



# VYSOKÉ UČENÍ TECHNICKÉ V BRNĚ

BRNO UNIVERSITY OF TECHNOLOGY

## FAKULTA STROJNÍHO INŽENÝRSTVÍ

FACULTY OF MECHANICAL ENGINEERING

## ÚSTAV STROJÍRENSKÉ TECHNOLOGIE

INSTITUTE OF MANUFACTURING TECHNOLOGY

# OBRÁBĚNÍ SOUČÁSTI DIFERENCIÁLU SILNIČNÍHO VOZIDLA

MACHINING OF A COMPONENT OF A ROAD VEHICLE DIFFERENTIAL

## BAKALÁŘSKÁ PRÁCE

BACHELOR'S THESIS

## AUTOR PRÁCE

AUTHOR

Václav Talavášek

## VEDOUCÍ PRÁCE

SUPERVISOR

Ing. Milan Kalivoda

BRNO 2020

# Zadání bakalářské práce

Ústav:	Ústav strojírenské technologie
Student:	<b>Václav Talavášek</b>
Studijní program:	Strojírenství
Studijní obor:	Strojírenská technologie
Vedoucí práce:	<b>Ing. Milan Kalivoda</b>
Akademický rok:	2019/20

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

## Obrábění součásti diferenciálu silničního vozidla

### Stručná charakteristika problematiky úkolu:

U klasických vozidlových diferenciálů se předpokládá dlouhá životnost. Výrobní a montážní postupy zahrnují i speciální fáze.

### Cíle bakalářské práce:

- Charakteristika diferenciálu (uzávěrka, pohon 4x4, závodní provedení)
- Vytipovaná součást
- Výrobní procesy a TPV dokumentace
- Servis, zabíhání, ladění, náhradní díly
- Zhodnocení

### Seznam doporučené literatury:

FOREJT, Milan a Miroslav PÍŠKA. Teorie obrábění, tváření a nástroje. 1. vyd. Brno: CERM, s. r. o., 2006. 225 s. ISBN 80-214-2374-9.

LEINVEBER, Jan a Pavel VÁVRA. Strojnické tabulky. 3. vyd. Úvaly: ALBRA, 2006. 914 s. ISBN 80-7361-033-7.

MÁDL, Jan et al. Jakost obráběných povrchů. 1. vyd. Ústí nad Labem: UJEP, 2003. 180 s. ISBN 80-7044-639-4.

PÍŠKA, Miroslav et al. Speciální technologie obrábění. 1. vyd. Brno: CERM, s. r. o., 2009. 252 s. ISBN 978-80-214-4025-8.

Příručka obrábění, kniha pro praktiky. 1. vyd. Praha: Sandvik CZ, s. r. o. a Scientia, s. r. o., 1997. 857 s. ISBN 91-972299-4-6.

PTÁČEK, Luděk et al. Nauka o materiálu I. 2. vyd. Brno: CERM, s. r. o., 2003. 516 s. ISBN 80-72-4283-1.

PTÁČEK, Luděk et al. Nauka o materiálu II. 2. vyd. Brno: CERM, s. r. o., 2003. 516 s. ISBN 80-72-4283-1.

SAMEK, Radko, Zdeněk LIDMILA a Eva Šmehlíková. Speciální technologie tváření, 2. část. 1. vyd. Brno: CERM, s. r. o., 2011. 163 s. ISBN 987-80-214-4406-5.

SHAW, Milton Clayton. Metal Cutting Principles. 2nd ed. Oxford: Oxford University Press, 2005. P. 651. ISBN 0-19-514206-3.

ŠTULPA, Miloslav. CNC obráběcí stroje a jejich programování. 1. vyd. Praha: Technická literatura BEN, 2007. 128 s. ISBN 978-80-7300-207-7.

ZEMČÍK, Oskar. Nástroje a přípravky pro obrábění. 1. vyd. Brno: CERM, s. r. o., 2003. 193 s. ISBN 80-214-2336-6.

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

V Brně, dne

L. S.

---

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

---

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

## ABSTRAKT

Bakalářská práce na téma Obrábění součásti diferenciálu silničního vozidla má za cíl přiblížit funkci diferenciálu, různá provedení diferenciálů, možnosti úprav a servisování. Další část práce je zaměřena na sériovou výrobou vytipované součásti diferenciálu dle přiloženého výkresu. Postupně je vybrán vhodný materiál a polotovar pro výrobu. Následuje volba vhodných technologií pro kompletní výrobu součásti. K jednotlivým technologiím jsou přiřazeny odpovídající stroje a nástroje.

### Klíčová slova

diferenciál, kuželové ozubené kolo, obrábění, protahování, technologický postup

## ABSTRACT

Bachelor thesis about Manufacturing of a component of a road vehicle differential is focused on the function of differentials, various types of differentials, possibilities of improvements a repairing. The second part is focused on serial manufacturing of one part which is based on drawing. Choosing the material and blank for manufacturing. Then is choice of suitable technologies for the complete manufacture of the component. For each process is selected suitable machine and tool.

### Key words

differential, bevel gear, machining, broaching, technological method

## BIBLIOGRAFICKÁ CITACE

TALAVÁŠEK, Václav. *Obrábění součásti diferenciálu silničního vozidla* [online]. Brno, 2020 [cit. 2020-06-22]. Dostupné z: <https://www.vutbr.cz/studenti/zav-prace/detail/124696>. Bakalářská práce. Vysoké učení technické v Brně, Fakulta strojního inženýrství, Ústav strojírenské technologie. 41str Vedoucí práce Ing. Milan Kalivoda.

## PROHLÁŠENÍ

Prohlašuji, že jsem diplomovou práci na téma **Obrábění součásti diferenciálu silničního vozidla** vypracoval(a) samostatně s použitím odborné literatury a pramenů, uvedených na seznamu, který tvoří přílohu této práce.

---

Datum

---

Václav Talavášek

## **PODĚKOVÁNÍ**

Děkuji tímto Ing. Milanu Kalivodovi za ochotnou pomoc a za cenné připomínky a rady, které mi poskytl při vypracování této práce.

## Obsah

Abstrakt.....	4
Prohlášení.....	5
Poděkování.....	6
Obsah.....	7
Úvod .....	9
1 Charakteristika diferenciálu .....	10
1.1 Účel diferenciálu.....	10
1.2 Uzávěrka diferenciálu.....	11
1.3 Samosvorný diferenciál.....	11
1.3.1 Samosvorný diferenciál s třecí lamelovou spojkou.....	12
1.3.2 Torsen .....	12
1.4 Sportovní diferenciály.....	13
1.4.1 Samosvorný diferenciál s viskozni spojkou od firmy ZF .....	13
1.4.2 Aktivní zadní diferenciál .....	13
2 Pohon 4x4 (4WD) .....	14
2.1 Připojitelný pohon všech kol s rozdělovací převodovkou .....	14
2.2 Stálý pohon všech kol .....	14
2.3 Samočinně připojitelný pohon všech kol s elektro regulací .....	14
3 Péče o diferenciál .....	15
3.1 Zabíhání diferenciálů.....	15
3.2 Servis diferenciálů.....	16
3.3 Náhradní díly.....	16
3.4 Ladění diferenciálu.....	16
4 Popis součástky: .....	17
4.1 Základní parametry ozubeného kola .....	18
5 Materiál vhodný pro danou součást: .....	19
5.1 Vlastnosti a použití materiálu .....	19
6 Volba polotvaru .....	20
6.1 Varianty polotvarů pro výrobu kuželových kol .....	20
6.1.1 Hutní polotovar – válcová tyč.....	20
6.1.2 Zápustkový výkovek.....	20
6.1.3 Výkovek zhotovený pomocí přesného kování a kováním v kyvné zápustce.....	20
6.2 Návrh polotvaru.....	20

---

6.2.1	Přídavek na obrábění .....	20
6.2.2	Technologické přídavky.....	20
6.2.3	Zaoblení hran a přechodů .....	21
6.2.4	Zatřídění výkovku.....	21
6.2.5	Tolerance rozměrů .....	22
6.2.6	Dokončení polotovaru .....	22
6.3	Náčrt výkovku.....	22
6.4	Objem polotovaru pro výkovek.....	22
6.5	Rozměr vstupního polotovaru pro kování.....	24
6.6	Výpočet spotřeby materiálu.....	25
6.6.1	Výpočet počtu tyčí na výrobu celé zakázky.....	25
6.6.2	Nevyužití tyče.....	26
6.6.3	Srovnání spotřeby materiálu výkovku oproti soustružení z tyče ...	29
7	Volba vhodných výrobních technologií.....	31
7.1	Výroba ozubení protahováním .....	31
7.2	Výroby vnitřního evolventního drážkování.....	321
7.3	Tepelné zpracování.....	321
8	Strojní vybavenost .....	33
9	Závěr.....	36
	Seznam Použitých zdrojů	
	Seznam Použitých zkratk	



## ÚVOD

Diferenciál je velmi důležitou součástí v každém dvoustopém vozidle. V současné době se používá mnoho variant konstrukce diferenciálu. Pro jeho konstrukci je důležitá vysoká odolnost a životnost. Jeho funkční části jsou proto vyráběny z materiálů, které se snadno obrábějí a zároveň jsou i dobře tepelně zpracovatelné. Pro sériovou výrobu je také vhodné se zaměřit na spotřebu materiálů a uvážit, jaký vstupní polotovar pro třískové obrábění je z ekonomického a mechanického hlediska nejvýhodnější. V bakalářské práci se pro výrobu ozubených kol uvažuje stojní park složený z konvenčních univerzálních strojů, tak i z jednoúčelových strojů. Je sestaven technologický postup, který popisuje sled jednotlivých operací, jak za sebou následují. Pro dobrou názornost jsou sestaveny operační návodky. Výroba ozubení je v dnešní době na vysoké úrovni, avšak některé metody jsou příliš pomalé a musí být následovány ještě dokončovací operací. Proto je nutné uvážit, při jakém množství vyráběných součástí se již vyplatí využít produktivnější, ale dražší metody výroby ozubení.

