

VŠB – Technická univerzita Ostrava  
Fakulta strojní  
Katedra obrábění, montáže a strojírenské metrologie

Návrh přípravku pro demontáž podvozkového komponentu  
Jig Design for Disassembly of Undercarriage Component

Student: Bc. Tomáš Szotkowski

Vedoucí bakalářské práce: prof. Dr. Ing. Ivan Mrkvica

---

Ostrava 2017

VŠB - Technická univerzita Ostrava  
Fakulta strojní  
Katedra obrábění, montáže a strojírenské metrologie

## Zadání diplomové práce

Student: **Bc. Tomáš Szotkowski**  
Studijní program: N2301 Strojní inženýrství  
Studijní obor: 2303T002 Strojírenská technologie  
Specializace: 20 Strojírenská technologie  
Téma: **Návrh přípravku pro demontáž podvozkového komponentu**  
**Jig Design for Disassembly of Undercarriage Component**  
Jazyk vypracování: čeština

Zásady pro vypracování:

1. Charakteristika a problematika současné metody demontáže náboje a ložiska.
2. Návrh konstrukčního a technologického řešení demontáže.
3. Zpracování výkresové dokumentace přípravku.
4. Technologický postup při aplikaci přípravku.
5. Technicko-ekonomické zhodnocení navrženého řešení.

Seznam doporučené odborné literatury:

- [1] MRKVICA, M. *Přípravky a obráběcí nástroje II. díl Přípravky*. 3. vydání, Ostrava: VŠB-TU Ostrava, 2015, 184 s. ISBN 978-80-248-3776-5.  
[2] CHVÁLA, B., VOTAVA, L. *Přípravky*. Praha: SNTL Praha, 1988, 214 s.  
[3] ŘASA, J. Upínací technika pro průmysl 4.0. *MM Průmyslové spektrum*, 6/2016, s. 56-57. ISSN 1212-2572.  
[4] KADERKA, J. Moderní metody upínání. *MM Průmyslové spektrum*, 9/2015, s. 98. ISSN 1212-2572.  
[5] SEMERARO, G., GÖTZ, T. Mit Vorprägen im Vorteil. *Werkstatt und Betrieb*, 4/2015, s. 68-70. ISBN 0043-2792.

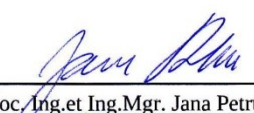
Formální náležitosti a rozsah diplomové práce stanoví pokyny pro vypracování zveřejněné na webových stránkách fakulty.

Vedoucí diplomové práce: **prof. Dr. Ing. Ivan Mrkvica**


Konzultant diplomové práce: Ing. Viktor Uhlář, Ph.D.

Datum zadání: 09.12.2016

Datum odevzdání: 15.05.2017

  
doc. Ing. et Ing. Mgr. Jana Petrů, Ph.D.  
vedoucí katedry



  
doc. Ing. Ivo Hlavatý, Ph.D.  
děkan fakulty

### Místopřísežné prohlášení studenta

Prohlašuji, že jsem celou bakalářskou práci včetně příloh vypracoval samostatně pod vedením vedoucího bakalářské práce a uvedl jsem všechny použité podklady a literaturu.

V Ostravě.....14.5.2017.....

.....*Štefan*.....

podpis studenta

Prohlašuji, že

- byl jsem seznámen s tím, že na moji bakalářskou práci se plně vztahuje zákon č. 121/2000 Sb., autorský zákon, zejména § 35 – užití díla v rámci občanských a náboženských obřadů, v rámci školních představení a užití díla školního a § 60 – školní dílo.
- beru na vědomí, že Vysoká škola báňská – Technická univerzita Ostrava (dále jen „VŠB-TUO“) má právo nevýdělečně ke své vnitřní potřebě bakalářskou práci užít (§ 35 odst. 3).
- souhlasím s tím, že bakalářská práce bude v elektronické podobě uložena v Ústřední knihovně VŠB-TUO k nahlédnutí a jeden výtisk bude uložen u vedoucího diplomové (bakalářské) práce. Souhlasím s tím, že údaje o kvalifikační práci budou zveřejněny v informačním systému VŠB-TUO.
- bylo sjednáno, že s VŠB-TUO, v případě zájmu z její strany, uzavřu licenční smlouvu s oprávněním užít dílo v rozsahu § 12 odst. 4 autorského zákona.
- bylo sjednáno, že užít své dílo – bakalářskou práci nebo poskytnout licenci k jejímu využití mohu jen se souhlasem VŠB-TUO, která je oprávněna v takovém případě ode mne požadovat přiměřený příspěvek na úhradu nákladů, které byly VŠB-TUO na vytvoření díla vynaloženy (až do jejich skutečné výše).
- beru na vědomí, že odevzdáním své práce souhlasím se zveřejněním své práce podle zákona č. 111/1998 Sb., o vysokých školách a o změně a doplnění dalších zákonů (zákon o vysokých školách), ve znění pozdějších předpisů, bez ohledu na výsledek její obhajoby.

V Ostravě...14.5.2017...



Podpis

Jméno a příjmení autora práce: TOMAŠ SZOTKOWSKI

Adresa trvalého pobytu autora práce: DOLNÍ LOMNÁ 272  
739 91 JABLUNKOV

### **Poděkování**

Tímto bych chtěl poděkovat prof. Dr. Ing. Ivanu Mrkvicovi za cenné nápady, rady a vedení při vypracování diplomové práce. Dále bych chtěl poděkovat kolektivu technologie ve firmě BREMBO a panu Ing. Viktoru Uhlářovi Ph.D. za cenné technické připomínky a nápady využité v mé práci a v poslední řadě bych rád poděkoval mé rodině a přítelkyni za podporu a silné nervy během mého studia.

**Obsah**

Obsah.....	6
ANOTACE DIPLOMOVÉ PRÁCE .....	8
ANNOTATION OF BACHELOR THESIS .....	8
Seznam použitého značení .....	9
Seznam použitých zkratk .....	11
Úvod.....	12
1 Charakteristika a problematika současné metody demontáže náboje a ložiska .....	13
1.1 Prvky nápravy[5], [3] .....	13
1.1.1 Kolo .....	13
1.1.2 Uložení kola [5], [3] .....	14
1.1.3 Zavěšení [6], [3] .....	15
1.1.4 Uložení zavěšení.....	16
1.1.5 Odpružení [3].....	17
1.1.6 Tlumení [3], [4] .....	17
1.2 Popis vyráběné součásti .....	18
1.3 Výroba a montáž sestavy těhlice .....	23
1.4 Problematika současné demontáže těhlice .....	27
1.4.1 Hydraulický lis [10], [11] .....	27
1.4.2 Stávající způsob demontáže.....	30
1.4.3 Problémy stávající demontáže .....	33
2 Návrh konstrukčního a technologického řešení demontáže .....	34
2.1 Řešení problémů stávající demontáže .....	34
2.1.1 Řešení problému destrukce ložiska [12], [13] .....	34
2.1.2 Řešení problému poškození náboje při demontáži .....	37
2.1.3 Řešení problému bezpečnosti s ohledem na ustavení těhlice a demontovaných dílů .....	38
2.1.4 Řešení problému bezpečnosti s ohledem na vzpříčení trnů .....	38
2.2 Varianty způsobů demontáže .....	38
2.2.1 Varianta demontáže pomocí hydraulického lisu.....	39
2.2.2 Varianta demontáže kombinací hydraulického lisu a stahováku.....	46
2.3 Výběr varianty demontáže .....	50
3 Technologické aspekty variant a zpracování výkresové dokumentace přípravku. ....	52
3.1 Výpočet minimální výšky ustavovacího čepu pro ustavení těhlice [19].....	52
3.2 Výpočet minimální výšky ustavovacího čepu pro ustavení podložky těhlice [19] ...	54

3.3	Pevnostní analýza kritické pozice přípravku [20] .....	55
3.4	Výkresová dokumentace a technologický postup výroby přípravku [20], [31], [34] .....	57
4	Technologický postup při aplikaci přípravku.....	58
4.1	Demontáž pojistného kroužku.....	58
4.2	Demontáž náboje s ložiskem z hliníkového skeletu těhlice (Obr. 38) .....	59
4.3	Demontáž náboje z ložiska (Obr. 39).....	60
4.4	Demontáž ocelové vložky (Obr. 40) .....	61
5	Technicko-ekonomické zhodnocení navrženého řešení.....	62
5.1	Technické zhodnocení.....	62
5.2	Ekonomické zhodnocení [33].....	62
5.2.1	Výpočet možné úspory po zavedení demontovaných nábojů zpět do výroby .....	63
5.2.2	Výpočet nákladů na výrobu přípravku [20].....	64
5.2.3	Minimální doba provozu pro dosažení hospodárnosti .....	66
	Závěr .....	67
	Seznam příloh.....	69
	Seznam citací .....	71
	Projekt .....	75

## **ANOTACE DIPLOMOVÉ PRÁCE**

SZOTKOWSKI T. *Návrh přípravku pro demontáž podvozkového komponentu : diplomová práce*. Ostrava: VŠB-Technická univerzita Ostrava, Fakulta strojní, Katedra obrábění, montáže a strojírenské metrologie, 2017, 75 s. Vedoucí práce: Mrkvica, I.

Diplomová práce se zabývá problematikou návrhu přípravku pro celkovou demontáž podvozkového komponentu. Jde o těhlici přední nápravy pro vůz značky Land Rover. V úvodu práce je uveden popis součásti, pro kterou je přípravek navrhován. Dalším bodem práce je popis stávající montáže sestavy těhlice a také demontáž případného zmetkového kusu. Pro tyto kusy je přípravek navrhován. Pro demontáž bude navrženo více variant a následně bude vybrána varianta, která bude pro demontáž daného dílu vyhovovat nejvíce. Pro tuto variantu bude zpracován výrobní postup s kompletní technickou dokumentací a následně také celkové ekonomické zhodnocení dané varianty demontáže pro zjištění návratnosti.

## **ANNOTATION OF BACHELOR THESIS**

SZOTKOWSKI T. *Jig Design for Disassembly of Undercarriage Component : master's thesis*. Ostrava: VŠB-Technical University of Ostrava, Faculty of Mechanical Engineering, Department of Machining, Assembly and Engineering Metrology, 2015, 75 s. Thesis supervisor: Mrkvica, I.

Master thesis deals with the proposal for the total dismantling of the bogie component. It is the steering knuckle in front axle truck Land Rover. The introduction describes the components for which it is designed. Another point is a description of an existing assembly through steering knuckle and eventual dismantling defective piece. For these pieces is the product sought. Disassembly will be proposed several options and will subsequently be selected variant that will dismantle the most part suit. For this variant will be elaborated production process, with complete technical documentation and subsequently also the overall economic evaluation of the options for finding dismantling of return.



**Seznam použitého značení**

Značka	Název	Jednotka
a	Rozteč mezi osami čepů	[mm]
c	Pružinová konstanta	[-]
D	Průměr díry	[mm]
$D_{\max}$	Maximální průměr nástroje	[mm]
d	Průměr náboje	[mm]
$d_1, d_2$	Průměry ustavovacích otvorů	[mm]
$d_{l\max}$	Maximální průměr ložiska	[mm]
$d_{n\max}$	Maximální průměr náboje	[mm]
$d_p$	Průměr hydraulického pístu	[mm]
$d_{po}$	Průměr podložky	[mm]
$d_{př3}$	Otvor v přípravku na pozici č. 3	[mm]
$d_{př\max}$	Maximální vrtaný otvor v přípravku	[mm]
$d_s$	Průměr segmentu v drážce	[mm]
$d_{v\max}$	Maximální průměr vložky	[mm]
$F_{lm}$	Síla lisování montáže ložiska	[N]
$F_{l\max}$	Maximální síla lisu	[N]
$F_{nm}$	Síla lisování montáže náboje	[N]
$h_{č1}, h_{č2}$	Minimální délka čepu pro ustavení	[mm]
$h_p$	Katalogový zdvih pístu	[mm]
$h_{sp}$	Skutečný zdvih pístu	[mm]

$k_u$	Minimální možná úspora za rok po zavedení nábojů zpět do výroby	[ks]
$l$	Vzdálenost lisování	[mm]
$l_k$	Maximální délka části kleští	[mm]
$l_{p1}, l_{p2}$	Hloubky otvorů v podložkách těhlice	[mm]
$l_{r1}, l_{r2}$	Tloušťka od osy ke kraji materiálu	[mm]
$l_t$	Celková délka čepu	[mm]
$l_z$	Délka části čepu se závitem	[mm]
$n_n$	Průměrný počet zmetků obsahujících náboj	[ks]
$n_p$	Zmetkovitost	[%]
$n_t$	Počet zmetků vyrobených za rok	[ks]
$N$	Počet vyrobených kusů za rok	[ks]
$N_n$	Počet odhadovaných nábojů, které lze vrátit do výroby	[ks]
$N_{nt}$	Počet zmetků obsahujících náboj za r.	[ks]
$t_{po}$	Tloušťka podložky	[mm]
$v_{\xi 1}, v_{\xi 2}$	Vůle mezi otvorem a čepem	[mm]
$\alpha$	Úhel styku ložisek	[°]
$\beta$	Úhel rybinové drážky	[°]

### Seznam použitých zkratek

DIN	Deutsche Industrie Norm
HB	Tvrдост dle Brinella [-]
HRC	Tvrдост dle Rockwella [-]
HV	Tvrдост dle Vickerse [-]
ISO	International Organization for Standardization
OMCN	Italský výrobce lisů
QR	„Quick Response“ – kód pro označování dílců
SCRAP	Zmetková součást
TPV	Technologický postup výroby
VBD	Vyměnitelná břitová destička

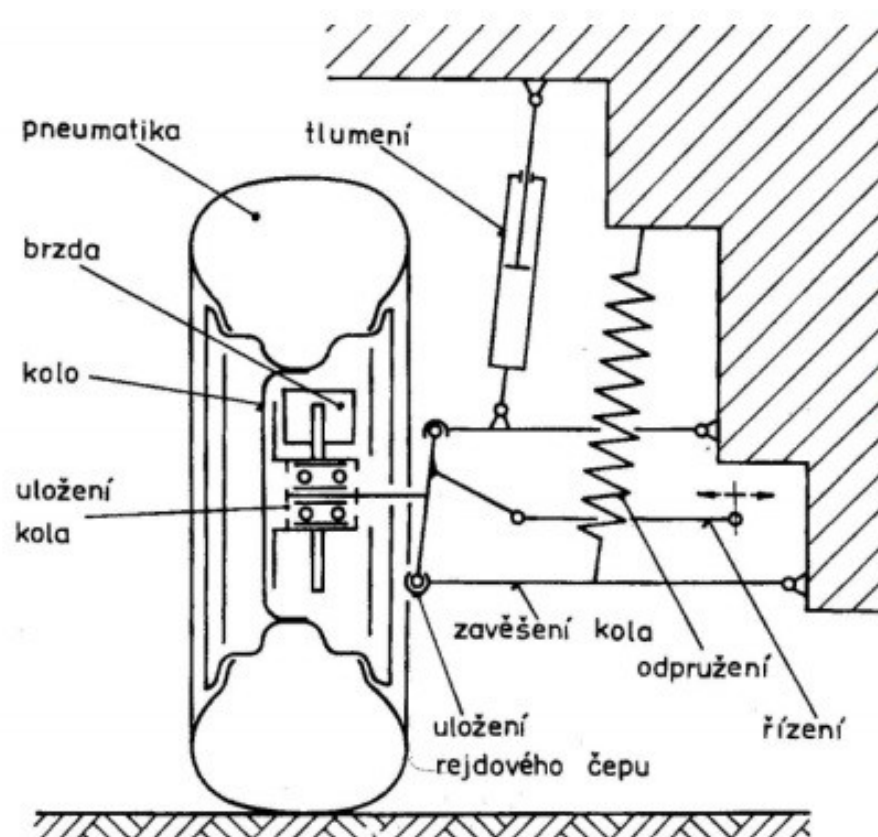
## Úvod

Problematika řešená v této práci se týká efektivnější demontáže podvozkového komponentu. Jde o sestavu těhlice s nábojem pro přední podvozkovou část automobilu značky Land Rover vyráběnou ve firmě Brembo. Tato těhlice je sestava odlévaného hliníkového tělesa s kovovými prvky. Pokud je při výrobě a montáži sestavy těhlice zjištěna vada výrobku je nutné celou sestavu zařadit mezi zmetkové součásti a vyřadit tuto součást z linky. Zmetková těhlice putuje na stanoviště demontáže zmetkových součástí. Zde je nutno demontovat všechny kovové součásti z hliníkového tělesa těhlice, aby bylo možno toto těleso odeslat do slévárny k přetavení na nový odlitek. Problémem stávající demontáže je destrukce demontovaných dílů jako například ložiska a náboje. Pokud by bylo možno demontovat díly z tělesa těhlice bez jejich destrukce, bylo by po následné kontrole funkčních ploch možné zavést neponičené součásti opět do výroby. Tímto bylo možné zajistit úsporu. Dalším problémem demontáže je možné bezpečnostní riziko pro pracovníka. Stávající demontáž se provádí na hydraulickém lise. Demontáž probíhá bez ustavení pomocí jakékoli ustavovací součásti ať už upínky či ustavovacího čepu. Stávající demontáž je tedy z bezpečnostního hlediska krajně nevyhovující. Výsledkem této diplomové práce je tedy návrh efektivnější a sofistikovanější varianty demontáže zmetkové sestavy těhlice s ohledem na bezpečnost a také na možnou úsporu z pohledu návratu demontovaných dílů zpět do výroby. Po navržení vyhovujících variant a výběru ekonomicky a technicky nejefektivnější z nich je nutné kontrolovat tuto variantu na různé aspekty ať už pevnostní nebo konstrukční. Po úspěšné kontrole varianty je nutné zajistit technologickou otázku varianty, což je návrh materiálu pro daný přípravek varianty demontáže a také technologický postup výroby daného přípravku. K technologickému prostupu výroby je pak nutné vyhotovit a přiložit výkresovou výrobní dokumentaci. V poslední řadě je nutné ekonomicky zhodnotit navrhovanou variantu s ohledem na návratnost investice do nové efektivnější varianty demontáže sestavy těhlice. Z ekonomického pohledu je investice do přípravku rentabilní, pokud je její návratnost do jednoho roku. Novou variantu demontáže těhlice je tedy nutné navrhovat s ohledem na bezpečnost, úsporu, ale také s ohledem na návratnost investice do této nové varianty.

## 1 Charakteristika a problematika současné metody demontáže náboje a ložiska

### 1.1 Prvky nápravy [5], [3]

Náprava automobilu se skládá z mnoha funkčních komponentů (obr. 1). Každý z těchto prvků plní v celkové sestavě nápravy svou funkci, proto je vhodné prvky, jenž souvisejí s tématem této práce, alespoň stručně popsat.



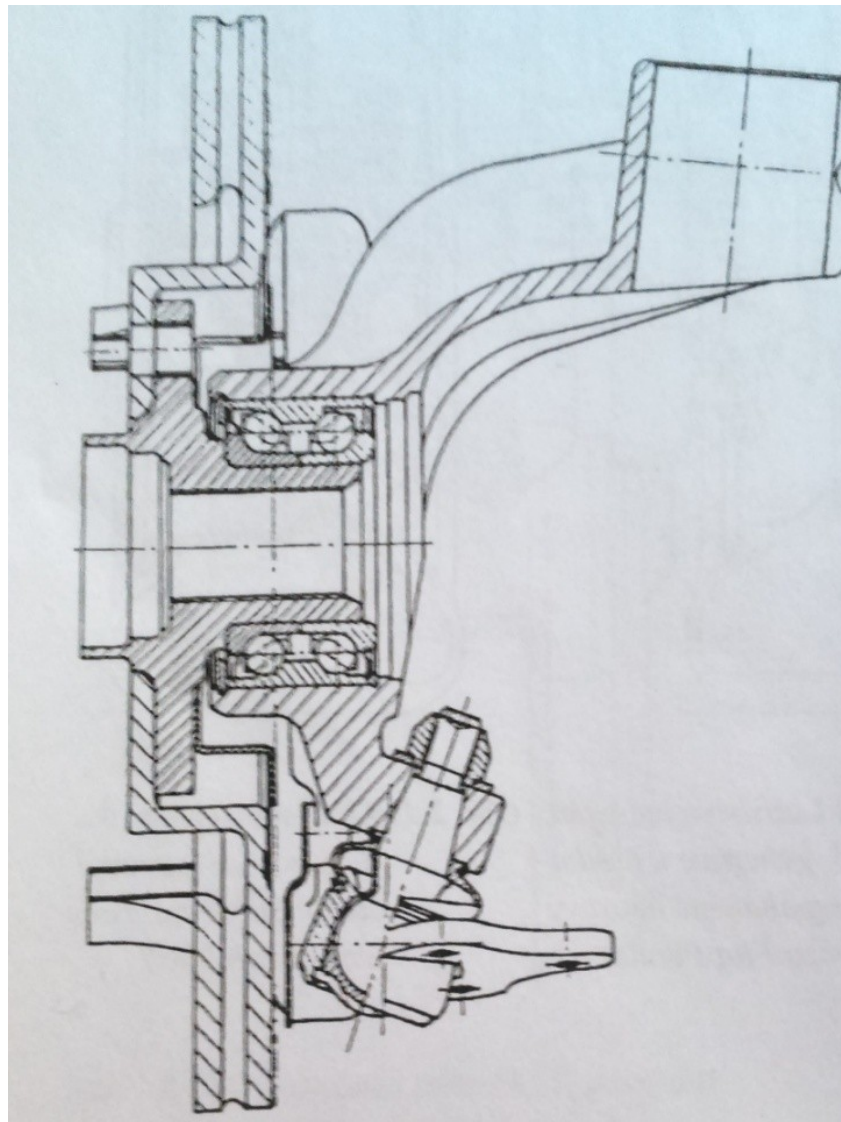
Obr. 1 Schématické uložení prvků nápravy [5]

#### 1.1.1 Kolo

Kola automobilů je možno dle funkce rozdělit na poháněná a nepoháněná. Nejpoužívanější kola v dnešní době jsou převážně kola litá nebo disková. Skládají se ze dvou částí, a to z ráfku, což je obvodová část kola, která umožňuje spojení kola s pláštěm pneumatiky a disku, jenž umožňuje upnutí kola na hlavu kola tedy náboj. Kola jsou na náboji usazena většinou kulovými nebo kónickými šrouby nebo maticemi. Musí zabezpečit pevné spojení pro přenos svislé, příčné a obvodové síly.

