

ZÁPADOČESKÁ UNIVERZITA V PLZNI

**FAKULTA STROJNÍ**

Studijní program: B 2301      Strojní inženýrství

Studijní zaměření: Strojírenská technologie-technologie obrábění

**BAKALÁŘSKÁ PRÁCE**

Návrh technologie výroby přípravku pro montáž rozvodové sady

Autor:      **Jan Michal**

Vedoucí práce:      **Ing. Jiří Vyšata, Ph.D.**

Akademický rok 2017/2018

ZÁPADOČESKÁ UNIVERZITA V PLZNI

Fakulta strojní

Akademický rok: 2017/2018

## ZADÁNÍ BAKALÁŘSKÉ PRÁCE

(PROJEKTU, UMĚLECKÉHO DÍLA, UMĚLECKÉHO VÝKONU)

Jméno a příjmení: **Jan MICHAL**

Osobní číslo: **S17B0046P**

Studijní program: **B2301 Strojní inženýrství**

Studijní obor: **Strojírenská technologie-technologie obrábění**

Název tématu: **Návrh technologie výroby přípravku pro montáž rozvodové sady**

Zadávací katedra: **Katedra technologie obrábění**

### Z á s a d y p r o v y p r a c o v á n í :

1. Úvod a představení podstaty práce
2. Popis funkce přípravku
3. Technologičnost konstrukce - hodnocení a návrhy úprav
4. Analýza výrobních možností
5. Návrh výroby (včetně případných NC programů)
6. Závěr

Rozsah grafických prací: **dle potřeby**  
Rozsah kvalifikační práce: **30 - 40 stran**  
Forma zpracování bakalářské práce: **tištěná**

Seznam odborné literatury:

- VIGNER, M., ZELENKA, A., KRÁL, M. Metodika projektování výrobních procesů. PRAHA:SNTL 1984
- ZELENKA Antonín, PRECLÍK Vratislav. Racionalizace výroby. Praha: ČVUT, 2004. ISBN 80-01-02870-4
- LÍBAL, V., A KOLEKTIV, Organizace a řízení výroby. PRAHA: SNTL 1989
- STANĚK, J., NĚMEJC, J., Metodika zpracování a úprava diplomových prací. PLZEŇ 2005
- JANDEČKA, K., ČESÁNEK, J., KOŽMÍN, P.: Programování NC strojů. Plzeň. ZČU, 2000.
- JANDEČKA, K., Využití moderních CAD/CAM systémů při programování NC strojů. Plzeň: ZČU, 1996.

Vedoucí bakalářské práce: **Ing. Jiří Vyšata, Ph.D.**  
Katedra technologie obrábění

Konzultant bakalářské práce: **Ing. Jiří Vyšata, Ph.D.**  
Katedra technologie obrábění

Datum zadání bakalářské práce: **16. října 2017**

Termín odevzdání bakalářské práce: **21. května 2018**



Doc. Ing. Milan Edl, Ph.D.  
děkan



Doc. Ing. Jan Řehoř, Ph.D.  
vedoucí katedry

V Plzni dne 18. října 2017

## **Prohlášení o autorství**

Předkládám tímto k posouzení a obhajobě bakalářskou/diplomovou práci, zpracovanou na závěr studia na Fakultě strojní Západočeské univerzity v Plzni.

Prohlašuji, že jsem tuto bakalářskou/diplomovou práci vypracoval samostatně, s použitím odborné literatury a pramenů, uvedených v seznamu, který je součástí této bakalářské/diplomové práce.

V Plzni dne: .....

.....

podpis autora

## **Poděkování**

Touto cestou bych chtěl poděkovat firmám CNCWORKING s.r.o. a KOTIŠ s.r.o. za pomoc s výrobou. Dále bych chtěl poděkovat Jiřímu Petříkovi a Stanislavu Vrbovi za cenné odborné rady. V neposlední řadě bych chtěl poděkovat Ing. Jiřímu Vyšatovi, Ph.D. za vedení.

Největší díky patří mé rodině, která mi umožnila studium na vysoké škole a byla mi po celou dobu studia oporou.

# ANOTAČNÍ LIST BAKALÁŘSKÉ PRÁCE

<b>AUTOR</b>	Příjmení Michal	Jméno Jan	
<b>STUDIJNÍ OBOR</b>	2301R016 „Strojírenská technologie-technologie obrábění“		
<b>VEDOUCÍ PRÁCE</b>	Příjmení (včetně titulů) Ing. Vyšata, Ph.D.	Jméno Jiří	
<b>PRACOVISŤE</b>	ZČU - FST - KTO		
<b>DRUH PRÁCE</b>	<b>DIPLOMOVÁ</b>	<b>BAKALÁŘSKÁ</b>	Nehodící se škrtněte
<b>NÁZEV PRÁCE</b>	Návrh technologie výroby přípravku pro montáž rozvodové sady		

<b>FAKULTA</b>	strojní	<b>KATEDRA</b>	KTO	<b>ROK ODEVZD.</b>	2018
----------------	---------	----------------	-----	--------------------	------

## POČET STRAN (A4 a ekvivalentů A4)

<b>CELKEM</b>	77	<b>TEXTOVÁ ČÁST</b>	61	<b>GRAFICKÁ ČÁST</b>	16
---------------	----	---------------------	----	----------------------	----

<b>STRUČNÝ POPIS (MAX 10 ŘÁDEK)</b>  <b>ZAMĚŘENÍ, TÉMA, CÍL POZNATKY A PŘÍNOSY</b>	<p>Bakalářská práce je zaměřena na výrobu přípravku pro autoservis. Jedná se o přípravek pro výměnu rozvodové sady na motoru Renault. Cílem je vyrobit nový přípravek a vylepšit stávající dostupnými metodami, co nejjednodušším způsobem, při zachování funkce a za nižších nákladů na výrobu. V práci je nejprve představena funkce přípravku. Dále práce seznamuje s výrobními stroji, popisuje postup reverzního inženýrství. Následně je zhodnocena technologičnost konstrukce, vytvořeny 3D modely, zvolen materiál a další důležité parametry. V poslední fázi je popsán návrh technologie výroby. Výsledky práce jsou zveřejněny v textu.</p>
<b>KLÍČOVÁ SLOVA</b>  <b>ZPRAVIDLA JEDNOSLOVNÉ POJMY, KTERÉ VYSTIHUJÍ PODSTATU PRÁCE</b>	<p>přípravek, rozvod motoru, technologičnost, výrobní postup</p>

## SUMMARY OF BACHELOR SHEET

<b>AUTHOR</b>	Surname Michal	Name Jan	
<b>FIELD OF STUDY</b>	Manufacturing Processes – Technology of Metal Cutting		
<b>SUPERVISOR</b>	Surname (Inclusive of Degrees) Ing. Vyšata, Ph.D.	Name Jiří	
<b>INSTITUTION</b>	ZČU - FST - KTO		
<b>TYPE OF WORK</b>	<b>DIPLOMA</b>	<b>BACHELOR</b>	<b>Delete when not applicable</b>
<b>TITLE OF THE WORK</b>	Design of the manufacturing process technology of tool for timing set assembly		

<b>FACULTY</b>	Mechanical Engineering	<b>DEPARTMENT</b>	Manufacturing Processes – Technology of Metal Cutting	<b>SUBMITTED IN</b>	2018
----------------	------------------------	-------------------	---	---------------------	------

### NUMBER OF PAGES (A4 and eq. A4)

<b>TOTALLY</b>	77	<b>TEXT PART</b>	61	<b>GRAPHICAL PART</b>	16
----------------	----	------------------	----	-----------------------	----

<b>BRIEF DESCRIPTION TOPIC, GOAL, RESULTS AND CONTRIBUTIONS</b>	<p>This bachelor thesis is focused on the production of tool set for a car service. This tool set is for replacement timing belt, pulleys and water pump on the Renault engine. The aim of this bachelor thesis is to fabricate tool set, which will be simpler than the current one while maintaining function at lower production costs. In first part of the thesis, the functions of the tools set are explained. Further, the work presents machines that are available for use and also describes the reverse engineering procedure. Building modifications, 3D models, selected material and other parameters were chosen based on the technological design. The last part describes the layout of the production technology. The results of the thesis are published in the text.</p>
<b>KEY WORDS</b>	timing tool set, manufacturing process, technology of construction

## Obsah

1	Úvod.....	9
1.1	Představení podstaty práce .....	10
1.1.1	Objasnění využití přípravku .....	11
1.1.2	Měněné komponenty rozvodové sady.....	12
1.1.3	Dosavadní podoba přípravku .....	13
1.1.4	Získání rozměrů.....	14
2	Popis přípravku .....	14
2.1	Funkce .....	14
2.2	Aplikace přípravku .....	14
2.2.1	1. Etapa – Demontáž .....	14
2.2.2	2. Etapa – montáž.....	17
2.2.3	Výčet nejdůležitějších poznatků z aplikace přípravku.....	19
2.3	Reverzní inženýrství .....	19
2.3.1	Postup reverzního inženýrství .....	20
3	Analýza výrobních možností.....	22
3.1	Výrobní stroje .....	22
3.1.1	Soustružnicko-frézovací centrum Hyundai Wia L230LMSA.....	23
3.1.2	2D řezací stroj Trumpf TruLaser 5030 fiber .....	24
3.1.3	Soustruh TOS SN 40 B .....	25
3.1.4	Universální frézka TOS FA 2U.....	26
3.1.5	VRTAČKA SLOUPOVÁ VS 32 B .....	28
3.1.6	Ohraňovací lis Trumpf TruBend 5050 .....	29
3.1.7	Pásová pila BOMAR 275.230 DG .....	30
3.2	Měřicí zařízení .....	32
3.2.1	3D optické měřicí zařízení MICRO-VU SOL 161.....	32
4	Posouzení technologičnosti konstrukce .....	33
4.1	Příložka.....	33
4.2	Aretační šroub.....	35
4.3	Aretační deska .....	37
4.3.1	Deska.....	38



4.3.2	Váleček.....	39
4.3.3	Čep .....	39
4.3.4	Praporek .....	40
5	Návrh technologie výroby.....	41
5.1	Výroba Příložky.....	42
5.2	Výroba Aretačního šroubu.....	42
5.3	Výroba Aretační desky .....	43
5.3.1	Výroba Desky.....	44
5.3.2	Výroba Válečků.....	44
5.3.3	Výroba čepu .....	45
5.3.4	Výroba praporku .....	46
6	Závěr.....	47
7	Literatura .....	49
8	Seznam obrázků .....	50
9	Seznam tabulek .....	51
	Přílohy .....	52

# 1 Úvod

Jedním z cílů každé firmy a jejích zaměstnanců je dobře fungující podnik. Dosažení tohoto cíle znamená pro firmu jistotu generování zisku, dobrého postavení na trhu, kvality a dalších benefitů. Pro pracovníka je pozitivní pracovat někde, kde si vydělá na živobytí, pracuje v příjemném a týmovém prostředí a má práci, která ho co nejméně psychicky a fyzicky vyčerpává, a tudíž má co nejmenší negativní dopad na jeho osobní život.

Důležitým aspektem pro firmu je produktivita. Od produktivity se odvíjí zisk udržující firmu životaschopnou. Dalším aspektem je kvalita, která zajišťuje prosperitu firmy v konkurenčním prostředí. Třetí aspekt je ušetření dělníka. Ušetřením dělníků může firma ušetřit na mzdách, může zlepšit jejich sociální aspekt, zlepšit pohodu na pracovišti nebo získat přízeň pracovníků. Když jsou dobré vztahy na pracovišti, vytvoří se tým. Tohle vše má podíl na zisku a kvalitě života všech zúčastněných.

Aby bylo dosaženo těchto požadavků, vysoké produktivity a kvality, ale zároveň byla zajištěna pozitiva pro pracovníky, je obecně žádoucí vybavovat pracoviště vhodnými výrobními prostředky, které zajistí onu produktivitu a kvalitu, při rozumných nárocích na pracovníka (ergonomie, hygiena pracovního prostředí). Do výrobních prostředků patří např. stroje, nářadí, přípravky, ale i celkové vybavení výrobního systému. Tato práce se bude zabývat jedním z přípravků.

Přípravky se využívají ke zrychlení činnosti, přesnosti, usnadnění práce a zamezení chyb. Přípravek bývá většinou jednoúčelový, ale lze najít i univerzální. Dělí se na montážní/demontážní, výrobní (na lisování, soustružení, ohýbání, děrování a další), přípravky pro měření a jiné.

Větší firmy nebo firmy pracující přímo ve strojírenství si ve většině případů přípravky samy vyrábějí. Malé firmy si je buď nakupují, nebo nechávají vyrobit na zakázku. Výraznou roli v tom hraje složitost přípravku. Pořízení takových přípravků není levnou záležitostí, a tak firma pořizující daný přípravek důsledně zvažuje jeho využití. Firma chce zvolit takovou variantu řešení technologie, která pro ni bude výhodnější. Musí si vybrat, jestli využije řešení za pomoci univerzálních pomůcek i za cenu nižší produktivity, nebo zvolí případně dražší variantu konkrétního přípravku, který svou produktivitou může v konci znamenat řešení levnější. Ve spoustě případů činnost bez přípravku ani nelze provést.

Podobně je tomu v případě přípravku, jehož návrh technologie výroby je předmětem této práce. V práci je řešen návrh na upravení přípravku a návrh nejvýhodnější technologie na jeho výrobu. Jedná se o přípravek pro výměnu rozvodové sady na čtyřtákním benzínovém motoru osobního automobilu s typem ventilového rozvodu DOHC<sup>1</sup>. Přípravek se skládá z několika částí. Tyto části jsou vymodelovány v CAD<sup>2</sup> systému. Vymodelované části přípravku jsou porovnány se stávajícím řešením.

