit. 2018-07-08]. Dostupné z: <http://trinom.org/tmp/brakemyths.pdf>
2. Stáčení brzdových kotoučů. *Rovnění motorových hlav* [online]. Praha, c2012 [cit. 2018-07-08]. Dostupné z: <http://www.rovnanimotorovychhlav.cz/submenu/stacenibrzdovychkotoucu.html>
3. Brzdy I. *Autoznanosti* [online]. Autoznanosti, 2011 [cit. 2018-07-06]. Dostupné z: <http://www.autoznanosti.cz/index.php/podvozek-a-kola/33-brzdyi.html>
4. Posouzení poškození na brzdových destičkách a kotoučích. *TEXTAR* [online]. Leverkusen: TEXTAR [cit. 2018-07-05]. Dostupné z: https://textar.com/wp-content/uploads/2015/08/Textar_Fault-Assessment_CZE.pdf
5. INSTALACE BRZDOVÝCH KOTOUČŮ. *Autodíly MJauto* [online]. Brno: Autodíly MJauto [cit. 2018-07-05]. Dostupné z: <http://www.mjauto.cz/instalace-brzdovych-kotoucu>
6. *Material selection for brake disc* [online]. [cit. 2018-07-05]. Dostupné z: <https://www.scribd.com/doc/166309759/Brake-Disc>
7. DESIGN AND ANALYSIS OF DISC BRAKE WITH TITANIUM ALLOY. In: *IJISSET - International Journal of Innovative Science, Engineering & Technology* [online]. Ttamilandu: IJISSET, 2015, s. 1044-1050 [cit. 2018-07-05]. ISSN 2348 – 7968. Dostupné z: http://ijiset.com/vol2/v2s5/IJISSET_V2_I5_155.pdf
8. ISO K Litiny. *Sandvik Coromant* [online]. Sandvik Coromant [cit. 2018-07-05]. Dostupné z: https://www.sandvik.coromant.com/cs-cz/knowledge/materials/workpiece_materials/iso_k_cast_iron/pages/default.aspx
9. MACEK, Karel a Petr ZUNA. *Nauka o materiálu*. Praha: České vysoké učení technické, 1996. ISBN 80-01-01507-6.
10. Soustružení litiny. *Sandvik Coromant* [online]. Sandvik Coromant [cit. 2018-07-05]. Dostupné z: https://www.sandvik.coromant.com/cs-cz/knowledge/general_turning/how-to-achieve-good-component-quality/turning-in-different-materials/cast-iron-turning/pages/default.aspx
11. Sandvik Coromant [online]. Sandvik Coromant, c2000-2012 [cit. 2018-07-23]. Dostupné z: <https://www.sandvik.coromant.com/cs-cz/pages/default.aspx>

12. SKOČOVSKÝ, Petr; PODRÁBSKÝ, Tomáš . Grafické liatiny. 1.vydanie. Ľilina :Edis, 2005. 168 s. ISBN 80-8070-390-6.
13. DA8700 Instruction Manual. *MAD* [online]. Veenendaal: MAD, 2015 [cit. 2018-07-07]. Dostupné z: <https://www.mad-tooling.com/media/files/extranet/Manuals/Tooling/Manual%20DA8700%20UMA%20from%2001-03-2015/TH8750150%20DA8700%20English%2005.pdf>
14. DA8700 Instruction Manual. *BendPak* [online]. Santa Paula: BendPak, 2014 [cit. 2018-07-07]. Dostupné z: <https://www.bendpak.com/RL-8500-8500XLT-Brake-Lathe-Manual-5900155-Ranger.pdf>
15. *Automobilové díly 24* [online]. Berlin: Automobilové díly 24, c2018 [cit. 2018-07-13]. Dostupné z: <https://www.automobilovedily24.cz/>
16. Alkalický polyamid silon PA6 deska tloušťka 40mm přírodní. *Plastové polotovary* [online]. Libčice nad Vltavou [cit. 2018-07-07]. Dostupné z: <https://shop.plmont.com/cz-detail-702387-alkalicky-polyamid-silon-pa6-deska-tloustka-40mm.html>

Seznam příloh

Příloha A – rešerše rozměrů kotoučů

Příloha A – rešerše rozměrů kotoučů

Citroën

Model	centrovací průměr (mm)	počet děr	rozteč (mm)	díra na šrouby (mm)	díra pro náboj (mm)
C1	55	4	100	13,2	129,2
Berlingo, C2,C3,C4	66	4	108	13	133
Berlingo, Xantia,Xsara	66	4	108	13	133,2
C4 Picasso, C4 Grand Picasso, C5	71	5	108	13,2	133,2
DS4, DS5	71	4	108	13,3	133,2

Fiat

Model	centrovací průměr (mm)	počet děr	rozteč (mm)	díra na šrouby (mm)	díra pro náboj (mm)
Ulysse	59	5	98	15	180
500, Panda, Punto	59	4	98	13,2	123,2
Bravo, Linea, Multipa, Stilo	59	4	98	13,2	128
Grande Punto	60	6	100	14,5	127
Ducato	72	5	118	15,68	172,1