### 1.1.2 Uložení kola [5], [3]

Rozdělení náprav na hnací a hnaná, nemá na uložení kola žádný vliv. Pro zajištění plynulého odvalování kola je nutné zajistit volné, otočné uložení vůči vozidlu. To je zajištěno výhradně valivými ložisky. V dnešní době se v praxi využívá povětšinou dvouřadých kuželíkových ložisek anebo dvouřadých kuličkových ložisek s kosoúhlým stykem. Při použití tohoto ložiska je nutno seřizovat ložiskovou vůli, z tohoto důvodu se používá dělený vnitřní kroužek u dvouřadých ložisek, které jsou uloženy v hlavě ložiska, čepu kola neboli těhlici (Obr. 2). Tato ložiska jsou utěsněna a mají mazivo na celou dobu své životnosti.



Obr. 2 Uložení těhlice Škoda Octavia [7]

Uložení ložiskové jednotky lze rozdělit dle vývoje na:

**1. generace** – Použití jednoho dvouřadého kuličkového ložiska s kosoúhlým stykem. Vnitřní kroužek ložiska je dělený pro větší únosnost ložiska. Není nutné dodatečné těsnění, jelikož má ložisko vlastní těsnění s mazáním. Ložisko je zalisováno v těhlici a zajištěno pojistným kroužkem. Náboj s vnitřním drážkováním je u hnací nápravy zalisován v ložisku.

**2. generace** – Vnější kroužek ložiska má u této jednotky přírubu k upevnění kola a vnitřní kroužek je nasazen na pevný čep, který je zajištěn pojistnou maticí. Tato montáž je jednoduchá, znamená úsporu konstrukčních dílů a snížení hmotnosti. Toto uložení je vhodné jen pro uložení hnaných kol.

**3. generace** – Jednotka nápravy lze použít pro hnané i hnací kola. Vnitřní kroužek ložiska má u této jednotky také přírubu a slouží jako náboj pro uchycení kola. Vnější kroužek ložiska je naopak přizpůsoben pro uchycení k těhlici (ložiskové hlavě kola) pomocí šroubů.

**4. generace** – Ložisková jednotka této generace je obdobná jako jednotka 3. Generace, tedy má vnější kroužek, který slouží jako přírubu k upnutí jednotky k těhlici a vnitřní kroužek, který slouží zároveň jako náboj. Ve vnitřním kroužku je na rozdíl od jednotky 3. Generace zabudován stejnoběžný kloub.

### 1.1.3 Zavěšení [6], [3]

Pojmem zavěšení kol rozumíme spojení kola a karoserie nebo rámu vozidla. Zavěšení musí umožnit svislý relativní pohyb kola vzhledem ke karoserii nebo rámu, který eliminuje větší pohyby kola, než povoluje odpružení, a také zabraňuje větším pohybům kol do stran a naklápění. Vlastní zavěšení kola obsahuje výkyvná ramena a pružící jednotku. Zavěšení také přenáší síly a momenty mezi kolem a karoserií.

svislé síly – zatížení vozidla

podélné síly – hnací a brzděné síly

příčné síly – odstředivé síly

momenty a podélné síly – hnací a brzděný moment

Zavěšení kol se dělí na dva druhy:

**Závislé zavěšení** – je to tzv. „tuhá náprava“. Jedná se o spojení kol pevně společným nosníkem. Nemohou se vůči sobě pohybovat.

**Nezávislé zavěšení** – Každé z obou kol je zavěšeno zvlášť, tudíž se může také otáčet nezávisle na druhém. Jde o tzv. „výkyvnou nápravu“. Nezávislé zavěšení se vyskytuje u téměř všech moderních automobilů.

#### 1.1.4 Uložení zavěšení

Úložné komponenty pro zavěšení kola složí pro uložení ramene nápravy k rámu nápravnice či karoserie a těhlice kola. Tyto úložné komponenty mají za úkol umožnit pohyb při odpružení kola, avšak omezit pohyb při působení příčných a podélných sil. Slouží také jako součásti pro tlumení vibrací či snížení jejich přenosu z kol na karoserii automobilu.

Úložné prvky zavěšení:

**Miska s axiálním ložiskem** – Umožňuje natáčení tlumiče s pružinou při natáčení kola v průběhu řízení.

**Kulový čep (Obr. 3)** – Nejpoužívanější součást pro připojení ramene k těhlici kola. Součást jako taková odebírá 3 stupně volnosti.

**Pryžová pružina (silentblok)** – Tato součást odebírá dle konstrukce v dané míře libovolný počet stupňů volnosti, avšak nejdůležitější vlastností této pružiny je tlumení přenosu vibrací z kola na karosérii.



**Obr. 3 Kulový čep ramene Land Rover [8]**



### 1.1.5 Odpružení [3]

Odpružení ve vozidlech způsobuje zmenšení přenosu kmitavých pohybů náprav karoserii (ochrana osob nebo nákladu před otřesy) a zaručuje stálý styk kol s vozovkou (zajištění přenosu obvodových, hnacích a brzdících sil). Odpružení má také za následek delší životnost některých dílů podvozku. Mezi hlavní aspekty kvality odpružení patří především frekvence vlastních kmitů odpružení, která je závislá na tuhosti pružiny. Nejpříjemnější frekvence kmitání je okolo 70 kmitů za minutu, což je počet kmitů přibližně odpovídající chůzi. Každý druh odpružení má své výhody i nevýhody, proto je nutné volit mezi těmito druhy odpružení kompromis, dle požadavků na typ vozu. Pružinová konstanta  $c$ , která je určující veličinou odpružení, závisí hlavně na druhu pružícího prvku, kterým dle materiálů mohou být:

- pružiny ocelové (listové, vinuté, torzní)
- pružiny pryžové
- pružiny vzduchové (pneumatické)
- pružiny vzduchokapalinové (hydropneumatické)
- pružiny pryžokapalinové (hydroelastické)

### 1.1.6 Tlumení [3], [4]

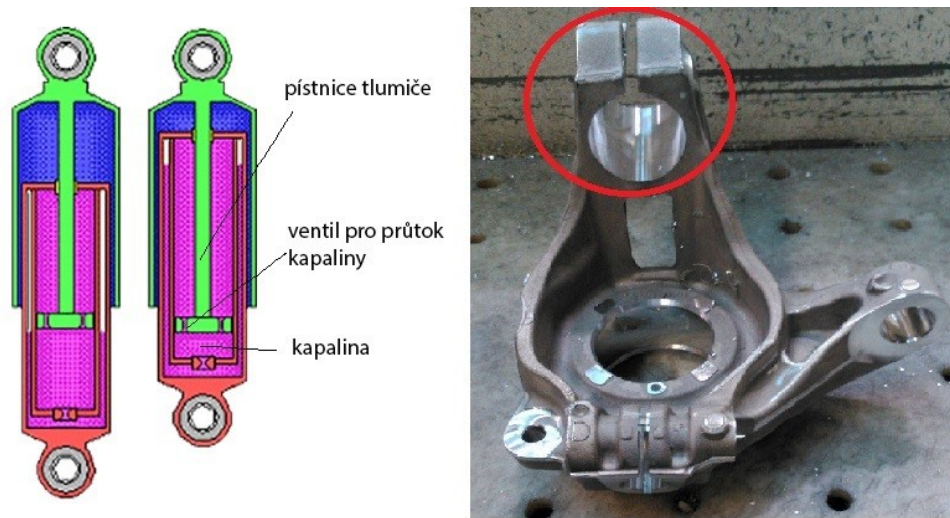
Obyčejné ocelové pružiny, využívané u automobilů, mají velice nízký samo tlumící efekt, což by způsobovalo přenosy kmitání na karoserii. Z tohoto důvodu se společně s odpružením montují tlumiče. Tyto tlumiče tlumí nárazy, vznikající nerovnostmi vozovky, a ty se dále nepřenáší na karoserii a také v co největší míře zaručují pokud možno co nejlepší styk kola s vozovkou pro zajištění co možno největší bezpečnosti.

Tlumič je v jednoduchosti hydraulický píst s válcem, který obsahuje samočinné škrťací ventily, které umožňují přetlačování oleje s kontrolou mezi pracovními prostory. Dle tohoto můžeme tlumiče rozdělit na dva druhy a to na:

**Kapalinové** – Pracovní látkou tlumiče je olej, který je v pracovním prostoru. V prostoru nad pracovní látkou se nachází atmosférický vzduch.

**Plynokapalinové** – Pracovní látkou tlumiče je olej stejně jako u předchozího typu. U tohoto typu tlumiče se však v prostoru nad pracovní látkou nachází plyn, většinou dusík. U těchto tlumiči nedochází k zpěnění oleje v tlumiči, čemuž zabraňuje plyn.

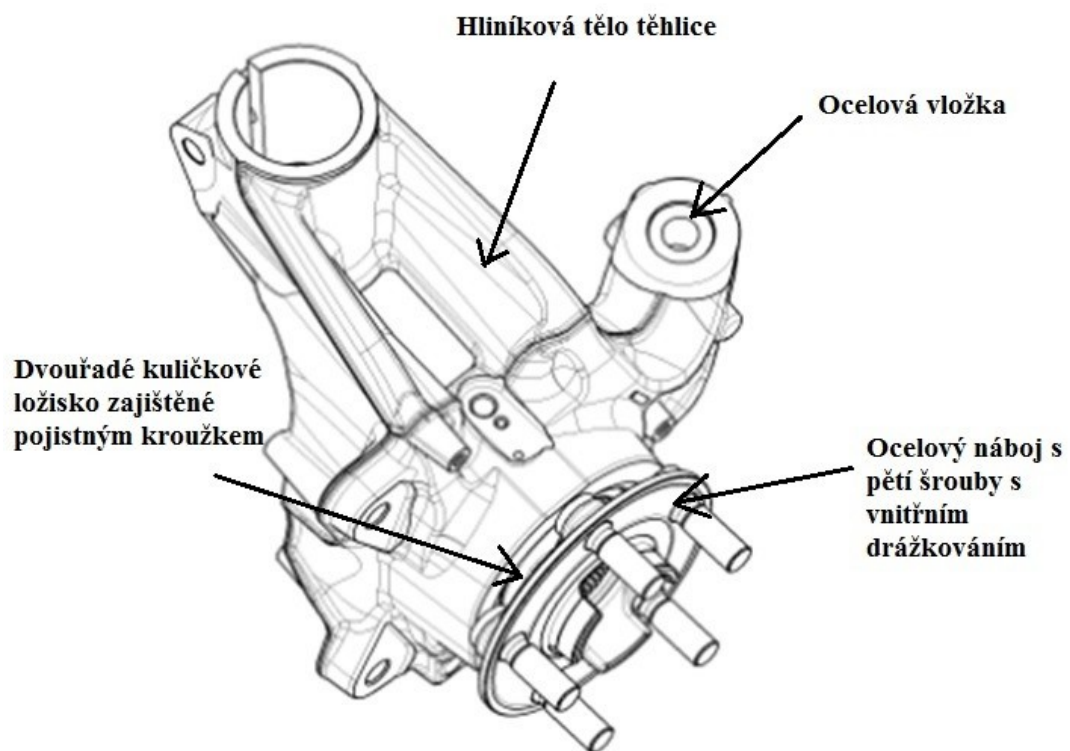
Tlumič je u automobilů instalován mezi kolo a karosérii, přesněji v karosérii je pístnice tlumiče uchycen v kovopryžovém lůžku s ložiskem sloužící k zabránění přenosu vibrací do karoserie. Druhá strana tlumiče (válec) je ve většině případů upnuta v těhlici kola, tedy v její části, která je daný typ tlumiče uzpůsobena (Obr. 4).



Obr. 4 (Zleva) schéma tlumiče [9], místo pro uchycení tlumiče v těhlici

### 1.2 Popis vyráběné součásti

Diplomová práce se týká problematiky návrhu přípravku pro celkovou demontáž sestavy těhlice s nábojem pro přední podvozkovou část automobilu Land Rover vyráběnou firmou Brembo. Tato sestava se skládá z více dílů (Obr. 5). Hlavním dílem je samotný hliníkový skelet těhlice, a také ocelový náboj s vnitřním drážkováním a s pěti šrouby upevněnými na čele náboje. Dalším komponentem je dvouřadé kuličkové ložisko od společnosti NTN-SNR, které zajišťuje pohyb náboje v těhlici. Toto ložisko je následně zajištěno pojistným kroužkem vnitřním dle normy DIN 472 na průměr  $D = 98$  mm. Těhlice také obsahuje ocelovou vložku o vnějším průměru  $d = 30$  mm.



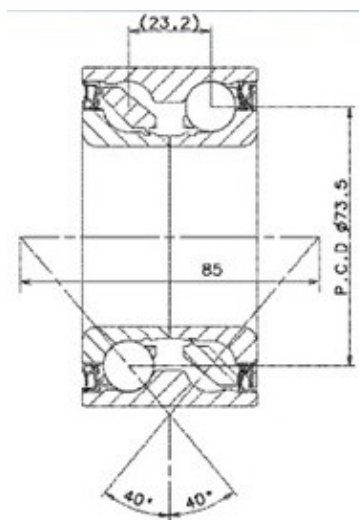
Obr. 5 Sestava těhlice

**Těhlice** [1], (Obr. 6) – Samotná těhlice je jednou z nejdůležitějších částí nápravy automobilu. Spojuje ramena zavěšení s kolem a částí brzdového systému vozu (brzdový třmen, brzdový kotouč). Tato součást je vysoce namáhána silově i momentově při brzdění, avšak také při samotném řízení, jelikož přenáší síly z vozovky na karoserii a naopak. Všechny tyto aspekty určují požadavky na výslednou těhlici. Ta musí být dostatečně tuhá, aby větším zatížením nedocházelo k velkým změnám na podvozkové geometrii, a také její hmotnost nesmí být příliš vysoká. Z těchto důvodů je v dnešní době mnoho podvozkových a brzdových komponentů vyráběno z hliníkových slitin jako zmiňovaná těhlice firmy Brembo. Samotný skelet těhlice se odlévá do ocelové formy, odlitek poté putuje na očištění, odstranění vtoků a nálitků odřezáním. Po očištění je odlitek předán na obrobnu, kde jsou obrobena otvory a funkční plochy, jako je otvor pro ložisko s nábojem, otvory pro upnutí brzdového třmenu a jiné. Po opracování je těhlice podstoupena finální montáži, kde se nalisují zbylé komponenty jako je ložisko s nábojem, které jsou zajištěny pojistným kroužkem a ocelová vložka. Pokud je po montáži na sestavě těhlice zjištěna vada (tzv. „scrap“), je nutné celou sestavu vyřadit. Samotnou hliníkovou těhlici je možno znovu přetavit, avšak je nutné ji zbavit všech ocelových dílů. Toto se v současné době provádí na stanovišti demontáže s tím výsledkem, že demontované komponenty jsou již nepoužitelné.



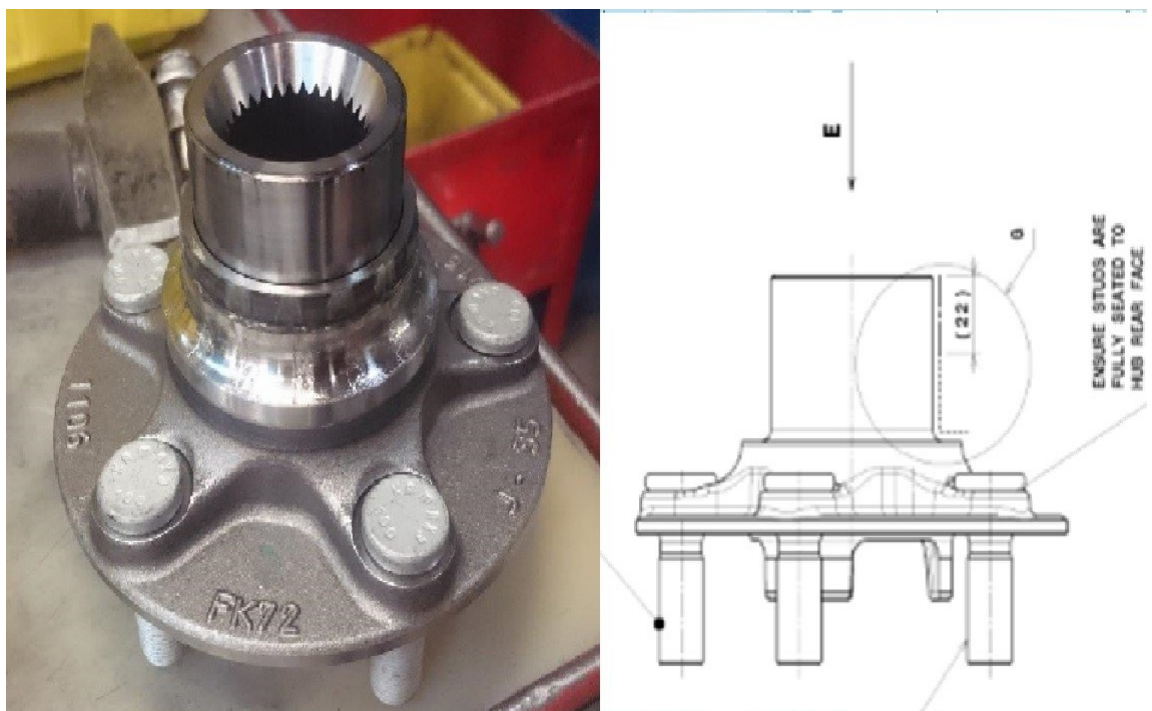
Obr. 6 Těhlice odlitek, obrobena těhlice

**Ložisko [2], [12] (Obr.7)** – Ložisko, jako strojní díl, má několik hlavních funkcí, kvůli kterým se tak především využívá. Kromě vzájemného rotačního uložení dvou strojních součástí mohou být na ložisko kladeny požadavky na přenos zatížení v různých směrech, podpora hřídele nebo zajištění polohy hřídele (vedení). Zatížení u ložisek může působit kolmo na osu ložiska - radiálně, nebo ve směru osy ložiska – axiálně. Podle toho rozeznáváme radiální ložiska zachycující radiální sílu a axiální ložiska zachycující axiální sílu. Ložiska lze dělit podle mnoha různých aspektů. Jedno z nejdůležitějších rozdělení je podle toho, zda je v místě styku valivého elementu s vnitřním i vnějším kroužkem stopa v podobě bodu nebo přímky. Taková ložiska se pak liší především únosností. Ložiska s bodovým stykem (kuličková) mají sice menší únosnost než ložiska se stykem čárovým (válečková, soudečková, kuželíková apod.), ale jejich výhodou je nízké tření, které narůstá s velikostí stykové plochy mezi valivým elementem a oběžnými drahami vnějšího a vnitřního kroužku. V katalogích výrobců jsou ložiska také dělena podle čárového či bodového styku, avšak v praxi se uplatňuje rozdělení podle zástavbových rozměrů, dynamické či statické únosnosti ložiska nebo podle speciální konstrukce apod. Ložisko je jedna z ocelových částí řešené sestavy. V těhlici je dvouřadé kuličkové ložisko s kosoúhlým stykem. Tato ložiska se vyrábějí s předpětím a zachycují velká napětí radiálního a částečně axiálního napětí ve střídavém směru. Oproti jednořadým kuličkovým ložiskům s kosoúhlým stykem se dvouřadá ložiska plní větším počtem valivých segmentů v jedné řadě, mají tedy větší únosnost. Ložisko je dodáváno firmou NTN-SNR. Tento japonsko-francouzský výrobce valivých ložisek je třetím největším na světě. Označené ložisko je XGB 42306 S02, ložiska na náboj o průměru  $d_n = 51$  mm.



**Obr. 7** Dvouřadé kuličkové ložisko s kosoúhlým stykem

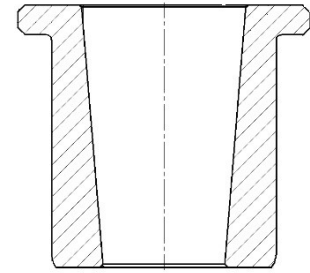
**Náboj (Obr. 8)** - Náboj je taktéž jako ložisko ocelový. Je opatřen pěti šrouby, na kterých je upnut brzdový kotouč a následně i plechový nebo hliníkový ráfek automobilu. Nábojem je ocelový odlitek, který je opracován na daný rozměr. Šrouby, které jsou v náboji, jsou taktéž speciálně vyrobeny pro daný náboj daného typu nápravy, značky a typu automobilu. Jde o šrouby s plochou hlavou s drážkováním na dřiku, které zapadá do k tomuto uzpůsobené díry v náboji. Závit na šroubu je metrický a jde o rozměr M14 x 1,5, tedy jemný závit. Otvor v náboji je opatřen drážkováním pro zajištění přenosu točivého momentu  $M_k$  hnací hřídele přední nápravy. Rozměr, na kterém je uloženo ložisko je vyroben s drobným přesahem. Náboj patří do 3. generace uložení, tudíž jde o vnitřní kroužek ložiska.



Obr. 8 Náboj

**Pojistný kroužek** – Náboj s dvouřadým kuličkovým ložiskem jsou sice zalisovány v těhlici, avšak jsou ještě pojištěny pojistným kroužkem do otvoru, který zajišťuje tyto součásti proti pohybu ve směru axiálním. Jedná se o pojistný kroužek dle normy DIN 472 (ČSN 02 2931) na průměr díry  $D = 101,5$  mm.

**Ocelová vložka** – Ocelová vložka je v těhlici taktéž zalisována (Obr. 9). V podvozku slouží jako komponent, ve kterém je upnut kulový čep, který je mezikusem k tyči řízení. Vložka je zde tedy jako součást proti otláčení těhlice vůči čepu tyče řízení při otáčení kol ze strany na stranu. Samotný otvor bez vložky by byl otláčen mnohem rychleji, jelikož je těhlice ze slitiny hliníku.