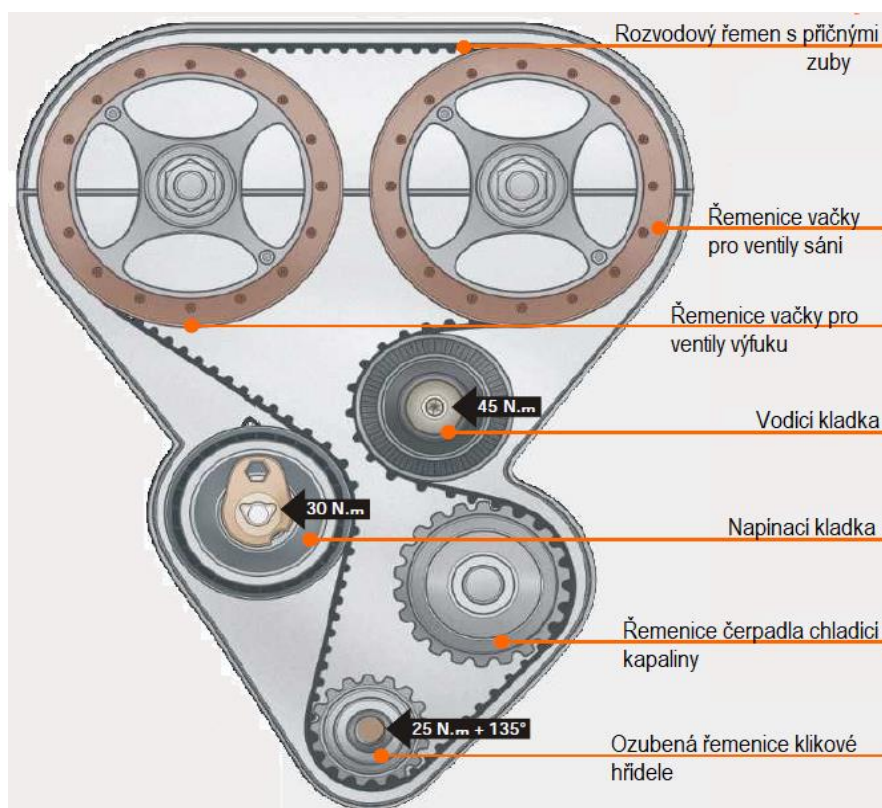
---

<sup>1</sup> DOHC (anglicky Double Over Head Camsaft) – v hlavě válců jsou dvě vačkové hřídele ovládající sací a  
<sup>2</sup> CAD (Computer-Aided Design) – počítačem podporované projektování.

Nejdůležitějším aspektem je funkčnost a vedle toho také v podstatné míře cena, protože výrobu a návrh zadal malý autoservis, pro který je finančně náročné nakupovat tovární přípravky.

## 1.1 Představení podstaty práce

Podstatou práce je návrh technologie výroby přípravku na výměnu rozvodu motoru, ale i rozbor technologičnosti výrobku. Přípravek se skládá ze tří částí a slouží k aretaci klikové hřídele, vačkové hřídele a aretaci ozubených řemenic při výměně rozvodu motoru. Výroba přípravku je předběžně dohodnuta se dvěma firmami, které disponují omezeným výběrem výrobních zařízení. Tomuto výběru musí být přizpůsoben návrh technologie výroby. Zákazníkem je autoopravna, kterou zajímá funkce a nižší cena.



Obr. 1 – Schéma rozvodu motoru

Zmíněné firmy disponují CNC<sup>3</sup> soustruhy, 2D laserem, laserem na trubky, CNC ohraňováním, CNC vysekáváním, konvenčním soustruhem a frézku, pásovou pilou a optickým měřicím zařízením. Technologie výroby je tedy přizpůsobena tomuto výběru strojů. Proto se tomuto výběru také věnuje samostatně zvláštní kapitola.

Jedná se o přípravek na motory Renault s kódovým označením K4J a K4M. Motor s označením K4J má obsah válců 1400 [cm<sup>3</sup>] a motor s označením K4M má obsah válců 1600 [cm<sup>3</sup>]. Tyto motory se montují do vozů Renault a Dacia a jmenovitě jde o modely Clio, Modus, Megane, Scenic, Grand Scenic, Laguna, Kangoo, Duster, Logan a Sandero.

<sup>3</sup> CNC (Computer numerical control) – počítačové numerické ovládání.

Přípravek lze tudíž využít jen na omezený výběr vozů. Operace výměny rozvodu na výše jmenovaných vozech činí přibližně 3 % zakázek autoservisu, což není mnoho, ale vzhledem k náročnosti provedení práce, je tato operace i adekvátně ohodnocena.

### 1.1.1 Objasnění využití přípravku

Využití přípravku vůbec dává smysl tomu, proč byl zkonstruován, a seznamuje s jeho významem a to je důvod pro vytvoření této kapitoly. Jak již bylo zmíněno, jedná se o přípravek pro výměnu rozvodové sady benzínového spalovacího motoru. Pro typ ventilového rozvodu DOHC. U této montážní operace se mění více komponent. Jmenovitě jde o rozvodový řemen, vodící kladku, napínací kladku, vodní čerpadlo a občasně i gufera na vačkové hřídeli.

Demontuje-li se řemen, přeruší se kinematická vazba mezi vačkovými hřídelemi a hřídelí klikovou. Řemen totiž jednoznačně zajišťuje vzájemné natočení obou vačkových hřídelí vůči hřídeli klikové, ale po jeho sejmutí se mohou obě volně otáčet a to by mohlo způsobit destrukci motoru, jejíž mechanismus bude popsán níže. Proto se před sejmutím řemene musí nainstalovat přípravek, který je předmětem práce. Tento přípravek provede aretaci polohy řemenic, polohu vaček a setrvačnicku.

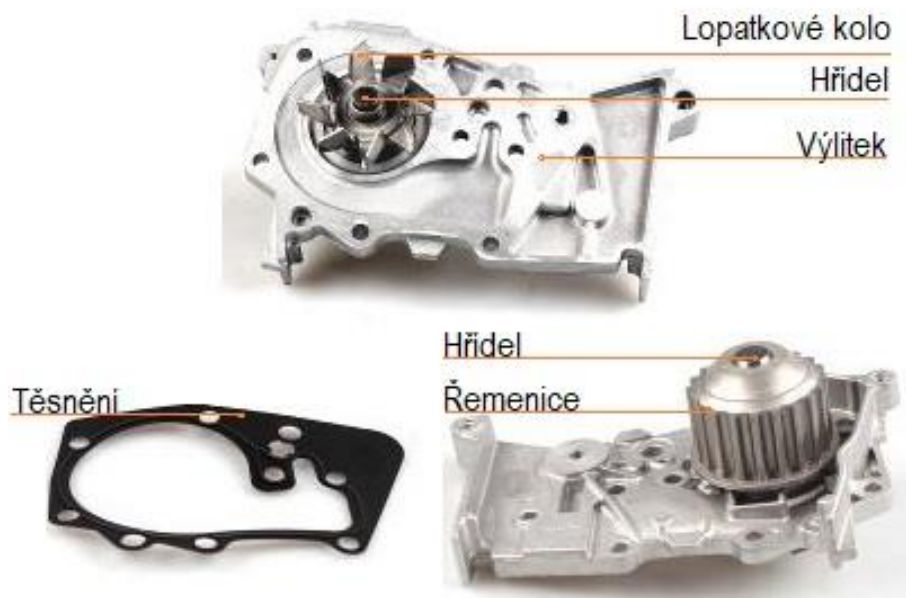
Pro správné chápání řešené problematiky je třeba pochopit vlastní funkci rozvodu. Úkol rozvodu vysvětlil Rolf Gscheidle v knize Příručka automechanika následovně: „*Má za úkol řídit výměnu obsahu válců, tj. okamžiky otevření a zavření ventilů pro plnění válců vzduchem nebo směsí a odvod výfukových plynů.*“ [1] Z toho tedy vyplývá, že úkolem rozvodu motoru je zajištění výměny obsahu válců, což znamená řízení otevření a zavření ventilů pro plnění válců (směsí vzduchu a benzínu), nebo odvedení výfukových plynů. Přenos rotačního pohybu klikové hřídele na rotační pohyb vačkové hřídele je u řešeného motoru zajištěn pomocí rozvodového řemene s příčnými zuby, jak je vidět na obrázku (Obr. 1). Tento řemen, jako každou namáhanou součást, je nutné po určité době nebo kilometrovém nájezdu vyměnit. Tato doba je udána výrobcem a neměla by se překročit, protože hrozí přetržení řemene a následná likvidace agregátu z důvodu přerušení kinematické vazby. Spolu s řemenem se mění i napínací kladka, která řemen napíná, vodící kladka pro zvětšení úhlu opásání a vodní čerpadlo (Obr. 2), které zajišťuje oběh chladicí kapaliny v chladicí soustavě. Kladky se mění z důvodu životnosti ložisek a vodní čerpadlo se mění z důvodu zachování těsnosti, opotřebení lopatek a ložiska. S touto operací se pojí i občasná výměna gufer na vačkové hřídeli pod ozubenými koly. Ke všem těmto úkonům je potřeba daný přípravek zajišťující přesnou polohu. Toto téma bude důsledněji rozebráno v kapitole Popis přípravku.

Vzhledem k tomu, že již dvakrát byla výše v textu zmíněna možnost destrukce, nyní je vhodné vysvětlit, jak k destrukci dojde. Aby čtyřdobý spalovací motor správně pracoval, je důležité správně načasovat vzájemný pohyb jeho komponentů. Při špatném časování agregátu by mohlo dojít k řadě problémů, a to např. k nesprávnému chodu, úplnému znemožnění funkce, destrukci motoru. Nesprávný chod by snížil účinnost motoru, což je vždy nežádoucí. Destrukce motoru (i ostatní zmíněné problémy) může nastat při přerušení kinematické vazby mezi ozubenými koly, a tudíž i mezi hřídelemi (klikovou a vačkovými). Došlo by

k vzájemnému pootočení hřídelí. V nevhodnou chvíli by otevřený ventil narazil na píst a pak je otázkou, co vše by bylo nenávratně zničeno. Poškození může být ve více úrovních. Od poškození nejméně vážného, kdy dojde jen k ohnutí ventilů, až po pohromu, kdy se může zlomit vačková hřídel, prasknout píst, ohnout všechny ventily, ohnout ojnice a dokonce i zničit blok motoru.

### 1.1.2 Měněné komponenty rozvodové sady

Komponenty rozvodové sady podléhají opotřebení a je nutná jejich výměna. Výrobce vozidla uvádí výměnu rozvodové sady po 120 000 kilometrech, nebo po intervalu šedesáti měsíců. Při této výměně se nahradí rozvodový řemen, vodící a napínací kladka, vodní čerpadlo. Rozvodový řemen a kladky (napínací a vodící) jsou pro vysvětlení vyobrazeny výše na obrázku (Obr. 1). Řemen (s příčnými zuby) tvoří dvě části, a to nosná a třecí. Nosná část je vyrobena z podélných vláken (např. tkanina, sklolaminát, uhlíková vlákna), která zajišťují jeho pevnost, a třecí část z pryže. Zuby řemenu zapadají do zubů řemenic. Toto se označuje jako tvarový styk. Vodící kladka se skládá z plastového vodítka, ve kterém je nalisované ložisko. Napínací kladka je obdobná jako vodící, jen má navíc uvnitř zabudovaný excentr, s jehož pomocí se ideálně nastaví napnutí řemene.



Obr. 2 – Vodní čerpadlo

Na obrázku (Obr. 2) je vidět, jak vypadá vodní čerpadlo. Skládá se z hliníkového opracovaného výlitku, ve kterém je umístěna hřídel v ložisku. Na společné hřídeli je z jedné strany umístěna řemenice a ze strany druhé je umístěné oběžné lopátkové kolo. Lopátkové kolo je konstruováno jako rotační odstředivé (radiální), mající funkci nuceně vyvolat proudění chladicí kapaliny v oběhu. V hliníkovém výlitku jsou vyfrézované kanály pro tok kapaliny od čerpadla. Kapalina vstupuje do čerpadla axiálním směrem a vystupuje v radiálním směru. Vodní čerpadlo je připevněno k bloku motoru několika šrouby. Mezi blokem motoru a samotným čerpadlem se nachází těsnění, které má za úkol nepropustit kapalinu ven z oběhu.

Mezi další měněné komponenty patří gufera na vačkové hřídeli ze strany rozvodu, které nemají dán pevný interval výměny, nebo přesuvník vačkové hřídele a těsnicí zátky. Přesuvník vačkové hřídele slouží k proměnnému časování ventilů, mající za úkol zlepšit spalování ve válcích. Tento přesuvník trpí občasnými poruchami, a proto se při jeho závadě zaměňuje za nový díl. Těsnicí zátky jsou na obrácené straně vačkové hřídele a je nutné je sejmut při aretaci vačkové hřídele. Sejmutím se poničí, proto je vždy nutná výměna.

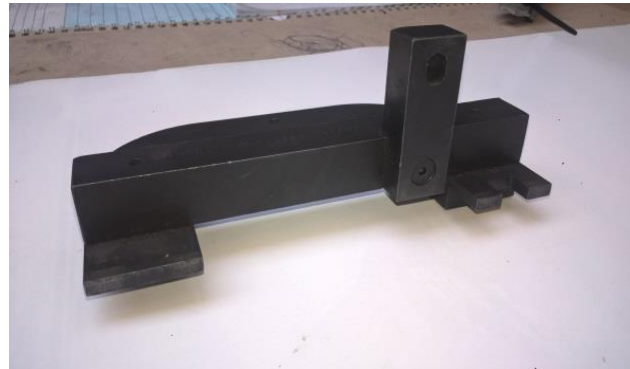
### 1.1.3 Dosavadní podoba přípravku

Výrobek se skládá ze dvou sestav a jednoho samostatného dílu. Jedna sestava je určená pro dilataci natočení vaček, druhá sestava pro zajištění přesné polohy natočení kol pro ozubený řemen. Dalším dílem je šroub, aretující klikovou hřídel (literatura ho nazývá TDC). Na přiložených obrázcích (Obr. 3), (Obr. 4), (Obr. 5) je zobrazení stávajícího řešení, které je snaha upravit a vyrobít co nejvýhodněji.