Ford

Model	centrovací průměr (mm)	počet děr	rozteč (mm)	díra na šrouby (mm)	díra pro náboj (mm)
Fiesta, Focus, Scorpio	63,5	4	108	13,7	155
Escort, Orion, Sierra	63,5	4	108	13,7	136
Galaxy, Mondeo, S-Max	63,6	5	108	16	177,5
Galaxy,	68,2	5	112	16,8	154,5

Hyundai

Model	centrovací průměr (mm)	počet děr	rozteč (mm)	díra na šrouby (mm)	díra pro náboj (mm)
i20, Accent	62,2	4	100	12,65	126
i30	69	5	114,3	12,5	141,5
Elantra, Matrix	69	4	114,3	12,7	141,5
Matrix, Sonata	76	4	114,3	12,6	166,1
i40	76	5	114,3	12,65	155

Kia

Model	centrovací průměr (mm)	počet děr	rozteč (mm)	díra na šrouby (mm)	díra pro náboj (mm)
Picanto	62,2	4	100	12,6	126
Rio	62,2	4	100	12,65	126,2
Cee'd, Soul	69	5	114,3	12,5	141,5
Optima, Carens, Sportage	69	5	114,3	12,5	141,5
Magentis	76	4	114,3	12,6	166,1
Sportage	76	5	114,3	12,6	190

Mazda

Model	centrovací průměr (mm)	počet děr	rozteč (mm)	díra na šrouby (mm)	díra pro náboj (mm)
MX-5	55	4	100	13	124,8
Mazda 3, Mazda 5, Premacy	72	5	114,3	14	140
Mazda 6, Mazda 626, MX-5	72	5	114,3	12,98	141,7
CX-7, CX-9	72	5	114,3	13	190

Mitsubishi

Model	centrovací průměr (mm)	počet děr	rozteč (mm)	díra na šrouby (mm)	díra pro náboj (mm)
Carisma, Galant, Lancer	69	4	114,3	12,6	143,1
Lancer, Lancer Sportback	80	5	114,3	12,5	168
Lancer Sportback, Outlander	80	5	114,3	12,6	190
Eclipse, Otlander, Space Runner	90	5	114,3	12,5	161

Nissan

Model	centrovací průměr (mm)	počet děr	rozteč (mm)	díra na šrouby (mm)	díra pro náboj (mm)
Micra	59	4	100	12,75	125,5
Micra, Note	61	4	100	13,6	126,4
Kubistar	61	4	100	12,5	128
Almera, Primera	68	4	114,3	12,75	154
Juke, Pulsar, Qashqai, Sentra	68	5	114,3	12,7	172

Opel

Model	centrovací průměr (mm)	počet děr	rozteč (mm)	díra na šrouby (mm)	díra pro náboj (mm)
Astra, Corsa, Vectra	60	4	100	14	123
Omega	65,5	5	110	14	160
Astra, Corsa, Meriva, Zafira	65,5	5	110	14	145
Insignia	67,4	5	120	16,3	163,7
Calibra, Speedster, Vectra	70	7	110	14,2	139

Peugeot

Model	centrovací průměr (mm)	počet děr	rozteč (mm)	díra na šrouby (mm)	díra pro náboj (mm)
107, 108	55	4	100	13,2	129
807	59	5	98	15	134
106, 205, 306, 309, 405	66	4	108	13	133
206, 305, 306, 405, Panter	66	4	108	13	133
406	71	4	108	13	185,1

Renault

Model	centrovací průměr (mm)	počet děr	rozteč (mm)	díra na šrouby (mm)	díra pro náboj (mm)
Clio, Rapid, Twingo	61	4	100	12,4	129,5
Logan, Sandero, Twingo	61	4	100	13,6	130
Clio, Kangoo, Megane, Thalia	61	4	100	12,5	128
Duster	68	5	114,3	15,7	141
Megane	68	5	114,3	13,6	162

Seat

Model	centrovací průměr (mm)	počet děr	rozteč (mm)	díra na šrouby (mm)	díra pro náboj (mm)
Cordoba, Ibiza	65	4	100	13,6	124,5
Cordoba, Ibiza, Leon, Toledo	65	5	100	15	124
Altea, Leon, Toledo	65	9	112	15,3	144,2
Exeo	68	5	112	15,5	134

Škoda

Model	centrovací průměr (mm)	počet děr	rozteč (mm)	díra na šrouby (mm)	díra pro náboj (mm)
Favorit, Felicia	62	4	100	13,8	124,8
Fabia	65	5	100	15,6	125
Octavia, Superb	65	5	112	15,3	140
Kodiaq	65	5	112	15,3	144,1
Superb	68	5	112	15,3	136,5

Toyota

Model	centrovací průměr (mm)	počet děr	rozteč (mm)	díra na šrouby (mm)	díra pro náboj (mm)
Corolla	55	4	100	14,55	131
IQ, Yaris	55	4	100	14,55	156
Avensis	62	5	114,3	14,5	155
Auris, Corolla	62	5	114,3	14,55	154,9
RAV 4	62	5	114,3	14,55	166,8

Volkswagen

Model	centrovací průměr (mm)	počet děr	rozteč (mm)	díra na šrouby (mm)	díra pro náboj (mm)
CC, Golf, Passat, Sharan, Tiguan, Touran	65	5	112	15,3	159
Caddy, Golf, Jetta, Passat, Polo, Scirocco	65	4	100	13,6	124,5
Polo	65	4	100	13,8	125
Passat	68	5	112	15,3	134