# 1 CHARAKTERISTIKA DIFERENCIÁLU

## 1.1 Účel diferenciálu

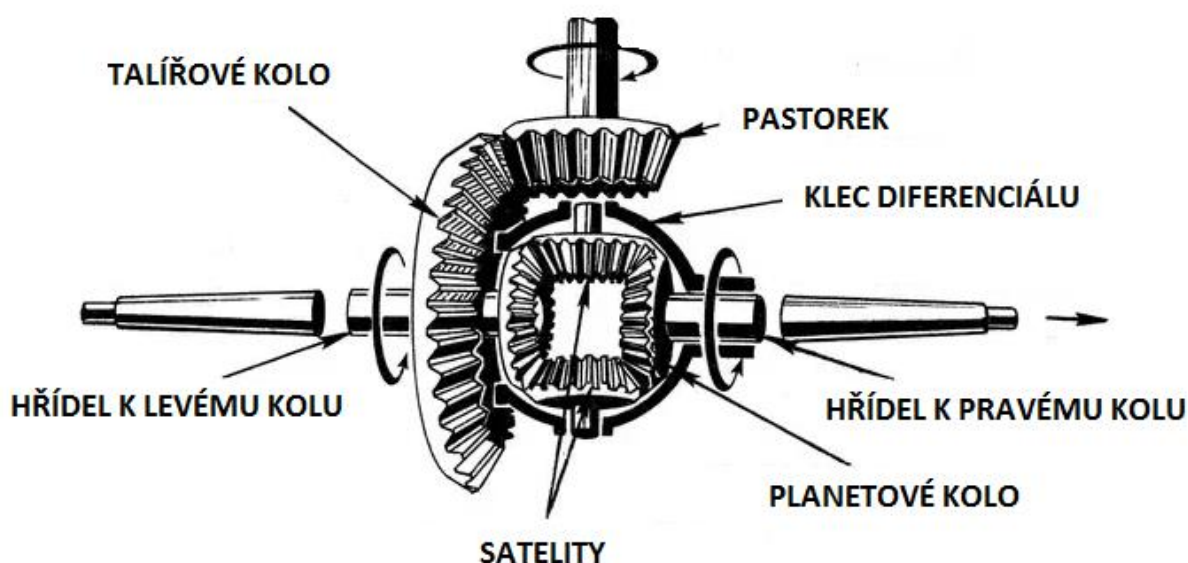
Během průjezdu zatáčkou má vždy jedno kolo na nápravě větší rychlost jak druhé kolo. Je to způsobeno tím, že vnější kolo opisuje dráhu na kružnici s větším poloměrem než kolo vnitřní, jelikož kola opisují svoje dráhy stejnou dlouhou dobu, je obvodová rychlost vnějšího kola větší, což by při pevném spojení levého a pravého kola mělo řadu nevýhod.

Pokud by obě kola byla mezi sebou spojena pevně docházelo by k:

- extrémnímu opotřebení pneumatik,
- zhoršení ovladatelnosti vozidla,
- zvýšení ztrát výkonu, způsobených smýkáním a prokluzováním kola což ve výsledku způsobí nárůst spotřeby pohonných hmot. [1, 2]

U kol, která nejsou poháněná se to řeší tím, že jsou volně otočná, proto se tento problém řeší pouze u náprav hnacích, u kterých se používá zařízení s názvem diferenciál. [1, 2]

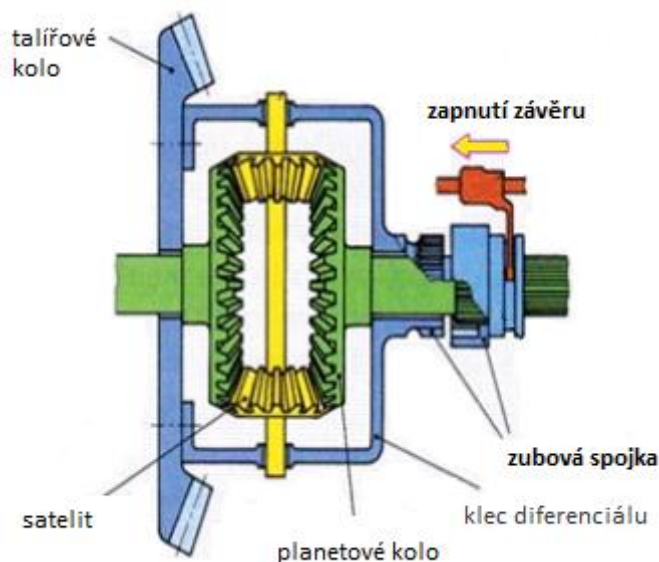
Diferenciálem vozidla se nazývá převodové ústrojí, které samočinně vyrovnává rozdílné otáčky hnacích kol během průjezdu zatáčkou. Další funkcí tohoto ústrojí je rovnoměrné rozdělení hnacího točivého momentu mezi obě kola. Vyrovnávání otáček probíhá tím způsobem, že talířové kolo, které je pevnou součástí klece diferenciálu rotuje konstantními otáčkami, kdežto kola vozidla se otáčejí rozdílnými otáčkami (obr. 1). Díky satelitům, které jsou vloženy mezi planetová kola je možné, aby se při konstantních otáčkách talířového kola jedno kolo vozidla otáčelo rychleji a druhé pomaleji. Funkce diferenciálu je zajištěna vzájemným natáčením planetových kol. Při jízdě vpřed v zatáčce je jedno z kol zpoždováno přidavnou rotací satelitních kol zpět a zrychlující kolo je zrychlováno přidavným otáčením dopředu, otáčky talířového kola jsou konstantní. To umožňuje kolu na vnější straně zatáčky zrychlení otáček a zároveň kolu na vnitřní straně jejich zpoždění. [1, 2]



Obr. 1 Schéma kuželového diferenciálu [3]

## 1.2 Uzávěrka diferenciálu

Diferenciál je žádoucí při průjezdu průjezdu zatáčkou po zpevněném povrchu. Avšak může nastat i situace, kdy je jeho funkce během jízdy nežádoucí. Tyto situace mohou nastat při jízdě po povrchu, který má nízkou přilnavost (led, sníh, bláto...). Při proklouznutí kola na kluzkém materiálu dojde na tomto kole k navýšení hnacího momentu na maximální hodnotu, čímž kolo ztratí přilnavost k povrchu. Druhé kolo se otáčí pomaleji, nebo vůbec. V těchto situacích je proto nejvhodnější vyřadit diferenciál z činnosti. Tuto funkci plní závěr diferenciálu. Závěrem diferenciálu bývají vybaveny traktory a terénní vozidla. Bývá ovládán mechanicky pákou z místa řidiče, u modernějších provedení bývá ovládán pomocí elektrického přepínače. Způsob, jakým je diferenciál zablokovan spočívá v přesunutí objímky, která je na jednom z hnacích hřídelů do polohy, kdy je klec diferenciálu pevně spojena s planetovým kolem (obr. 2). To znemožní otáčení satelitů a diferenciál je odstaven. Používání závěru diferenciálu je vhodné pouze při jízdě v prostředí, kde by jízda bez něj byla obtížná. Pokud by byla uzávěrka zapnuta i během běžné jízdy, mělo by to negativní vliv na opotřebení převodu a pneumatik. [1, 2]



Obr. 2 Uzávěrka diferenciálu. [2]

## 1.3 Samosvorný diferenciál

Spouštění a vypínání uzávěrky diferenciálu při jízdě komplikuje ovládání vozidla. Tento problém je u některých vozidel řešen tzv. samosvornými diferenciály. Samosvorný diferenciál pracuje při jízdě po povrchu s dobrou přilnavostí stejně jako běžný diferenciál, jakmile se ale jedno kolo proklouzne v samosvorném diferenciálu vznikne zvýšené tření, které dovolí pouze malý rozdíl mezi otáčkami hnacích kol a brání volnému protočení kol. V této situaci není rozdělení točivého momentu rovnoměrné, ale většina momentu je převáděna na kolo, které neprokluzuje. [1, 2]

### 1.3.1 Samosvorný diferenciál s třecí lamelovou spojkou

Kromě standardních součástí kuželového diferenciálu obsahuje dva přítlačné kotouče s unášecími výstupky a dvě lamelové spojky. Unášecí výstupky na přítlačných kotoučích zasahují do drážek klece diferenciálu. Kotouče jsou tak poháněny klecí diferenciálu vůči které se mohou axiálně pohybovat.

Z klece diferenciálu se na kuželové satelity přenáší moment přes přítlačné kroužky unášené se skříňí drážkováním na obvodě, po kterém se mohou axiálně pohybovat. Mezi těmito kroužky je sevřen čep satelitů. Při přenášení točivého momentu se tyto kroužky přibližují a oddalují na třecí lamely. Lamely jsou spojeny s vnitřním drážkováním skříňe i s vnějšími drážkami kuželových kol na hnacích hřídelích. Diferenciál má dvě sady satelitů, každý pár je umístěn na vlastním čepu. Čepy nejsou zalisované v dírách, ale jsou v klínových výřezech. [1, 2]

Pokud prokluzuje pravé kolo otáčí se i satelity. Jejich čepy tlačí přítlačné kotouče proti lamelám obou spojek. Vlivem přítlačné síly se mezi rychlejšími vnitřními lamelami a vnějšími lamelami pravého kola vytvoří třecí moment. tento moment je veden přes skříň diferenciálu a levou lamelovou spojku na levé neprokluzující kolo. [1, 2]

### 1.3.2 Torsen

Jedná se o kombinaci čelního a šnekového diferenciálu. Skládá se ze tří párů satelitů, které mají šnekové ozubení a čelní ozubení s přímými zuby (obr. 3). Šnekové ozubení je v kontaktu s centrálním kolem. [1, 2]

Při jízdě v zatáčce se začnou satelity otáčet na čepch a tím umožní různé otáčky hnacích kol. Při prokluznutí jednoho kola se vlivem třecího odporu prokluzující kolo přibrzdí a větší točivý moment je přenášen na kolo s lepší přilnavostí. [1, 2]



Obr. 3 Diferenciál Torsen [4]

## 1.4 Sportovní diferenciály

### 1.4.1 Samosvorný diferenciál s viskozí spojkou od firmy ZF

Účinek pro přenos točivého momentu vzrůstá s rozdílem otáček. Při normálním zatáčení nemá viskozí spojka žádný účinek, ale jakmile se kolo protáčí tak silně uzavírá. Uzavírací účinek vzniká smykovou silou kapaliny (speciální silikonový olej) mezi nepřítlačenými lamelami.