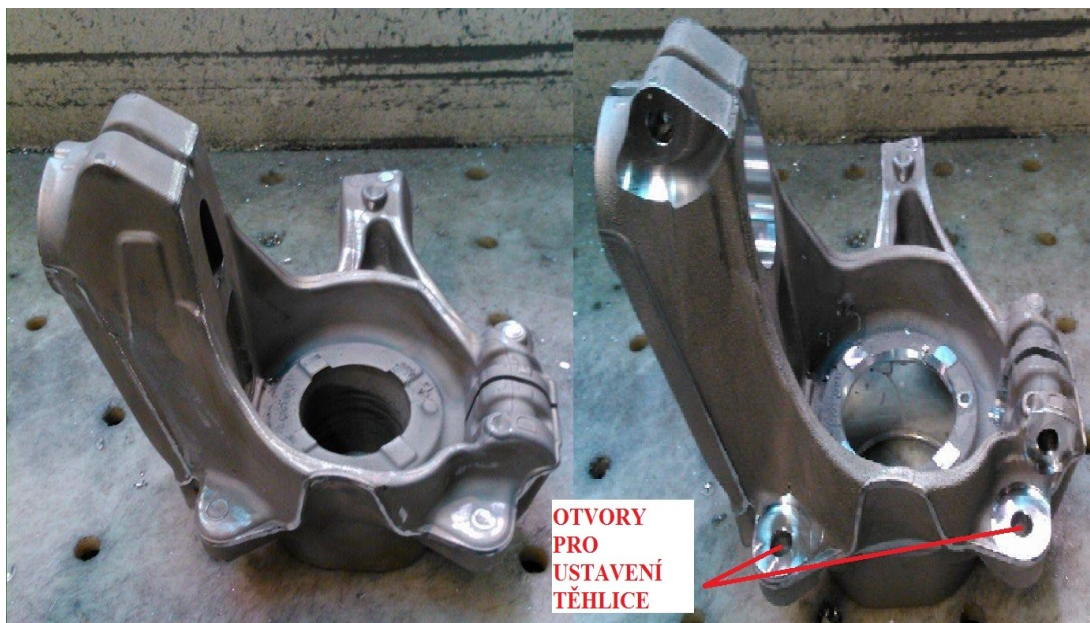


Obr. 9 Ocelová vložka

### 1.3 Výroba a montáž sestavy těhlice

Montáž sestavy těhlice se provádí na poloautomatické lince TLGB. Tato linka slouží pro výrobu a montáž tří druhů těhlic. Rozdíly na těchto těhlicích však nejsou nijak markantní, tudíž je možno je vyrábět na jedné lince. Vstupem na linku je odlitek těhlice, který se odlíje ve slévárně ve stejném závodě ve vedlejší hale. Výroba sestavy těhlice s nábojem probíhá takto:

Po odlití a očištění hrubého odlitku je přesunut na obráběcí centra. Zde jsou obrobny funkční plochy jako otvor a osazení pro zachycení ložiska, drážka pro pojistný kroužek, nebo také otvory upnutí těhlice k celkovému podvozkovému systému. Dále se zde také obrábí plocha a otvory pro upnutí brzdového třmenu. Tyto otvory hrají při montáži důležitou roli, jelikož plní funkci ustavení těhlice při montážní operaci lisování ložiska s nábojem (Obr. 10).



Obr. 10 Otvory pro upnutí brzdového třmenu (ustavení těhlice při montáži)

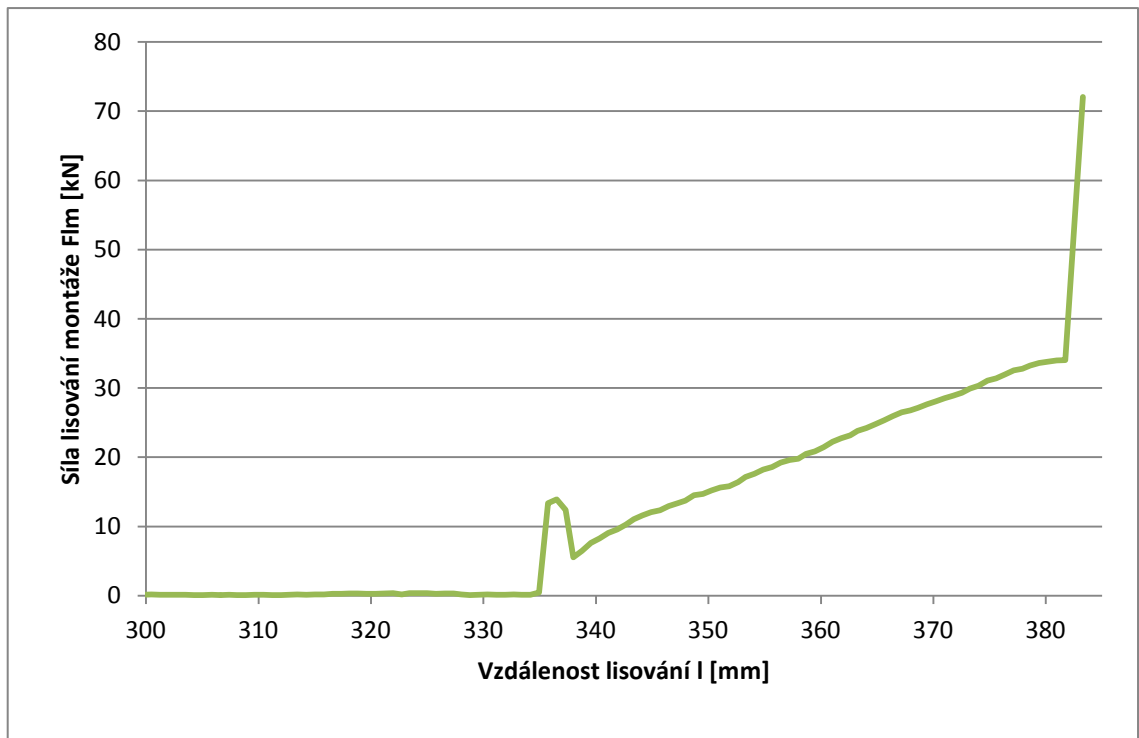
Po obrobení putuje těhlice do mycího stroje, kde je opláchnuta a zbavena všech nečistot okují a špon z předchozího obrábění.

Po obrobení všech funkčních ploch a jejich kontrole je hliníkový skelet těhlice podstoupen montáži. Těhlici je přiřazeno identifikační číslo, podle kterého se montuje. Do stroje se vkládá tak, aby bylo možno náboj i ložisko lisovat seshora. Toto číslo je nalepeno na předem určené místo na těle a naskenováno po samotném vložení do stroje. Dále je do přípravku na lisovací lince vložen náboj, který je před vložení taktéž jako těhlice naskenován čtečkou QR kódu (Obr. 11). Dále je do přípravku také vloženo dvouřadé kuličkové ložisko. Lisovací linka obsahuje dávkovač s předem definovanými pojistnými kroužky. Následně operátor linky spustí stroj, který automaticky zalisuje nejprve ložisko do těhlice silou  $F_{lm} = 34\,030\text{ N}$  (Graf 1), až po osazení díry o které se opře. Ložisko je dále zajištěno pojistným kroužkem, který je vsazen hned po zalisování. Dále stroj lisuje náboj do zalisovaného ložiska silou až  $F_{nm} = 35\,000\text{ N}$  (Graf 2) do té doby dokud se osazení náboje neopře o ložisko a nedotlačí tak obě součásti na osazení otvoru těhlice.

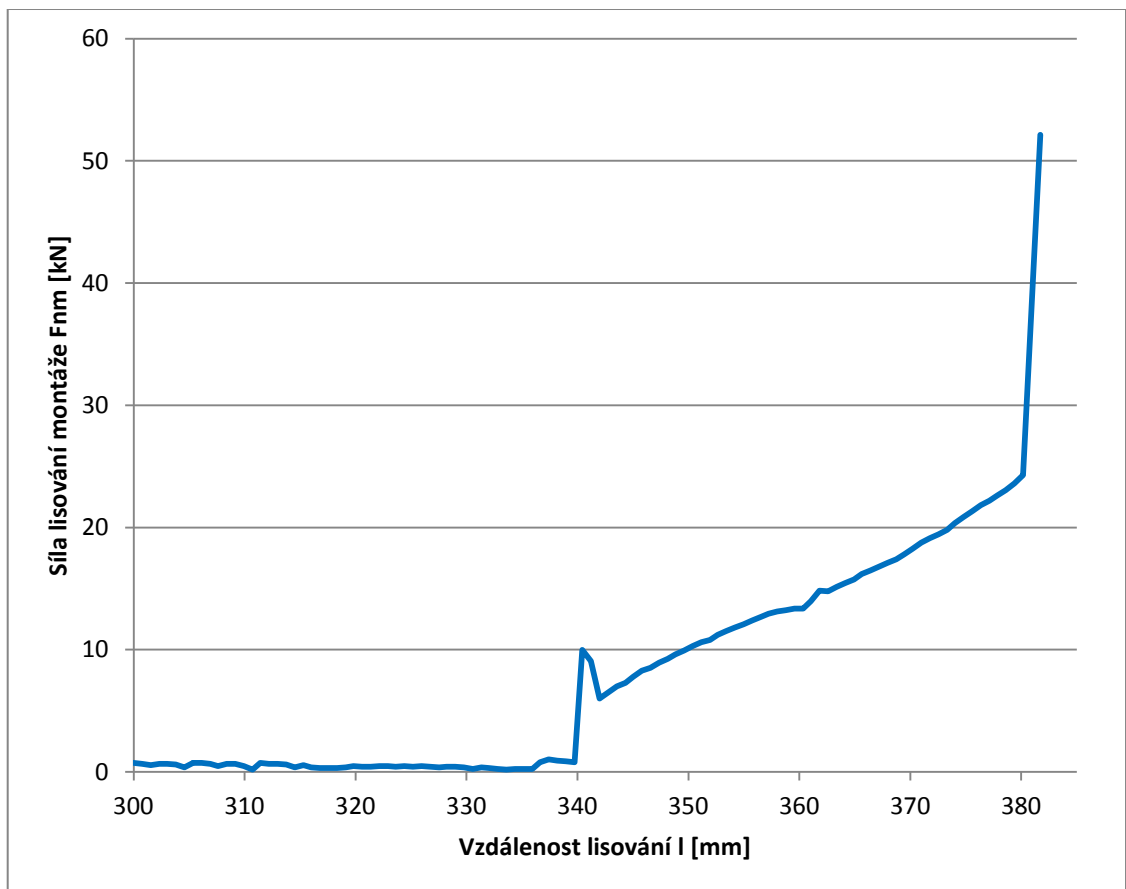


Obr. 11 Náboj s QR kódem





Graf 1 - Síla lisování ložiska do těhlice



Graf 2 – Síla lisování náboje do ložiska

Po správném nalisování náboje ložiska a zajištěním pojistného kroužku je součást přesunuta na druhou stanici, kde je zalisována ocelová vložka. Těhlice s již nalisovaným nábojem a ložiskem je vložena do lisovacího přípravku. Ocelová vložka se vyjme z boxu a vloží se do předem určeného otvoru pro zalisování (Obr. 12). Ruční čtečkou se naskenuje čárový kód z těhlice. Po spuštění stroj opět automaticky zalisuje ocelovou vložku do otvoru v těhlici. Pokud je vložka správně zalisovaná, je vyjmuta z lisovací stanice a vožena do stanice kontrolní.



**Obr. 12 Ocelová vložka v otvoru**

Po zalisování všech komponentů je sestava těhlice podrobena kontrole na automatické stanici, kde je zkoušena sestava na rovinnost a ložisko a náboj kola na házivost.

Čárový kód na etiketě sestavy se po vložení do kontrolní stanice opět naskenuje čtečkou. Poté se stiskne tlačítko pro spuštění cyklu a automaticky proběhne zkouška rovinnosti a házivosti náboje kola. Pokud jsou výsledky zkoušky v toleranci, proběhne automaticky tzv. „markování“ těhlice, což je způsob označování výrobku pomocí tiskové hlavy. Tato hlava vyryje označení na těhlici pomocí malých jehliček (podobné gravírování). Nakonec se se těhlice odebere ze stanice, provede se vizuální kontrola celkové sestavy dle předepsaného kontrolního plánu. Sestava se poté umístí do boxu dle příslušného pracovního postupu balení.

Během celkové výroby, obrábění i montáže je po každé operaci prováděno mezioperační měření prováděno automaticky strojem. Pokud je při měření zjištěna neshoda a díl označen jako zmetek, je nutné provést následné opatření. Těhlice je z dané stanice odebrána a barvou je označen daný problém. Poté je součást vložena do SCRAP boxu, kde je naskenován čárový kód na zmetkové těhlici a popsán problém, kterým je zmetek charakterizován. Nakonec je vytisknut daný SCRAP CDI, což je protokol o zmetku. Dle tohoto protokolu jsou označeny jako zmetek také všechny součásti v sestavě. To znamená, že pokud je v těhlici již nalisováno ložisko s nábojem, jsou i tyto součásti označeny jako zmetek a to bez ohledu na to na jaké součásti byla nalezena vada.

#### 1.4 Problematika současné demontáže těhlice

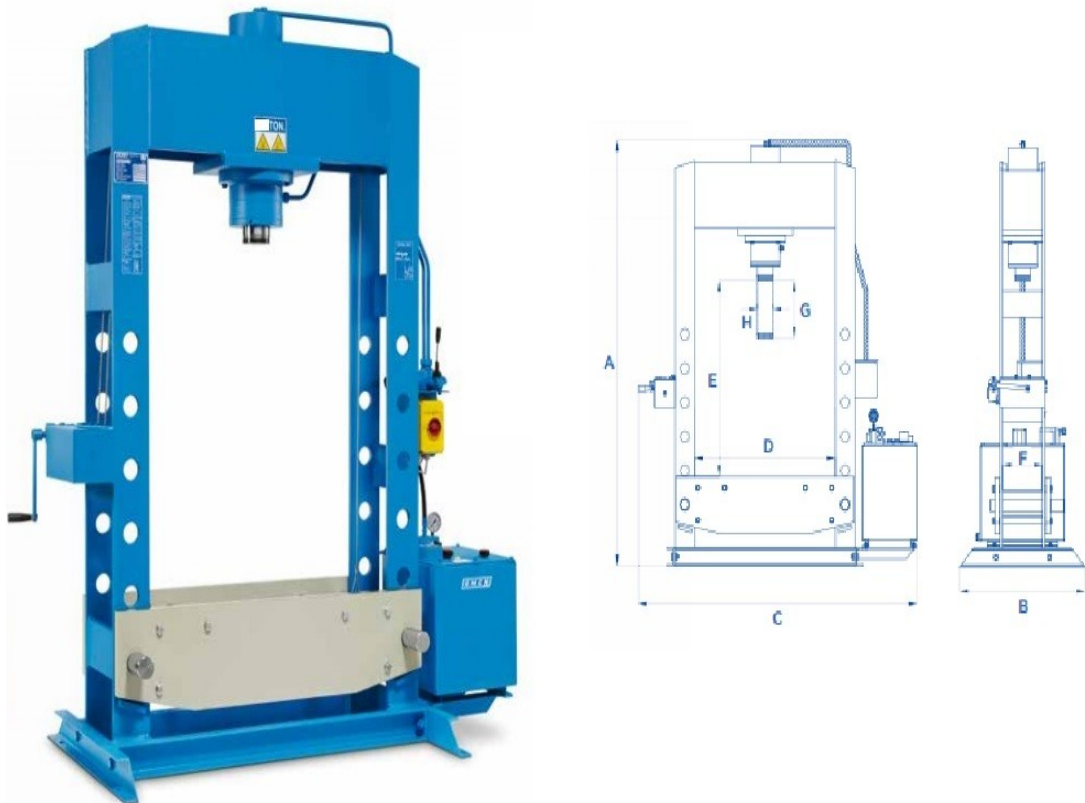
Sestavené těhlice, které neprošly kontrolou například na poslední stanici u provádění zkoušky rovinnosti a házivosti náboje nebo z jiného důvodu, jsou vyřazeny do SCRAP boxů převezeny následnému „SCRAPování“, což je demontáž zmetkového dílce na elementární díly. Na stanovišti demontáže jsou ze sestavy demontovány všechny ocelové díly. Samotnou hliníkovou těhlici je poté možno nechat převézt zpět na slévárnu a znovu přetavit na nový odlitek. Mimo jiných zmetkových součástí jsou zde demontovány i tři druhy řešených těhlic. Demontážní pracoviště je uzpůsobeno pro demontáže většiny zmetkových dílů vyrobených v této firmě. Jde zde převážně o zámečnickou demontážní práci, tudíž nástroje na tomto pracovišti jsou k tomuto uzpůsobeny.

##### 1.4.1 Hydraulický lis [10], [11]

Na pracovišti je jedním z hlavních strojů hydraulický lis. Jde o elektro-hydraulický lis významného italského výrobce lisů značky OMCN (Obr. 13). Přesněji jde o lis ze série P30/ML. Tento lis má hydraulický píst ze speciální oceli s vysokým obsahem chromu. Motorová řídicí jednotka má jednu rychlost. Lis se spouští do provozu pomocí 3 - stupňové páky (polohy dolů a nahoru pro pohyb pístu, poloha střední poloha pro zastavení pístu v dané poloze), což umožňuje využít druhou ruku pro manipulaci. Jednotka lisu obsahuje regulační ventil, kterým lze nastavovat napájení lisu v závislosti na vykonávané práci. Velikou univerzálnost lisu zaručuje výškově nastavitelný pracovní stůl lisu. Tento stůl se v pracovních polohách zajišťuje pomocí čepů, které jsou vsazeny do otvorů ve sloupech konstrukce lisu, vždy pod pracovní stůl. Lis typu P30/ML má navíc naviják, který je pomocí kladek a lan napojen na pracovní stůl.

Ten lze pomocí navijáku jednoduše po odebrání čepů ze sloupů libovolně bez větší námahy výškově nastavovat. Pracovní poloha jde tedy měnit s ohledem na typu a velikosti montovaného nebo demontovaného dílu. Tento typ lisu je opatřen axiálním pístovým čerpadlem, které zajišťuje stejnou rychlost posuvu pístu při vysouvání, při lisování a také při zpětném chodu, tedy zasouvání pístu. Hmotnost lisu je 320 kg. Elektromotor s výkonem  $P = 1500 \text{ W}$  dává možnost tomuto typu hydraulického lisu vyvinout tlakovou sílu dle katalogového listu 30 tun, tedy maximální síla lisování tohoto lisu je přesně  $F_{\text{max}} = 294\,300 \text{ N}$ . Maximální lisovací sílu je možno regulovat pomocí přepouštěcího ventilu. Tlak ve válci je možno sledovat dle manometru.

Píst hydraulického lisu má průměr  $d_p = 60 \text{ mm}$ . Dle katalogového listu je zdvih pístu  $h_p = 260 \text{ mm}$ , avšak z důvodu stáří a opotřebování pístu nelze píst zcela zasunout do válce. Z tohoto důvodu je nutno počítat se skutečným zdvihem pístu  $h_{\text{sp}} = 220 \text{ mm}$ . Tyto a další rozměry zapsané v tabulce parametrů, jsou pro konstrukci přípravku velice důležité, jelikož dle nich je možno určit výchozí rozměry následného přípravku.



Obr. 13 Lis P30/ML, (vpravo) schéma s rozměru [10]

Tabulka č. 1 – Technické a rozměrové parametry lisu P30/ML dle schématu Obr. 13[10], [11]

P30/ML		Hodnoty [jednotky]
Tlaková síla		30 [t]
Rozměry	A	2000 [mm]
	B	600 [mm]
	C	1600 [mm]
	D	695 [mm]
	E (max)	1000 [mm]
	E* (min)	210 [mm]
	F*	192 [mm]
	G*	220 [mm]
	H	60 [mm]
Hmotnost		320 [kg]
Rychlost posuvu pístu		300 [mm·min <sup>-1</sup> ]
Výkon elektromotoru		1500 [W]

\*Tyto hodnoty nejsou shodné s hodnotami v katalogovém listě lisu OMCN P30/ML. Jsou naměřeny přímo na daném lise, který je již částečně opotřebován, a proto tyto hodnoty spolu s katalogovými hodnotami nekorespondují.

#### 1.4.2 Stávající způsob demontáže

Stávající metoda demontáže zmetkových sestav těhlic probíhá dle daného postupu. Pokud tato sestava obsahuje všechny díly (náboj, ložisko, pojistný kroužek, ocelová vložka), je nutné je z něj všechny demontovat. Síla použitá při montáži ložiska je  $F_{lm} = 34\ 030\ \text{N}$ , tudíž je maximální síla demontážního lisu dostačující. Tento postup je však již nepraktický a některé kroky dané demontáže by mohly vést k možnému bezpečnostnímu riziku s ohledem na obsluhu lisu. Nynější demontáž probíhá dle následujících kroků.

**Usazení těhlice na lisu** - Ze SCRAP boxu dodaného z montážní linky na demontážní pracoviště se vyjme sestava těhlice, kterou kontrola označila jako neopravitelný zmetek. V první řadě je nutno demontovat náboj. To se provede tak že se celá sestava opře o dvě tyče U – profilu, které jsou opřeny o pracovní plochu lisu (Obr. 14). Těhlice je opřena ve dvou místech a to v místě kde se nachází otvory pro upnutí třmenu a v místě kde začíná výstup pro uchycení kulového čepu s tyčí řízení (otvor s ocelovou vložkou). Čelo náboje se šrouby směřuje směrem dolů. V těhlici je otvor pro náboj i ložisko dostatečně velký, aby jim prošel celý píst lisu, využívá se však trn, který je velikostí průměru shodný s průměrem náboje nebo menší a tímto se vytlisuje náboj. Tento trn se jen přidržuje na náboji.



Obr. 14 Ustavení těhlice na lisu

**Vylisování náboje** – Po spuštění lisu je náboj pomocí trnu vylisován. Lisování však probíhá bez odstranění pojistného kroužku, což má z části za následek destrukci ložiska v těhlici. Jelikož jde o kuličkové ložisko s kosoúhlým stykem a s děleným vnitřním kroužkem, je destrukce tohoto ložiska nevyhnutelná. Pojistný kroužek zajišťující ložisko jistí jen vnější kroužek. Náboj je vylisován s jednou polovinou vnitřního kroužku ložiska (Obr. 15). Zbylá jedna polovina vnitřního kroužku s polovinou valivých segmentů (kuliček) a vnější kroužkem ložiska se stále nachází v těhlici. Ložisko je v tomto případě již nepoužitelné. Náboj je taktéž nepoužitelný, obsahuje část ložiska.