První část přípravku se používá na aretaci polohy vačkových hřídelí. Tato část se nazývá příložka a lze ji vidět na obrázku (Obr. 3). Důležitá je část, kde vystupují dva břity, které se zasazují do výřezů na vačkových hřídelích. Vertikální obdélníkový výstupek s oválnou dírou složí k zajištění přípravku, aby se nevysunul z vačkových hřídelí.

Druhá část přípravku se nazývá aretační deska řemenic. Plochá deska s atypickým tvarem a válečkovými a plochými výstupky je zobrazena na obrázku (Obr. 4). Důležité jsou právě již zmiňované výstupky, které mají danou polohu a zasazují se do řemenic na vačkové hřídeli při výměně gufer, nebo přesuvníku. Důležitý je také detail oblouku. Do tohoto oblouku se zastrčí přesuvník. Tento oblouk musí splňovat dostatečný poloměr z důvodu průměru přesuvníku.

Aretační šroub klikové hřídele (TDC) je vidět na obrázku (Obr. 5). U tohoto přípravku je důležitá přesná délka trnu, protože trn se opírá o výřez v protizávaží na klikové hřídeli. Více je popsáno v následující kapitole (Popis přípravku).



Obr. 3 – Stávající Příložka



Obr. 4 – Stávající Aretační deska



Obr. 5 – Stávající Aretační šroub (TDC)



#### 1.1.4 Získání rozměrů

Jelikož není volně přístupná výkresová dokumentace, je nutné získání rozměrů měřením. Rozměry příločky jsou snadno změřitelné délkovým měřidlem, např. posuvným měřítkem. Aretační deska má komplikovanější tvary, a tak je nutné měřit složitějšími měřidly. Na aretačním šroubu je závit a ten je změřen pomocí posuvného měřítka a závitových měrek. Délka šroubu a průměr těla lze měřit posuvným měřítkem. O získání rozměrů je více rozepsáno v kapitole 2.3 na str. 19.

## 2 Popis přípravku

Technologický návrh, který bude potřeba provést, nutně vychází ze znalosti funkce přípravku. Funkce a aplikace navíc rozhodují o tom, jestli je možné provést na přípravku případné drobné konstrukční změny, které by mohly přispět k možnému zvýšení technologičnosti konstrukce s ohledem na omezené výrobní možnosti. Drobné konstrukční úpravy se provádějí z důvodu změny technologie výroby. To všechno jsou důvody pro to, abychom se zaměřili na funkci a aplikaci přípravku.

Dále je nutné vytvořit modely všech částí přípravku. Jelikož není k dispozici výkresová dokumentace stávajícího řešení přípravku, musí dojít také k získání rozměrů. Jedná se o postup zvaný reverzní inženýrství. Výstupem reverzního inženýrství jsou modely aktuálního přípravku.

### 2.1 Funkce

Úkolem přípravku je možnost výměny rozvodové sady na motoru Renault. Jak již bylo zmíněno, přípravek se skládá ze tří částí. První část zajišťuje vzájemné natočení vačkových hřídelí, druhá část aretuje natočení řemenic, které jsou nasazeny na vačkové hřídeli, a třetí část přípravku zajišťuje to, aby se nepootočila kliková hřídel. Ve výsledku tyto tři části přípravku dávají automechanikovi jistotu toho, že při sejmutí rozvodového řemene nepřeruší vzájemnou vazbu mezi klikovou hřídelí a dvěma vačkovými hřídelemi, a tudíž ani mezi třemi řemenicemi. Bez použití přípravku by došlo k porušení kinematické vazby a při pokusu o spuštění motoru k jeho poškození.

### 2.2 Aplikace přípravku

Pro návrh přípravku je důležité rozumět jeho aplikaci. Demontáž, následná montáž rozvodové sady a s tím spojená aplikace přípravku jsou popsány v následujících řádcích.

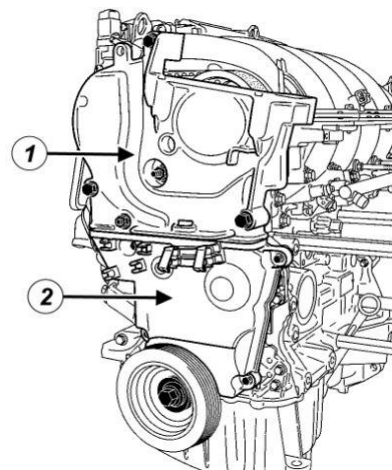
#### 2.2.1 1. Etapa – Demontáž

V první fázi nastává demontáž následujících dílů:

- klínový řemen pro pohon příslušenství,
- řemenice klikové hřídele pro pohon příslušenství,
- šrouby a matice horního krytu,

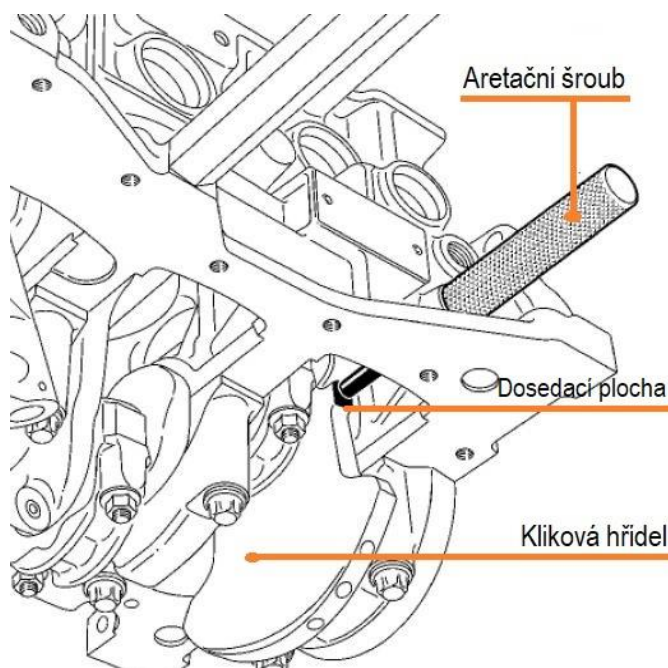
- horní kryt (1) na Obr. 6,
- šrouby dolního krytu,
- dolní kryt (2) na Obr. 6,
- zapalovací cívka a svíčka prvního válce
- zátka závitu pro aretační šroub.

Nyní přichází na řadu aretace použitými přípravky. Nejprve je motor nastaven na horní úvrat<sup>4</sup> prvního pístu ze strany rozvodu. Poloha horní úvratě je zjištěna tak, že se zašroubuje úchylkové měřidlo do prostoru díry se závitem po zapalovací svíčce. Pomalým otáčením klikové hřídele je nalezena horní úvrat' (rafička úchylkoměru v tomto místě zastaví a při dalším otočení by změnila svůj směr otáčení). V místě, kde je na délkovém měřidle nula (píst je nejvýše), se nachází horní úvrat'. Úvrat' lze přibližně ověřit pohledem na řemenici vačkového hřídele. Na řemenici s přesuvníkem je drážka, která při správném nastavení směřuje nahoru.



Obr. 6 – Pohled na kryt rozvodu

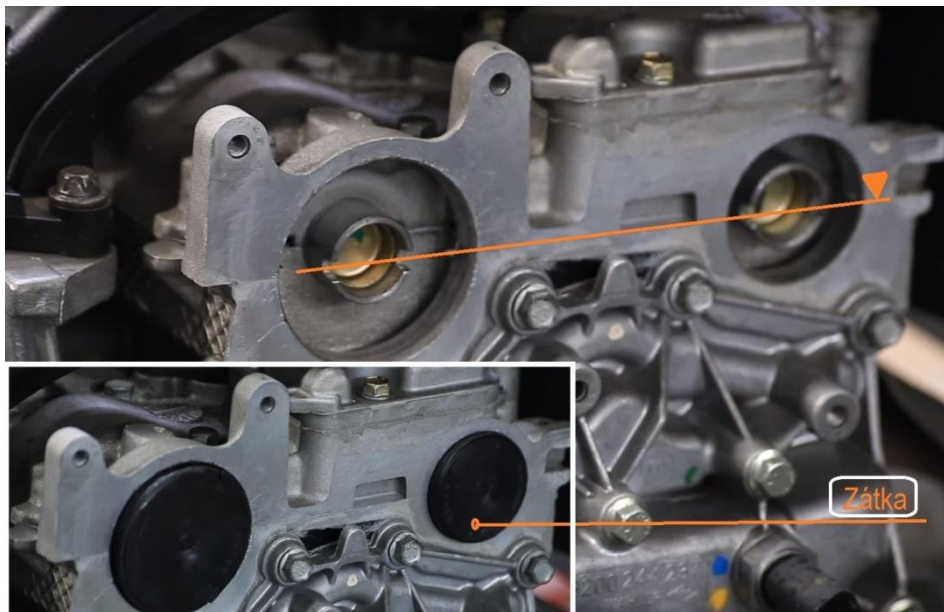
Následovně je aretační šroub klikové hřídele (TDC) zašroubován do závitu v bloku motoru a tam je opřen o klikovou hřídel, které znemožní natočení. Tato aplikace je znázorněna na obrázku (Obr. 7). Citlivým natáčením motoru je zjištěno, jestli je přípravek správně aplikován. Zde je důležité se pozastavit a soustředit pozornost na trn. U trnu je důležitá jeho délka od opěrné plochy k jeho vrcholu, kde dosedá na klikovou hřídel. Z hlediska budoucí technologie je také třeba věnovat pozornost rozměrům závitu (stoupání, průměr, délka) a vroubkování na úchyty přípravku (pro lepší držení).



Obr. 7 – Aplikace aretačního šroubu

<sup>4</sup> Horní úvrat' (TDC – anglicky Top Dead Center = horní mrtvá poloha) – označuje krajní polohu pístu ve válci, kdy je píst nejbližší hlavě motoru. V této poloze se píst na okamžik zastaví a opětovně zrychluje směrem k dolní úvratí.





Obr. 8 – Konce vačkových hřídelí a jejich zátky

Po aretaci klikové hřídele přichází na řadu zajištění natočení vačkových hřídelí pomocí přípravku Příložka. Příložka se aplikuje na opačné straně motoru, než se nachází rozvod motoru. Aby mohla být příložka umístěna, musí být odejmuty zátky vačkové hřídele (Obr. 8). Na obrázku (Obr. 8) je vidět čelní stranu hlavy motoru, jsou to vlastně dva obrázky přes sebe. Menší obrázek (v levém dolním rohu) znázorňuje stav se zátkami přes vačkové hřídele, větší je již bez zátek a lze na něm vidět konce vačkových hřídelí. Levá hřídel je pro sání a pravá pro výfuk. Na koncích vačkových hřídelí jsou vybroušeny drážky, avšak ne symetricky středem vačkové hřídele, nýbrž vyoseně. Při správném nastavení horní úvratě a správně nastavenému rozvodu z dob předchozích, by měly být výřezy ve vačkách v jedné rovině, což je zobrazeno na obrázku (Obr. 8). Výřezy jsou v poloze horní úvratě vyosené směrem dolů (menší půlkruh je směrem ke spodní části

Jsou-li výřezy vaček v jedné rovině, lze zavést příložku. Příložka se lehce zasadí do výřezů. Pokud je tomu jinak, rozvod je špatně nastaven a po sejmutí rozvodového řemene je nutno tuto skutečnost napravit. Odmontováním řemene se přeruší vzájemná vazba mezi vačkovými hřídelemi, a tak je možno obě hřídele natočit tak, aby přípravek zapadl do drážek. Nainstalovanou příložku v koncích vačkových hřídelí je vidět na přiloženém obrázku (Obr. 9?). Příložka se následně zajistí šroubem, aby nedošlo k jejímu náhodnému vysunutí.

Na příložce (Obr. 9) je významný rozměr břítu zasunutého do konců vačkových hřídelí. Ten je navržen tak, aby měl drobnou vůli a bylo ho možné zasunout. Dále rozteč obou břitů a poloha díry v opěrce, jíž prochází zajišťovací šroub. Tyto skutečnosti je třeba vzít v úvahu.



Obr. 9 – Aplikovaná příložka

V další fázi po aretaci klikové hřídele a hřídelí vačkových pokračuje demontáž:

- šroubu vodící kladky,
- vodící kladky,
- rozvodového řemene,
- matice napínací kladky,
- napínací kladky,
- rozvodové řemenice klikové hřídele,
- vodního čerpadla.

### 2.2.2 2. Etapa – montáž

Po demontáži opotřebovaných dílů nastává montáž nových dílů. V tuto chvíli jsou použity dvě ze tří částí přípravku, a to příložka a aretační trn. V případě, že je měněn pouze rozvod motoru, není zapotřebí využívat třetí část přípravku.

V této části práce na výměně rozvodu se provádí montáž:

- nového vodního čerpadla s těsněním,
- nové napínací a vodící kladky,
- nového rozvodového řemene,
- nového šroubu pro řemenici klikové hřídele.



Obr. 10 – Rozvodová sada

Tyto měněné položky jsou vyobrazeny na obrázku (Obr. 10). V levé části je vodní čerpadlo s těsněním. V pravé části je rozvodový řemen, napínací a vodící kladka, šroub řemenice klikové hřídele. V dolní části uprostřed jsou zátky vačkových hřídelí. Nad zátkami je přesuvník, který při samotné výměně rozvodu není nutné pokaždé nahrazovat.

Po montáži nových dílů se postupně odejmou oba přípravky a proběhne kontrola provedení a nastavení.