Ve spojce jsou 2 druhy lamel, jeden druh je spojen s nábojem výstupního hřídele pomocí vnitřního ozubení a druhý druh zasahuje do ozubení skříně vnějším ozubením. Při pohonu skříně jsou lamely s vnějším ozubením unášeny, takže mezi jednotlivými druhy lamel vzniká smyk. Hustota silikonového oleje je však tak velká, že při velkých otáčkových rozdílech jsou lamely s vnitřním ozubením unášeny olejem. Tato konstrukce umožňuje až 100% uzavírací účinek. [1]

### 1.4.2 Aktivní zadní diferenciál

Tento typ diferenciálů je v dnešní době hojně používán u závodních a luxusních automobilů. Pro tento diferenciál se také používá označení sportovní diferenciál. Je využíván v automobilech Audi. Obdobné řešení však používají i značky BMW (DPC), Honda (ATTS) a Mitsubishi. [5]

Na každé straně diferenciálu je symetricky připojena sada lamelových spojek, které jsou ovládané elektro-hydraulicky. Tento diferenciál je využíván v kombinaci se stabilizačními programy. Zrychlením otáček vnějšího kola v zatáčce vznikne moment, který působí ve směru jízdy. Tím je vozidlo prakticky vtlačeno do zatáčky. Výsledkem je snadné a bezpečné zatáčení bez nutnosti zpomalení jízdy. Oproti samostatným elektronickým stabilizačním programům je tak průjezd zatáčkou rychlejší, plynulejší, a navíc je reakce diferenciálu okamžitá. [5]

## 2 POHON 4X4 (4WD)

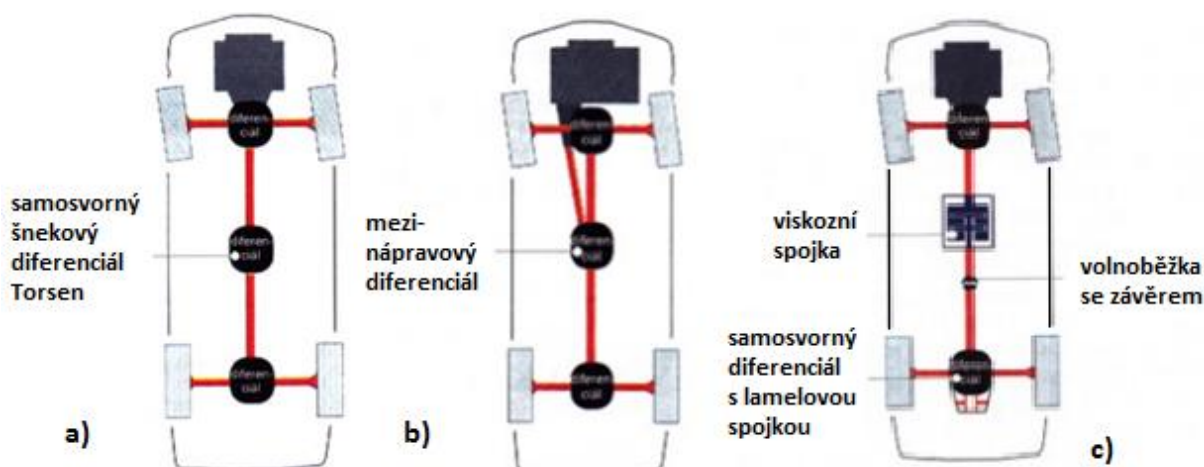
Oproti pohonu jedné nápravy, kde se hnací síla dělí pouze mezi dvě kola, u pohonu všech kol se přenáší na každé kolo menší hnací síla, což má za následek zlepšení jízdní stability a lepší záběr kol. [2]

### 2.1 Připojitelný pohon všech kol s rozdělovací převodovkou

Vozidlo je vybaveno rozdělovací převodovkou, která přenáší hnací moment na diferenciál obou náprav. Normálně je vozidlo poháněno pouze jednou nápravou, ale při spuštění pohonu obou náprav dojde k jejich pevnému propojení. Mechanismus s rozdělovací převodovkou s kuželovým diferenciálem dělí hnací moment na jednotlivé nápravy v poměru 50:50. Při použití planetového diferenciálu je možné poměr mezi momenty rozdělit nerovnoměrně. [2]

### 2.2 Stálý pohon všech kol

Všechna kola jsou poháněna trvale. Nápravy jsou mezi sebou propojeny mezinápravovým diferenciálem, který může být kuželový, šnekový nebo může být použita viskózní spojka. Pro tuto variantu existuje mnoho různých řešení a dalo by se říci, že každý automobilový koncern využívá svoji vlastní konstrukci (obr. 4). [2]



Obr. 4 Varianty pohonu všech kol a) Audi, b) Mercedes-Benz, c) Volvo. [2]

### 2.3 Samočinně připojitelný pohon všech kol s elektro regulací

Nejmodernější řešení, kde řídicí jednotka rozhoduje o optimálním rozdělení hnacího momentu. Využívá změny vzdálenosti lamel viskózní spojky, která se vyvolává změnou tlaku. Díky tomu je velikost hnacího momentu plynule rozdělována mezi nápravy. Má takový účinek, že jedna náprava se může v určité situaci vypnout a celý hnací moment je předáván v poměru 100:0 na druhou nápravu. [2]

### 3 PÉČE O DIFERENCIÁL

#### 3.1 Zabíhání diferenciálů

Stejně jako motor a u převodovka i diferenciál se zabíhá. Proces probíhá v okamžiku, kdy je už diferenciál zabudovaný v automobilu. Během prvních několika tisíc kilometrů dochází mezi zuby k vymezování vůlí, což se projevuje jemným obušováním. Na dně skříně se postupně vytvoří usazenina jemných kovových pilin. Při první servisní kontrole vozidla by tak mělo dojít i k výměně oleje v diferenciálu. Následně je doporučeno měnit olej v diferenciálu každé 3 roky, u terénních a sportovních vozidel častěji. [2]

#### 3.2 Servis diferenciálů

O diferenciálech by se dalo říci, že při dobrém zacházení to jsou velice bezporuchové součásti. K nejčastějším problémům patří únik oleje ze skříně rozvodovky. Tento problém je ve většině případů způsoben vadným těsněním. Pokud je závadou špatné těsnění díky vysoké viskozitě olejů, které se v diferenciálech používají jsou úniky oleje minimální a samotný diferenciál je stále dobře mazaný nejedná se proto o vážnou závadu. I tak však není vhodné s opravou otálet, protože velký pokles hladiny oleje by mohl způsobit vážnější závadu. Častou poruchou diferenciálu je také opotřebení ložisek. Projevuje se to zvýšenou hlučností a je vhodné co nejdříve navštívit servis. Při odkládání opravy by totiž mohlo dojít k vážnější poruše, která by mohla vést až k nutnosti vyměnit celý diferenciál. U vozidel s uzávěrkou diferenciálu může také dojít k situaci, kdy řidič bude jezdit dlouhou dobu se zapnutou uzávěrkou, při zatáčení jsou zuby jednotlivých kol silně namáhané a může dojít k jejich olámaní. Pokud je dojde k poruše jednoho ozubeného kola, doporučuje se vyměnit celý set ozubených kol. [6]

#### 3.3 Náhradní díly

Při závadě na diferenciálu není u novějších hromadně vyráběných vozidel problém sehnat jakýkoliv náhradní díl. Jelikož se při deformaci jednoho ozubeného kola provádí výměna všech ozubených kol diferenciálu, pro osobní automobily se náhradní ozubení prodává v sadách. Možné je také zakoupit kompletní diferenciál, jeho cena se však i u obyčejného automobilu jako je Škoda Octavia pohybuje kolem dvaceti tisíc korun. Kvůli ceně se využívají repasované diferenciály, které vyjdou na zlomek ceny nového. [7]

#### 3.4 Ladění diferenciálu

V moderních automobilech je v současné době velká spousta elektronických snímačů, stabilizátorů a regulátorů, které sekundují diferenciálu a zlepšují jízdu automobilu v různých podmínkách. Jedním ze systémů je např. ESP (elektronický stabilizační program), který když zaznamená prokluz kola tak ho pomocí brzdy přibrzdí, aby kolo znovu získalo přilnavost k vozovce. U sportovních automobilů jsou

přepínače, díky kterým je možné těmto systémům nastavit požadované vlastnosti (nastavení SPORT, RACE, DRIFT...) nebo je možné tyto systémy úplně vypnout. V závodních vozidlech mají tyto systémy uplatnění zejména v závodech, které se jezdí na asfaltových okruzích. V závodech typu Rallye se tyto systémy nepoužívají. V Rallye se často používají samosvorné diferenciály s lamelami. Pomocí zvýšení nebo snížení počtu lamel v diferenciálu se dosahuje požadovaných vlastností. [8]



## 4 POPIS SOUČÁSTKY:

Součástí, pro kterou je navržen postup výroby je kuželové ozubené kolo s přímými zuby, které je součástí diferenciálu sériově vyráběného farmářského malotraktoru československé výroby. Jedná se o planetové kolo (to s větším průměrem) diferenciálu s uzávěrkou (obr. 5). Velikost výrobní série je 5000 ks.



Obr. 5 Zvolený diferenciál

### 4.1 Základní parametry ozubeného kola

Většina parametrů ozubeného kolo byla změřena. U zbytku parametrů byla hodnota určena pomocí strojírenských tabulek.

Maximální rozměry součásti jsou: délka 39 mm, průměr 80,34 mm, modul ozubení 3, Počet zubů je 26. Úhel, který vytváří soukolí je 90°

V podélném směru je v ose součásti průchozí díra s evolventním drážkováním, které na součásti funguje pro přenos kroutícího momentu na hřídel. V přechodu mezi válcovou a čelní plochou je zhotoven zápich typu F, který umožňuje dosednutí čelní i válcové plochy na správné místo. Na součástce jsou 2 broušené plochy. Čelní plocha na vnější straně ozubení a válcová plocha na osazení. Obě tyto plochy jsou v přímém kontaktu s klecí diferenciálu, která má styková místa rovněž broušená. Broušené plochy na obou dílech tak fungují jako kluzná ložiska. Na plochách bylo provedeno měření drsnoměrem a byla zjištěna, hodnota Ra 0,4 (obr. 6). Následně bylo provedeno měření tvrdosti mechanickým tvrdoměrem metodou Rockwell. Byla zjištěna tvrdost povrchu 49 HRC (obr. 7).



Obr. 6 Měření drsnosti



Obr. 7 Měření tvrdosti HRC

## 5 MATERIÁL VHODNÝ PRO DANOU SOUČÁST:

Vyráběné ozubené kolo je velmi namáhané a v provozu je uloženo v agresivním prostředí. Tím pádem by nebylo vhodné k výrobě použít plasty. Materiál nesmí být zároveň příliš drahý a měl být k dostání v ČR. Jako nejvhodnější materiál pro výrobu se volí ocel ČSN 15 124.

### 5.1 Vlastnosti a použití materiálu

Ocel ČSN 15 124 je Cr-Mo ocel vhodná k tepelnému zpracování. Je vhodná k chemicko-tepelnému zpracování. Ocel vyniká dobrým zpracováním za vysokých teplot a dobrou obrobiteľnosť. Využití: Součásti, u nichž je požadováno houževnaté jádro a cementovaný povrch. Využití v dopravním průmyslu např. ozubená kola převodovek, drážkové hřídele, kardanovy kříže, ozubená kola diferenciálů, hřídele hnacích kol vozidel, atd. [9]

Velice podobné vlastnosti nabízí také materiál 16 220. Nevýhodou obou materiálů je jejich horší skladová dostupnost, výrobu materiálu je nutné objednat. V ČR nabízí jejich dodání několik výrobců. Cenu lze zjistit pouze zasláním poptávky. [9]

## 6 VOLBA POLOTVARU

### 6.1 Varianty polotovarů pro výrobu kuželových kol

Pro tuto součást je možné si vybrat z několika variant polotovarů

#### 6.1.1 Hutní polotovar – válcová tyč

Válcová tyč, která by odpovídala max. průměru a max. délce součásti, zvětšená o přídavky na obrábění. Z tohoto polotvaru by se během série obráběcích operací vytvořila součást s požadovaným tvarem a rozměry. Výhody: Nejlevnější polotovar  
Nevýhody: Velké množství odpadního materiálu, horší mechanické vlastnosti oproti výkovkům

#### 6.1.2 Zápustkový výkovek

Polotovar, který by odpovídal základním tvarům součásti, zvětšen o přídavky na obrábění a technologické přídavky. Obecně je vhodné volit zápustkový výkovek jako polotovar pro sériovou výrobu, kvůli nákladům na výrobu zápustek. Výhody: Značná úspora materiálu, zachování vláknité struktury => lepší mechanické vlastnosti. Nevýhody: Náklady na výrobu zápustek pro kování.