**Obr. 15 Demontovaný náboj s polovinou vnitřního kroužku ložiska**

**Odstranění pojistného kroužku** - Po demontáži náboje z těhlice následuje demontáž ložiska. Před samotnou demontáží zbytků ložiska (vnější kroužek) je nutno demontovat pojistný kroužek (pokud nebyl demontován silou lisování při demontáži náboje), který zajišťuje zbylou část ložiska. Tento pojistný kroužek lze demontovat speciálními kleštěmi pro montáž a demontáž pojistných kroužků. Tyto kleště jsou normalizovaný nástroj pro daný rozměr a typ pojistného kroužku.

**Demontáž ložiska** - Následuje samotná demontáž vnějšího kroužku ložiska se zbylými segmenty a jednou polovinou vnitřního kroužku z těhlice. Těhlice se ustaví opět na dvě tyče U – profilu, přesně jako v kroku č. 1 (Obr. 14). Pro tuto operaci není nutno používat žádného trnu. Minimální průměr vnitřní části ložiska je 51 mm (Příloha 1). To znamená, že píst o průměru  $d_p = 60$  mm zachytí potřebnou část horní poloviny vnitřního kroužku ložiska. Jelikož jde o ložisko s kosoúhlým stykem, jsou valivé segmenty ve styku s vnějším kroužkem ložiska v axiálním směru. Lisováním horní poloviny vnitřního kroužku ložiska tlačíme na valivé segmenty, které se opírají o vnější kroužek a vytlačují celý zbytek ložiska ven z těhlice.

**Demontáž ocelové vložky** - Po demontáži ložiska je jediným zbývajícím komponentem v hliníkovém skeletu těhlice ocelová vložka pro uchycení kulového čepu. Tuto ocelovou vložku je nutno taktéž vylisovat. K tomu se využívá součástky připomínající čep o takovém průměru, aby bylo možno opřít tuto součást o ocelovou vložku. Těhlice (již bez ložiska a náboje) je částí s ocelovou vložkou usazena na ocelovou desku, které je připravena v pracovním prostoru lisu (Obr. 16). Tato deska je opatřena otvorem větším, než je průměr ocelové vložky. Vložka se ustaví nad otvor v desce, čep pro vylisování se opře o vložku a spustí se lis. Vylisovaná ocelová vložka propadne ocelovou deskou na zem. Po dobu posuvu pístu lisu k čepu pro vylisování vložky musí obsluha tento čep držet.



Obr. 16 Vylisování ocelové vložky



### 1.4.3 Problémy stávající demontáže

Stávající demontáž sestavy těhlice je v některých směrech nepraktická a neekonomická. Z hlediska ekonomičtosti jde zejména o to, pokud je těhlice označena jako SCRAP tedy zmetková, a obsahuje již všechny komponenty jako ložisko, náboj a vložku, podléhají všechny tyto komponenty destrukci při stávající demontáži. A to i v případě že zmetkovitost byla zjištěna na hliníkové části. Přičemž ložisko a náboj jsou v této sestavě jedny z dražších položek, jelikož hliníkový skelet těhlice jde znova přetavit.

S ohledem na praktičnost má stávající metoda také určité nedostatky. Jedním z nich je ustavení těhlice v pracovním prostoru lisu. Sestavu není možné pevně zašroubovat, a tedy zde vzniká možnost skluzu sestavy z opěrných prvků (U – profilů) a možné bezpečnostní riziko pro obsluhu lisu.

Bezpečnostní riziko zde může také představovat manipulace s demontážními trny během procesu demontáže. S těmito trny zde obsluha lisu volně manipuluje. Trny nejsou nikterak uchyceny k pístu lisu a nastává zde tedy možnost vzpříčení trnu během lisování a možné vylétnutí trnu z pracovního prostoru lisu, což představuje také bezpečnostní riziko pro obsluhu lisu.

## 2 Návrh konstrukčního a technologického řešení demontáže

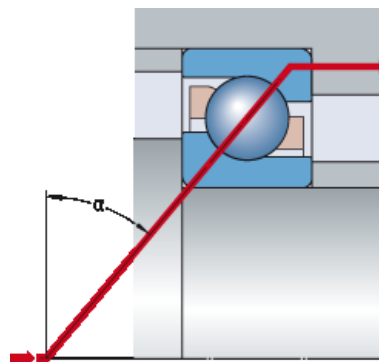
### 2.1 Řešení problémů stávající demontáže

Stávající demontáž má dle předchozího bodu nedostatky, které je možné v návrhu nové metody demontáže odstranit. Jde o tyto nedostatky:

- zabránění destrukci ložiska při demontáži
- zabránění poškození náboje při demontáži
- zvýšení bezpečnosti s ohledem na ustavení těhlice a demontovaných dílů
- zvýšení bezpečnosti s ohledem na vzpříčení trnů

#### 2.1.1 Řešení problému destrukce ložiska [12], [13]

V sestavě těhlice je ložisko jedna z cenově vyšších položek. Proto je z hlediska hospodárnosti důležité snažit se o zachování tohoto dílu po demontáži pro následnou montáž do nové sestavy. Jak bylo v předešlé kapitole určeno, jde o dvouřadé kuličkové ložisko s kosoúhlým stykem. Tato ložiska, jak bylo uvedeno, jsou zatěžována hlavně radiálně, avšak mohou být také zatěžována axiálním zatížením střídavého směru. Tato axiální únosnost u těchto ložisek vzrůstá s rostoucím úhlem styku  $\alpha$  (Obr. 17). Tento úhel svírá spojnicí stykového bodu kuličky a oběžných drah v radiální rovině, po níž je přenášeno zatížení z jedné oběžné dráhy na druhou s kolmicí k ose ložiska. Tato skutečnost naznačuje, že by bylo možno ložisko zatěžovat v axiálním směru v případě demontáže, tedy je možnost, že by bylo možno vylisovat ložisko z těhlice, aniž by se poškodilo, což je jeden z hlavních záměrů demontáže.



Obr. 17 Úhel styku kuličkového ložiska s kosoúhlým stykem [13]

Demontáž samotného ložiska však jde provést více metodami. Pro ložisko uložené v těhlici jsou nabízeny tyto možnosti.

**Vylisování ložiska** – Demontáž ložiska pomocí hydraulického lisu je jedním z nejosvědčenějších praktických způsobů demontáže ložisek a provádí se vždy, pokud to lze. Demontáž ložiska v otvoru probíhá na lise následujícím způsobem. Součást s ložiskem uvnitř je v pracovním prostoru lisu ustavena tak, aby se osy ložiska a pístu lisu shodovaly. Při samotném lisování ložiska z otvoru je nutné, aby se píst lisu opíral o vnitřní kroužek ložiska, v případě dvouřadého ložiska s kosoúhlým stykem. Pokud je to možné, měl by píst lisu tlačit jak na vnitřní kroužek, tak na vnější kroužek ložiska. Tímto způsobem lze snížit riziko poškození ložiska působením axiální síly na ložisko.



**Demontáž ložiska pomocí stahováku [14]** – Tento typ demontáže ložisek je možný, pokud není k dispozici lis nebo není metoda demontáže lisem účelná. Základní mechanický ložiskový stahovák se skládá ze tří částí, a to ze šroubu matice a táhel. Stahováky mohou být: dvoj, tři i čtyřramenné. Táhla se rozlišují dle podmínek demontáže. Základní rozdělení stahováku:



**Mechanické (Obr. 18)** – Jsou to nejjednodušší typy stahováku. Lze je používat jak pro ložiska uložena vnějším kroužkem s přesahem tak pro ložiska uložena vnitřním kroužkem s přesahem. Základem tohoto přípravku je šroub, matice a táhla.



Táhla se zapřou o vnější kroužek ložiska a šroub se opře o hřídel. Otáčením šroubu se matice stahováku opírá o ložisko a pomalu ho stahuje z hřídele. U stahováku pro ložiska uložena v díře je princip velice podobný.

**Obr. 18 Mechanické stahováky (shora) - Vnější stahovák, vnitřní stahovák, Vnitřní stahovák SKF [14], [15]**

Zde je šroub opatřen táhly a matice se opírá o součást, v níž je ložisko usazeno. Společnost SKF nabízí velice efektivní ruční stahovák ložisek z otvorů. Tento stahovák není tvořen šroubem ani maticí. Jde o tyč, na jejímž jednom konci se nachází kleština s táhly a na druhém konci je osazení s hybným segmentem. Kleština se zmáčkne a zasune se do otvoru ložiska, tak aby se táhla na jejím konci zachytily o vnitřní kroužek ložiska. Rázovým pohybem hybného segmentu směrem od ložiska se ložisko pomalu vysouvá z otvoru součásti, dokud se kompletně nevysune.

**Hydraulické** – Tento typ stahováků je konstrukčně velice podobný mechanickému stahováku. Jediný rozdíl je v metodě posuvu. Hydraulický stahovák neobsahuje šroub, ale hydraulickou pístnici s pumpou nebo s koncovkou a možností napojení na čerpadlo.

**Pneumatické** – Tento typ stahováku je jako předchozí dva druhy konstrukčně velice podobný. Jediný rozdíl je také v pohonu posuvu. Tento druh stahováku pohání pneumatický píst se vzduchovou pumpou nebo s koncovkou pro připojení ke kompresoru.

Tyto typy montážních přípravků jsou normalizované. Vyrábí se v různých velikostech pro daný typ ložiska, odstupňované dle průměru, které se upínají mezi táhla. Pro řešený případ sestavy těhlice je nutno uvažovat s tím, že ani jeden vnitřní kroužek není na začátku demontáže volný. Vnitřní kroužek je s přesahem uložen na náboji a vnější kroužek je taktéž s přesahem uložen v těhlici. Tudíž demontáž ložiska z těhlice pomocí vnitřního stahováku, bez předchozí demontáže náboje není možná. Náboj však, jak bylo v předchozím bodě uvedeno, není možné demontovat samostatně z ložiska uloženého v těhlici bez jisté destrukce ložiska. Jedinou možností demontáže ložiska z těhlice s co nejmenší možnou pravděpodobností destrukce ložiska je vylisování ložiska z těhlice pomocí hydraulického lisu.

Před samotnou demontáží ložiska ze skeletu těhlice je nutné demontovat pojistný kroužek, o který se opírá vnější kroužek ložiska v těhlici. Demontáž tohoto kroužku je možná pomocí kleští na vnitřní pojistné kroužky po drobné úpravě jejich hrotů.

Po této demontáži je nutné, aby následně bylo dané množství ložisek podrobeno zkouškám, zda skutečně nedošlo k deformaci ložiska. Tuto skutečnost by v nejlepším případě bylo možno konzultovat přímo s výrobcem ložisek.

### 2.1.2 Řešení problému poškození náboje při demontáži

Dle stávající metody demontáže je náboj vylisován z těhlice i ložiska ve stejné době, avšak jeden z dělených vnitřních kroužků se po demontáži náboje stále nachází na náboji (Obr. 15). Pokud by bylo možné demontovat ložisko z náboje bez toho, aby se plocha pro uložení ložiska na náboji poškodila, bylo by pak následně s velkou pravděpodobností (po následném přeměření rozměrů průměru pro ložisko) možné náboj opětovně využít pro montáž do další sestavy těhlice. Tento náboj lze dle dostupných možností demontovat těmito způsoby.

**Vylisování náboje z ložiska** – Vylisování náboje z ložiska je, taktéž jako o samotné demontáže ložiska z těhlice, jedna z obecně nejvyužívanějších metod. V tomto případě je nutné zkonstruovat přípravek pro upnutí náboje, který je shodný s jeho profilem, tak aby bylo možné náboj vylisovat. Ať už z ložiska nebo jen z jedné jeho vnitřní části, jelikož profil náboje neumožňuje podložení ložiska obyčejnou ocelovou vložkou (Příloha 2). Pro tento způsob demontáže by bylo nutno použít trnu pro vylisování náboje z ložiska, průměr pístu hydraulického lisu je větší než průměr části náboje demontované z ložiska ( $d_p > d$ ). Při této metodě demontáže je však nutno nejprve demontovat náboj s ložiskem (úplným nebo jen vnitřním kroužkem) z otvoru v těhlici. Všechny tyto úkony je možné provádět na stávajícím hydraulickém lisu P30/ML, jelikož síly lisování při montáži sestavy nepřesahují maximální možnou sílu lisu.

**Stáhnutí ložiska z náboje stahovákem** – Tato metoda je vlastně shodná s předchozí metodou, jde o stahování ložiska nebo vnitřního kroužku z náboje. Bylo by nutné použít stahovák pro stahování ložisek z hřídele. Tento stahovák by však bylo nutno upravit, jelikož není možné obyčejně opřít šroub o náboj, protože v náboji je otvor s drážkováním (v případě že by šlo o mechanický stahovák). Tato metoda je taktéž možná jen po předchozí demontáži náboje s ložiskem z otvoru těhlice. Použití vnitřního stahováku při demontáži náboje z celkové sestavy by mělo za následek jako u stávající metody, destrukci ložiska.

### 2.1.3 Řešení problému bezpečnosti s ohledem na ustavení těhlice a demontovaných dílů

Jedním z hlavních problémů stávající demontáže je sofistikovanější a také hlavně bezpečnější upnutí demontovaných dílů v pracovním prostoru lisu. V samotném prvním kroku demontáže je nutné sestavu těhlice upevnit v pracovním prostoru tak, aby nedošlo k případnému posunutí těhlice, či jejímu pádu. Z tohoto důvodu je nutná konstrukce přípravku, který bude upnut v pracovním prostoru hydraulického lisu. Tento přípravek musí obsahovat součásti pro ustavení těhlice při prvním kroku demontáže dílců. Tento přípravek musí být co nejjednodušší, aby byla zajištěna jednoduchá manipulace, avšak také musí splňovat kritéria pro ustavení dílce, tedy odebrání daného počtu stupňů volnosti a zajištění bezpečnosti obsluhy.

### 2.1.4 Řešení problému bezpečnosti s ohledem na vzpříčení trnů

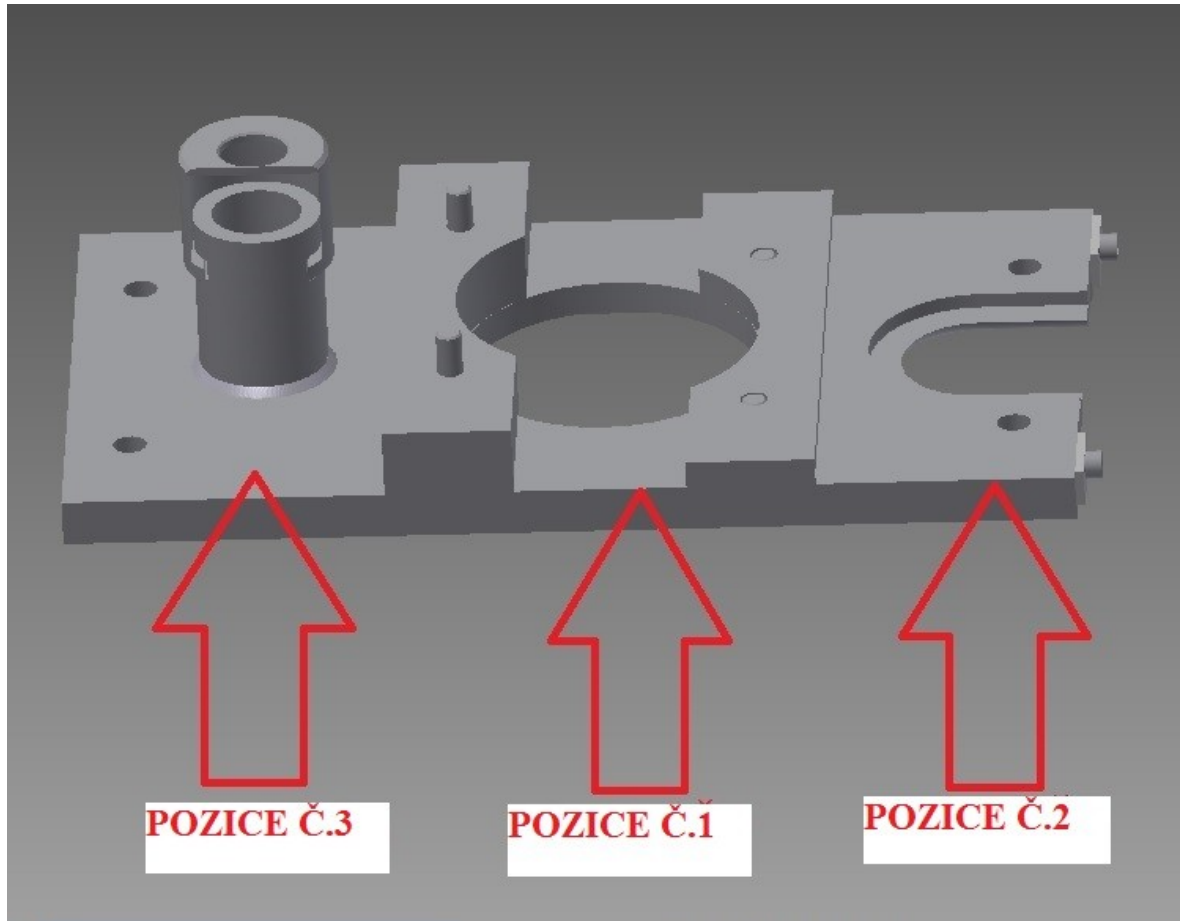
Dalším problémem stávající metody demontáže je zajištění bezpečnosti proti vzpříčení trnu při lisování. K demontáži náboje ze sestavy těhlice a demontáži ocelové vložky je zapotřebí trnu daného průměru. Těmito trny jsou válcové součásti o průměru jen o něco menším než průměr demontovaných dílů. Největším problémem je, že tyto trny neboli přípravky musí obsluha lisu přidržovat na demontované součásti až do posunu pístu lisu na její polohu (Obr. 20). Po opření pístu lisu o trn ho obsluha pouští a opět spouští lis, který přes trn vylisuje součást. Během těchto okamžiků hrozí riziko vystřelení trnu z pracovního prostoru lisu z důvodu například nesouosého uložení trnu pod pístem. Pro zvýšení bezpečnosti a maximální eliminaci tohoto rizika je nutné zamezit co možná nejvíce zásahu obsluhy do pracovního prostoru během chodu lisu. Z tohoto důvodu je nutné vytvořit pro lisování trny, které by bylo možné upnout na píst lisu a tím odbourat manipulaci s demontovanými kusy během posuvu pístu lisu.

## 2.2 Varianty způsobů demontáže

Každá z následujících variant je navržena tak, aby řešila celkovou problematiku stávající demontáže. Tedy jak problémy s destrukcí demontovaných dílů, tak problémy s bezpečností jako stabilní upevnění demontovaných dílů a eliminaci vniku obsluhy do pracovního prostoru lisu během jeho chodu. Každá z variant je vypracována pro zmetkový kus těhlice, který obsahuje všechny díly, tudíž je zde navrhnout postup operací demontáže celkové sestavy až po samotné díly. Následně bude dle kritérií vybrána varianta, které bude podložena výpočty, technickou dokumentací a technologickým postupem výroby.

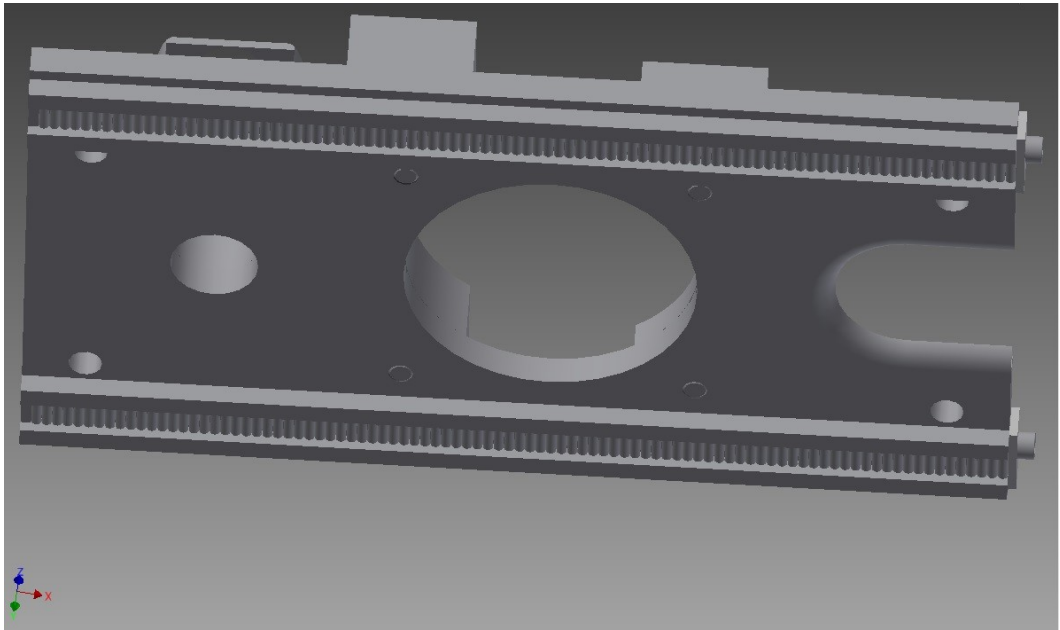
### 2.2.1 Varianta demontáže pomocí hydraulického lisu

Pro demontáž sestavy je vyroben přípravek pro ustavení celé sestavy a následné demontáže krok po kroku bez nutnosti pohybu obsluhy v pracovním prostoru lisu, během styku pístu s demontovaným dílem. Tento přípravek je rozdělen na 3 pozice podle postupu demontáže (Obr. 19).