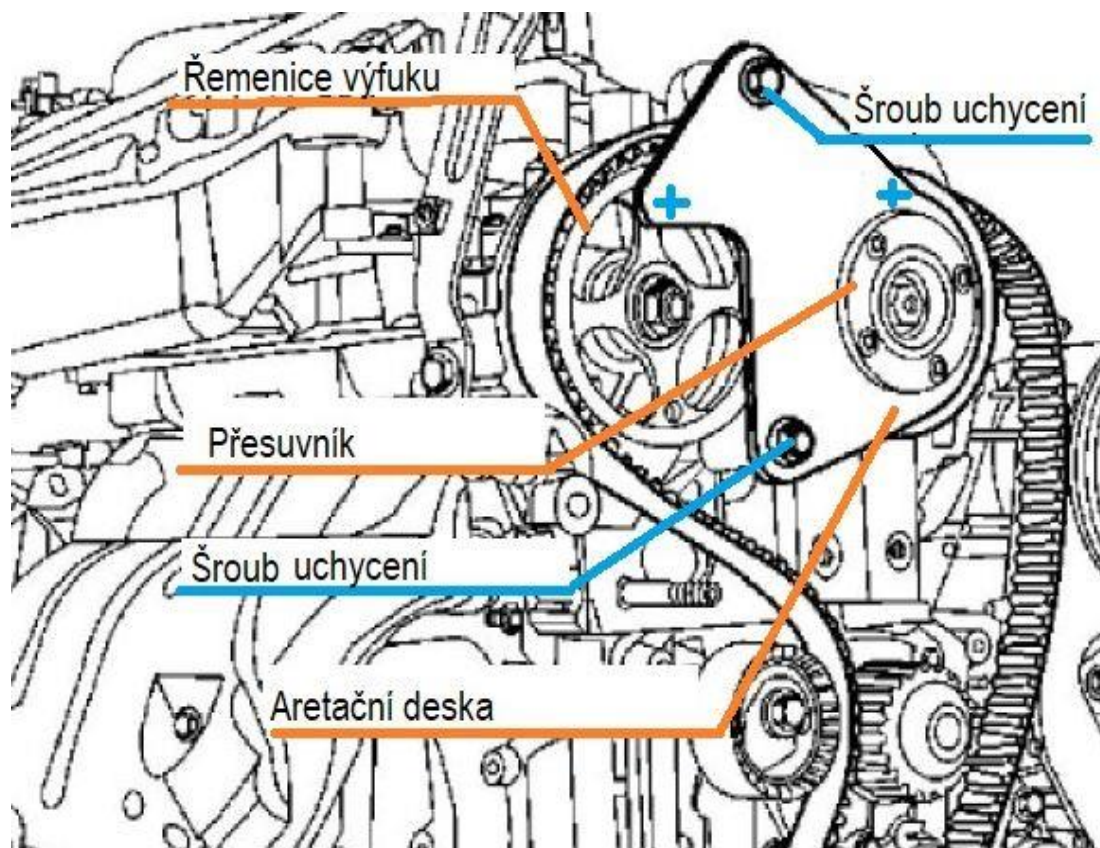
Ve finální fázi, pouze při výměně rozvodu (bez přesuvníku), následuje montáž:

- zátek vačkových hřídelí,
- zátky aretačního trnu,
- horního a spodního krytu rozvodu,
- řemenice klínového řemene (řemene příslušenství),
- řemene příslušenství,
- zapalovací svíčky,
- zapalovací cívky.

Třetí část přípravku, nazývaná Aretační deska polohy řemenic, se využívá v případě, že je měněn přesuvník nebo v případě nutnosti odmontování řemenice. Přesuvník je součástí

řemenice a slouží pro variabilní časování motoru. Dalším důvodem pro použití, může být výměna gufer na vačkové hřídeli, nebo v případě rozehrání celé hlavy motoru.

Nyní přichází na řadu již zmíněná aplikace třetí části přípravku. Jeho aplikaci lze vidět na obrázku (Obr. 11), jenž znázorňuje pohled do rozvodu. Aretační deska je zasunuta pomocí výstupků do řemenice výfukové vačky (vlevo) a sací řemenice vačkové hřídele (vpravo), na které je přesuvník. Místa výstupků jsou v obrázku naznačeny modrými křížky. Na obrázku (Obr. 11) je také vidět pohled na aretační desku z opačné strany. Aretační deska má dále dva otvory s pouzdry pro šrouby, které se zašroubují do bloku hlavy motoru.



Obr. 11 – Pohled na aplikovaný přípravek Aretační deska

V této fázi je zajištěno, že nedojde k vzájemnému pootočení sací a výfukové řemenice. Demontuje se přesuvník a opětovně se namontuje nový díl.

Zde je potřeba se opět pozastavit. Aretační deska má přesnou polohu trnů. Polohu je nutno v konstrukčním a technologickém návrhu zohlednit a dodržet. Uložení trnů je s vůlí z důvodu zaručení smontovatelnosti.

Když jsou všechny komponenty vyměněny a řemen vhodně napnut, jsou postupně demontovány všechny přípravky. Nejprve přípravek Aretační deska, poté přípravek Aretační šroub. Na závěr přípravek Příložka. Pro kontrolu správnosti provedení celé operace se otočí motorem a nastaví se zpět do horní úvratě. Lze-li přípravek Příložka zpět zasunout do výřezu ve vačkách, byla práce s velkou pravděpodobností provedena správně.

V poslední fázi proběhne montáž:

- zátek vačkových hřídelí,
- krytů rozvodu,
- zapalovací svíčky a cívky,
- zátky pro aretační trn

### 2.2.3 Výčet nejdůležitějších poznatků z aplikace přípravku

Nejdůležitější skutečnosti, které vyplývají z předchozího textu a které se promítnou do návrhu technologie, jsou vypsány v následujících odstavcích.

Nejdůležitější body výměny samotného rozvodu bez přesuvníku:

- nastavení horní úvratě,
- kontrola nastavení horní úvratě vůči značkám,
- zajištění klikové hřídele pomocí přípravku Aretační trn,
- zajištění natočení vačkových hřídelí přípravkem Příložka,
- demontáž použitých dílů rozvodu,
- montáž nových dílů,
- nastavení napnutí řemene,
- odejmutí přípravků,
- kontrola správného nastavení rozvodu.

Nejdůležitější body výměny rozvodu včetně přesuvníku:

- nastavení horní úvratě,
- kontrola nastavení horní úvratě vůči značkám,
- zajištění klikové hřídele pomocí přípravku Aretační trn,
- zajištění natočení vačkových hřídelí přípravkem Příložka,
- demontáž použitých dílů rozvodu,
- montáž nových dílů,
- zajištění vzájemného natočení řemenic pomocí přípravku Aretační deska,
- demontáž přesuvníku,
- montáž přesuvníku,
- nastavení napnutí řemene,
- odejmutí přípravků,
- kontrola správného nastavení rozvodu.

## 2.3 Reverzní inženýrství

Jak již bylo zmíněno, výkresová dokumentace původního návrhu není k dispozici. Pomocí reverzního inženýrství lze získat rozměry původního přípravku. Tyto rozměry jsou potřebné pro další úpravy a vůbec pro získání parametrů nutných pro návrh technologičnosti konstrukce, která se provádí kvůli novému návrhu přípravku. Ve stádiu, kdy bude zhodnocena



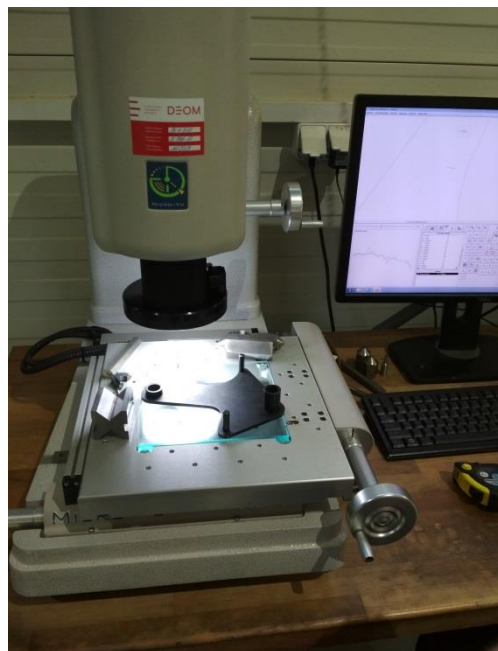
technologičnost konstrukce, budou vytvořeny modely nového návrhu a spolu s nimi i výrobní výkres.

*„Pojem reverzní inženýrství (dále RE) je obecně definován jako proces opačný proti běžnému inženýrskému procesu. V oblasti strojírenství je RE spojováno s technologiemi trojrozměrné digitalizace a označováno jako proces, jehož cílem je odvodit z měřeného fyzického objektu digitální model použitelný v běžných CAD systémech. Jedná se tedy o převod skenovaných polygonálních dat na data objemová nebo na plochy. Metody RE však neslouží pouze k získání digitální kopie již existujícího dílu, v současnosti jsou stále více využívány k zdokonalení vývoje výrobku a jeho výroby.“ [2]*

### 2.3.1 Postup reverzního inženýrství

Nejprve je součást změřena pomocí dostupných měřidel. K dispozici jsou jak modernější měřidla (3D optické měřicí zařízení), tak jednodušší měřidla (digitální posuvné měřítko, závitové měřky, spárové měřky). Naměřené rozměry jsou využity pro tvorbu 3D modelů. Pro originální návrh nebyla vytvořena výkresová dokumentace, jelikož rozměry je možno odměřit z modelů. Výrobní dokumentace je vytvořena pouze pro nový návrh.

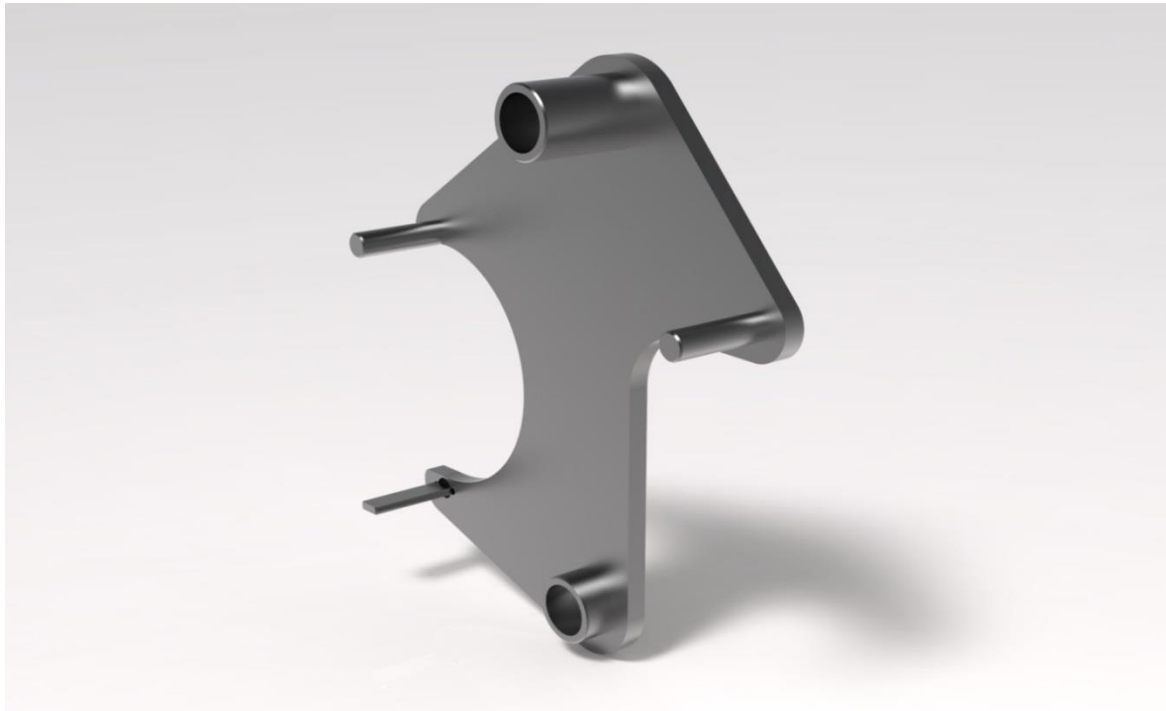
Aretační deska má tvarově složité plochy. Její konturu je potřeba získat na 3D optickém měřidle MICRO-VU SOL 161 (Obr. 12). Na 3D optickém měřidle se vynášejí jednotlivé body na konturu součásti. Tyto vynesené body se pronášejí křivkou a vytvářejí jakýsi náčrt o totožných rozměrech a tvarech s měřenou součástí. Tato data jsou vyexportována ve formátu AutoCAD Drawing Interchange (dxf<sup>5</sup>) a lze je využít jako vstupní data pro program Autodesk Inventor. V programu Autodesk Inventor jsou spojeny vynesené křivky a následně je vytvořen model ve formátu (ipt<sup>6</sup>). Render modelu, vytvořený v programu Key Shot, je na obrázku (Obr. 13).



Obr. 12 – Získávání rozměrů optickým měřením

<sup>5</sup> DXF (Drawing Exchange Format) – formát vyvinutý firmou Autodesk, jenž umožňuje výměnu dat mezi AutoCADem a dalšími programy.

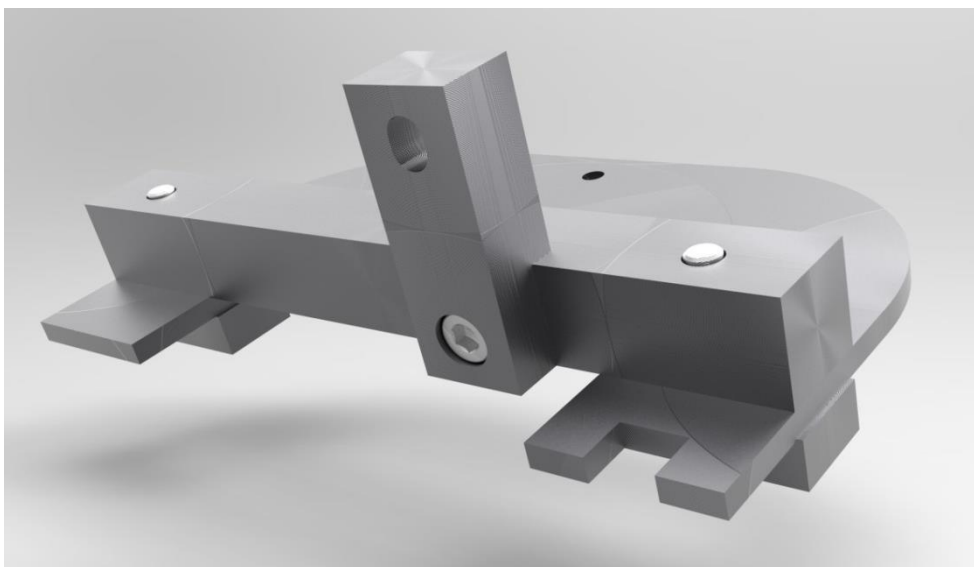
<sup>6</sup> IPT – Inventor part (Autodesk) je formát, ve kterém jsou uložena data jednotlivých součástí v programu Autodesk Inventor.