#### 6.1.3 Výkovek zhotovený pomocí přesného kování a kováním v kyvné zápustce

Jedná se o velice efektivní způsob výroby polotovarů i hotových součástí. Nejdříve se za pomoci přesného kování vyhotoví předkovek, který se za studena dodělá pomocí výkyvných zápustek. Tím vznikne polotovar, který může dosahovat přesnosti až IT 7. Velice často používané v automobilkách pro výrobu kuželových kol diferenciálů. Nevýhody: Slouží pro velkosériovou výrobu (min. 100 000 ks.), kde je možné výrobu integrovat do výrobní linky. [10]

V případě uvažované součásti by z výroby vypadla velká většina obráběcích operací. V ideálním případě by stačilo do polotvaru vytvořit průchozí díru, evolventní drážkování a obrousit zadané plochy.

## 6.2 Návrh polotvaru

Vzhledem k charakteru součásti a velikosti výrobní série je polotovarem pro výrobu určena varianta 2 – zápustkový výkovek.

### 6.2.1 Přídavek na obrábění

Přídavky na obrábění se volí podle rozměrů hotového výrobku  
Dle normy se volí přídavek na obrábění ploch pro obvyklé provedení 2 mm. [11]

### 6.2.2 Technologické přídavky

Zápustkové výkovky musejí mít úkopy pro bezproblémové vyjmutí výkovku ze zápustek. Volí se pro tuto součást vnější úkopy 3° a vnitřní úkopy 7°. [11]

### 6.2.3 Zaoblení hran a přechodů

Určuje se z tabulek dle ČSN 42 9030 podle poměru mezi výškou a šířkou výkovku. Uvažovaný výkovek má zaoblení hran  $r = 2$  mm a zaoblení přechodů  $R = 6$  mm. [11]

### 6.2.4 Zatřídění výkovku

Tvarový druh – 5: Výkovek kruhového průřezu dutý

Technologické hledisko – 3: Výkovky s dělicí plochou kolmou na hlavní osu výkovku

Tvarová skupina – 2 (tab. 2)

Dle těchto ukazatelů (tab. 1) se volí stupeň přesnosti pro kování 5. [11]

Tab. 1 Zatřídění zápustkových výkovků dle tvaru. [11]

Tab. 7. STUPNĚ PŘESNOSTI PRO OBVYKLÉ, PŘESNÉ A VELMI PŘESNÉ PŘEVEDENÍ

Tvarový druh	Tvarová třída	Tvarová skupina	Tvarová podskupina	Technologické hledisko	Stupeň přesnosti pro provedení					
					1		2		3	
					obvyklé		přesné		velmi přesné	
					1	2	1	2	1	2
4; 6; 7	*	1; 5	*	1 až 2	5	5	4	4	3	3
		2; 3; 6; 7			5	6	4	5	3	4
		4; 8			6	7	5	6	4	5
4; 5; 6; 7	1 až 5	1; 5	*	3; 4; 5	5	5	4	4	3	3
		2; 3; 4			5	6	4	5	3	4
4; 5; 6; 7	9	6; 7; 8	*	6; 7; 8; 9	6	7	5	6	4	5
		1 až 5; 9			6	7	5	6	4	5
4; 5; 6; 7	6 až 8	*	*	6; 7; 8; 9	7	7	6	6	5	5
					1 až 8	7	7	6	6	5
8	1 až 8	1; 2; 3; 4	*	*	6	7	5	6	4	5
		5; 6			7	7	6	6	5	5

Tab. 2 Určení skupiny výkovku. [11]

Druh a třída	VÝKOVKY KRUHOVÉHO PRŮŘEZU DUTÉ		
53	Jednostranně osazené		
	$H_{max} = 5D$	$D_{max} = 4D_1$ $H_{max} = 10H_1$	
	Skupina		
	1	$H \leq D$	$H \leq 2H_1$
	2	$H \leq D$	$H > 2H_1$
	3	$H > D$	$D \leq 2D_1$
4	$H > D$	$D > 2D_1$	

### 6.2.5 Tolerance rozměrů

Tolerance se určuje podle stupně přesnosti, který byl zjištěn při zatřídění výkovku (tab. 3). [12]

Tab. 3 Tolerance rozměrů výkovků pro stupeň přesnosti 5 [12]

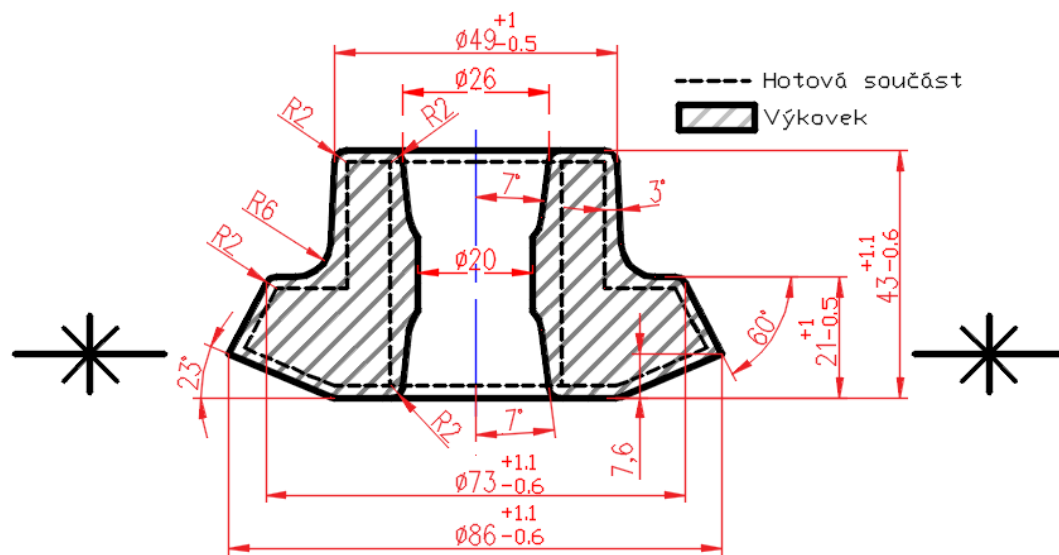
Největší průměr výkovku $D$ nebo $0,5 \cdot (L + B)$ ve směru kolmo k rázu		Rozměr výkovku ve směru rázu ( $H$ )							
		přes	25	40	63	100	160	250	400
		do 25	40	63	100	160	250	400	630
přes do 25	Mezní úchytky	+0,6 -0,3	+0,6 -0,4	+0,7 -0,4	+0,8 -0,4	+1,0 -0,4			
	Tolerance	0,9	1,0	1,1	1,2	1,4			
přes do 40	Mezní úchytky	+0,7 -0,4	+0,8 -0,4	+0,9 -0,4	+1,0 -0,4	+1,1 -0,5	+1,2 -0,6		
	Tolerance	1,1	1,2	1,3	1,4	1,6	1,8		
přes do 63	Mezní úchytky	+0,9 -0,4	+1,0 -0,4	+1,0 -0,5	+1,1 -0,5	+1,2 -0,6	+1,4 -0,6		
	Tolerance	1,3	1,4	1,5	1,6	1,8	2,0		
přes do 100	Mezní úchytky	+1,0 -0,5	+1,1 -0,5	+1,1 -0,6	+1,2 -0,6	+1,4 -0,6	+1,5 -0,7	+1,7 -0,8	
	Tolerance	1,5	1,6	1,7	1,8	2,0	2,2	2,5	

### 6.2.6 Dokončení polotovaru

Po samotném procesu kování je nutné na výkovku provést operaci ostřížení výronkové drážky a děrování blány. Následně je vhodné povrch výkovku otryskat od okují.

### 6.3 Náčrt výkovku

Náčrt výkovku pro ozubené kolo (obr. 8).



Obr. 8 Náčrt vypočítaného polotovaru.

### 6.4 Objem polotovaru pro výkovek

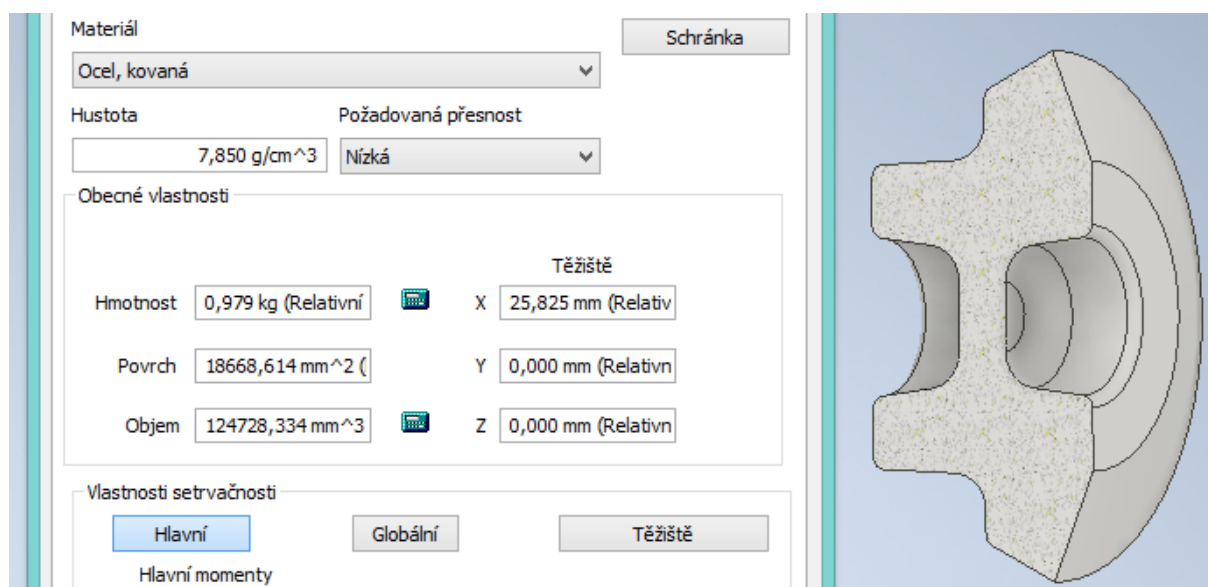
Počítá se jako součet objemu výkovku a objemu ztrát. Výpočty v této kapitole z [11].

#### Kovací blána

Její síla se volí z tabulek. Pro max. rozměr výkovku kolmo na ráz (86 mm) a max výšku výkovku (43 mm) je tloušťka kovací blány 9 mm. [11]

### Výpočet objemu

Byl proveden v programu Autodesk Inventor Professional 2020 (obr. 9).  
Informace o objemu a hmotnosti polotovaru (pro větší názornost zobrazeno v polovičním řezu)



Obr. 9 Hmotnost a objem výkovku s blánou.