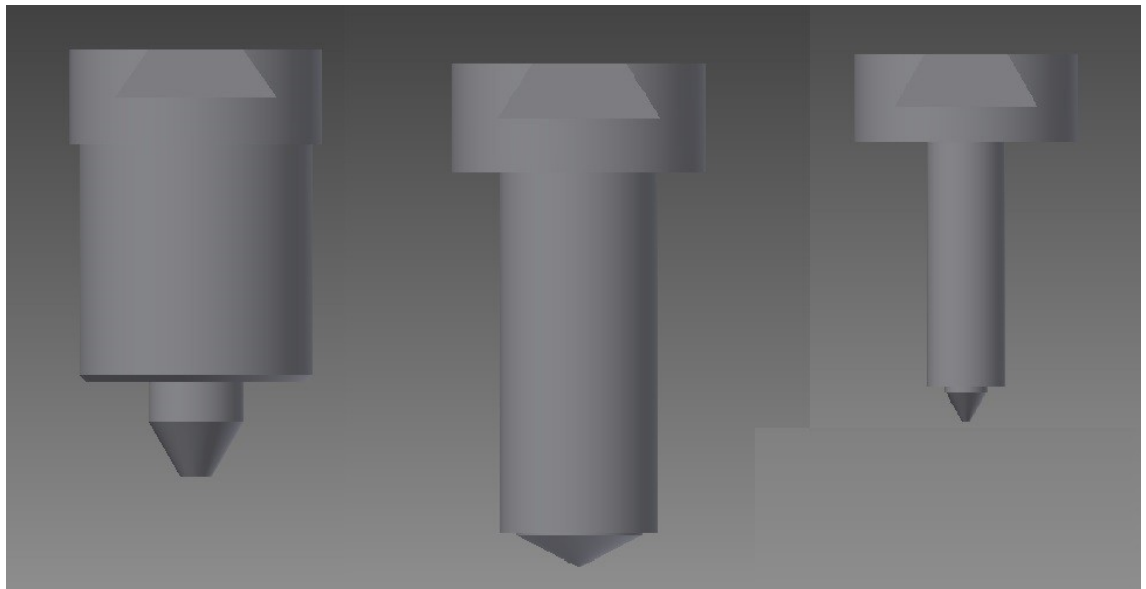
Obr. 19 Rozdělení demontážního přípravku na pozice

Na každé pozici je demontován jeden z ocelových komponentů, pro které jsou tyto pozice přesně upraveny. Demontáž na tomto přípravku je prováděna pomocí hydraulického lisu P30/ML, který je používán při současné metodě. Přípravek je na hydraulickém lise umístěn v pracovním prostoru na příčných nosnících pomocí vodicích drážek s pohyblivými válcovými segmenty o průměru  $d_s = 5$  mm (Obr. 20), které zajišťují posuv přípravku po nosnících lisu.



Obr. 20 Vodící drážky s válcovými segmenty na spodní části přípravku pro posuv po nosících lisu

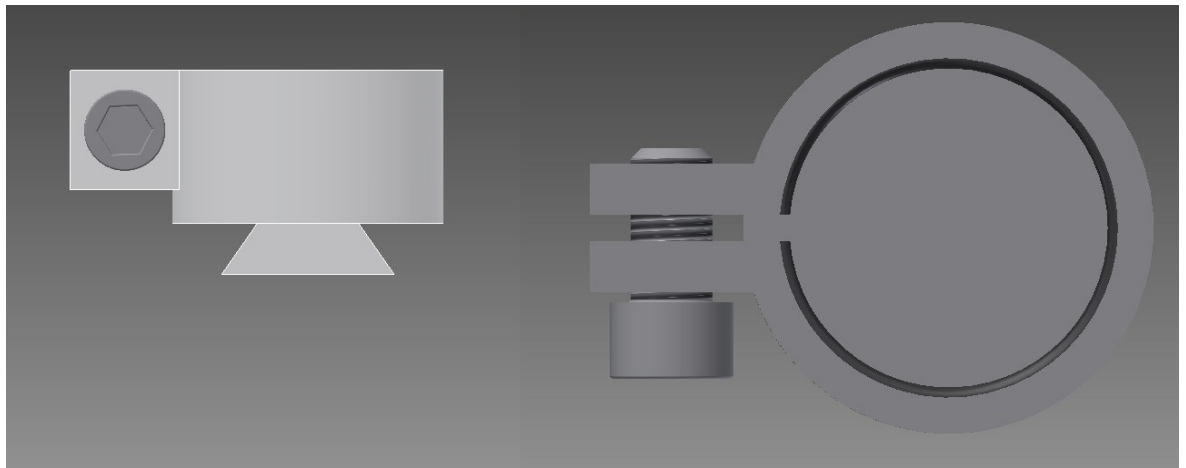
Přípravek je z hlediska bezpečnosti konstruován tak, aby byla demontovaná součást ustavena a demontována bez toho, aby bylo nutno součást přidržovat obsluhou. Z hlediska problému možnosti vzpříčení trnu jsou pro tuto variantu demontáže konstruovány 3 trny, které slouží k vylisování jednotlivých komponentů. Každý z trnů má daný průměr pro danou operaci demontáže. Dále mají trny na čelech kužely, které slouží pro přesné navedení trnu nad demontovanou součást (Obr. 21).



Obr. 21 Trny pro demontáž těhlice (Zleva - trn č. 1, trn č. 2, trn č. 3)

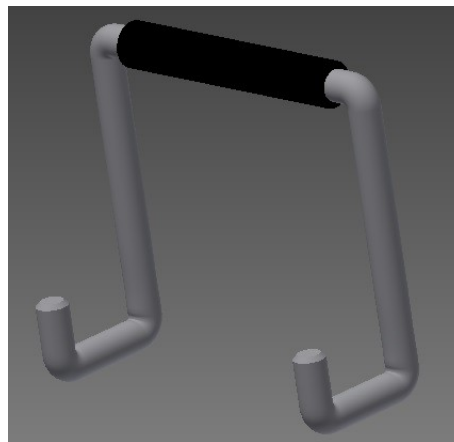


Pro upnutí trnů k hydraulickému pístu je zkonstruována součást, která slouží jako mezikus mezi pístem a trnem. Jde o upínací součást, která je tvořena pryžovou páskou v místě uložení hydraulického pístu (Obr. 22). Upnutí hydraulického pístu je dosaženo šroubem s válcovou hlavou s vnitřním šestihranem ISO 4762 M16, pomocí kterého upínací část utáhne. Upnutí trnu na tuto upínací část je provedeno pomocí rybinové drážky s úhlem  $\beta = 55^\circ$ , kterou je každý trn opatřen. Pomocí této rybinové drážky a upínací části na pístu lisu je při každé operaci upnut příslušný trn na píst a není nutné, aby její obsluha nebezpečně držela v pracovním prostoru lisu.



**Obr. 22** Upínací část trnu (zleva - pohled na rybinovou drážku, pohled na prostor pro píst s pryžovými pasy)

Konstrukce přípravku je navržena tak, aby z hlediska bezpečnosti nebylo nutné zasahovat do pracovního prostoru lisu v době jeho chodu. Pro manipulaci s přípravkem lze použít demontovatelná madla (Obr 23), které lze upevnit v otvorech vrtaných pro tento účel po stranách přípravku, jak je možné vidět na obrázku číslo 19.



**Obr. 23** Madlo pro manipulaci s přípravkem

### Demontáž pojistného kroužku -

V prvním kroku demontáže sestavy je nutné vyjmout pojistný kroužek, který zajišťuje vnější kroužek ložiska proti možnému posunu. Tento pojistný kroužek se při montáži lisuje vždy ve stejné pozici, tudíž není nutno otvory v pojistném kroužku hledat. Pro odstranění tohoto komponentu je nutné použít kleště pro demontáž pojistného kroužku se zahnutými hroty (Obr 24). Zahnutá část těchto kleští musí být s hroty upravena na maximální délku  $l_k = 15 \text{ mm}$  z důvodu přístupu k pojistnému kroužku.



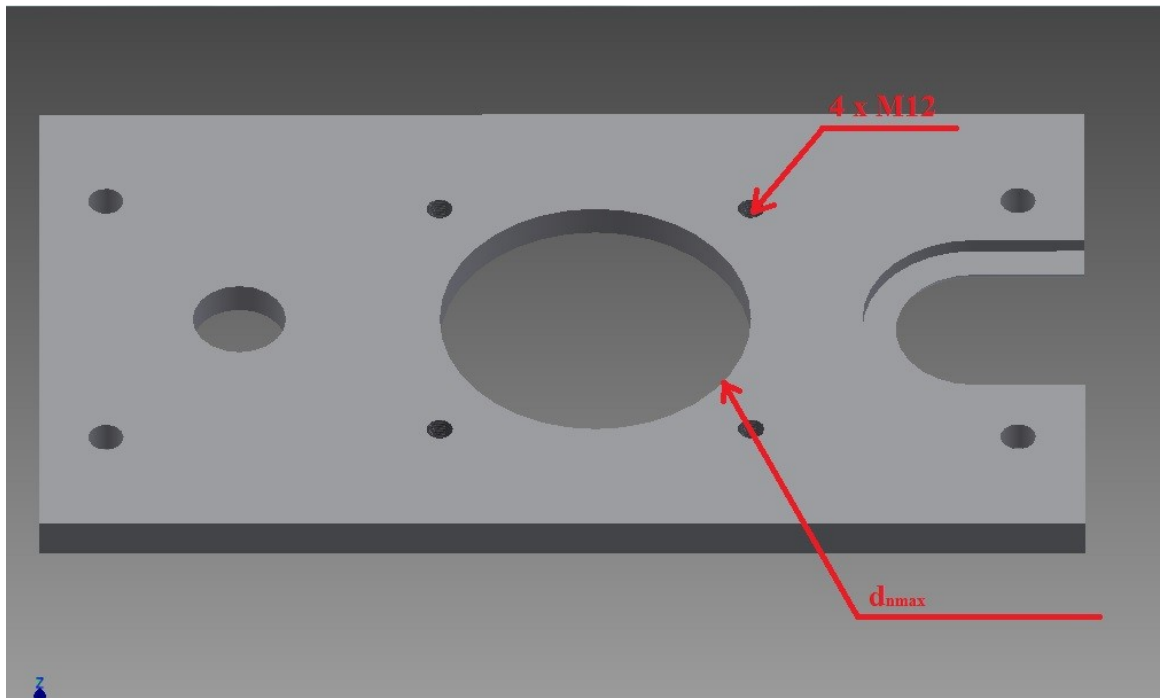
Obr. 24 Kleště pro demontáž pojistného kroužku [16]

Pro vložení kleští k otvorům v pojistném kroužku je nutné pootočení náboje do polohy, kdy je možné strčit kleště pro pojistný kroužek hroty do otvorů v pojistném kroužku. Toto lze jen tehdy, pokud se otvory pojistného kroužku nacházejí mezi hlavami šroubů náboje (Obr. 25). Následně je možné pojistný kroužek demontovat.



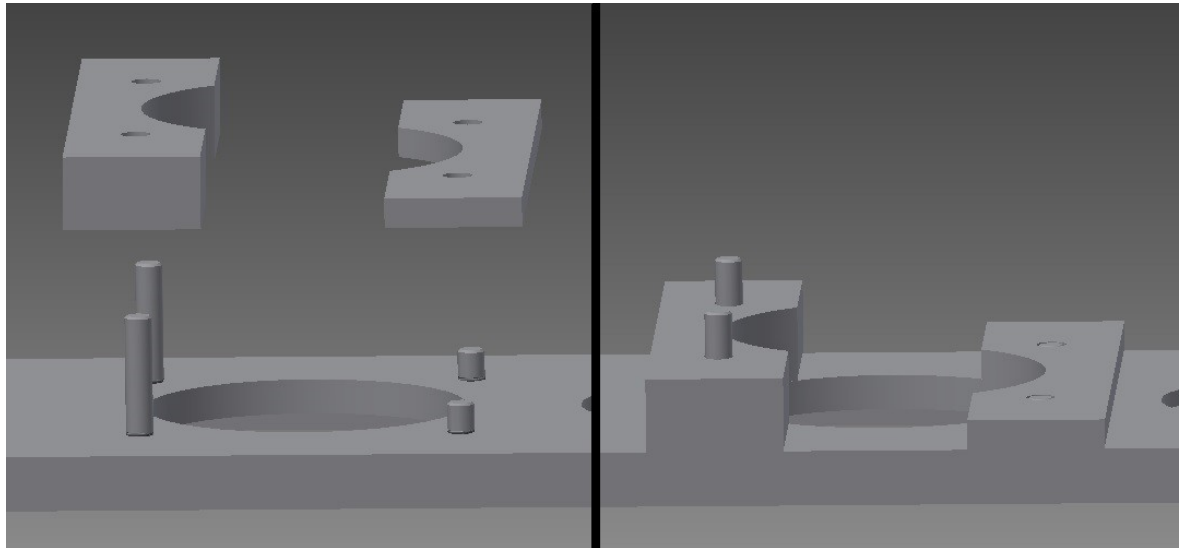
Obr. 25 Místo pro vložení kleští pro demontáž pojistného kroužku

**Demontáž náboje s ložiskem** – Pro demontáž náboje z ložiska slouží na konstruovaném přípravku pozice číslo 1. Na této pozici v základové desce přípravku je vyvrtaný otvor o průměru  $d_{pmax} = 140$  mm, tedy větším než je největší průměr  $d_{nmax} = 136,25$  mm (Příloha 2) Tímto otvorem propadává vylisované ložisko s nábojem, z tohoto důvodu je tento otvor vrtán s ohledem na největší průměr těchto dvou součástí. Kolem tohoto otvoru jsou navrtány 4 otvory se závitem M12 pro středící čepy (Obr. 26).



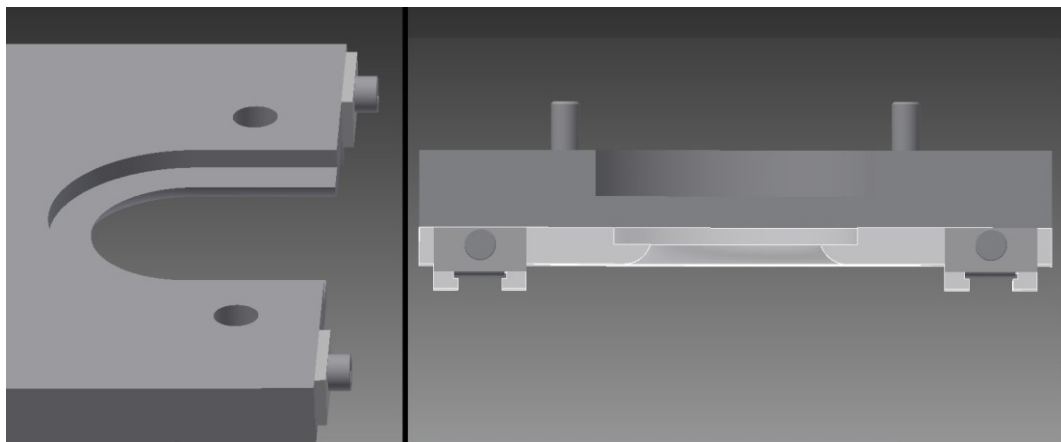
Obr. 26 Otvory pro středící čepy a otvor pro prolisování náboje

Tyto středící čepy slouží pro ustavení dílců pro podložení těhlice. Dva z těchto čepů jsou delší a slouží navíc jako ustavovací elementy těhlice. Čepy jsou opatřeny závitem M12 na délce 15 mm, aby po zašroubování nevyčníval čep ze spodní části základní desky přípravku. Podložky, které se nasazují na čepy, slouží pro ustavení těhlice tak, aby osa náboje s ložiskem byla totožná s osou trnu, který je bude demontovat (Obr 27). Každá z podložek je tedy jiná a je výškově uzpůsobena těhlici. Po ustavení těhlice na podložkách a zasunutí ustavovacích čepů do příslušných otvorů, je možné přistoupit k demontáži lisem. Těhlice je díky těmto prvků bezpečně ustavena v přípravku a je vyloučen jakákoli pád či posunutí těhlice. Jediné možné posunutí těhlice je s celým přípravkem ve směru kolmém na osu pístu. Tomuto vyosení se předchází dříve zmíněnými kužely na demontážních trnech, které dokážou odstranit nežádoucí vyosení v rádech milimetrů.



Obr. 27 Pozice 1 - podložky s ustavovacími čepy

**Demontáž náboje z ložiska** – Po demontáži ložiska s nábojem ze skeletu těhlice je nutné oddělit náboj od ložiska. Tato operace se opět provádí vylisováním náboje upevněného v demontážním přípravku na pozici číslo 2 z ložiska pomocí hydraulického lisu. Pozice číslo 2 je na demontážním přípravku uzpůsobena pro demontáž náboje a to hlavně tvarem. Tuto pozici tvoří vyfrézovaná drážka se zaoblením shodným s tvarem náboje. Toto zaoblení navazuje na část náboje, o které se opírá nalisované ložisko (Obr. 28). Při demontáži se do této drážky vkládá sestava náboj – ložisko tak, že se ložisko opírá o přípravek a trn tlačí náboj směrem dolů ven z ložiska. V tomto případě je nutné přípravek navrhnout tak, aby nedošlo k velkému průhybu, či snad k poškození přípravku během demontáže, jelikož síla montáže náboje do ložiska může dosáhnout až 35 000N .



Obr. 28 Pozice č. 2 - Drážka se zaoblením pro demontáž náboje z ložiska

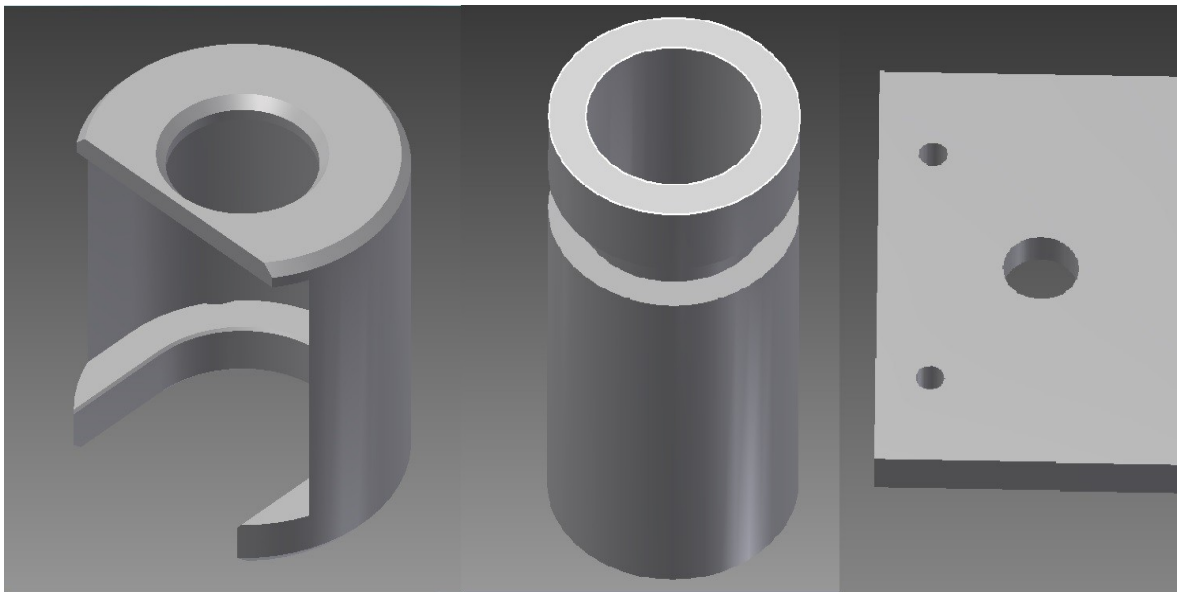
**Demontáž ocelové vložky** – Po demontáži náboje z ložiska zbývá demontovat jen jedinou část, a to ocelovou vložku z hliníkového skeletu těhlice. K tomu slouží na přípravku pozice číslo 3. Na této pozici je v základní desce vrtaný otvor o průměru  $d_{př3}$  větším, než je maximální průměr ocelové vložky  $d_{vmax}$ .

$$d_{př3} = d_{vmax} + 3$$

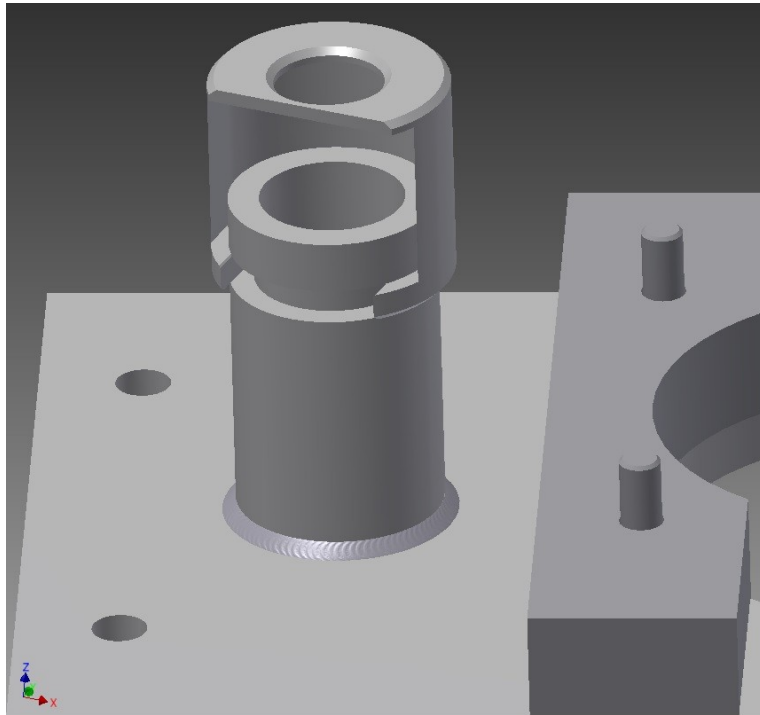
$$d_{př3} = 39 + 3$$

$$d_{př3} = 42 \text{ mm}$$

K tomuto otvoru je svařena ocelová trubka s rozměrem vnitřního průměru shodným s otvorem v základové desce tedy  $d_{př3} = 42 \text{ mm}$ . Trubka je k základové desce svařena polovičním V - svarem po celém vnějším průměru trubky. Na trubce je vytvořena drážka pro upnutí zajišťovacího segmentu. Tento zajišťovací segment slouží pro zajištění těhlice proti překlopení, či jinému vysunutí čela trubky (Obr. 29). Těhlice se vloží na trubku ramenem s ocelovou vložkou tak, aby byl největší průměr ocelové vložky  $d_{vmax}$ , zasunut v horním otvoru trubky a osa vložky byla totožná s osou trubky. Následně se rameno těhlice zajistí zajišťovacím segmentem. Zajišťovací segment je válcového tvaru s osazením pro nasunutí do drážky v trubce. Horní část segmentu tvoří otvor o rozměru shodném s průměrem  $d_{př3}$ . Přes tento otvor prochází během demontáže trn číslo 3 a demontuje ocelovou vložku (Obr. 30).