Obr. 13 – Render modelu Aretační deska

Díly vystupující z desky (oba čepy, oba válečky a praporek) se měří digitálním posuvným měřítkem Mitutoyo 150. Po získání těchto rozměrů jsou také vytvořeny 3D modely jednotlivých dílů (ipt) a z nich udělána sestava ve formátu (iam<sup>7</sup>).

Získání délkových rozměrů Příložky (Obr. 14) lze zajistit posuvným měřítkem Mitutoyo 150. Tolerance funkčních ploch je zjištěna použitím spárových měrek. Velikost tolerance je změřena tím, že se Příložka zasunula do výřezu ve vačkách na motoru a pomocí spárových



Obr. 14 – Render modelu původní Příložky

<sup>7</sup> IAM – Inventor assembly (Autodesk) je formát, ve kterém jsou uložena data sestavy v programu Autodesk Inventor.

měrek byla zjištěna vůle. K této vůli je přihlíženo v návrzích technologičnosti konstrukce. Pro zjištění rozměrů a stoupání závitů šroubů jsou použity závitové měrky a kalibry. Součást tvoří osm dílů a u všech je nutné zjistit rozměry. Po získání všech rozměrů jsou vytvořeny modely (ipt) a vytvořena sestava (iam).

Rozměry Aretačního šroubu (Obr. 15) se měří obdobnými měřidly jako u Příložky. Délkové rozměry jsou získány posuvným měřítkem Mitutoyo 150, rozměry závitů jsou zjištěny závitovými kalibry a závitovými měrkami. Získané rozměry se použijí pro tvorbu modelu (ipt). Důležitými rozměry jsou délka a průměr dřívku, které jsou tolerovány. Jelikož je k výřezu v klikové hřídeli obtížný přístup, byla tato tolerance určena pomocí měření a odhadu, a to na základě zkušenosti a konverzace s mechanikem.



Obr. 15 – Render modelu Aretačního šroubu

### 3 Analýza výrobních možností

Standardně by bylo vhodné, aby analýza technologičnosti konstrukce byla jednou z úvodních kapitol práce zabývající se technologií výroby nějakého výrobku. Ale z důvodu omezených výrobních možností se byla kapitola Technologičnost konstrukce zaměněna s kapitolou Analýza výrobních možností.

Výroba přípravku je předběžně dohodnuta se dvěma firmami, které disponují omezeným výběrem výrobních zařízení. K tomu je potřeba přihlídnout při hodnocení technologičnosti konstrukce, protože během tohoto hodnocení bude pravděpodobně nutné navrhovat nějaké úpravy tak, aby bylo možno výrobu přípravku realizovat prostředky, které jsou k dispozici.

#### 3.1 Výrobní stroje

Portfoliu strojů je přizpůsobena technologie výroby. Výrobní stroje jsou základním výrobním prostředkem, který určuje charakter výroby, proto je vhodné s ním začít.

Náš výběr strojů lze rozdělit do tří skupin dle jejich technické vyspělosti. A to od nejmodernějších, jako je CNC soustružnicko-frézovací centrum a 2D řezací laser, přes 3D

ohraňovací lis a 3D optické měření až po běžné konvenční stroje. Každý ze strojů má své výhody, které je snaha využít, i nevýhody, kterým je snaha se vyhnout a nahradit jinými metodami. V následujícím textu je také doplněno vybavení stroje pro upnutí a pro řezání.

### 3.1.1 Soustružnicko-frézovací centrum Hyundai Wia L230LMSA

Jedná se o stroj primárně určený pro soustružení, který disponuje také frézovacím vřetenem. Kromě toho je vybaven protivřetenem a systémem na monitorování nástrojů. V další výbavě jsou také krom dopravníku na třísku i prvky, které usnadňují práci obsluze, jako například ofukovací zařízení nebo pedál na upínání vřetene. Nevýhodou tohoto pracoviště je relativně složitá příprava výroby, která není pro kusovou výrobu příliš vhodná, ve srovnání s konvenčním soustruhem. Výhodou je naopak schopnost obrobit i složité součásti přesných rozměrů, a to díky kombinaci soustružení a frézování. Jednotlivé parametry jsou vypsány v tabulce (Tabulka 1).

Tabulka 1 – Parametry CNC obráběcího centra Hyundai Wia L230LMSA

Hyundai-Wia L230LMSA	
CNC soustružnické centrum s protivřetenem. (chladicí systém, zásobník na nástroje, systém na monitorování nástrojů, dopravník na třísku)	
Průměr sklíčidla hlavního vřetena	210 [mm]
Průměr sklíčidla protivřetena	160 [mm]
Maximální průměr tyče	65 [mm]
Otáčky hlavního vřetena	4000 [ot/min]
Otáčky protivřetena	5000 [ot/min]
Zdvih (X/Z)	210/555 [mm]
Rychloposuvy (X/Z)	36/36 [m/min]
Počet nástrojů	12 [-]
Hmotnost stroje	5000[kg]
Motor (hlavní vřeteno)	15 [kW]

CNC obráběcí centrum Hyundai Wia L230LMSA je zobrazeno na obrázku (Obr. 16). V levé



Obr. 16 – Hyundai Wia L230LMSA

části v popředí je automatický tyčový podavač, který ústí do obráběcího CNC centra. CNC obráběcí centrum je celé kapotované z důvodu bezpečnosti pracovníka a čistoty na pracovišti.



V pravé části obrázku je ovládací panel pro obsluhu stroje. Za panelem obsluhy (úplně vpravo) je dopravník a kontejner na třísku.

Stroj je osazen běžnou paletou nástrojů. Jako jsou stranové, zapichovací, upichovací, tvarové nože a to jak venkovní tak vnitřní. Dále je ho možné osadit frézami do frézovací hlavy. Pro vrtání je vybaven vrtáky, výhrubníky a výstružníky. K dispozici je celá řada možností výběru upínačů a nástrojů.

### 3.1.2 2D řezací stroj Trumpf TruLaser 5030 fiber

Laserový řezací stroj Trumf TruLaser 5030 fiber je určen na řezání plechu z oceli a jiných kovů do síly materiálu až 40 [mm]. Jedná se o pevnolátkový laser. Parametry stroje Trumpf TruLaser 5030 fiber jsou v tabulce (Tabulka 2). Ta je rozdělena na tři části podle druhu zdroje laseru, a to na Trudisk 4001, Trudisk 6001, Trudisk 8001. Trudisk 8001 má například nejvyšší příkon, 8000 W, což se projevuje na tom, jakou maximální sílu plechu je možno řezat. Maximální síly řezaného materiálu jsou též zobrazeny v tabulce (Tabulka 2).

Tabulka 2-Parametry laseru Trumpf TrueLaser 5030

Trumpf TruLaser 5030 fiber	
2D laserový řezací stroj.	
Maximální rychlost	265 [m/min]
Pracovní rozsah osa X	3000 [mm]
Pracovní rozsah osa Y	1500 [mm]
Max. hmotnost obrobku	900 [kg]
<b>Trudisk 4001</b>	
Výkon laseru	4000 [W]
Max. síla plechu, konstrukční ocel	25 [mm]
Max. síla plechu, ušlechtilá ocel	20 [mm]
Max. síla plechu, hliník	15 [mm]
Max. síla plechu, měď	8 [mm]
Max. síla plechu, mosaz	8 [mm]
<b>Trudisk 6001</b>	
Výkon laseru	6000 [W]
Max. síla plechu, konstrukční ocel	25 [mm]
Max. síla plechu, ušlechtilá ocel	25 [mm]
Max. síla plechu, hliník	25 [mm]
Max. síla plechu, měď	10 [mm]
Max. síla plechu, mosaz	10 [mm]
<b>Trudisk 8001</b>	
Výkon laseru	8000 [W]
Max. síla plechu, konstrukční ocel	25 [mm]
Max. síla plechu, ušlechtilá ocel	40 [mm]
Max. síla plechu, hliník	25 [mm]
Max. síla plechu, měď	10 [mm]
Max. síla plechu, mosaz	10 [mm]

Na obrázku (Obr. 17) je zobrazen 2D laser Trumpf TruLaser 5030 fiber. Jedná se o vnější pohled na zakrytovaný stroj. V popředí se nachází panel pro obsluhu. V pozadí je částečně zobrazen dopravník na plechové tabule.



Obr. 17 – Trumpf TruLaser 5030 fiber

### 3.1.3 Soustruh TOS SN 40 B

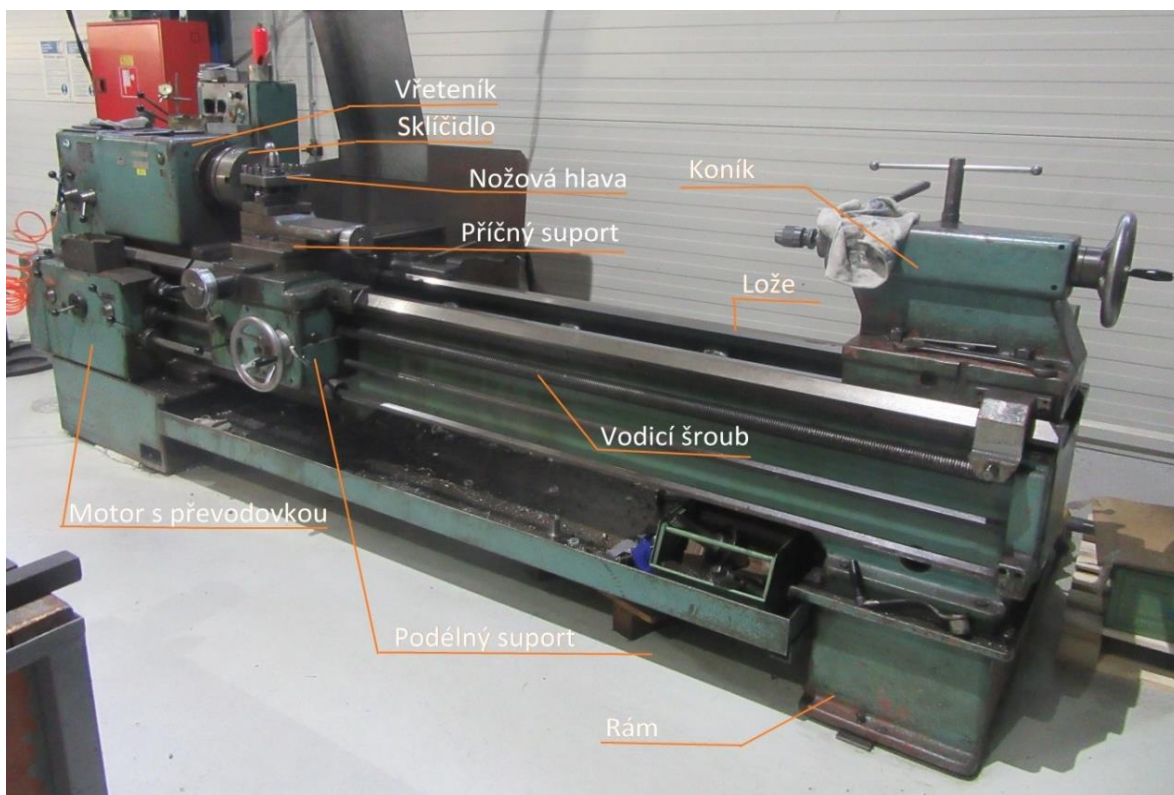
Soustruh TOS SN40 B slouží k obrábění rotačních součástí. Je vhodný na obrábění čelních ploch, na podélné soustružení, soustružení vnitřních ploch, vrtání, závity. Mimo jiné je vybaven podpěrným koníkem a osazen 5,5 kW elektromotorem. Univerzální hrotový soustruh je vhodný pro kusovou výrobu. Práce na něm nevyžaduje zdlouhavou přípravu pracoviště. Jeho nevýhoda je menší přesnost než u číslicově řízených strojů. Méně vhodný pro sériovou výrobu. Parametry univerzálního hrotového soustruhu TOS SN 40 B jsou zobrazeny v tabulce (Tabulka 3).

Tabulka 3 – Parametry univerzálního hrotového soustruhu TOS SN 40 B

TOS SN 40 B	
Univerzální hrotový soustruh.	
Průměr sklíčidla	250 [mm]
Oběžný průměr nad ložem	500 [mm]
Oběžný průměr nad suportem	270 [mm]
Průměr upínací desky hladké	500 [mm]
Průměr upínací desky čtyřčelist'ové	420 [mm]
Vzdálenost hrotů	1500 [mm]
Vrtání vřetena	50,8[mm]
Největší průřez nože	30 × 20 [mm]

Otáčky vřetena 1. řada	45-2000 [mm]
Otáčky vřetena 2. řada	22-1000 [mm]
Posuvy (podélné / příčné)	0,05-6,4 / 0,025-3,2 [mm/ot]
Závity metrické se stoupáním	0,5-40 [mm]
Závity Whitworthovy	-
Vodící šroub (průměr / stoupání)	40/6 [mm]
Motor	Elektromotor 5,5 [kW]
Hmotnost stroje	1715 [kg]
Rozměry stroje (délka / šířka)	1100 / 3075

Soustruh TOS SN 40 B je na obrázku (Obr. 18). Skládá se z rámu (spodní část soustruhu), dále z motoru a převodovky (v levé části), vřeteníku (horní levá část), sklíčidla, loží, příčného a podélného suportu, nožové hlavy, koníku a dalších částí.