### Objem výronku

$$V_{výr} = 0,1 \cdot V_{výk} \text{ [mm}^3\text{]} \quad (6.1)$$

kde:  $V_{výr}$  - Objem výronku [mm<sup>3</sup>]  
 $V_{výk}$  - Objem výkovku [mm<sup>3</sup>]

$$V_{výr} = 0,1 \cdot V_{výk} = 0,1 \cdot 124728 = 12\,473 \text{ mm}^3$$

### Objem opalu

$$V_{opal} = 0,01 \cdot (V_{výk} + V_{výr}) \text{ [mm}^3\text{]} \quad (6.2)$$

kde:  $V_{opal}$  - Objem opalu [mm<sup>3</sup>]  
 $V_{výr}$  - Objem výronku [mm<sup>3</sup>]  
 $V_{výk}$  - Objem výkovku [mm<sup>3</sup>]

$$V_{opal} = 0,01 \cdot (V_{výk} + V_{výr}) = 0,01 \cdot (124\,728 + 12\,473) = 1\,372 \text{ mm}^3$$

### Objem ztrát

$$V_{ztrát} = V_{výr} + V_{opal} \text{ [mm}^3\text{]} \quad (6.3)$$

kde:  $V_{ztrát}$  - Objem ztrát [mm<sup>3</sup>]  
 $V_{výk}$  - Objem výronku [mm<sup>3</sup>]  
 $V_{opal}$  - Objem opalu [mm<sup>3</sup>]

$$V_{ztrát} = V_{výr} + V_{opal} = 12473 + 1372 = 13\,845 \text{ mm}^3$$

**Objem polotovaru**

$$V_{polot} = V_{výk} + V_{ztrát} \quad [m^3] \quad (6.4)$$

kde:	$V_{polot}$	-	Objem polotovaru	$[mm^3]$
	$V_{ztrát}$	-	Objem ztrát	$[mm^3]$
	$V_{výk}$	-	Objem výronku	$[mm^3]$

$$V_{polot} = V_{výk} + V_{ztrát} = 124728 + 13845 = 138\,573 \text{ mm}^3 = 138\,573 \cdot 10^{-9} \text{ m}^3$$

**Hmotnost polotovaru**

$$M = V_{polot} \cdot \rho \quad [kg] \quad (6.5)$$

kde:	$M$	-	Hmotnost polotovaru	$[mm^3]$
	$V_{polot}$	-	Objem polotovaru	$[mm^3]$
	$\rho$	-	Hustota	$[kg/m^3]$

$$M = V_{polot} \cdot \rho = 138573 \cdot 10^{-9} \cdot 7850 = 1,088 \text{ kg}$$

**6.5 Rozměr vstupního polotovaru pro kování****Štíhlostní poměr**

$$\lambda = \frac{H_0}{D_0} = 1,5 \div 2,8 \Rightarrow \text{volíme } 1,9 \quad (6.6)$$

kde:	$\lambda$	-	Štíhlostní poměr	$[-]$
	$H_0$	-	Výška	$[mm]$
	$D_0$	-	Průměr	$[mm]$

**Průměr polotovaru**

$$D_0 = 1,08 \cdot \sqrt[3]{\frac{V_{polot}}{\lambda}} \quad [mm] \quad (6.7)$$

kde:	$D_0$	-	Průměr	$[mm]$
	$V_{polot}$	-	Objem polotovaru	$[mm^3]$
	$\lambda$	-	Štíhlostní poměr	$[-]$

$$D_0 = 1,08 \cdot \sqrt[3]{\frac{V_{polot}}{\lambda}} = 1,08 \cdot \sqrt[3]{\frac{138573}{1,9}} = 45 \text{ mm}$$

**Výška polotovaru**

$$H_0 = \frac{4 \cdot V_{polot}}{\pi \cdot D_0^2} \quad [mm] \quad (6.8)$$

kde:	$D_0$	-	Průměr	$[mm]$
	$V_{polot}$	-	Objem polotovaru	$[mm^3]$
	$H_0$	-	Výška polotovaru	$[mm]$

$$H_0 = \frac{4 \cdot V_{polot}}{\pi \cdot D_0^2} = \frac{4 \cdot 138573}{\pi \cdot 45^2} = 87,1 \text{ mm}$$



**Kontrola štíhlosti polotovaru**

$$\lambda = \frac{H_0}{D_0} \quad (6.9)$$

kde:	$\lambda$	-	Štíhlostní poměr	[-]
	$H_0$	-	Výška	[mm]
	$D_0$	-	Průměr	[mm]

$$\lambda = \frac{H_0}{D_0} = \frac{87,1}{45} = 1,93$$

Štíhlost vychází v rozmezí doporučených hodnot.

Výpočty v této kapitole dle [11].

**6.6 Výpočet spotřeby materiálu****6.6.1 Výpočet počtu tyčí na výrobu celé zakázky****Počet kusů z jedné tyče**

$$n_c = \frac{L}{H_0 + f} \text{ [ks]} \quad (6.10)$$

kde:	$n_c$	-	Počet kusů z jedné tyče	[ks]
	$L$	-	Délka tyče	[ks]
	$H_0$	-	Délka polotovaru	[ks]
	$f$	-	Tloušťka pilového pásu	[ks]

$$n_c = \frac{L}{H_0 + f} = \frac{6000}{87,1 + 0,9} = 68,18 \Rightarrow 68 \text{ ks}$$

**Počet tyčí**

$$i = \frac{n}{n_c} \text{ [ks]} \quad (6.11)$$

kde:	$n$	-	počet vyráběných kusů	[ks]
	$i$	-	počet potřebných tyčí	[ks]
	$n_c$	-	počet kusů z jedné tyče	[ks]

$$i = \frac{n}{n_c} = \frac{5000}{68} = 73,53 \rightarrow 74 \text{ ks}$$

**Hmotnost jedné tyče**

$$mt = \pi \cdot \left(\frac{D_0}{2}\right)^2 \cdot L \text{ [kg]} \quad (6.12)$$

kde:	$mt$	-	hmotnost jedné tyče	[kg]
	$D_0$	-	průměr	[mm]
	$L$	-	délka tyče	[mm]

$$mt = \pi \cdot \left(\frac{D_0}{2}\right)^2 \cdot L = \pi \cdot \left(\frac{0,045}{2}\right)^2 \cdot 6 \cdot 7850 = 75 \text{ kg}$$

**Hmotnost všech tyčí**

$$M_f = m_t \cdot i \text{ [kg]} \quad (6.13)$$

kde:	$M_f$	-	Hmotnost všech polotovarů	[kg]
	$m_t$	-	Hmotnost jedné tyče	[kg]
	$i$	-	Počet tyčí	[ks]

$$M_f = m_t \cdot i = 75 \cdot 74 = 5550 \text{ kg}$$

**6.6.2 Nevyužití tyče****Nevyužití tyče**

$$C = L - n_c \cdot (H_o + f) \text{ [mm]} \quad (6.14)$$

kde:	$C$	-	Nevyužití tyče	[mm]
	$L$	-	Délka tyče	[mm]
	$n_c$	-	Počet kusů z jedné tyče	[ks]
	$H_o$	-	Výška	[mm]
	$f$	-	Tloušťka pilového pásu	[mm]

$$C = L - n_c \cdot (H_o + f) = 6000 - 68 \cdot (87,1 + 0,9) = 16 \text{ mm}$$

**Nevyužití poslední tyče**

$$C_p = L \cdot (i - i_{\text{nezaokrouhlené}}) \text{ [mm]} \quad (6.15)$$

kde:	$C_p$	-	Nevyužití poslední tyče	[mm]
	$L$	-	Délka tyče	[mm]
	$i$	-	Počet tyčí	[ks]
	$i_{\text{nezaokrouhlené}}$	-	Přesný počet tyčí	[ks]

$$C_p = L \cdot (i - i_{\text{nezaokrouhlené}}) = 6000 \cdot (74 - 73,53) = 2820 \text{ mm}$$

Z poslední tyče zůstane 2820 mm, které je možné využít při výrobě jiných součástí.

**Nevyužitá délka tyče na jeden obrobek**

$$c = \frac{C \cdot (i - 1) + C_p}{n} \text{ [mm]} \quad (6.16)$$

kde:	$c$	-	Nevyužitá délka na jeden obrobek	[mm]
	$C_p$	-	Nevyužití poslední tyče	[mm]
	$n$	-	Počet kusů	[ks]
	$i$	-	Počet tyčí	[ks]

$$c = \frac{C \cdot (i - 1) + C_p}{n} = \frac{16 \cdot (74 - 1) + 2820}{5000} = 0,79 \text{ mm}$$

**Hmotnost nevyužitého materiálu ze všech tyčí**

$$q_{kc} = c \cdot \pi \cdot \left(\frac{D_o}{2}\right)^2 \cdot \rho \cdot n \quad [kg] \quad (6.17)$$

kde:	$q_{kc}$	-	Hmotnost nevyužit. materiálu ze všech tyčí	[kg]
	$c$	-	Nevyužitá délka na jeden obrobek	[mm]
	$D_o$	-	Průměr	[mm]
	$\rho$	-	Hustota (ocel 7850)	[kg/m <sup>3</sup> ]
	$n$	-	Počet kusů	[ks]

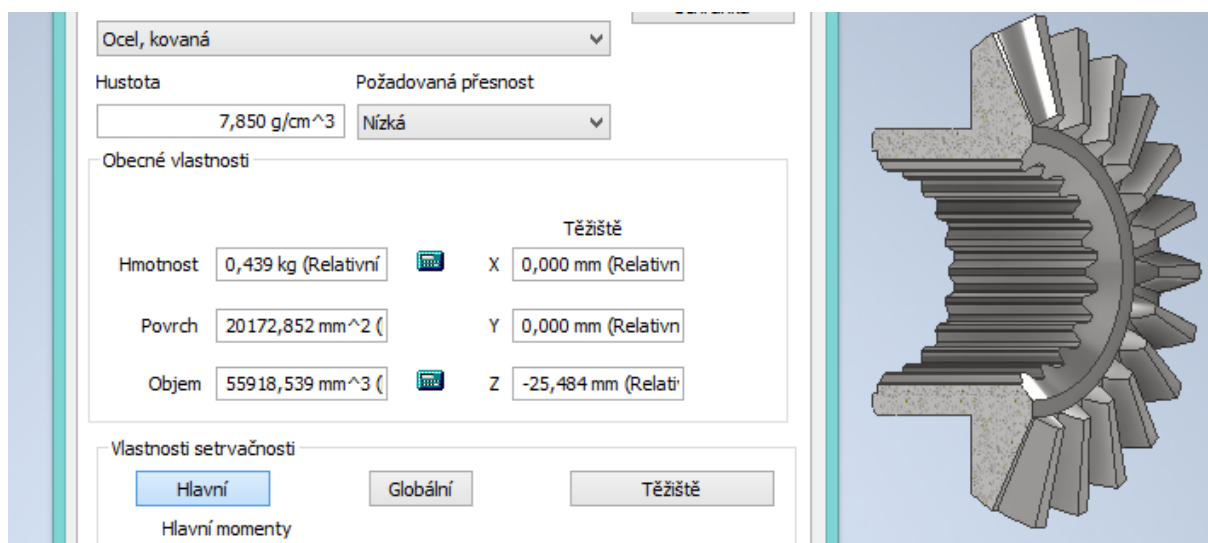
$$q_{kc} = c \cdot \pi \cdot \left(\frac{D_o}{2}\right)^2 \cdot \rho \cdot n = 0,79 \cdot \pi \cdot \left(\frac{45}{2}\right)^2 \cdot 7850 \cdot 10^{-9} \cdot 5000 = 49,3 \text{ kg}$$

### Pro jeden kus

$$q_k = \frac{q_{kc}}{n} \quad [kg] \quad (6.18)$$

kde:	$q_k$	-	Hmotnost nevyužitého materiálu na jeden kus	[kg]
	$q_{kc}$	-	Hmotnost nevyužitého materiálu ze všech tyčí	[kg]

$$q_k = \frac{q_{kc}}{n} = \frac{49,3}{5000} = 0,01 \text{ kg}$$



Obr. 10 Hmotnost a objem hotové součásti.