**Obr. 29** Zleva - zajišťovací segment, ocelová trubka s drážkou, pozice č. 3 na základové desce s vrtaným otvorem pro vylisování vložky

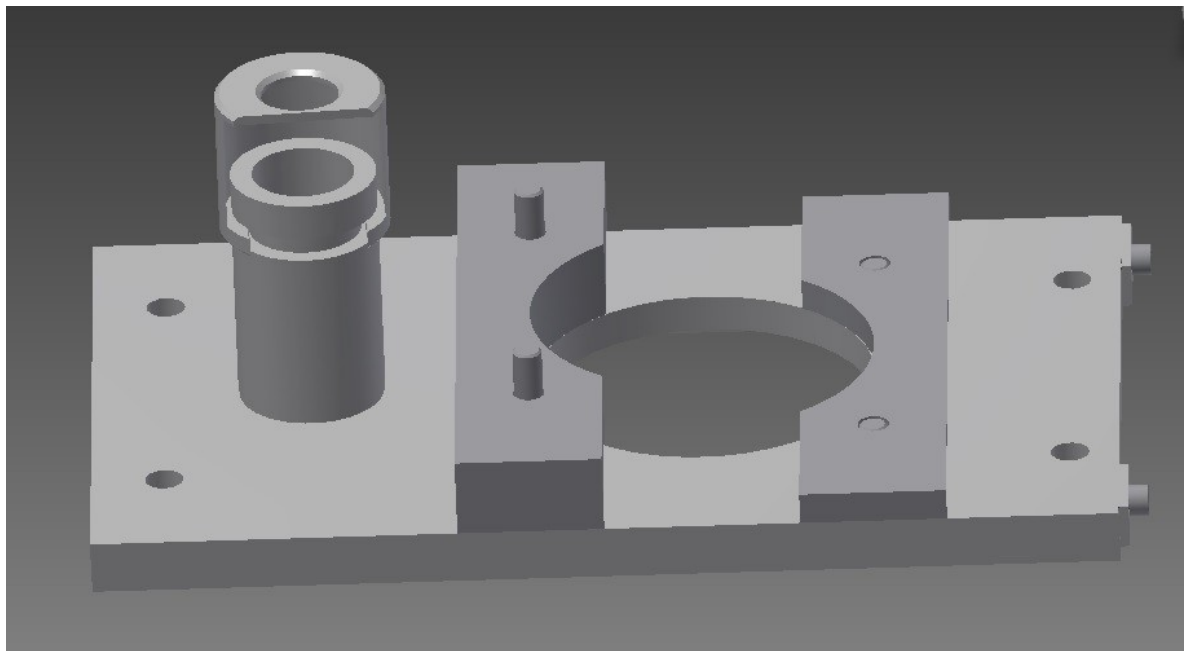


Obr. 30 Sestava přípravku 3. pozice

Na této poslední pozici je demontována poslední součást, tedy ocelová vložka. Po tomto kroku je možné zbylý hliníkový skelet těhlice znova přetavit. Náboj ložiska je nutné podrobit zkouškám například kontrola rozměrů, kontrola házivosti, a také je nutné zkontrolovat plochu, na níž bylo ložisko. Pokud jsou všechny tyto prvky náboje v pořádku, nemělo by nic bránit znovuzavedení tohoto náboje do výroby. Demontované ložisko je nutné taktéž podrobit mnoha testům a je nutné konzultovat možnost jeho znovu zavedení do výroby se samotným výrobcem. Navrhovaná varianta demontáže řeší všechny problémy stávající demontáže, a to hlavně bezpečnostní, jelikož není nutné zásah obsluhy do pracovního prostoru lisu během jeho chodu. Je nutné však 2. pozici přípravku při konstruování podrobit zkušební analýze z důvodu průhybu této části během lisování.

### 2.2.2 Varianta demontáže kombinací hydraulického lisu a stahováku

Varianta číslo 2 je obdobná jako u varianty číslo 1. Pro tuto variantu demontáže je taktéž zkonstruován přípravek téměř totožný s předchozím přípravkem. V tomto přípravku však chybí část s pozicí číslo 2, z hlediska možnosti průhybu přípravku v důsledku použití velké montážní síly ložiska na náboj (Obr. 31). Krok na této pozici je nahrazen jinou metodou. Pro kroky demontáže na hydraulickém lisu je použito totožných trnů a způsobu upnutí těchto trnů jako u varianty 1.



Obr. 31 Přípravek pro demontáž na hydraulickém lise - Varianta 2

Způsob pohybu přípravku v pracovním prostoru lisu, tedy pohybu po příčných nosnících lisu je také totožný. Pohyb je usnadňován pomocí válcových segmentů v dolní části přípravku. Tyto segmenty jsou uloženy ve vodicích drážkách. Manipulace s přípravkem je taktéž zajištěna pomocí demontovatelných madel (Obr. 23).

**Demontáž pojistného kroužku** – První krok 2. varianty demontáže je shodný s 1. variantou. Jde o demontáž pojistného kroužku z drážky v těhlici, který zajišťuje ložisko proti posunutí. Kroužek je opět demontován pomocí upravených zahnutých kleští pro pojistné kroužky. V tomto případě je taktéž nutné vytočení náboje pro vytvoření prostoru pro tyto kleště jako na obrázku 25.

**Demontáž náboje s ložiskem** – Tento krok je taktéž shodný s variantou jedna. Jde o ustavení těhlice v přípravku na pozici jedna přesně jako na obrázku číslo 27. Ložisko s nábojem rovněž demontováno hydraulickým lisem, na kterém je upnut trn číslo 1. Tento bod demontáže je shodný, jak z důvodu bezpečnosti, tak z důvodu zachování integrity náboje a ložiska. Z bezpečnostního hlediska je sestava uložena v přípravku a je zajištěna proti možnému posunutí či pádu. Z hlediska integrity je náboj s ložiskem demontován lisem. Není možné použít jakéhokoliv stahovacího mechanismu pro demontáž náboje s ložiskem z těhlice z důvodu možného poškození vnitřního drážkování náboje, či

destrukce ložiska pokud by byl náboj vytahován samotný (viz. stávající varianta demontáže).

**Demontáž ložiska z náboje [17]** – Tento krok je od předchozí varianty odlišný. Demontáž ložiska z náboje je prováděna pomocí hydraulického stahováku ložisek TMHP 10E od firmy SKF . Jde o tříramenný stahovák poháněný ruční hydraulickou pumpou (Obr. 32). Celá sada obsahuje 3 sady ramen pro různé průměry stahovaných ložisek.




Obr. 32 Čelistový hydraulický stahovák ložisek [17]

Demontáž je prováděna následovně.

- náboj s ložiskem je položen na pracovní stůl, šrouby náboje jsou směrem dolů tak, aby bylo možné vytahovat ložisko směrem nahoru.
- čelisti ramen stahováku jsou nasazeny na ložisko.
- na čelo náboje je položena podložka kruhového tvaru o tloušťce  $t_{po} = 5$  mm a průměru  $d_{po} = 46$  mm pro zaslepení otvoru v náboji. O tuto podložku se následně opře hydraulické vřeteno.
- pumpováním se ložisko posouvá z náboje směrem nahoru a tím z náboje.



Pro tuto demontáž je nutné použít sadu ramen číslo 1 z důvodu maximálního průměru ložiska  $d_{lmax} = 96$  mm (Obr. 32). Tato sada má také větší rozměr čelistí, díky kterým je možné chytit i vnitřní kroužek ložiska, který lícuje s koncem zaoblení náboje (Příloha č. 2). Maximální možná síla stahování tohoto hydraulického stahováku je 100 000 N, což je nad míru dostačující, jelikož maximální možná montážní síla náboje do ložiska je 35 000 N.

<b>Sada ramen 1 (3 x TMHP 10E-10)</b>		
Efektivní délka ramen	120 mm	
Šířka uchycení	75-170 mm	
Rozměry úchytu čelisti	a = 6 mm	
	b = 15 mm	
	c = 25 mm	

Obr. 33 Schéma ramen stahováku číslo 1 [17]

**Demontáž ocelové vložky** – Demontáž ocelové vložky z těhlice je opět shodná s variantou 1. Jde o shodnou část přípravku. Na ocelovou trubku s drážkou pro zajišťovací segment je položena část těhlice s ocelovou vložkou. Vložka je položena na trubku tak, že největší průměr ocelové vložky  $d_{vmax}$  je vložen v otvoru trubky. Tato část těhlice je zajištěna zajišťovacím segmentem, přes který je pomocí trnu vylisována ocelová vložka, která následně propadá trubkou dolů na podlahu dílny (Obr. 30).

Po demontáži ocelové vložky je možné hliníkový skelet těhlice bez ocelových dílů roztavit a následně vytvořit nový odlitek. Po této variantě demontáže je taktéž nutné podrobit všechny demontované části zkouškám z důvodu jejich možného návratu do procesu výroby. Tato varianta způsobu demontáže taktéž řeší otázky bezpečnosti z hlediska pohybu v pracovním prostoru lisu během jeho chodu. Otázka zajištění bezpečnosti z důvodu možného vzpříčení demontážního trnu je zde, jako u předchozí varianty, řešena pomocí upínání trnů na píst lisu. Tato varianta na rozdíl od předchozí eliminuje možné riziko průhybu přípravku v místě demontáže ložiska z náboje. Tato demontáž je řešena pomocí čelistového hydraulického stahováku mimo hydraulický lis.

### 2.3 Výběr varianty demontáže

Obě z variant byly navrhovány tak, aby eliminovaly nedostatky stávající varianty demontáže těhlice.

#### Varianta 1

- Lze demontovat ložisko z těhlice a náboje bez destrukce pomocí přípravku, hydraulického lisu a lisovacích trnů.
- Lze demontovat náboj z ložiska bez toho, aby jakýkoli člen sestavy zůstal na náboji. Návratnost náboje znovu do výroby je nutné odzkoušet na více dílech.
- Zvýšení bezpečnosti z pohledu ustavení těhlice je dosaženo přípravkem a ustavovacím prvky na každé pozici demontáže. Díky nim není nutný pohyb obsluhy v pracovním prostoru lisu během jeho chodu.
- Zvýšení bezpečnosti z pohledu vzpříčení trnů je vyřešeno upínacím mechanismem pro lisovací trny, jenž je upnut na hydraulickém lisu.
- Celková demontáž je prováděna na pracovišti hydraulického lisu na jediném přípravku, který zahrnuje demontáž všech komponent.
- Model přípravku byl v kritickém místě podroben počítačové analýze pevnosti na maximální možnou sílu, která byla použita při montáži. U přípravku nedošlo k žádné plastické deformaci nebo velkému průhybu (viz. následující kapitola).

#### Varianta 2

- Lze demontovat ložisko z těhlice a náboje bez destrukce pomocí přípravku, hydraulického lisu, lisovacích trnů a čelistového hydraulického stahováku.
- Lze demontovat náboj z ložiska pomocí čelistového hydraulického stahováku bez toho, aby jakýkoli člen sestavy zůstal na náboji. Návratnost náboje znovu do výroby je nutné odzkoušet na více dílech.
- Zvýšení bezpečnosti je z pohledu ustavení těhlice totožné s variantou číslo 1, jelikož v prostoru lisu je těhlice a její díly upnuty stejně jako u varianty 1 a během stahování ložiska z náboje je těhlice položena na pracovním stole.

- Zvýšení bezpečnosti z pohledu vzpříčení trnů je řešeno jako u varianty 1 upínacím mechanismem pro lisovací trny, jenž je upnut na hydraulickém pístu lisu.
- Tato varianta nemusí řešit kontrolu kritického místa s maximální zatěžující silou. Tento krok a kritická část přípravku byl nahrazen čelistovým hydraulickým stahovákem.

Tabulka č. 2 – Vyhodnocení výhodnější varianty přípravku z předchozích informací (1 – Splněno, 0 – Nesplněno)

Kritéria	Varianta 1 (Hydraulický lis)	Varianta 2 (Hydraulický lis + Hydraulický stahovák)
Zabránění destrukci ložiska při demontáži	1	1
Zabránění poškození náboje při demontáži	1	1
Zvýšení bezpečnosti (ustavení těhlice)	1	1
Zvýšení bezpečnosti (vzpříčení trnů)	1	1
Rychlost demontáže	1	0
Ekonomické hledisko	1	0*
Výsledek	6	4

\*K nákladům na výrobu přípravku je nutné započítat i náklady samotného čelistového hydraulického stahováku, jehož cena se pohybuje okolo 19 tisíc Kč [18]. Přípravek sice bude o třetinu menší, náklady na tuto třetinu však nepřesáhnou zmiňovanou částku.

Dle tabulky je patrné, že výhodnější variantou je z hlediska rychlosti demontáže a ekonomické stránky varianta číslo 1.

### 3 Technologické aspekty variant a zpracování výkresové dokumentace přípravku.

Dle předchozí kapitoly byla vybrána jako vyhovující varianta číslo 1. Jde tedy o demontáž těhlice pomocí hydraulického lisu, který se používá ve stávající variantě. Pro tento lis je navrhnout přípravek, který obsahuje 3 pozice. Na každé z těchto pozic je demontována jedna část těhlice. Na první pozici přípravku se demontuje náboj s ložiskem z těhlice. Těhlice a podložky na nichž je těhlice položena jsou zajištěny ustavovacími čepy. Minimální délku těchto čepů je nutné vypočítat. Dále je nutné zkontrolovat pozici číslo 2, jelikož na tuto část přípravku působí největší síla z důvodu demontáže ložiska z náboje (největší síla použitá při montáži). Dle této kontroly lze navrhnout materiál a případné povrchové úpravy tohoto materiálu.

#### 3.1 Výpočet minimální výšky ustavovacího čepu pro ustavení těhlice [19]

Pro výpočet výšky ustavovacího čepu budeme vycházet z této rovnice.

$$\sin^2 \alpha + \cos^2 \alpha = 1 \Rightarrow \frac{h_{\check{c}}^2}{\left(l_{r1} + a + \frac{d_2}{2}\right)^2} + \frac{\left(\frac{d_1}{2} + a + \frac{d_2}{2}\right)^2}{\left(\frac{d_1}{2} + a + \frac{d_2}{2}\right)^2} = 1 \quad (3.1)$$

$v_{\check{c}1}, v_{\check{c}2}$ - vůle mezi otvorem a čepem (mm)

$$v_{\check{c}1} = v_{\check{c}2} = 0,4 \text{ mm}$$

$l_{r1}, l_{r2}$ - tloušťka od osy otvoru ke kraji materiálu (mm)

$$l_{r1} = l_{r2} = 26,2 \text{ mm}$$

$a$  - Rozteč mezi osami čepů (mm)

$$a = 140 \text{ mm}$$

$d_1, d_2$  – Průměry ustavovacích otvorů

$$d_1 = d_2 = 12,4 \text{ mm}$$

Po úpravě této rovnice získáme rovnici pro výpočet výšky druhého ustavujícího čepu.

$$h_{\check{c}2} = \frac{a+l_{r2}+0.5 \cdot d_2}{a+0.5 \cdot (d_1+d_2)} \cdot \{(v_{\check{c}1} + v_{\check{c}2}) \cdot [a + 0.5 \cdot (d_1 + d_2)]\}^{1/2} \quad (3.2)$$

$$h_{\check{c}2} = \frac{140+26,2+0.5 \cdot 12,4}{140+0.5 \cdot (12,4+12,4)} \cdot \{(0,4 + 0,4) \cdot [140 + 0.5 \cdot (12,4 + 12,4)]\}^{1/2}$$

$$h_{\check{c}2} = 12,49 \text{ mm} \Rightarrow \text{Zaokrouhleno na rozměr } h_{\check{c}2} = 15 \text{ mm}$$

Výšku prvního ustavujícího čepu získáme z následující zjednodušené rovnice.

$$h_{\check{c}1} = \frac{l_{r1}+0.5 \cdot d_1}{d_1} \cdot (2 \cdot d_1 \cdot v_{\check{c}1})^{1/2} \quad (3.3)$$

$$h_{\check{c}1} = \frac{26,2+0.5 \cdot 12,4}{12,4} \cdot (2 \cdot 12,4 \cdot 0,4)^{1/2}$$

$$h_{\check{c}1} = 8,23 \text{ mm} \Rightarrow \text{Zaokrouhleno na rozměr } h_{\check{c}2} = 15 \text{ mm}$$

Tento rozměr je jen součástí celkové délky čepu  $l_t$ . Celková délka čepu se skládá nejen s minimální výšky  $h_{\check{c}1}/h_{\check{c}2}$ , ale také z délky čepu v jedné ze dvou podložek těhlice  $l_{p1}$  a délky čepu šroubované v základové desce přípravku  $l_z$ .

$$l_{p1} = 32,2 \text{ mm}$$

$$l_z = 15 \text{ mm}$$

$$l_t = h_{\check{c}} + l_{p1} + l_z \quad (3.4)$$

$$l_t = 15 + 32,2 + 15$$

$$l_t = 62,2 \text{ mm}$$

Celková délka ustavovacího čepu je 62,2 mm.

3.2 Výpočet minimální výšky ustavovacího čepu pro ustavení podložky těhlice [19]

Pro výpočet výšky ustavovacího čepu z předchozích rovnic.

$$v_{\check{c}1} = v_{\check{c}2} = 0,2 \text{ mm}$$

$$l_{r1} = l_{r2} = 60 \text{ mm}$$

$$a = 140 \text{ mm}$$

$$d_1 = d_2 = 12,2 \text{ mm}$$

Druhý ustavující čep

$$h_{\check{c}2} = \frac{a+l_{r2}+0.5 \cdot d_2}{a+0.5 \cdot (d_1+d_2)} \cdot \{(v_{\check{c}1} + v_{\check{c}2}) \cdot [a + 0.5 \cdot (d_1 + d_2)]\}^{1/2}$$

$$h_{\check{c}2} = \frac{140+60+0.5 \cdot 12,2}{140+0.5 \cdot (12,2+12,2)} \cdot \{(0,2 + 0,2) \cdot [140 + 0.5 \cdot (12,2 + 12,2)]\}^{1/2}$$

$$h_{\check{c}2} = 10,57 \text{ mm} \Rightarrow \text{Zaokrouhleno na rozměr } h_{\check{c}2} = 13 \text{ mm}$$

První ustavující čep

$$h_{\check{c}1} = \frac{l_{r1}+0.5 \cdot d_1}{d_1} \cdot (2 \cdot d_1 \cdot v_{\check{c}1})^{1/2}$$

$$h_{\check{c}1} = \frac{60+0.5 \cdot 12,2}{12,2} \cdot (2 \cdot 12,2 \cdot 0,2)^{1/2}$$

$$h_{\check{c}1} = 11,97 \text{ mm} \Rightarrow \text{Zaokrouhleno na rozměr } h_{\check{c}1} = 13 \text{ mm}$$

Celková délka čepu

$$l_t = h_{\check{c}} + l_{p2} + l_z \tag{3.4}$$

$$l_t = 13 + 0 + 15$$

$$l_t = 28 \text{ mm}$$

Celková délka ustavovacího čepu je 28 mm.

### 3.3 Pevnostní analýza kritické pozice přípravku [20]

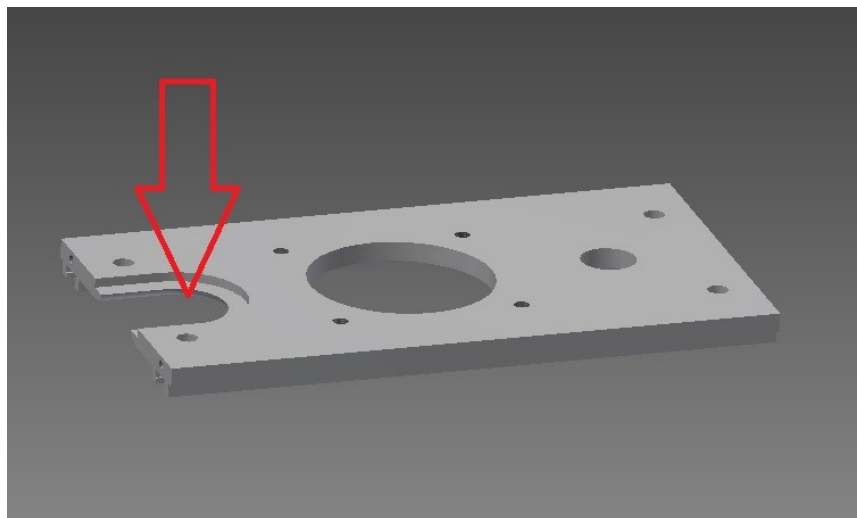
Kritickým místem přípravku je na pozici číslo 2. Na této pozici se demontuje ložisko z náboje, při jejichž montáži může síla lisování dosáhnout až  $F_{nm} = 35\,000\text{ N}$ . Model základní desky přípravku byl na pozici číslo 2 podroben zátěžovému testu na sílu  $F_{nm} = 35\,000\text{ N}$ .

Přípravek byl navrhnout z oceli S355J2G3 dle EN 10025-2 (11 523 dle ČSN)

Tabulka č. 3 - Vlastnosti a chemické složení materiálu.

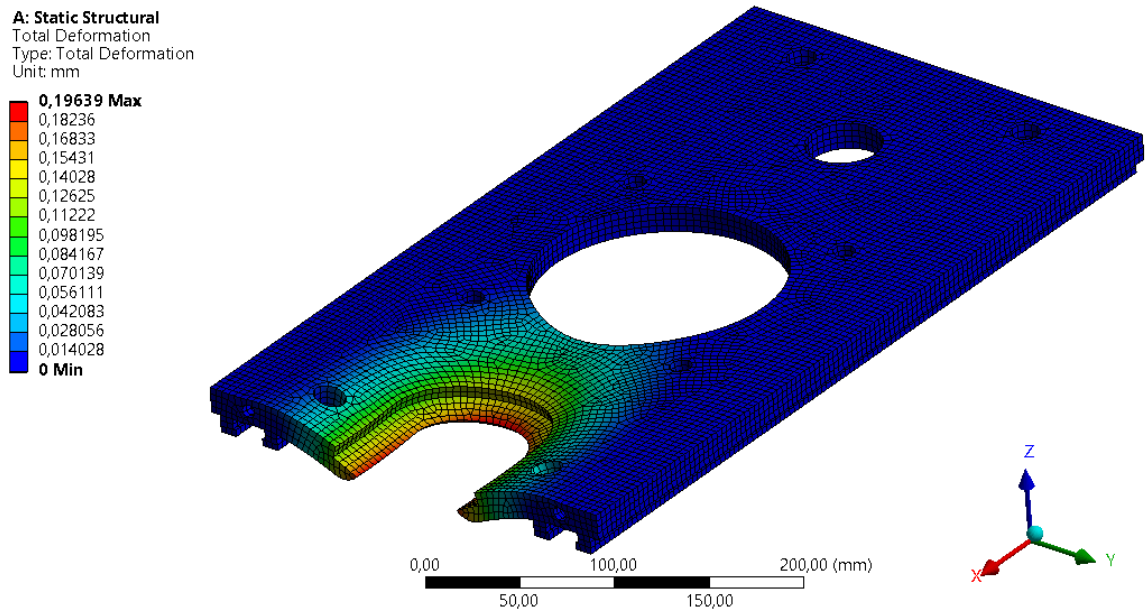
Vlastnosti	Hodnoty
Mez pevnosti $R_m$ (MPa)	520 - 628
Mez kluzu $R_{e\ min}$ (MPa)	333
Tvrдость (HB)	274
C (%)	0,2
Mn (%)	1,6
Si (%)	0,55
P (%)	0,5
S (%)	0,45

Pevnostní analýza 2. pozice základové desky demontážního přípravku byla vytvořena v programu ANSYS Workbench verze 17.2. Během simulace byla základová deska na pozici číslo 2 zatěžována silou  $F_{nm} = 35\,000\text{ N}$ , což simulovalo demontáž náboje z ložiska (Obr. 34). Pro simulaci byly použity hodnoty materiálu shodné s navrhovaným materiálem S355J2G3.