Obr. 18 – Soustruh TOS SN 40 B

### 3.1.4 Universální frézka TOS FA 2U

TOS FA2H je univerzální frézka, jež se používá pro frézování rovinných ploch, vrtání, vystružování. Je určena především pro menší série, což je v případě výroby našeho přípravku ideální. Výrobě nemusí předcházet složitá příprava, ale je nutná zkušená obsluha stroje. O roztočení vřetena se stará 4,5 kW elektromotor, který je převodován, pro vhodné otáčky vřetena při obrábění. Rozsah otáček vřetena je od 20 do 630 [ot/min]. Parametry univerzální frézky TOS FA 2U jsou zapsány v tabulce (Tabulka 4).

Tabulka 4 – Parametry stroje TOS FA 2U

TOS FA 2U	
Univerzální frézka. (automatický posuv stolu, chlazení, kužel ve vřeteni ISO40)	
Průměr sklíčidla	250 [mm]
Upínací plocha stolu	300 × 1350 [mm]
Podélný pohyb stolu (strojní)	680 [mm]
Příčný pohyb stolu (strojní)	300 [mm]
Svislý pohyb stolu (strojní)	400 [mm]
Otáčky vřetena (16 stupňů)	20-630 [ot/min]
Posuvy	10-790[mm/min]
Motor	Elektromotor 4,5 [kW]
Hmotnost stroje	1960[kg]
Rozměry stroje (délka / šířka)	1900 / 1750

Univerzální frézka TOS FA 2U (Obr. 19) se skládá ze základny a stojanu, což tvoří tělo stroje. Dále z příčných saní, podélného stolu, konzole, kalkulátoru (nastavení otáček), vřeteníku, vřetena, motoru s převodovkou a dalších částí.



Obr. 19 - TOS FA 2U

### 3.1.5 VRTAČKA SLOUPOVÁ VS 32 B

Sloupová vrtačka VS 32 B je určena pro vrtání, vystružování a řezání závitů v kusové a sériové výrobě. Vrtačka je osazena reverzační hlavou. Lze použít automatický posuv vřetena, který lze v průběhu práce kdykoliv deaktivovat. O pohon se stará elektromotor o výkonu 2,2 [kW]. Maximální vrtací průměr je 32 [mm]. Kužel ve vřetenu je Morse 4. Parametry stroje jsou uvedeny v následující tabulce (Tabulka 5).

Tabulka 5 – Sloupová vrtačka VS 32 B

VS 32 B	
Sloupová vrtačka. (ukazatel hloubky vrtání, doraz hloubky vrtání, výškově nastavitelný stůl a vřeteník, ruční/strojní posuvy, chlazení)	
Maximální vrtací průměr do oceli	32 [mm]
Vrtací hloubka	200 [mm]
Kužel ve vřetenu	MORSE 4
Upínací plocha stolu (vodorovně)	400 × 316 [mm]
Upínací plocha stolu (svisle)	510 × 200 [mm]
T-drážky	3 x šířka 14 [mm], rozteč 112 [mm]
Vzdál. vřet. od up. pl. stolu (max/min)	630 / 0[mm]
Svislý pohyb vřeteníku	360 [mm]
Svislý pohyb konzoly se stolem	440 [mm]
Otáčky – počet stupňů	15
Otáčky – rozsah otáček	56-2240 [ot/min]
Směr otáčení vřetene	pravý / levý
Posuv – počet stupňů	4
Posuv – rozsah posuvů	0,11 – 0,45 [mm/ot]
Motor	Elektromotor 2,2 [kW]
Hmotnost stroje	700 [kg]
Rozměry stroje (délka / šířka)	620 / 1130

Konstrukci sloupové vrtačky VS 32 B (Obr. 20) tvoří litinová základna, ze které vychází ocelový sloup, na němž je otočně upevněn vřeteník a konzola se stolem. Vřeteník a konzola jsou svisle přestavitelné a otočné o 360 stupňů kolem sloupu. Výškový posuv samotného vřetena se ovládá pomocí posuvové páky. Vrtání lze provádět v případě, že se otáčí vřeteno na nastavené otáčky a posuvovou pákou se mění výška vřetena vůči obráběné součásti. Vedle posuvové páky se nachází závitová tyč, která je propojena s vřetenem. Na této závitové tyči lze nastavit pomocí matice doraz pro vrtání do potřebné hloubky. Vrtačka je dále osazena elektromotorem, jenž zajišťuje pohon stroje. Krouticí moment a otáčky se regulují převodovkou. Díky ní lze nastavit rozsah otáček (páka vlevo nahoře) na 56–2240 [ot/min].





Obr. 20 – Sloupová vrtačka VS 32 B

### 3.1.6 Ohraňovací lis Trumpf TruBend 5050

CNC ohraňovací lis slouží k přesnému ohýbání součástí. Lze vyrobit i vícenásobně ohýbaný díl. Přesnost ohybu kontroluje laserová sensorika. Ohraňovací lis Trumpf TruBend 5050 je poloautomatický stroj, jeho parametry jsou vypsány v tabulce (Tabulka 6). Ohýbá plechy o síle až 6 [mm] a přibližné šířce plechů až 1270 [mm] silou až 50 [kN]. Ohyb provádějí speciálně navržené razníky a matrice různých parametrů, rádiů a šířek podle potřeby ohybu. Přesnost ohybu se pohybuje okolo  $\pm 3^\circ$ . Stroj lze vybavit nepřeberným množstvím nástrojů a doplňků, jako jsou upínky, rádiusové nástroje, nástroje tvaru Z, lemovací nástroje a další.

Tabulka 6 – Parametry Trumpf TruBend 5050

Trumpf TruBend 5050	
Ohraňovací lis. (doraz ve čtyřech osách)	
Rychlost rychloposuvu	220 [mm/s]
Rychlost zpětná	220 [mm/s]
Rychlost pracovního posuvu	10 - 20 [mm/s]
Maximální pracovní síla	50 [kN]
Maximální síla ohýbaných dílů	6 [mm]
Maximální délka ohýbaných dílů	1275 [mm]
Maximální vzdálenost stůl - beran	500 [mm]
Vzdálenost mezi sloupy	1040 [mm]

Zdvih	215 [mm]
Hmotnost stroje	4900 [kg]
Rozměry stroje (délka / šířka / výška)	2190 / 1740 / 2375 [mm]

Zmíněný ohraňovací lis Trumpf TruBend 5050 (Obr. 21) je stroj velkých rozměrů. Pro obsluhu stroje je vybaven ovládacím panelem (na obrázku v pravé části). Pro lis je důležitá

















Obr. 21 - Ohraňovací lis Trumf TruBend 5050

masivní základna, jež zabrání chvění a vydrží zatížení. Proto je i hmotnost stroje vysoká, a to 4900 [kg]. Matrice (prizmata) jsou umístěné na stole s drážkou a lze je tak přesouvat v příčném směru, nebo lze umístit více matic vedle sebe a využívat je postupně. Obdobně to platí u raznic, které jsou na pohyblivé části lisu. Pohyblivá část lisu dokáže vyvodit zatížení až 50 [kN]. Razník (na pohyblivé části) zatíží plech v místě daném dorazem a ten se podle jeho tvaru a tvaru prizmatu ohne na požadované rozměry. Součástí stroje je také pohyblivý doraz, který má schopnost nastavení ve čtyřech osách.

### 3.1.7 Pásová pila BOMAR 275.230 DG

Pásová pila je univerzální řezací stroj s možností řezání materiálu pod úhlem. Rozsah úhlových řezů je od +60 do -45 stupňů. Pila disponuje hydraulickou regulací rychlosti posuvu ramene. Rychlost pilového pásu je nastavitelná ve dvou rychlostech, 40 nebo 80 [m/min]. Pro kvalitní řez je nutné vhodně nastavit rychlost posuvu ramene vůči rychlosti pásu a zohlednit druh řezaného materiálu. Přítlak do řezu je zajištěn hmotností samotného ramene. Upnutí materiálu v excentrickém upínači. Přesné nastavení délky lze zajistit dorazem, jehož součástí je uvolňovací zařízení zabraňující vzpříčení odřezávaného materiálu. Součástí pásové pily je i nepoháněný válečkový dopravník pro delší tyče. Parametry pásové pily BOMAR 275.230 DG jsou vyplněny v tabulce (Tabulka 7).

Tabulka 7 – Parametry pásové pily BOMAR 275.230 DG

BOMAR 275.230 DG																															
Pásová pila. (hydraulická regulace rychlosti, excentrický nastavitelný upínač, doraz s uvolňovacím zařízením, kartáče na očištění pilového pásu, válečkový dopravník, okruh pro chlazení řezu)																															
Rychlost pilového pásu	40 / 80 [m/min]																														
Nejmenší řezaný průměr	5 [mm]																														
Délka nejkratšího zbytku	20 [mm]																														
Rozměry pilového pásu	2720 × 27 × 0,9 [mm]																														
Maximální rozměry polotovarů	<table border="1"> <thead> <tr> <th colspan="5">ERGONOMIC 275.230 DG</th> </tr> <tr> <th></th> <th></th> <th></th> <th></th> <th></th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>0°</td> <td>230</td> <td>275 × 200</td> <td>250 × 230</td> <td>230 × 230</td> </tr> <tr> <td>45° R</td> <td>190</td> <td>190 × 160</td> <td>180 × 230</td> <td>190 × 190</td> </tr> <tr> <td>45° L</td> <td>170</td> <td>185 × 100</td> <td>90 × 230</td> <td>150 × 150</td> </tr> <tr> <td>60° R</td> <td>120</td> <td>120 × 85</td> <td>120 × 85</td> <td>85 × 85</td> </tr> </tbody> </table>  1,1/1,5 kW  2720 × 27 × 0,9 mm	ERGONOMIC 275.230 DG										0°	230	275 × 200	250 × 230	230 × 230	45° R	190	190 × 160	180 × 230	190 × 190	45° L	170	185 × 100	90 × 230	150 × 150	60° R	120	120 × 85	120 × 85	85 × 85
ERGONOMIC 275.230 DG																															
																															
0°	230	275 × 200	250 × 230	230 × 230																											
45° R	190	190 × 160	180 × 230	190 × 190																											
45° L	170	185 × 100	90 × 230	150 × 150																											
60° R	120	120 × 85	120 × 85	85 × 85																											
Motor	Elektromotor 1,5 [kW]																														
Hmotnost stroje	310 [kg]																														
Rozměry stroje (délka / šířka / výška)	640 / 1400 / 1270																														

Pásová pila BOMAR 275.230 DG (Obr. 22) je tvořena krytovanou základnou. Pod krytem se nachází chladicí hospodářství (filtrace, čerpadla, vedení). Na základně je na otočném čepu usazeno rameno pily, na němž je umístěn elektromotor o výkonu 1,5 [kW], který pohání pilový pás o rozměru 2720 × 27 × 0,9 [mm]. Součástí ramene je také napínací zařízení



Obr. 22 – Pásová pila BOMAR 275.300 DG

pilového pásu a vývody chlazení. V levé části obrázku je vidět ovládací panel pro obsluhu stroje, kde se spouští pohon pilového pásu a otočným ovladačem se nastavuje rychlost spouštění ramene. Ta je řízena hydraulickým pístem, jenž je také vidět na obrázku. Další



součástí pily je upínací excentr pro upnutí řezaného materiálu a stavitelný doraz pro nastavení přesné délky. V horní části obrázku (v oblasti za pásovou pilou) je vidět část válečkového dopravníku.

## 3.2 Měřicí zařízení

### 3.2.1 3D optické měřicí zařízení MICRO-VU SOL 161

Přístroj MICRO-VU SOL 161 slouží k 3D měření. Pracuje na podobném principu jako digitální profilprojektor. Zdroj světla nasvěcuje měřený objekt, proti zdroji světla se nachází kamera, která snímá obraz. Měřený předmět vytvoří stín. Tento stín přenese kamera do PC. Pomocí čoček lze stín zvětšovat. Na obrazovce lze vidět přesný obrys tělesa, na který je možné pokládat body a měřit jejich vzdálenost. V tabulce (Tabulka 8) jsou zobrazeny některé parametry tohoto měřicího přístroje.

Tabulka 8 – Parametry MICRO-VU SOL 161

MICRO-VU SOL 161	
3D optické měřidlo.	
Měřicí rozsah X	160–315 [mm]
Měřicí rozsah Y	160–315 [mm]
Měřicí rozsah Z	160–250 [mm]
Přesnost X	3 [μm]
Přesnost Y	3 [μm]
Přesnost Z	3 [μm]

3D optické měřicí zařízení MICRO-VU SOL 161 je v levé části obrázku (Obr. 23). Skládá se



Obr. 23 – MICRO-VU SOL 161

z rámu, na němž je suport, který je možno posouvat v příčném i podélném směru (X a Y osa). Nad suportem je prosklená pracovní deska, pod níž je dutý otvor s osvětlením a odrazným zrcadlem, to z důvodu možnosti nasvítit měřený objekt. Další částí je sloup se snímací kamerou, čočkami a osvětlením. Obraz z kamery se přenáší do PC, kde se vyhodnocuje měření (v pravé části obrázku).