Hmotnost polotovaru s prostříženou kovací blánou byla vypočtena programem Autodesk Inventor 2020. Hmotnost je 0,948 kg. Zároveň byl vypočten objem a hmotnost hotové součástky. (obr. 10).

### Ztráta materiálu vzniklá obráběním pro jeden kus

$$q_o = m - Mf \quad [kg] \quad (6.19)$$

kde:	$q_o$	-	Ztráta materiálu obráběním pro 1 kus	[kg]
	$m$	-	Hmotnost výkovku s prostříženou blánou	[kg]
	$Mf$	-	Hmotnost hotové součásti	[kg]

$$q_o = m - Mf = 0,948 - 0,439 = 0,509 \text{ kg}$$

**Ztráta materiálu vzniklá obráběním pro celou sérii**

$$q_{oc} = q_0 \cdot n \text{ [kg]} \quad (6.20)$$

kde:	$q_{oc}$	-	Ztráta materiálu obráběním pro celou sérii	[kg]
	$q_0$	-	Ztráta materiálu obráběním pro 1 kus	[kg]
	$n$	-	Počet kusů	[ks]

$$q_{oc} = q_0 \cdot n = 0,509 \cdot 5000 = 2\,545 \text{ kg}$$

**Využití materiálu při obrábění z výkovku**

$$q = \frac{Mf \cdot n}{m \cdot n} \cdot 100 \text{ [%]} \quad (6.21)$$

kde:	$q$	-	Využití materiálu při obrábění	[%]
	$Mf$	-	Hmotnost hotové součásti	[kg]
	$n$	-	Počet kusů	[ks]
	$m$	-	Hmotnost výkovku s prostříženou blánou	[kg]

$$q = \frac{Mf \cdot n}{m \cdot n} \cdot 100 = \frac{0,439 \cdot 5000}{0,948 \cdot 5000} \cdot 100 = 46,3\%$$

**Celkové využití materiálu (včetně ztrát při kování)**

$$q_c = \frac{Mf \cdot n}{M \cdot n} \cdot 100 \text{ [%]} \quad (6.22)$$

kde:	$q_c$	-	Celkové využití materiálu	[%]
	$Mf$	-	Hmotnost hotové součásti	[kg]
	$n$	-	Počet kusů	[ks]
	$M$	-	Hmotnost polotovaru pro výkovek	[kg]

$$q_c = \frac{Mf \cdot n}{M \cdot n} \cdot 100 = \frac{0,439 \cdot 5000}{1,088 \cdot 5000} \cdot 100 = 40,3\%$$

Základní údaje o objemech materiálu (tab. 1).

**Tab. 4 Spotřeba materiálu.**

Hmotnost polotovaru	M	1,088 kg
Potřebný počet tyčí	i	74 ks
Hmotnost všech tyčí	Mf	5550 kg
Hmotnost polotovaru bez blány	m	0,948 kg
Hmotnost hotové součásti	Mf	0,439 kg
Ztráta materiálu vzniklá obráběním	$q_0$	0,509 kg
Ztráta pro celou sérii	$q_{oc}$	2545 kg
Využití materiálu při obrábění	$q$	46,3 %
Celkové využití materiálu	$q_c$	40,3 %

### 6.6.3 Srovnání spotřeby materiálu výkovku oproti soustružení z tyče

#### Objem polotovaru (válcové tyče)

$$V_{\text{tyč}} = \frac{\pi \cdot D^2}{4} \cdot l \quad [\text{mm}^3] \quad (6.23)$$

kde:	$V_{\text{tyč}}$	-	Objem válcové tyče	[mm <sup>3</sup> ]
	D	-	Průměr polotovaru	[mm]
	l	-	Délka polotovaru	[mm]

$$V_{\text{tyč}} = \frac{\pi \cdot D^2}{4} \cdot l = \frac{\pi \cdot 82^2}{4} \cdot 43 = 227083,7 \text{ mm}^3 = 227083,7 \cdot 10^{-9} \text{ mm}^3$$

#### Hmotnost polotovaru (válcové tyče)

$$M_{\text{tyč}} = V_{\text{tyč}} \cdot \rho \quad [\text{kg}] \quad (6.24)$$

kde:	$M_{\text{tyč}}$	-	Hmotnost polotovaru	[kg]
	$V_{\text{tyč}}$	-	Objem válcové tyče	[mm <sup>3</sup> ]
	$\rho$	-	Hustota (pro ocel 7850 kg/m <sup>3</sup> )	

$$M_{\text{tyč}} = V_{\text{tyč}} \cdot \rho = 227083,7 \cdot 10^{-9} \cdot 7850 = 1,783 \text{ kg}$$

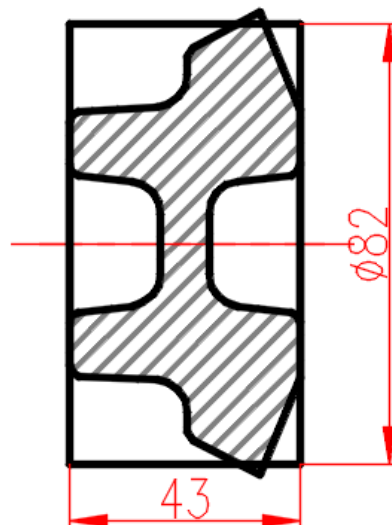
#### Hmotnostní rozdíl mezi jednotlivými polotovary

Mezi objemy jednotlivých polotovarů je značný rozdíl (obr. 11).

$$M_{\text{rozdíl}} = M_{\text{tyč}} - M \quad [\text{kg}] \quad (6.25)$$

kde:	$M_{\text{rozdíl}}$	-	Hmotnostní rozdíl	[kg]
	$M_{\text{tyč}}$	-	Hmotnost polotovaru válcové tyče	[kg]
	M	-	Hmotnost polotovaru pro výkovek	[kg]

$$M_{\text{rozdíl}} = M_{\text{tyč}} - M = 1,783 - 1,088 = 0,695 \text{ kg}$$



Obr. 11 Srovnání velikosti výkovku a válcového polotovaru

**Finanční úspora pro 1 kus**

$$F = M_{\text{rozdíl}} \cdot f \text{ [Kč]} \quad (6.26)$$

kde:	F	-	Finanční úspora pro 1ks	[Kč]
	$M_{\text{rozdíl}}$	-	Hmotnostní rozdíl	[kg]
	f	-	Cena 1 kg materiálu	[Kč]

$$F = M_{\text{rozdíl}} \cdot f = 0,695 \cdot 42 = 29,19 \text{ Kč}$$

**Finanční úspora pro sérii 5000 ks.**

$$Fc = M_{\text{rozdíl}} \cdot f \cdot n \text{ [Kč]} \quad (6.27)$$

kde:	Fc	-	Finanční úspora pro celou sérii	[Kč]
	$M_{\text{rozdíl}}$	-	Hmotnostní rozdíl	[kg]
	f	-	Cena 1 kg materiálu	[Kč]
	n	-	Počet kusů	[ks]

$$Fc = M_{\text{rozdíl}} \cdot f \cdot n = 0,695 \cdot 42 \cdot 5000 = 145\,950 \text{ Kč}$$

## 7 VOLBA VHODNÝCH VÝROBNÍCH TECHNOLOGIÍ

Pro obrábění je potřeba zvolit vhodné technologie. Vstupním polotovarem je výkovek, který má prostřiženou blánu, je otryskaný a může se rovnou obrábět. Několik prvních operací se provádí na univerzálním soustruhu. Pravděpodobně nejdůležitější je hned první operace, při které je důležité dbát na správné upnutí obrobku. Vzhledem k tomu, že všechny plochy jsou kuželové, je nejsnadnější k prvnímu upnutí použít přípravek (např. zkosené čelisti). Následující operace je provedena na speciální protahovačce na ozubení. Další operace je realizována na vodorovné protahovačce a je následována tepelným zpracováním. Poslední operací je broušení funkčních zadaných ploch.

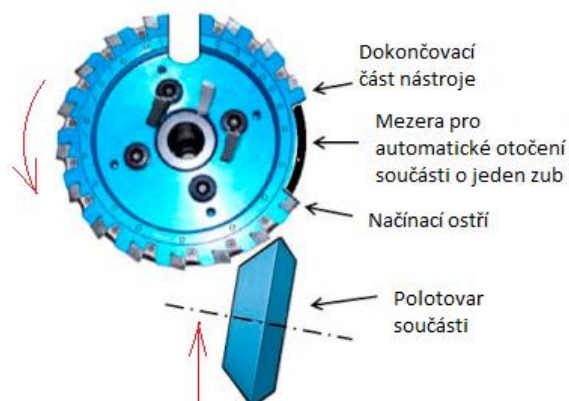
### 7.1 Výroba ozubení protahováním

Pro výrobu ozubení je využita technologie protahování, konkrétně metoda Gleason Revacycle. Výroba metodou Revacycle využívá kotoučový protahovák, který má odstupňované řezné břity. Jedná se o dělicí způsob výroby. Výroba zubní mezery se provádí rotačním pohybem protahováku, který koná hlavní řezný pohyb. Současně s rotací protahováku se obrobek pohybuje vertikálně. Na začátku procesu se přibližuje ke kotouči, na konci se vrací do výchozí polohy. Kombinovaný účinek otáčení frézy a přímého pohybu vytváří požadovaný tvar zubu. Jakmile protahovák dokončí mezeru, stroj automaticky pootočí obrobek na vedlejší zubovou mezeru a celý proces se opakuje. Při jedné otáčce protahováku se kompletně vytvoří jedna zubová mezeru a ještě se obrobek pootočí do polohy pro vytvoření nové zubové mezery. Celý proces tak probíhá plynule bez časových prodlev na pootočení obrobku. [13]

Samotný protahovák se skládá z několika částí: Jedná se o nosný kotouč nejčastěji o průměru 21“ (533,4 mm), na kterém jsou usazeny vyměnitelné řezné segmenty. Řezné segmenty jsou na kotouči uspořádané od hrubovacích po dokončovací. Segmenty se postupně zvětšují a až poslední segment má tvar finální zubové mezery (obr. 12). Jako řezný materiál se používá rychlořezná ocel. [13]

Metoda se využívá v sériové výrobě kuželových soukolí s přímým ozubením. Proces vyžaduje velký průtok procesní kapaliny pro dobré odstraňování třísek.