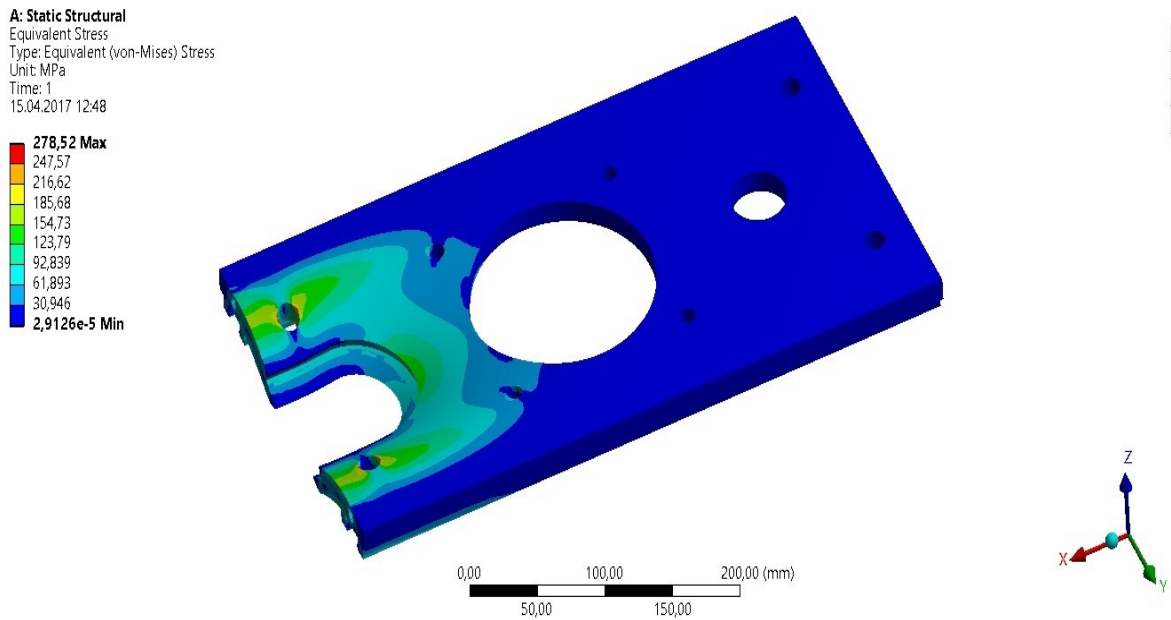


Obr. 34 Pozice č. 2 zatěžovaná v pevnostní analýze

Výsledný výstup pevnostní analýzy vypadá následovně.



Obr. 35 Průhyb v místě demontáže náboje z ložiska



Obr. 36 Napětí v zatěžovaném místě



Z výsledků je možné zjistit, že maximální průhyb namáhané části přípravku není větší než 0,2 mm, což je pro tento přípravek zanedbatelná hodnota (Obr. 35). Podle následujícího výstupu lze konstatovat, že výsledné napětí se pohybuje okolo 120 – 130 MPa, což pro navrhovanou ocel vyhovující (Obr. 36). Vrcholy napětí objevující se kolem otvorů pro madla jsou zavádějící a zanedbatelné, jelikož tyto otvory nejsou funkčními plochami demontážní pozice přípravku. Dle výsledků pevnostní analýzy je tedy zřejmé, že navrhovaný materiál S355 J2G3 je pro přípravek vhodný.

#### 3.4 Výkresová dokumentace a technologický postup výroby přípravku [20], [31], [34]

Výrobní výkresová dokumentace a protokoly technologického postupu výroby (Příloha č. 4) jsou součástí příloh. Pro výrobu jednotlivých dílů přípravku byly použity tyto stroje.

Pásová pila BOMAR Workline 510.350 DB [21]

Konzolová frézka FSG 40 CNC [22]

Soustruh DOOSAN PUMA 2600 s protivřetenem [23]

Jednovřetenová sloupová vrtačka VS 20 A [24]

Vertikální obráběcí centrum MCFV 1060 [25]

Univerzální ohýbačka OH 010 [26]

Přenosný jednofázový svařovací zdroj MIG/MAG ESAB Caddy C200i [27]

Při obrábění byly použity monolitní frézy a vrtáky, VBD a tělesa fréz a soustružnických nožů od firmy DORMER PRAMET [28].

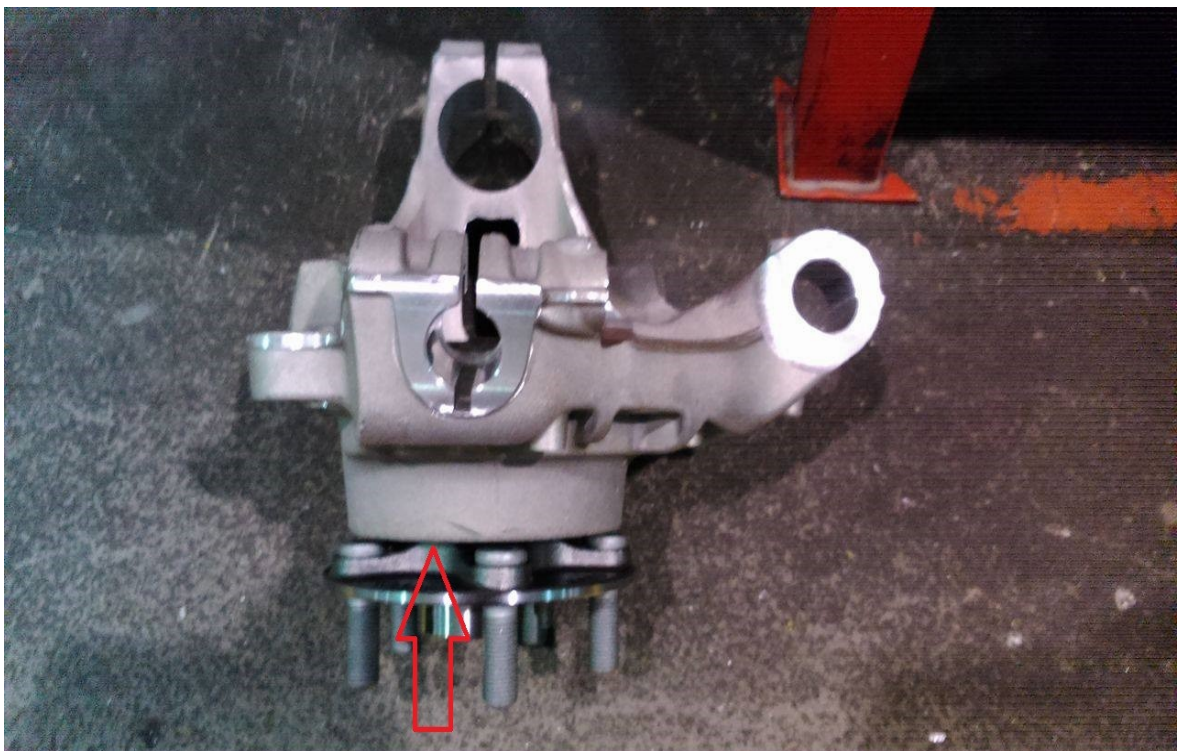
Pro výpočet strojních časů technologického postupu výroby přípravku byl použit program TPV 3 [29]. Pro simulaci obrábění na CNC strojích byl využit program Mastercam 2017 Home Learning Edition/Demo Software [30].

#### 4 Technologický postup při aplikaci přípravku.

Přípravek pro demontáž je dle předešlého bodu navrhnut tak, že na něm lze demontovat všechny díly sestavy těhlice. Demontáž zmetkové sestavy obsahující všechny demontovatelné součásti bude tedy probíhat takto. Obrázky postupu demontáže obsahují hrubý model demontovaných dílů.

##### 4.1 Demontáž pojistného kroužku

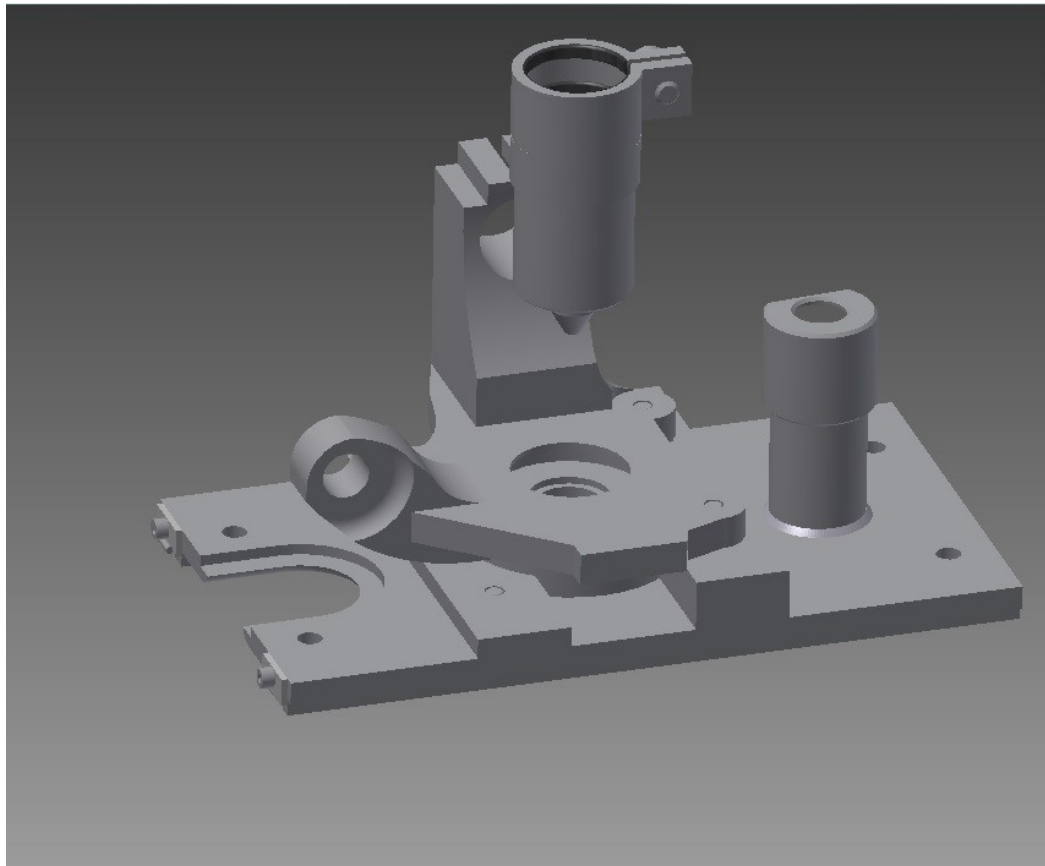
1. Ustavení těhlice na pracovní stůl tak, aby náboj vyčníval do prostoru. Není nutno sestavu nijak upínat.
2. Pootočení náboje do polohy, kdy je možné strčit upravené kleště pro pojistný kroužek hroty do otvorů v pojistném kroužku. Toto lze jen tehdy, pokud se otvory pojistného kroužku nacházejí mezi hlavami šroubů (Obr. 37).
3. Následná demontáž pojistného kroužku z drážky v těhlici.



Obr. 37 Místo pro vložení kleští pro demontáž pojistného kroužku

4.2 Demontáž náboje s ložiskem z hliníkového skeletu těhlice (Obr. 38)

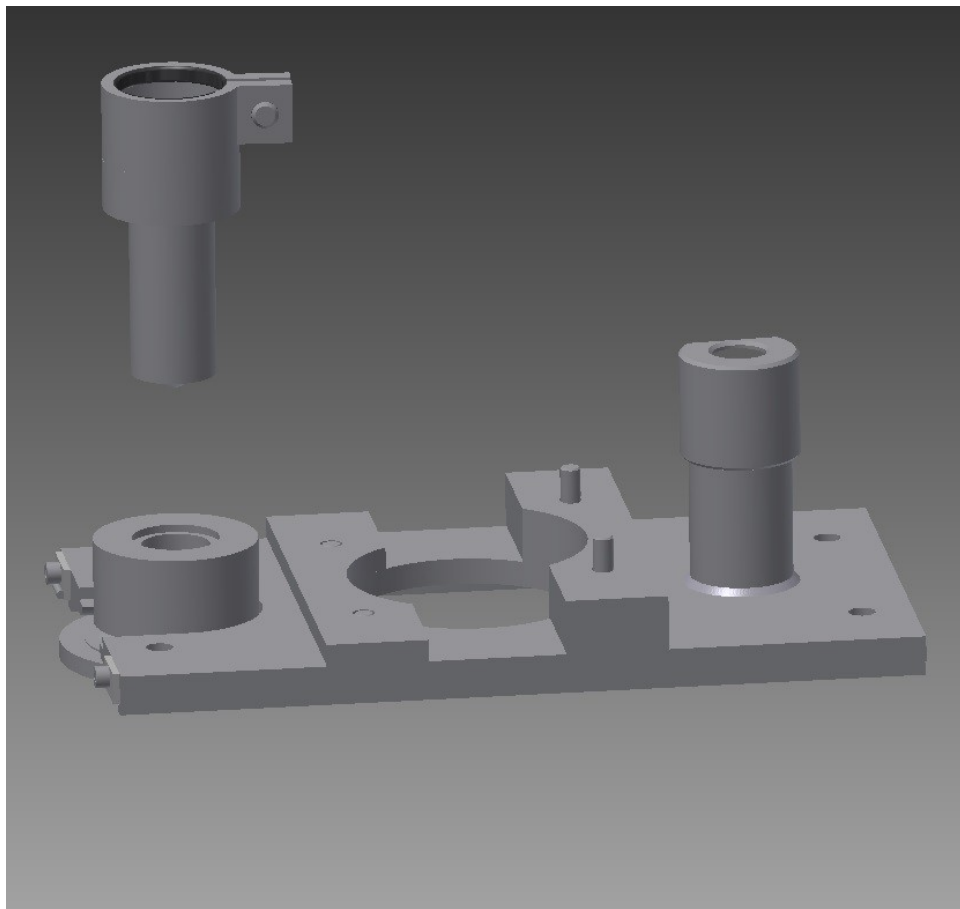
1. Usazení demontážního přípravku do pracovního prostoru stroje pomocí madel.
2. Upnutí upínací části s rybinovým osazením na hydraulickou pístnici lisu.
3. Usazení těhlice na pozici číslo 1 ustavení polohy pomocí ustavovacích čepů.
4. Upnutí demontážního trnu číslo 1 pomocí rybinové drážky na upínací část.
5. Najetí demontážním trnem nad demontovanou součást ( $\pm 50$  mm nad náboj s ložiskem).
6. Ustavení přípravku tak, aby souosost demontované části a trnu byla co největší.
7. Vylisování náboje s ložiskem s těhlice.
8. Vyjmutí těhlice z pozice číslo 1.
9. Vyjmutí trnu číslo 1 z upínací součásti.



**Obr. 38 Demontáž náboje s ložiskem z těhlice**

4.3 Demontáž náboje z ložiska (Obr. 39)

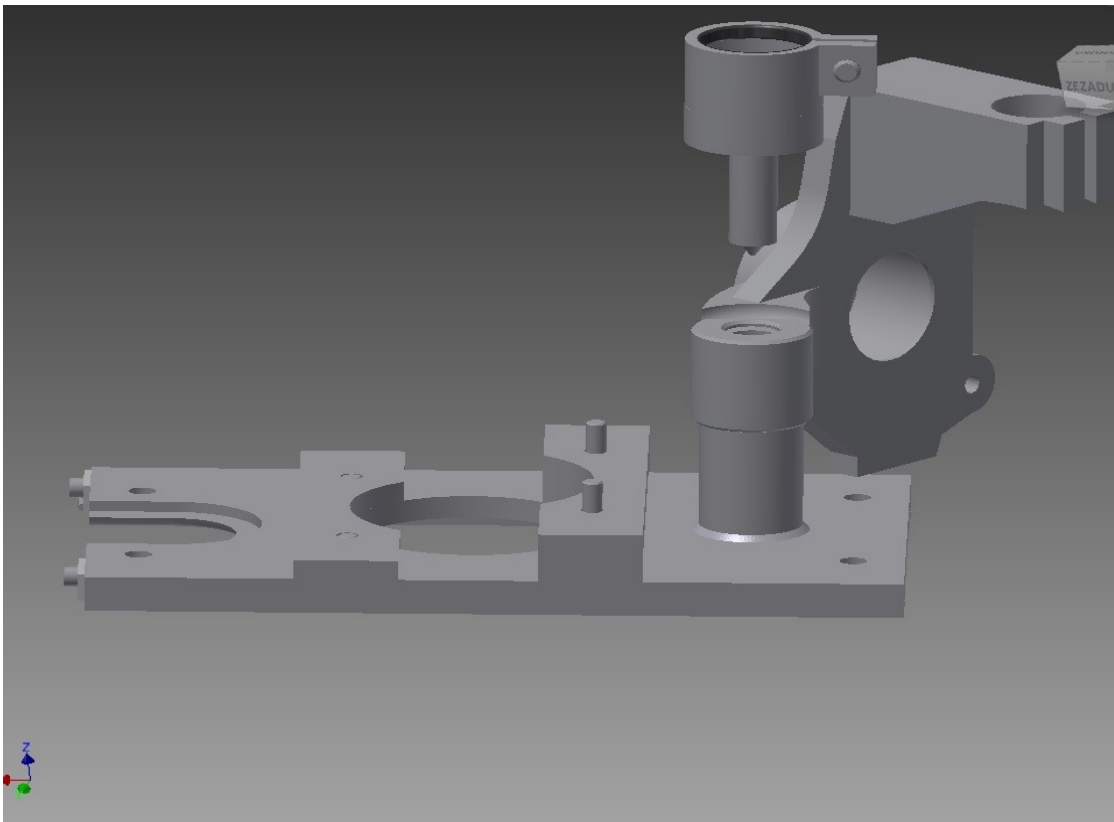
1. Usazení náboje s ložiskem na pozici číslo 2, šrouby náboje směrem dolů. Náboj s ložiskem se zasune do U – drážky, tvaru profilu mezery mezi nábojem a ložiskem.
2. Upnutí demontážního trnu číslo 2 pomocí rybinové drážky na upínací část.
3. Najetí demontážním trnem nad demontovanou součást ( $\pm 50$  mm nad náboj s ložiskem).
4. Ustavení přípravku tak, aby souosost demontované části a trnu byla co největší.
5. Vylisování náboje z ložiska.
6. Vyjmutí ložiska z pozice číslo 2.
7. Vyjmutí trnu číslo 2 z upínací součásti.



**Obr. 39 Demontáž náboje z ložiska**

4.4 Demontáž ocelové vložky (Obr. 40)

1. Usazení těhlice s ocelovou vložkou na pozici číslo 3 tak, aby vyčnívající část ocelové vložky zapadala do trubky přípravku na pozici číslo 3.
2. Zajištění těhlice zajišťovacím segmentem proti pohybu.
3. Upnutí demontážního trnu číslo 3 pomocí rybinové drážky na upínací část.
4. Najetí demontážním trnem nad demontovanou součástí ( $\pm 50$  mm otvor zajišťovacího segmentu)
5. Ustavení přípravku tak, aby sousost demontované části a trnu byla co největší.
6. Vylisování ocelové vložky.
7. Vyjmutí zajišťovacího segmentu.
8. Vyjmutí těhlice z pozice číslo 3.
9. Vyjmutí trnu číslo 3 z upínací součásti.



Obr. 40 Demontáž ocelová vložky

## **5 Technicko-ekonomické zhodnocení navrženého řešení.**

### 5.1 Technické zhodnocení

Technické zhodnocení konstruovaného přípravku je zaměřeno nejen na úsporu času, ale také na možnou úsporu z ohledu zachrany a navrácení demontovaného náboje zpět do procesu výroby. Při srovnání kdy je čas celkové demontáže sestavy těhlice bez přípravku přibližně 15 min a demontáž s přípravkem přibližně 14 min není časová úspora hlavním plánovaným přínosem změny varianty demontáže. Postup demontáže těhlice je obdobný jako u předchozí varianty, avšak jeho kroky jsou sofistikovanější a zaručují bezpečnost demontáže a zabraňují destrukcí demontovaných dílů. Z tohoto pohledu je hlavním technickým a ekonomickým přínosem možná návratnost zkontrolovaných demontovaných dílů zpět do výroby. V případě demontovaného ložiska jde o velice složitou kontrolu. Tento díl není možné 100% zkontrolovat, zda nebyl uvnitř třeba jen otláčen valivý segment. I takovéto otláčení může vést u ložiska ke snížení životnosti. Z tohoto důvodu není v plánu zavádění demontovaných ložisek. Náboj jako demontovaný dílec je však možné zkontrolovat. Pokud nedojde během demontáže náboje z ložiska k poškození nebo změně rozměru náboje v místě uložení ložiska, je možné tento náboj vrátit zpět do výroby. V případě ocelové vložky je taktéž možný návrat do výroby, avšak až po kontrole na změnu tvaru většího počtu kusů. Dle informací je průměrná roční zmetkovitost těchto druhů těhlic 0,88 %.