## 4 Posouzení technologičnosti konstrukce

Technologičnost konstrukce je v této práci velmi důležitou kapitolou. Je to dáno skutečností, že v daných výrobních podmínkách s konkrétními výrobními prostředky je nutno zajistit co nejefektivnější výrobu, kvůli čemuž je nutno pozměnit koncepci výrobku, při zachování jeho funkčnosti. Tradičně se však technologičnost chápe tak, jak je to vyjádřeno v Metodice projektování výrobních procesů: *„Technologičnost konstrukcí (TK) je dána souhrnem vlastností technickoekonomického charakteru, které mají zajistit optimální podmínky nejen z hlediska funkce, spolehlivosti, životnosti výrobku a jeho jednotlivých součástí, ale musí také v plné míře respektovat hledisko efektivnosti výroby, tj. dosáhnout minimální spotřeby všech hmotných zdrojů a živé práce a max. využití výrobních prostředků. Technologičnost je však relativní vlastnost výrobku, protože je vždy ovlivněna konkrétními podmínkami především výrobního procesu.“* [3]

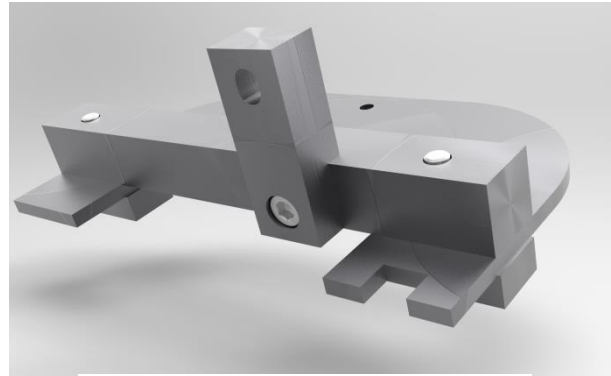
Z toho vyplývá, že v hodnocení TK je přihlíženo k vlastnostem, jako je funkce, spolehlivost, životnost, ale i ušetření práce a přírodních zdrojů, možnost recyklace, a dalším vlastnostem, jež lze dodatečně specifikovat.

Výstupem technologičnosti jsou konstrukční úpravy, volba materiálu, volba polotovaru, likvidace a další důležité vlastnosti. Asi nejdůležitější vlastností je zachování funkčnosti výrobku. Na základě získaných znalostí z technologičnosti konstrukce a předchozích kapitol je možno vytvořit modely všech částí přípravku a následně výrobní výkresy, jež jsou přiložené v jednotlivých přílohách. Nový návrh přípravku je v této kapitole možno porovnat s původním na přiložených obrázcích. Podobu a popis původního přípravku je také možno najít v kapitole Dosavadní podoba přípravku.

### 4.1 Příložka

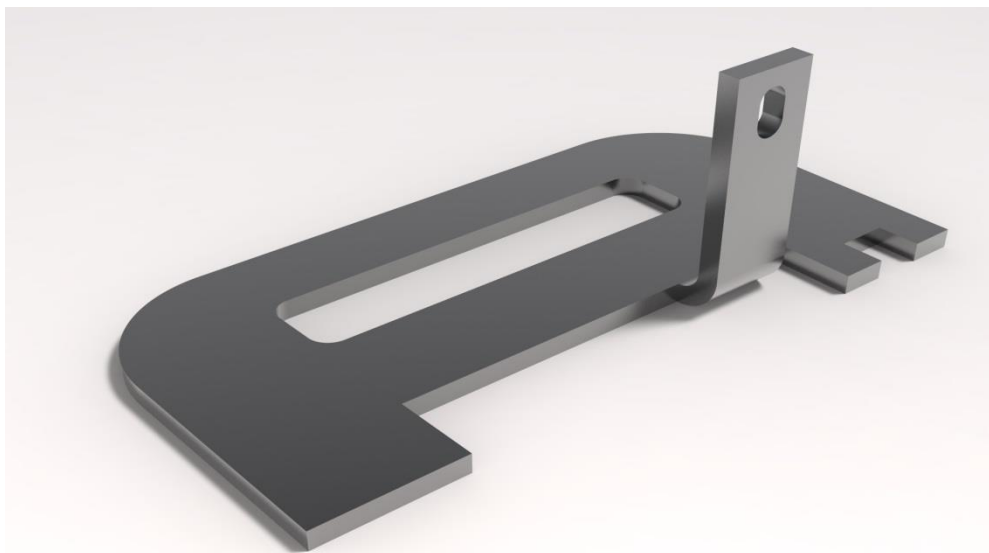
Příložka byla v původním návrhu koncipována jako soustava osmi součástí. Postupnou záměnou a eliminací jednotlivých dílů se ukázalo, že lze zjednodušit součást až na jednu jedinou součást. Již bylo zmíněno, že nejsou k dispozici výrobní výkresy původního přípravku, proto se rozměry získávaly pomocí zpětného inženýrství (rozebráno v kapitole 2.3). Na základě zpětného inženýrství a s přihlédnutím k výsledkům této kapitoly, byl vytvořen nový model, který je zobrazen na obrázku (Obr. 25). Stejným způsobem byly vytvořeny modely součástí Aretační šroub (Obr. 27) a Aretační deska (Obr. 29). Z modelů a z vyhodnocení technologičnosti je následně vytvořen výrobní výkres, jenž je součástí přílohy (Příloha A – BPV 1001).

Pro srovnání vytvořených změn je na tomto místě k nahlédnutí jak původní (Obr. 24), tak i nový návrh (Obr. 25). Na první pohled lze vidět na novém návrhu eliminaci prvků oproti původnímu, dále změnu technologie výroby. Je důležité zachovat funkční plochy a to jsou u Příložky dva vystouplé jazýčky, které zapadají do výřezů ve vačkách, a dále pak doraz (na novém návrhu vertikálně ohnutá část od základny), který navíc zajistí příložku k hlavě motoru. Zbylé části propojují funkční plochy a otvor uvnitř umožňuje úchop Příložky.



Obr. 24 - Dosavadní (původní) podoba  
Příložky

Materiálem pro součást je zvolena konstrukční ocel S355 J2, obdoba ČSN 11503.0. Jedná se o nelegovanou jakostní konstrukční ocel. Materiál je velmi dobře dostupný, protože ve firmě, která výrobu provede, je vůbec nejpoužívanějším materiálem.



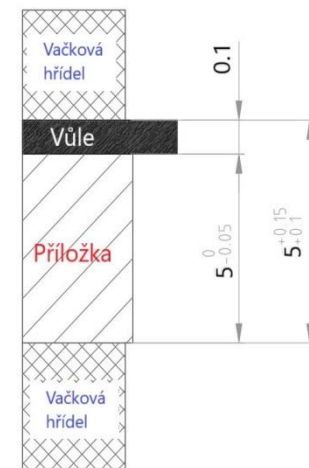
Obr. 25 – Model nového návrhu Příložky

Součást Příložka je již navržena tak, aby mohla být vyříznuta technologií 2D laseru a následně ohnuta na 3D ohraňovacím lisu. Pro technologii 2D laseru se používá jako polotovar plech o síle, kterou má již hotový výrobek. Předpis polotovaru je P5 – 190 × 160 ČSN 42 5310. Pro kusovou výrobu lze zvolit dva přístupy. Prvním přístupem je použití zbytkového plechu vhodného rozměru, aby bylo možné součást doplnit o přídavky pro výrobu. Druhým přístupem je vložení součásti s přídavky na nový formát plechu pro 2D laser mezi další součásti, které jsou zakázkami firmy.

Přídavky materiálu jsou z hlediska tvaru výrobku vhodné. Žádné technologické přídavky na součásti nejsou, protože pro možný výběr technologie výroby nejsou potřebné. Jsou potřebné jen na velikost formátu, ale to řeší až přímo ve výrobě pracovník, který rozmístuje součást na plech.

Tvary jednotlivých ploch u Příložky, která je již redukována na jednu součást, jsou v podstatě dané tvarem kontury plechu. Tak to je možno vyrobit na nějakém řezacím stroji. Vzhledem ke skutečnosti, že má obrobek sílu 5 [mm], je laserový řezací stroj, jímž firma disponuje, velmi vhodnou možností výroby. Součást má nicméně jeden ohyb. Ten lze vyrobit 3D ohraňovacím zařízením, nebo případně na ručním pracovišti, kde však není jistota přesného ohybu.

Rozměry funkčních ploch jsou získány tak, že je změřena původní příložka, která má v jazýčkách sílu 5 [mm]. Dále je potřeba zjistit toleranci tohoto rozměru. To se zjistí tak, že je původní příložka zasunuta do motoru (do výřezů ve vačkových) a pomocí spárových měrek je vymezena vůle. Vůli vymezila měrka o síle 0,1 [mm]. Hodnotu této vůle je důležité dodržet, jako minimální vůli pro montáž přípravku. Předpoklad pro toleranci při výrobě drážky vačkových hřídelí motoru je 0,05 [mm]. Z toho, za předpokladu dodržení vůle minimálně 0,1 [mm], vyplývá, že předpis tolerancí pro výřez ve vačkových hřídelích je  $5^{+0,15}_{+0,10}$  [mm] a předpis pro toleranci Příložky je  $5^{-0}_{-0,05}$  [mm]. Přehled rozměrů je zobrazen na obrázku (Obr. 26), kde je zakótovaná minimální vůle 0,1 [mm], kterou je nutno dodržet a dále pak rozměry Příložky a předpokládaný rozměr výřezu ve vačkách. Jelikož se ale jedná o kusovou výrobu, jsou uvažovány dodatečné dopasování a drobná úprava přímo na motoru. S dopasováním souvisí i dodatečná úprava kvality povrchu.



Obr. 26 - Zobrazení vůle mezi příložkou a vačkovým hřídelem

Jednotlivé plochy součásti lze bezproblémově vyrobit. V první fázi řeže laserový paprsek v rozvinutém stavu příložky. Všechny plochy jsou pro něj přístupné a není tedy důvod, aby paprsek neobrobil všechny plochy. Otvor v opěrce není tolerován a jeho výrobu provede také laserový paprsek. Dále je součást ohnuta čelistí ohraňovacího lisu. Čelist také má dostatek prostoru. Plochy jsou tedy dobře přístupné jak pro obrábění, tak pro případné povrchové úpravy (lakování, leštění apod.) a kontrolu. Rozměry dle výkresu jsou snadno měřitelné dostupnými měřidly a to jak 3D optickým měřením, tak posuvným měřítkem.

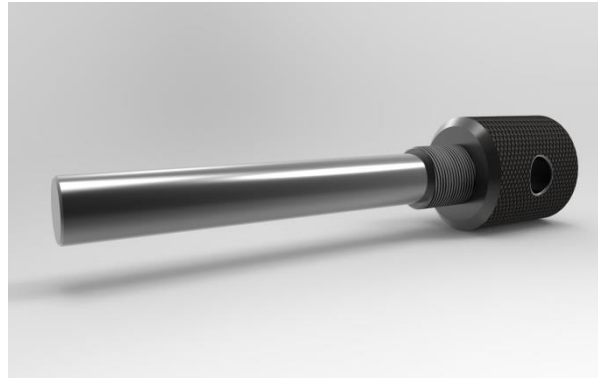
Obrobek není nadměrné velikosti, jeho rozměry (přibližně 190 x 160 [mm] v rozvinutém tvaru) umožňují bezproblémovou výrobu v běžně dostupných výrobních strojích. To platí i pro manipulaci s ním (hmotnost 0,43 [kg]). Výrobek je vyroben z recyklovatelného materiálu, likvidace tedy není problematická.

## 4.2 Aretační šroub

Oproti originálnímu Aretačnímu šroubu je nový návrh lehce pozměněn, avšak stále za podmínky dodržení funkce. Stejně jako u ostatních částí přípravku zde nebyl k dispozici výrobní výkres, a tak bylo využito zpětného inženýrství. Změny lze porovnat náhledem na dosavadní podobu (Obr. 28) a novou podobu (Obr. 27) Aretačního šroubu. Odkaz na popis původního návrhu lze nalézt v kapitole Dosavadní podoba přípravku.

Výrobní výkres, který vznikl na základě modelu a zhodnocení technologičnosti, je v příloze (Příloha A – BPV 2001).

Jednou ze změn je vytvoření zápichu za závitem. Původní šroub zápich neměl, což by způsobilo problémy při výrobě, a to náročným vyrobením závitu a opotřebením závitových nožů. Další změnou je nahrazení polotovaru z tyče kruhové na tyč šestihrannou. Z toho plyne změna tvaru hlavy, za kterou se šroub drží. To má řadu výhod, z nichž některé jsou popsány v následujícím odstavci. Hlavní výhodou je ušetření několika operací, např. v původním návrhu se největší průměr soustružil z průměru 20 [mm] na průměr 19 [mm], vrtal se otvor napříč hlavou a provedlo se vroubkování. Všechny tyto operace novým návrhem odpadají.



**Obr. 28 – Dosavadní (původní) podoba Aretačního šroubu**



**Obr. 27 – Model nového návrhu Aretačního šroubu**

Polotovar v původním návrhu je tyč kruhová KR20 – 96 ČSN 42 6510. V novém návrhu je zvolen polotovar tyč šestihranné 6HR19 – 96 ČSN 42 6530. Původní návrh měl v největším průměru kruhový průřez s vroubkováním, aby trn mechanikovi při aplikaci neprokluzoval v ruce. Změnou polotovaru na šestihranný odpadne problém s výrobou vroubkování a příčného otvoru, který sloužil pro utažení/povolení šroubu. Šestihranný průřez nebude mechanikovi prokluzovat v ruce a navíc bude možnost využít na povolení/utahení trnu např. plochý klíč nebo nástrčnou hlavicí (tzv. oříšek). Toto bylo s mechanikem prokonzultováno a bylo jím i schváleno.

Materiál nového obrobku je nerezová ocel 1.4571. Ve firmě, která provede výrobu této součásti, patří tato ocel mezi dva nepoužívanější materiály k obrábění. Součást lze v podmínkách vybrané firmy vyrobit ze zbytkového materiálu, který uchovává dle druhu materiálu, velikosti a tvaru v kovových boxech pro případy kusové výroby. To je i náš případ. Bylo k tomu přihlédnuto a materiál nebyl napočten do ceny. Pro sériovou výrobu má tento materiál firma neustále naskladněn a to jak tyče kruhové, tak tyče šestihranné (rozměr 7[mm])

– rozměr 50[mm]) o délce přibližně 3000 [mm]. Tento materiál je vhodný pro korozně namáhané součásti, pro třískové obrábění a svařování. V případě sériové výroby by byl zvolen odlišný materiál, a to z důvodu vysoké ceny daného materiálu.