Metoda se vyznačuje vysokou produktivitou (čas na vytvoření jedné zubové mezery je v jednotkách sekund) a dobrou přesností obrobených ploch. Lze takto vyrábět kola až do průměru 250 mm. Nevýhodou procesu je, že pro každý modul jsou potřeba jiné řezné segmenty a také cena nástroje. [13]



Obr. 12 Princip protahování kuželového ozubení [13]

## 7.2 Výroby vnitřního evolventního drážkování

Protahování je proces třískového obrábění, při němž jsou obráběny tvarové díry nebo vnější zejména tvarové plochy. Nástroj koná přímý pohyb, při jednom průjezdu nástroje se vyrobí požadovaný tvar, obrobek se vyjme ze stroje, nástroj se vrátí do výchozí polohy a celý proces se opakuje. Obrobek je pevně usazený a nekoná žádný pohyb. Vysoké produktivity se dosahuje díky krátkým strojním a vedlejším časům. Při procesu je nutné využívat chlazení, které má vliv na trvanlivost nástroje a na kvalitu a přesnost obráběných ploch. Nevýhodou procesu je cena nástroje. [14]

Protahovací nástroj je mnohabřitý trn o délce až 2000 mm, jehož průřez se plynule pozvolně zvětšuje až do požadovaného rozměru. Nástroj je vyroben z rychlořezné oceli a tepelně zpracované břity mají tvrdost až 63 HRC. Při otupení břitů lze nástroj přebrousit. Pro zvýšení trvanlivosti se břity povlakuje, nejčastějším povlakem bývá TiN. Nástroj je složen ze stopky, z předního vedení, z řezné části, kalibrační části a ze zadního vedení. Stopka může být na obou stranách trnu a slouží pro upnutí ve stroji. Přední a zadní vedení vodí nástroj v díře. Výrobce v ČR Pilsen Tools, Monometal nástroje. [14]

## 7.3 Tepelné zpracování

Vzhledem k funkci součásti je nutné do výrobního postupu zařadit i tepelné zpracování. U ozubených kol se požaduje, aby povrch zubu byl tvrdý a jádro, aby bylo houževnaté. Proto pro součást navrhuji kalení a popouštění. Nevýhodou kalení je deformace tvaru a změna objemu při kalení, což by u vnitřního drážkování mohlo způsobit komplikace, jelikož jedinou možností opravy by bylo opětovné protažení. Protahování kaleného povrchu by mělo negativní vliv na trvanlivost nástroje, což je při ceně protahovacího trnu nevhodné. Jednou z možností, jak se tohoto problému vyvarovat je využití místního indukčního ohřevu. [15, 16]

Při indukčním kalení dochází k zakalení vrstvy o tloušťce 0,5 – 3 mm. Metoda také umožňuje zakalit pouze určitou část součásti. Provádí se pomocí měděné indukční cívky, která tvarem kopíruje ohřivanou součást. Střídavý proud indukuje střídavé magnetické pole, tím dochází k ohřevu ploch, které jsou v blízkosti cívky. Při ohřevu se často součást otáčí, aby došlo k rovnoměrnému ohřevu. Po ohřevu následuje ochlazení nejčastěji vodní sprchou. Tento způsob se využívá hlavně pro kalení převodových kol, hřídelí, vaček, apod. [15]

Popouštění je proces, který následuje přímo po kalení. Součást se ohřeje na teplotu vyšší než je teplota okolí, maximálně však na teplotu pod Ac1 následuje výdrž na této teplotě a pomalé ochlazení. Používá se na odstranění zbytkových napětí po kalení a pro zlepšení houževnatosti.

[15, 16]



## 8 STROJNÍ VYBAVENOST

### Univerzální soustruh Bernardo SMART 410 x 1500 digitálním zobrazováním.

Stroj se všeobecným využitím ve strojírenství (obr. 13). Vhodný pro lehké a středně těžké operace. Je vybaven digitálním odměřováním ve třech osách. Při výrobě ozubeného kola je použit v prvních operacích. [17]

Tabulka 5 Parametry soustruhu Bernardo Smart 410 [17]

Výkon	Točný průměr nad ložem	Průchod vřetena	Točný průměr nad suportem	Rozsah ot. min <sup>-1</sup>	Vzdáleno st hrotů	Hmotnost
3,3kW	410 mm	52 mm	255 mm	30 – 3000	1500 mm	1810 kg



Obr. 13 Univerzální soustruh Bernardo Smart 410 [17]

### Stroj na výrobu kuželových kol s přímými zuby Gleason 726.

Je to hydraulicky ovládaný jednoúčelový stroj, který vyniká svoji produktivitou (obr. 14). Po protažení jedné drážky stroj automaticky pootočí obrobkem o zubovou rozteč. Uplatňuje se pouze v ozubárnách. [18]

Tabulka 6 Parametry protahovačky na ozubení Gleason 726 [18]

Úhel kužele	15 – 55°
Max. průměr ozubeného kola	152 mm
Max. hloubka zubové mezery	14,8 mm
Max. otáčky	1500 min <sup>-1</sup>
Délka upínacího trnu	102 mm
Plošné rozměry	3200 x 2200 mm
Hmotnost	8750 kg



Obr. 64 Protahovačka na ozubení Gleason 726 [18]

**Vodorovná protahovačka Karl Klink RW10/2000**

Vysoce produktivní stroj na výrobu vnitřních i vnějších drážek a tvarových ploch (obr. 15). Při výrobě je použita na obrábění evolventního drážkování. [19]

**Tabulka 7 Parametry vodorovné protahovačky [19]**

Max. zdvih	1500 mm
Max. průměr nástroje	105 mm
Tažná síla	10000 kg
Řezná rychlost	2 – 7 m.min <sup>-1</sup>
Průměr upínací desky	355 mm
Hmotnost	2750 kg

**Obr. 15 Vodorovná protahovačka Karl Klink RW10/2000 [19]****PRŮMYSLOVÁ PRAČKA WE 80**

Slouží k mezioperačnímu čištění výrobků, např. před a po tepelném zpracování nebo před expedicí k zákazníkovi. Tento stroj z povrchu výrobků odstraní pomocí vysokého tlaku a teplé vody nečistoty a mastnotu, které by ztěžovaly další operace (obr. 16). [20]

**Obr. 7 Průmyslová pračka [20]****Tabulka 8 Parametry průmyslové pračky WE 80 [20]**

Objem náplně	80 l
Teplota ohřevu	max. 60 °C
Výkon čerpadla	1,1 kW
Průměr koše	800 mm
Výška koše	530 mm

**Univerzální hrotová bruska Bernardo URS 500 N s digit. odměřováním**

Slouží k dokončení vnějších i vnitřních ploch, které mají zvýšenou přesnost, jakost povrchu nebo geometrické tolerance (obr. 17). Použití zejména pro válcové součásti. [21]

**Tabulka 9 Parametry Hrotové brusky Bernardo URS 500 N [21]**

Max. broušená délka	500 mm
Max. hmotnost obrobku	60 kg
Vnější průměr broušení	8 – 200 mm
Otáčky pracovního vřetene	25 – 220 min <sup>-1</sup>
Rozsah naklápění pracovního vřeteníku	90°
Otáčky vřetene	1670
Velikost brusného kotouče	400 x 50 x 203
Otáčky vřetene pro vnitřní broušení	20 000
Naklápění vřeteníku	± 30°
Dělení stupnice	0,005
Hmotnost	2170 kg

**Obr. 17 Hrotová bruska Bernardo URS 500 N [21]**

## 9 ZÁVĚR

Práce byla zaměřena na přiblížení funkce, důležitosti a konstrukce diferenciálů. Byly popsány jednotlivé konstrukce, zabíhání, náhradní díly a servisování diferenciálů. V další části je určena součástka, pro kterou byl navržen výrobní postup. Byl zvolen materiál: ocel ČSN 15 124, je vhodný pro výrobu ozubených kol, je dobře tvárný za tepla, dobře obrobitelný a je vhodný pro zušlechťování. Jako nejvýhodnější polotovar pro výrobu je určen zápusťkový výkovek. Díky tomu dojde k velké úspoře materiálu oproti obrábění válcové tyče. Jelikož je kuželové ozubené kolo velice speciální součástí, jeho výroba ve velkých sériích je možná pouze v ozubárnách, které mají speciální stroje a nástroje na výrobu. Stroje a nástroje, jsou totiž jednorúčelové a jejich cena je velmi vysoká. Výroba ozubení vzhledem k velikosti série se provádí na protahovačce na ozubení Gleason 726. S ohledem na požadované vlastnosti je zvoleno tepelné zpracování – indukční kalení. Indukční kalení nezpůsobí velké deformace na ozubení a na vnitřním drážkování. To znamená, že tyto plochy se nebudou muset dodatečně obrábět.