Z hlediska bezpečnosti je při demontáži s přípravkem dosaženo zajištění demontážních trnů proti vzpříčení během chodu lisu. Každá demontovaná součást je během samotného chodu lisu zajištěna. V tomto ohledu tedy není nutná manipulace s demontovanou součástí obsluhou během demontáže a je tak eliminováno bezpečnostní riziko poranění obsluhy během demontáže.

### 5.2 Ekonomické zhodnocení [33]

Ekonomické zhodnocení v případě demontáže sestavy těhlice pomocí přípravku není vhodné hodnotit pomocí úspory času, jelikož ta je zanedbatelná. Výpočet ceny přípravku se skládá z ceny materiálu, výroby a návrhu technické dokumentace. Úspora je v tomto případě hodnocena pomocí dílů, tedy nábojů navrácených zpět do výroby. Pro výpočet rentability přípravku je po konzultaci s útvarem technologie počítáno s 1/3 návratností demontovaných nábojů zpět do výroby. Průměrný počet roční výroby těhlic tohoto typu je 316 452 kusů. Rentabilita přípravku je ověřena dle následujících vzorců.

### 5.2.1 Výpočet možné úspory po zavedení demontovaných nábojů zpět do výroby

#### **Celkový počet zmetků vyrobených za rok**

$$n_t = N \cdot n_p \quad (5.1)$$

$$n_t = \frac{(316\,452 \cdot 0,88)}{100}$$

$$n_t = 2785 \text{ ks}$$

$N$  – počet vyrobených kusů za rok (ks)

$n_p$  – zmetkovitost (%)

#### **Počet zmetků obsahujících nalisovaný náboj vyrobených za rok**

Dle sledování průběhu výroby a následné konzultaci těchto informací s útvarem technologie byl průměrný počet zmetků obsahujících náboj redukován na 75% všech zmetků.

$$N_{nt} = n_t \cdot n_n \quad (5.2)$$

$$N_{nt} = \frac{2785 \cdot 75}{100}$$

$$N_{nt} = 2089 \text{ ks}$$

$n_n$  – průměrný počet zmetků obsahujících nalisovaný náboj (%)

#### **Počet odhadovaný nábojů, které lze vrátit do výroby (1/3)**

$$N_n = \frac{N_{nt}}{3} \quad (5.3)$$

$$N_n = \frac{2089}{3}$$

$$N_n = 696 \text{ ks}$$

**Minimální možná úspora za rok po zavedení nábojů zpět do výroby**

Pořizovací cena náboje je 254,5 Kč

$$k_u = N_n \cdot 254,5 \quad (5.4)$$

$$k_u = 696 \cdot 254,5$$

$$k_u = 177132 \text{ Kč}$$

**5.2.2 Výpočet nákladů na výrobu přípravku [20]**

Celková nebo také výrobní cena přípravku je stanovena z dílčích nákladů, které jsou uvedeny následujícími výpočtovými vztahy a tabulkami. Výrobní náklady byly určovány dle TPV výrobních časů a ceny normohodiny příslušných strojů. Normohodiny strojů jsou průměrné hodnoty určeny po konzultaci s technologem.

Tabulka č. 4 – Soupis cen normohodin strojů, času výroby přípravku a následné náklady na výrobu přípravku.

<b>Stroj</b>	<b>Cena 1 normohodiny bez DPH (Kč/hod)</b>	<b>Čas výroby přípravku na stroji (hod)</b>	<b>Náklady na výrobu (Kč)</b>
Pásová pila BOMAR 510.350DB	700	1,43	1001
Frézka FSG 40 CNC	800	1,34	1072
Soustruh PUMA 2600	1500	2,08	3120
Centrum MCFV 1060	1800	5,39	9702
Zámečnické práce (ohýbání, svařování, vrtání VR 20 A)	700	2,49	1743
Celková cena nákladů (Kč) $k_v$			16638

Následující částí ceny přípravku je celková cena polotovaru pro výrobu přípravku. Ceny jednotlivých položek se mohou v řádech korun lišit v závislosti na prodejci [32].



Tabulka č. 5 – Soupis cen polotovaru využitých pro výrobu přípravku.

Materiál/ Součást	Měrná jednotka	Množství	Cena za jednotku (Kč)	Cena celkem (Kč)
Tyč Ø 65 - S355 J2G3	m	1	483,75	483,75
Tyč Ø 80 - S355 J2G3	m	1	786,5	786,5
Tyč Ø 70 - S355 J2G3	m	1	572,89	572,89
Tyč Ø 14 - S355 J2G3	m	1	33,75	33,75
Tyč Ø 5 - S355 J2G3	m	5	6,3	31,5
4HR 60 h11 - S355 J2G3	m	1	684,63	684,63
ŠIROKÁ OCEL 280 x 30 - S355 J2G3	m	1	1564,3	1564,3
Šroub s vnitřním šestihranem M8 ISO 4762	ks	2	2	4
Pryžová samolepící těsnící páska 10 x 2 mm	m	1	12	12
Celková cena polotovarů (Kč) $k_p$				4173,32

### Náklady na vypracování konstrukce, kreslení a kontrolu

$$N_{VKV} = T_{KV} \cdot p_K + (1 + k_K) = 15 \cdot 300 \cdot (1 + 0,3) = 5850 \text{ Kč} \quad (5.5)$$

$$N_{VVK} = T_{VK} \cdot p_{VK} + (1 + k_{VK}) = 7 \cdot 250 \cdot (1 + 0,3) = 2275 \text{ Kč}$$

$$N_{VKK} = T_{KK} \cdot p_{KK} + (1 + k_{KK}) = 5 \cdot 150 \cdot (1 + 0,3) = 975 \text{ Kč}$$

$T_{KV}$ ,  $T_{VK}$ ,  $T_{KK}$  - potřebný čas k vyhotovení (hod)

$p_K$ ,  $p_{VK}$ ,  $p_{KK}$  - průměrná mzda (Kč/hod)

$k_K$ ,  $k_{VK}$ ,  $k_{KK}$  - náklady konstrukčního oddělení ( $\frac{\%}{100}$ )

Hodnoty dosadíme do následující rovnice.

$$N_{VK} = N_{VKV} + N_{VVK} + N_{VKK} = 5850 + 2275 + 975 = 9100 \text{ Kč} \quad (5.6)$$

Po sečtení všech vypočtených hodnot získáme celkovou výrobní cenu nákladů. Tuto cenu je nutno navýšit o 15 % z celkové ceny z důvodu nákladů na údržbu a seřizování během celé doby užívání přípravku.

### Výrobní cena přípravku

$$N_V = N_{VK} + k_v + k_p = 9100 + 16638 + 4173 = 29911 \text{ Kč} \quad (5.7)$$

### Náklady na údržbu

$$N_{\dot{u}} = q \cdot N_V = 0,15 \cdot 29911 = 4486,65 \text{ Kč} \quad (5.8)$$

q - náklady na údržbu a opravy vůči ceně zařízení (%)

### 5.2.3 Minimální doba provozu pro dosažení hospodárnosti

Pomocí výrobní ceny a minimální možné úspory při použití přípravku zjistíme dobu návratnosti provedené investice v rámci přípravku. Pro realizace je uvažována návratnost do jednoho roku.

$$T = \frac{N_V}{k_u} \quad (5.9)$$

$$T = \frac{29911}{177132}$$

$$T = 0,17 \text{ let} \doteq 63 \text{ dní}$$

$N_V$  – Cena investice do přípravku (Kč)

$k_u$  – Minimální možná úspora za rok po zavedení nábojů zpět do výroby (Kč)

Vypočtená hodnota minimální doby provozu přípravku je menší, než jeden kalendářní rok z čehož vyplývá, že zavedení přípravku do výroby je z hlediska návratnosti rentabilní.

## **Závěr**

Cílem diplomové práce bylo navržení přípravku pro kompletní demontáž zmetkové sestavy těhlice předního podvozkové soustavy automobilu bez destrukce demontovaných dílů. Přípravek také musel být navrhnout tak aby splňoval všechny kritéria z hlediska bezpečnosti. V teoretické části byly popsány základní prvky podvozkových dílů týkajících se přímo i nepřímo řešené těhlici.

V další části práce byla popsána tehlice jako celek i jako sestava. Každý demontovaný díl sestavy bylo nutné podrobně popsat z důvodu návrhu demontáže. Stávající demontáž těhlice byla taktéž popsána a byly určeny její nedostatky, které byly z jedné poloviny technologické a z druhé poloviny bezpečnostní. Problémem technologického rázu byla destrukce demontovaných dílů během stávající demontáže. Některé z těchto dílů jako například náboj by bylo možné při sofistikovanější demontáži navrátit zpět do výroby. Problémem z hlediska bezpečnosti byl eliminovat pohybu obsluhy v pracovním prostoru lisu během chodu lisu a také eliminace možnosti vzpříčení provizorních trnů pro demontáž. Tyto problémy byly konzultovány a byly navrženy sofistikovanější varianty demontáže, které eliminují všechny problémy stávající demontáže.

Praktická část demontáže se zabývala konstrukčním a technologickým návrhem sofistikovanějších variant demontáže těhlice. Byly navrženy 2 způsoby demontáže. Každý z těchto navržených způsobů obsahoval přípravek pro demontáž jednotlivých dílů. Každá z pozic přípravku je navržena tak, aby nedocházelo k destrukci žádného z demontovaných dílů. Problémy z hlediska bezpečnosti byly taktéž eliminovány. Pohyb obsluhy v pracovním prostoru lisu během chodu lisu není s přípravkem nutný, jelikož jsou demontované díly ustaveny v prostoru pomocí ustavovacích čepů a je tedy zaručena stabilita dílů. Problém s možným vzpříčením demontážních trnů byl vyřešen pomocí upínací části, které se pomocí šrouby upne na pístnici hydraulického lisu. Tato upínací část je osazena rybinou, na kterou je možné nasunout demontážní trn a není tak nutná manipulace s trnem během chodu lisu. Jako ideální byla zvolena varianta číslo 1, které byla oproti variantě číslo 2 cenově dostupnější a jednodušší.

Následně byl model přípravku v nezatěžovanějším místě této varianty podroben pevnostní analýze. Výsledkem této analýzy byl návrh konstrukčního materiálu. Pro přípravek byl vyhotoven technologický postup výroby a technická dokumentace.

V technicko-ekonomickém zhodnocení byla vypočtena výrobní cena přípravku. Následně byla také vypočtena minimální možná roční úspora po navrácení části demontovaných nábojů zpět do výroby. Pomocí těchto dvou hodnot byla vypočtena návratnost přípravku, která nepřesahovala čtvrt roku. Návratnost přípravku navrženého v této diplomové práci je nadmíru vyhovující a je tedy výhodné nahrazení stávající demontáže těhlice navrženou metodou.

## Seznam příloh

Příloha č. 1 – Výkres ložiska

Příloha č. 2 – Výkres náboje

Příloha č. 3 – Výkres ocelové vložky

Příloha č. 4 – Technologický postup výroby přípravku

Příloha č. 5 – Výkres sestavy demontážního přípravku, č. v. – DP-SZO0033-17-A

Příloha č. 6 – Výkres sestavy trnu číslo 1, č. v. – DP-SZO0033-17-B

Příloha č. 7 – Výkres sestavy trnu číslo 2, č. v. – DP-SZO0033-17-C

Příloha č. 8 – Výkres sestavy trnu číslo 3, č. v. – DP-SZO0033-17-D

Příloha č. 9 – Výrobní výkres základové desky, č. v. – DP-SZO0033-17-1

Příloha č. 10 – Výrobní výkres ustavovacího hranolu č. 1, č. v. – DP-SZO0033-17-2

Příloha č. 11 – Výrobní výkres ustavovacího hranolu č. 2, č. v. – DP-SZO0033-17-3

Příloha č. 12 – Výrobní výkres ustavovacího čepu delšího, č. v. – DP-SZO0033-17-4

Příloha č. 13 – Výrobní výkres ustavovacího čepu kratšího, č. v. – DP-SZO0033-17-5

Příloha č. 14 – Výrobní výkres podpěry lisování, č. v. – DP-SZO0033-17-6

Příloha č. 15 – Výrobní výkres zajišťovacího segmentu, č. v. – DP-SZO0033-17-7

Příloha č. 16 – Výrobní výkres pohyblivého segmentu ližin, č. v. – DP-SZO0033-17-8

Příloha č. 17 – Výrobní výkres krytu ližin, č. v. – DP-SZO0033-17-9

Příloha č. 18 – Výrobní výkres madla, č. v. – DP-SZO0033-17-10

Příloha č. 19 – Výrobní výkres upínací části trnu, č. v. – DP-SZO0033-17-11

Příloha č. 20 – Výrobní výkres trnu č. 1, č. v. – DP-SZO0033-17-12

Příloha č. 21 – Výrobní výkres trnu č. 2, č. v. – DP-SZO0033-17-13



## Seznam citací

[1] VYMAZAL, Roman. *Těhlice vozu kategorie SAE* [online]. Brno, 2008 [cit. 2017-03-02]. Dostupné z: [https://www.vutbr.cz/www\\_base/zav\\_prace\\_soubor\\_verejne.php?file\\_id=6346](https://www.vutbr.cz/www_base/zav_prace_soubor_verejne.php?file_id=6346). Diplomová práce. Vysoké učení technické Brno. Vedoucí práce Ing. David Svída.

[2] ŘEŘÁBEK, Antonín. *Stavba a provoz strojů 2: pro školu a praxi*. 1. vyd. v České republice. Praha: Scientia, 2009. ISBN 978-80-86960-21-0.

[3] VLK, František. *Podvozky motorových vozidel*. 2. vyd. Brno: František Vlk, 2003. ISBN 80-239-0026-9.

[4] JAN, Zdeněk, Bronislav ŽDÁNSKÝ a Jiří ČUPERA. *Automobily*. 2., aktualiz. vyd. Brno: Avid, 2009. ISBN 978-80-87143-11-7.

[5] VLK, František. *Podvozky motorových vozidel: konstrukce, technika, údržba*. 3. přeprac., rozš., aktualiz. vyd. Brno: Prof. Ing. František Vlk, DrSc, 2006, 464 s. ISBN 80-239- 6464-X.

[6] VLK, František. *Automobilová technická příručka*. Brno: František Vlk, 2003. ISBN 80-238-9681-4.

[7] CEDRYCH, Mario René a Jiří SCHWARZ. *Automobily Škoda Octavia: Octavia, Octavia Combi 4x4 turbo, V RS, Octavia modelový ročník 1997-2004*. 4., přeprac. vyd. Praha: Grada, 2004. ISBN 80-247-0657-1.

[8] Čep ramene, kulový čep LAND ROVER Freelander 2. In: *Autodíly RT* [online]. [cit. 2017-03-2]. Dostupné z: [https://www.autodily-rt.cz/cs/katalog/produkt/1757724/?utm\\_source=heureka&utm\\_medium=cpc&utm\\_campaign=Heureka.cz](https://www.autodily-rt.cz/cs/katalog/produkt/1757724/?utm_source=heureka&utm_medium=cpc&utm_campaign=Heureka.cz)

[9] ROZDÍL MEZI PLYNOKAPALINOVÝM A KAPALINOVÝM TLUMIČEM. In: *MJ Auto* [online]. [cit. 2017-03-03]. Dostupné z: <http://www.mjauto.cz/rozdil-mezi-plynokapalinovym-a-kapalinovym-tlumicem>

[10] OMCN: Hydraulic presses. *Automotiv* [online]. Italy [cit. 2017-03-04]. Dostupné z: [http://www.omcn.it/wp-content/uploads/2015/02/29\\_Presse-idrauliche.pdf](http://www.omcn.it/wp-content/uploads/2015/02/29_Presse-idrauliche.pdf)

[11] Retry: Hydraulické lisy 10 - 100 t elektrický pohon pohon, jednorychlostní. Dílenské lisy [online]. [cit. 2017-04-04]. Dostupné z: <http://www.retry.cz/dilenskelisy-strojni10-100.htm>

[12] RABINĚR, E.G. Montáž, demontáž a použití valivých ložisek. 1. Praha: Statní nakladatelství technické literatury, 1954, 204 s.

[13] SKF: Kuličková ložiska s kosoúhlým stykem. *SKF* [online]. [cit. 2017-04-06]. Dostupné z: <http://www.skf.com/cz/products/bearings-units-housings/ball-bearings/angular-contact-ball-bearings/index.html>

[14] SKF: Stahovák ložisek. SKF [online]. [cit. 2017-04-06]. Dostupné z: <http://www.skf.com/cz/products/maintenance-products/mechanical-tools-for-mounting-and-dismounting/bearing-pullers/index.html>

[15] HB tools: Ruční nářadí. : *Vnitřní stahovák ložisek* [online]. [cit. 2017-04-06]. Dostupné z: <http://hbtools.cz/stahovaky/1628-vnitri-stahovak-lozisek.html>

[16] Ruční nářadí: Kleště na pojistné kroužky. In: *Nářadí Veselý Brno* [online]. [cit. 2017-04-13]. Dostupné z: <https://www.naradi-vesely.cz/kleste-na-pojistne-krouzky-zahnute-40-100mm-vnejsi.html>

[17] Stahovák ložisek: Souprava čelistového hydraulického stahováku. In: SKF [online]. [cit. 2017-04-13]. Dostupné z: <http://www.skf.com/cz/products/maintenance-products/mechanical-tools-for-mounting-and-dismounting/bearing-pullers/external-pullers/hydraulic-jaw-puller-kit/index.html>

[18] TMHP 10E - souprava výkonného hydraulického čelistového stahováku: Stahovák. In: Zboží Arkov [online]. [cit. 2017-04-13]. Dostupné z: <https://zbozi.arkov.cz/i/46843-tmhp-10e-souprava-vykonneho-hydraulickeho-celistoveho-stahovaku-skf.html>

[19] MRKVICA, M. *Přípravky a obráběcí nástroje II. díl Přípravky*. 1. vydání, Ostrava: VŠB - Technická univerzita Ostrava, 1988, 184s.

[20] LEINVEBER, Jan a Pavel VÁVRA. *Strojnické tabulky: pomocná učebnice pro školy technického zaměření*. 4., dopl. vyd. Úvaly: Albra, 2008. ISBN 978-80-7361-051-7.



[21] BOMAR pásová pila na kov Workline 510.350 DG. *Karas: Gravitační pásové pily BOMAR* [online]. [cit. 2017-04-27]. Dostupné z: <http://www.karas.cz/catalog/pasove-pily-na-kov/bomar/gravitacni-pasove-pily/bomar-pasova-pila-na-kov-workline-510-350-dg-101-322-b1>

[22] Konzolová frézka FSG CNC. Fermatmachinery: Frézky [online]. [cit. 2017-04-27]. Dostupné z: <http://www.fermatmachinery.com/pouzite-stroje/frezka/konzolova/fgs-40-cnc-cs-161371/>

[23] DOOSAN PUMA 2600 s protivřetenem. *TECHNOTRADE Obráběcí stroje: Horizontální soustruhy* [online]. [cit. 2017-04-27]. Dostupné z: <http://www.tecnotrade.cz/obrabeci-stroje/horizontalni-soustruhy/doosan-puma-2600-s-protivretenem/>

[24] VS 20 A Jednovřetenová sloupová vrtačka. *Bartoník: Nabídka* [online]. [cit. 2017-04-27]. Dostupné z: <http://os.bartonik.sweb.cz/nabidka/vs20a.html>

[25] Vertikální obráběcí centrum MCFV 1060. *TAJMAC - ZPS: Vertikální obráběcí centra* [online]. [cit. 2017-04-27]. Dostupné z: <http://www.tajmac-zps.cz/cs/MCFV-1060>

[26] Univerzální ohýbačka OH 010. *První hanácká BOW: Ohýbačky profilů a trubek* [online]. [cit. 2017-04-27]. Dostupné z: <https://www.bow.cz/produkt/1010000-univerzalni-ohybacka-oh-010/>

[27] Přenosný jednofázový svařovací zdroj MIG/MAG ESAB Caddy C200i. *Svářečky - elektrody: Invertory MIG/MAG* [online]. [cit. 2017-04-27]. Dostupné z: <http://www.svarecky-elektrody.cz/esab-caddy-mig-c200i#tb1=2>

[28] Elektronický katalog. *DORMER PRAMET: Služby* [online]. [cit. 2017-04-27]. Dostupné z: <http://www.dormerpramet.com/cs-cz/services/pramet-ezone>

[29] JUREČKA, Radek. TPV výpočty. *Radek Jurečka: TPV výpočty 3* [online]. 2016 [cit. 2017-04-27]. Dostupné z: <https://www.rjurecek.cz/tpv-vypocty-nova-verze-4-3-3/>

[30] Inhousesolutions. *Mastercam 2017 Home Learning Edition/Demo Software: TPV výpočty* 3 [online]. 2017 [cit. 2017-04-27]. Dostupné z: <http://www.inhousesolutions.com/mastercam-2017-home-learning-editiondemo-software-downloads/>

[31] ČEP, Robert. Číselník pracovišť pro vypracování technologického postupu. *Homel: Výuka - Technologie obrábění* [online]. [cit. 2017-04-27]. Dostupné z: [http://homel.vsb.cz/~cep77/PDF/ciselnik\\_pracovist.pdf](http://homel.vsb.cz/~cep77/PDF/ciselnik_pracovist.pdf)

[32] Hutní materiály. Kondor: Prodej a dělení hutních materiálů [online]. [cit. 2017-04-27]. Dostupné z: <http://www.kondor.cz/e-shop-pohodlne-nakupovani/t-284/>

[33] FEULNER, J., MATZAT, H. Mehrfach gespannt Mehrwet geschaffen (Dosažení přidané hodnoty vícenásobným upínáním). *Werkstatt und Betrieb*, 2007, Nr. 4, pp. 77-78. ISSN 0043-2792.

[34] BRYCHTA, J., ČEP, R., NOVÁKOVÁ, J., PETŘKOVSKÁ, L. *Technologie II. 2. díl*. Ostrava: VŠB - Technická univerzita Ostrava, 2008. ISBN 978-80-248-1822-1.

## **Projekt**

Práce byla podpořena ze Studentské grantové soutěže Vysoké školy báňské – Technické univerzity Ostrava v rámci projektů SP2017/147 Specifický výzkum v oblasti výrobních technologií a SP2017/149 Výzkum produktivních a ekologicky úsporných výrobních technologií s cílem zvýšit a podpořit vědecko-výzkumné aktivity studentů doktorských a navazujících magisterských studijních programů ve spolupráci s akademickými pracovníky.