## SEZNAM POUŽITÝCH ZDROJŮ

1. VLK, František. *Převody motorových vozidel*. Brno: František Vlk, 2006. ISBN 80-239-6463-1.
2. JAN, Zdeněk, Bronislav ŽDÁNSKÝ, Jiří ČUPERA, Pavel SEDLÁK, Jan JETMAR a Adam POLCAR. *Automobily*. 5. vydání. Brno: Avid, spol. s r.o., 2018. ISBN 978-80-87143-39-1.
3. What happens to the differential mechanism when a wheel is tightly held and not allowed to rotate? - Quora. *Quora - A place to share knowledge and better understand the world* [online]. [cit. 2020-06-22]. Dostupné z: <https://www.quora.com/What-happens-to-the-differential-mechanism-when-a-wheel-is-tightly-held-and-not-allowed-to-rotate>
4. Torsen® Traction. *Torsen® Traction* [online]. Copyright © Copyright Torsen [cit. 23.06.2020]. Dostupné z: <https://torsen.com/how-it-works/>
5. Aktivní zadní diferenciál: jako po kolejích – AutoRevue.cz. *AutoRevue.cz – Auta, testy, novinky, fotografie* [online]. Copyright © 2019 Copyright CZECH NEWS CENTER a.s. a dodavatelé obsahu. [cit. 23.06.2020]. Dostupné z: [https://www.autorevue.cz/aktivni-zadni-diferencial-jako-po-kolejich\\_1](https://www.autorevue.cz/aktivni-zadni-diferencial-jako-po-kolejich_1)
6. Diferenciály [online]. [cit. 2020-06-22]. Dostupné z: <https://www.autoservis-garant.cz/vymena-oleje-diferencialu-a-rozvodovky/>
7. Kloubové hřídele a diferenciály náhradní díly » AUTODOC. *AUTODOC - online obchod s autodíly s více než 2,5 miliony autodílů* [online]. Copyright © 2020 www.autodoc.cz [cit. 26.06.2020]. Dostupné z: [https://www.autodoc.cz/autodily/pohon\\_napravy](https://www.autodoc.cz/autodily/pohon_napravy)
8. Co je to ESP? Jak se liší od ESC a kontroly trakce? | Autohled.cz. *Autohled.cz - Porovnání a recenze aut* [online]. Dostupné z: <https://www.autohled.cz/magazin/esp-esc-systemy-kontrola-trakce-vysvetleni/40>
9. Feron online - Materiálové normy. *Feron online - Vítejte* [online]. Copyright © 2017 Feron a.s. [cit. 23.06.2020]. Dostupné z: <https://online.feron.cz/materialove-normy/>
10. Kování výkyvnou zápusťkou a přesné kování. *Nejčtenější strojírenský časopis - MM spektrum* [online]. Copyright © 2020 www.mmspektrum.com [cit. 23.06.2020]. Dostupné z: <https://www.mmspektrum.com/clanek/kovani-vykyvnou-zapusťkou-a-presne-kovani.html>
11. ČSN 42 9030, Výkovky ocelové zápusťkové. Příkladky na obrábění, mezní úchytky rozměrů a tvarů, Praha: ÚNM, 1987, 24 str. MDT 621.73.043
12. LEINVEBER, Jan a Pavel VÁVRA. *Strojnické tabulky: pomocná učebnice pro školy technického zaměření*. 2., dopl. vyd. Úvaly: Albra, 2005. ISBN 80-7361-011-6
13. Conical Gear - an overview | ScienceDirect Topics. *ScienceDirect.com | Science, health and medical journals, full text articles and books*. [online]. Copyright © 2020 Elsevier B.V. or its licensors or contributors. [cit. 23.06.2020]. Dostupné z: <https://www.sciencedirect.com/topics/engineering/conical-gear>

14. ZEMČÍK, Oskar. *Nástroje a přípravky pro obrábění*. Brno: Akademické nakladatelství CERM, 2003. ISBN 80-214-2336-6.
15. JECH, Jaroslav. *Tepelné zpracování ocelí: metalografická příručka*. 4., přeprac. a dopl. vyd. Praha: Státní nakladatelství technické literatury, 1983.
16. Indukční kalení - Kalení a popuštění (zušlechtnění) - Bodycote Plc. *The leading provider of heat treatment and specialist thermal processing services worldwide – Bodycote plc* [online]. Copyright © 2019 Bodycote [cit. 23.06.2020]. Dostupné z: <https://www.bodycote.com/cs/sluzby/tepelne-zpracovani/kaleni-popusteni-zuslechtneni/indukcni-kaleni/>
17. Smart 410 x 1500 Vario - Bernardo. [online]. [cit. 2020-06-22]. Dostupné z: <https://www.bernardo.at/cz/metall/metallbearbeitung/drehmaschinen/universaldrehmaschinen-mit-stufenloser-drehzahl-und-konstanter-schnittgeschwindigkeit/smart-410-x-1500-vario.html>
18. Straight bevel revacycle machine Gleason No. 726 | Machinery | Other machinery | EMTC Machinery. *Machine tools for sale | EMTC Machinery* [online]. Copyright © 2006 [cit. 24.06.2020]. Dostupné z: <https://www.emtc.lt/en/other-machinery/machinery/straight-bevel-revacycle-machine-gleason-no-726/id-1802>
19. Karl Klink RW 10 Horizontale Innenräummaschine - Wiemers AG Werkzeugmaschinen u. Industrieanlagen. *Wiemers AG · Maschinenhandel - Wiemers AG Werkzeugmaschinen u. Industrieanlagen* [online]. Copyright © 2020 [cit. 24.06.2020]. Dostupné z: <https://www.wiemers.ag/gebrauchtmarkt/raeummaschinen-horizontal/zugkraft-6-000-kg-bis-16-000kg/karl-klink-rw-10-horizontal-innenraeummaschine-2/>
20. Průmyslová pračka Georg Render, s ohřevem W a WE - ekoGRADO. *Čistící prostředky, autokosmetika, čistící stroje - ekoGRADO* [online] [cit. 2020-06-22]. Dostupné z: <https://www.cisticiprostredky-ekogrado.cz/prumyslove-pracky/prumyslove-pracky-s-ohreem-we/>
21. *Stroje s lidskou péčí | BOUKAL E-shop* [online]. Copyright © 2020 [cit. 24.06.2020]. Dostupné z: <https://www.boukal.cz/univerzalni-hrotova-bruska-bernardo-urs-500-n-s-digit-odmerovanim/847/produkt>
22. *Katalog Mitutoyo* [online]. Copyright ©d [cit. 26.06.2020]. Dostupné z: <https://www.mitutoyo.cz/application/files/4015/7064/6356/Mitutoyo2019-21.pdf>
23. Úchylkoměry | KINEX Measuring - Měřicí nástroje. *KINEX Measuring - Měřicí nástroje* [online]. Copyright © KINEX Measuring 2020 [cit. 26.06.2020]. Dostupné z: <https://www.kinexmeasuring.com/cz/produkty/uchylkomery>
24. Mechanický tvrdoměr Rockwell a Super Rockwell HDT-RSR100 INSIZE - INSIZE. *MB Calibr | INSIZE oficiální zastoupení* [online] [cit. 2020-06-22]. Dostupné z: <https://www.insz.eu/tvrdomery/mechanicky-tvrdomer-rockwell-a-super-rockwell-hdt-rsr100-insize/>
25. Úhломěr digitální 0-360° KINEX (1093-20) | Měřicí nástroje KINEX. *E-SHOP měřících nástrojů KINEX* [online] [cit. 2020-06-22]. Dostupné z: <https://shop.kinexmeasuring.com/cs/uhlomer-digitalni-0-360-kinex-p116c13/>

- 
26. Katalog Soustružnické nástroje 2020, Sandvik Coromant [online] [cit. 2020-06-22]. Dostupné z: <https://tibp.blob.core.windows.net/coromant/a051719c-a26f-4769-815a-30885fc6fc53.pdf?sv=2014-02-14&sr=b&sig=EjhJq1MUeZXw9Urkt4Hce4nWoFhmsQCY7OycDf1L41Q%3D&st=2020-06-26T20%3A54%3A14Z&se=2020-06-26T21%3A59%3A14Z&sp=r&rsct=application%2Fpdf&rscd=inline%3B%20filename%3Dc-2900-26.pdf>
  27. ČSN 221627 - DIN 334, DIN 335, DIN 347, Záhlubník kuželový 60°, 90°, 120° s válcovou stopkou . *STIMZET nástroje na otvory* [online] [cit. 2020-06-22].. Dostupné z: [https://www.stimzet.cz/data/csn221627\\_cz.html](https://www.stimzet.cz/data/csn221627_cz.html)
  28. *TYROLIT: Katalog skladových výrobků pro univerzální broušení 2016* [online]. [cit. 2020-06-22]. Dostupné z: [https://www.tyrolit.cz/fileadmin/Documents/Trade/Catalogues/TYROLIT\\_CZ\\_2016\\_A5\\_Univerza\\_\\_lni\\_\\_.pdf](https://www.tyrolit.cz/fileadmin/Documents/Trade/Catalogues/TYROLIT_CZ_2016_A5_Univerza__lni__.pdf)
  29. Bevel Cutting Tools - Conventional Machining. *Redirecting to https://www.gleason.com/en* [online]. Copyright ©2020 Gleason Corporation [cit. 26.06.2020]. Dostupné z: <https://www.gleason.com/en/products/tools/bevel/cutting/bevel-cutting-tools-conventional-machining>
  30. Protahovací trny | MONOMETAL nástroje s.r.o.. *Speciální řezné nástroje | MONOMETAL nástroje s.r.o.* [online]. Copyright © 2012 [cit. 26.06.2020]. Dostupné z: <http://www.monometal.com/produkty/protahovaci-trny/>
  31. Třídník výrobních strojů a zařízení ve strojírenství, Praha, Federální ministerstvo všeobecného strojírenství, 1980

## SEZNAM POUŽITÝCH SYMBOLŮ A ZKRATEK

$c$	[mm]	Nevyužitá délka na jeden obrobek
$C$	[mm]	Nevyužití tyče
$C_p$	[mm]	Nevyužití poslední tyče
$D$	[mm]	Průměr polotovaru
$D_o$	[mm]	Průměr
$F$	[Kč]	Finanční úspora pro 1 ks
$F_c$	[Kč]	Finanční úspora pro celou sérii
$f$	[Kč]	Cena 1 kg materiálu
$f_p$	[mm]	Tloušťka pilového pásu
$i$	[Ks]	Počet tyčí
$H_o$	[mm]	Délka polotovaru / výška
$\dot{i}$ nezaokrouhlené	[ks]	Přesný počet tyčí
$L$	[mm]	Délka tyče
$l$	[mm]	Délka polotovaru
$m$	[kg]	Hmotnost výkovku s prostříženou blánou
$M$	[kg]	Hmotnost polotovaru
$M_f$	[kg]	Hmotnost hotové součásti
$mt$	[kg]	hmotnost jedné tyče
$M_{tyč}$	[kg]	Hmotnost polotovaru
$M_{rozdíl}$	[kg]	Hmotnostní rozdíl
$n$	[ks]	Počet vyráběných kusů
$n_c$	[ks]	Počet kusů z jedné tyče
$q$	[kg]	Využití materiálu při obrábění
$q_c$	[kg]	Celkové využití materiálu
$q_k$	[kg]	Hmotnost nevyužitého materiálu na jeden kus
$q_{kc}$	[kg]	Hmotnost nevyužit. materiálu ze všech tyčí
$q_o$	[kg]	Ztráta materiálu obráběním pro 1 kus
$q_{oc}$	[kg]	Ztráta materiálu obráběním pro celou sérii
$V_{opal}$	[mm <sup>3</sup> ]	Objem opalu
$V_{polot}$	[mm <sup>3</sup> ]	Objem polotovaru
$V_{tyč}$	[mm <sup>3</sup> ]	Objem válcové tyče
$V_{výk}$	[mm <sup>3</sup> ]	Objem výronku
$V_{výr}$	[mm <sup>3</sup> ]	Objem výronku
$V_{ztrát}$	[mm <sup>3</sup> ]	Objem ztrát
$\lambda$	[-]	Štíhlostní poměr
$\rho$	[kg/m <sup>3</sup> ]	Hustota



## SEZNAM PŘÍLOH

- Příloha 1 - TECHNOLOGICKÝ POSTUP
- Příloha 2 - SEZNAM POUŽITÝCH NÁSTROJŮ
- Příloha 3 - SEZNAM POUŽITÝCH MĚŘIDEL
- Příloha 4 - NÁVODKY
- Příloha 5 - VÝKRES OZUBENÉHO KOLA