Aretační trn je rotační součást, jejíž plochy (čela, hrubování, obrábění na čisto, závit, sražení a rádius) dokáže vyrobit univerzální hrotový soustruh s vodicím šroubem, nebo CNC obráběcí centrum. Všechny tyto operační úseky lze provést jedním ze zmíněných strojů, za dodržení předepsané přesnosti a jakosti uvedené na přiloženém výrobním výkrese. K výrobě je však zvoleno CNC soustružnicko-frézovací obráběcí centrum.

Součást lze vyrobit běžně dostupnými stroji, protože délka polotovaru je 96 [mm] a maximální upínací rozměr šestihran 19 [mm]. Hmotnost polotovaru je 0,25 [kg], tudíž ani manipulace s obrobkem není problematická. Přidávky na obrábění nemá smysl posuzovat, protože jsou dané přímo v technologii výroby. Rozměry trnu jsou, podle technické dokumentace, snadno změřitelné. Kontrola a diagnostika nejsou obtížné, protože všechny plochy jsou snadno přístupné.

Obtíže v provozu jsou zcela irelevantní, poškození by nastalo pouze v případě naprosto chybné montáže. Součást je vyrobena z materiálu, který je zcela recyklovatelný, tudíž není problém s jeho likvidací, když se stává nepotřebným.

### 4.3 Aretační deska

Aretační deska zůstává, oproti původnímu návrhu, téměř nezměněna. Změnou je zmenšení rozměrů dvou kolíků a rozměr dvou otvorů v desce. Je to část kolíků, která se lisuje do dané desky. Změnil se průměr z hodnoty  $\text{Ø}7$  na hodnotu  $\text{Ø}5$  [mm], a to z důvodu, že u původního návrhu docházelo k provalení stěny desky vlivem kolíku. Poslední změnou je uložení Praporku z kruhového na obdélníkový a z toho plynoucí úprava otvoru v Desce taktéž z kruhového na obdélníkový. Toto opatření má značný vliv na složitost výroby, jelikož je možné vyrobit součást pouze jedním strojem (2D řezacím laserem). Z důvodu takto malých změn zde nejsou na porovnání obrázky obou modelů, jelikož jsou téměř totožné. Model nového návrhu je na obrázku (Obr. 29). Informace o původním návrhu jsou rozebrány



Obr. 29 – Model Aretační desky



v kapitole Dosavadní podoba přípravku.

Koncepce součásti je navržena tak, že do desky vyříznuté laserovým paprskem s připravenými otvory (tolerance H7) jsou nalisovány jednotlivé díly o dané toleranci udané na výkresech. Dva totožné trny, které se na součásti nachází, lze vyrobit snadno soustružením a totéž platí o dvou průchodkách pro šroub. Samotná deska je na výrobu složitější, ale lze ji vyrobit dostupnými stroji (2D laser).

Změnou koncepce by Aretační deska mohla být například z jednoho kusu (3D tisk), což by ušetřilo montáž, avšak cena 3D tisku je příliš vysoká, tudíž vůbec nepřipadá v úvahu.

Aretační deska je sestavou šesti dílů (deska, dva trny, dvě průchodky a praporek), pro všechny je vybrán materiál S355J2 a to z důvodu vhodných vlastností, výborné dostupnosti a příznivé ceny. Kromě redukce materiálu se redukuje i polotovary, které jsou stejné pro trny i praporek. Nenormalizované díly nelze nahradit díly normalizovanými z důvodu specifického tvaru, velikosti a přesnosti.

Sestavit jednotlivé součástky v jednotnou součást není nikterak obtížné. Montáž je provedena nalisováním součástí do desky, jedná se o lisovaný spoj. Případně je použit lepený spoj pomocí lepidla Loctite 3450. Všechny součástky jsou dobře přístupné, jelikož je deska plochá, a tak nic nebrání v přístupu. Totéž platí pro budoucí údržbu a opravy. V sériové výrobě by byla možná montáž s použitím automatizačních prvků bez konstrukčních zásahů.

Rozměry hotové součásti jsou přibližně  $190 \times 160 \times 30$  [mm], jedná se tedy o běžné rozměry, proto není potíže s manipulací, balením a expedicí součásti. Při správné aplikaci působí na součást jen zanedbatelné zatížení, obtíže v provozu by tedy neměly nastat. Výrobek je vyroben z recyklovatelného materiálu, likvidace není problematická.

#### 4.3.1 Deska

Deska (Obr. 30) je plochá součást, jež má nepravidelnou konturu a v ploše pět otvorů. Na výrobu Desky je vhodný 2D laserový řezací stroj a sloupová vrtačka. Již bylo zmíněno i s uvedenými důvody, že materiálem součásti je ocel S355J2. Polotovar součásti by měl být dostupný, vhodné velikosti vzhledem k přídávkům pro obrábění, ale hlavně vhodný pro zvolenou technologii výroby, a proto je zvolen plech P6 –  $190 \times 160$  ČSN 42 5310. Tento polotovar zajistí malé materiálové ztráty, jelikož není nutné ubírat obráběním horní plochu součásti a polotovarem pro 2D řezací laser je plech. Konstrukčním zásahem, oproti původnímu návrhu, je pouze zmenšení dvou otvorů z  $\varnothing 7$  na  $\varnothing 5H7$  [mm] a změna otvoru pro praporek z kruhového na obdélníkový o rozměrech  $8,4 \times 2,5$  [mm]. Tolerance H7 je zvolena z hlediska soustavy jednotné díry a je vytvořena výstružníkem na sloupové

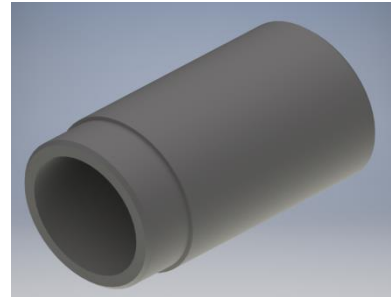


Obr. 30 – Model Desky

vrtače a to platí i pro rozměr  $\varnothing 20H7$ . Výrobní dokumentace Desky je v příloze (Příloha A – BPV 3001).

#### 4.3.2 Váleček

Součástí Váleček dlouhý (Obr. 31) a Váleček krátký jsou konstrukčně a výrobně příbuzné součásti. Liší se pouze v délce těla. Z tohoto důvodu je pro tyto součásti společná výrobní dokumentace a společný výrobní postup. Jedná se o rotační součást, což je patrné již z obrázku. Jeho největší průměr je  $\varnothing 21$  [mm] a délka 35,4 [mm], respektive 15,4 [mm].



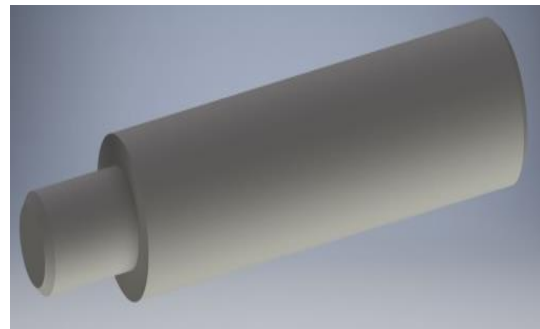
Obr. 31 – Model Válečku

Rozměry a tvar válečku jsou zcela nezměněny od původního návrhu. Funkční plocha, jež se nalisuje do otvoru (menší rozměr na obrázku), je zvolena jako rozměr  $\varnothing 20n6$ , tudíž uložení s přesahem v soustavě jednotné díry (H7). Uložení n6 zajistí bezpečný spoj, u kterého nehrozí samovolné rozpojení. Materiál je ocel S355J2 a to z důvodů již napsaných výše. Polotovary součástí je KR22 – 37 ČSN 42 6510 (Váleček dlouhý), respektive

KR22 – 17 ČSN 42 6510 (Váleček krátký), a to proto, že se jedná o rotační součást, kde je nutné dodržet předepsané rozměry dle výrobní dokumentace (Příloha A – BPV 3002, BPV 3003) a zohlednit výrobní přídatky. Váleček je možné vyrobit na CNC obráběcím centru Hyundai Wia L230LMSA, jelikož se jedná o rotační součást malých rozměrů.

#### 4.3.3 Čep

Rotační součást Čep (Obr. 32) má největší průměr  $\varnothing 8$  [mm] a délku 33,4 [mm]. V sestavě je umístěn celkem dvakrát. Oproti původnímu návrhu je změněn pouze rozměr  $\varnothing 7$  na  $\varnothing 5n7$ . Tolerance n7 je zde proto, aby se jednalo o uložení s přesahem (v soustavě jednotné díry H). Toto uložení zajistí spoj, jenž nebude samovolně rozebíratelný. Výroba  $\varnothing 5n7$  je obtížněji vyrobitelná pouze jemným soustružením, jelikož ale se jedná o kusovou



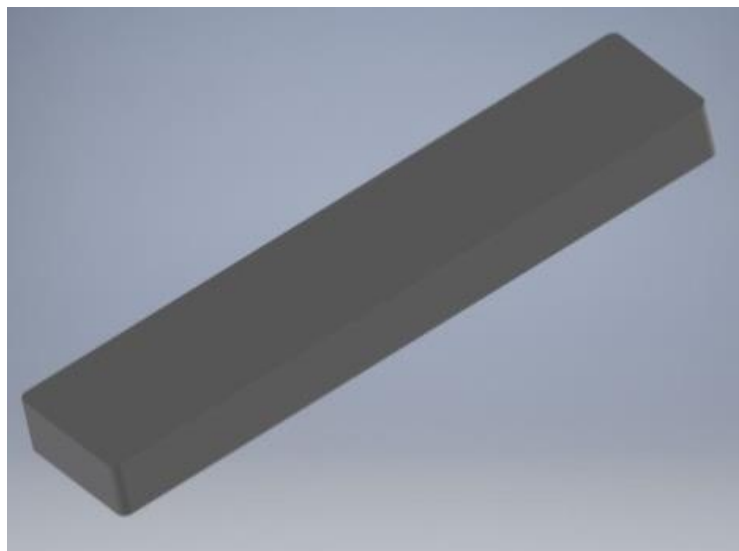
Obr. 32 – Nový návrh Čepu

výrobu, je akceptovatelné dokončení této plochy dle potřeby např. broušením smirkovým papírem s vláknem. Materiálem, ze kterého se bude nový návrh vyrábět, je ocel S355J2. Polotovary pro výrobu je tyč kruhová KR10 – 35 ČSN 42 6510, i když největší průměr je pouze  $\varnothing 8$ , a to protože se obrábí i vnější průměr polotovaru kvůli předepsané toleranci. Součást je navržena tak, aby mohla být vyrobena na CNC obráběcím centru Hyundai Wia L230LMSA. Výrobní dokumentace Čepu je v příloze (Příloha A – BPV 3004).



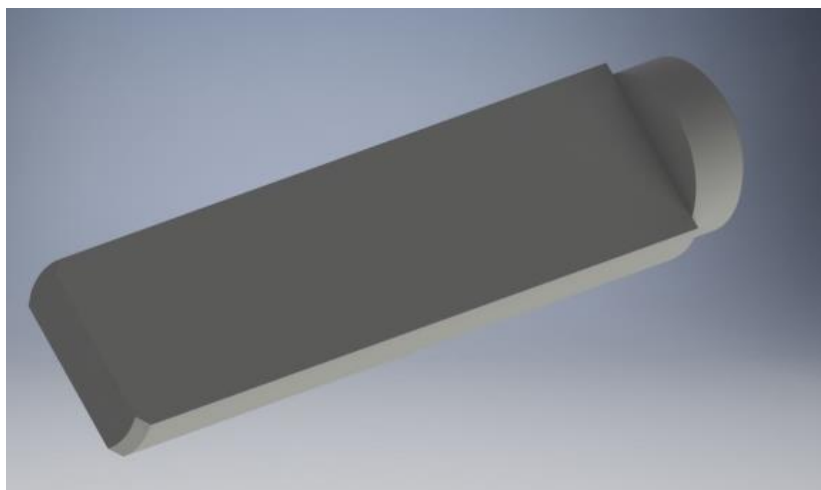
#### 4.3.4 Praporek

Praporek je plochá součást, jejíž průřez má rozměry 2,5×8,4 [mm] a délka je 33 [mm]. Nový návrh Praporku (Obr. 33) se od původního řešení liší. Návrh je změněn hlavně z důvodu složité výroby původního řešení, které je patrné již z obrázku (Obr. 34). Nový návrh je možné vyrobit použitím jediného stroje (2D laserový řezací stroj), kdežto původní návrh je na výrobu mnohem komplikovanější.



Obr. 33 – Nový návrh Praporku

Polotovarem je plech P2.5 – 40×15 ČSN 42 5310, protože pro výrobu je zvolen 2D laserový řezací stroj. Zvolený materiál je ocel S355J2, jelikož má vlastnosti, které jsou dostačující pro tuto aplikaci, a je dobře dostupný. Výrobní dokumentace Praporku je v příloze (Příloha A – BPV 3005).



Obr. 34 – Původní návrh Praporku

## 5 Návrh technologie výroby

Návrh výroby je klíčovou kapitolou. Jejím výstupem jsou výrobní postupy formou průvodek.

Jelikož se v tomto případě jedná o kusovou výrobu, je vhodné tvořit výrobní postup stručně. Tvorba výrobního postupu totiž probíhá podobným způsobem jako tvorba počítačového programu. V obou případech se píší instrukce a doplňující informace. Proces ale není řízen procesorem, nýbrž mistrem a také samotnými dělníky. Tudíž vstupuje do procesu inteligence člověka místo inteligence umělé. Zde vzniká rozdíl, jelikož komunikaci s člověkem lze provést jednodušeji. Není nutné striktně dodržovat klíčová slova. V obou případech je ale obdobné, že je standardně postup hotový až v případě, kdy je odladěný. Odladění probíhá v případě technologického postupu až v průběhu prvovýroby. U kusové produkce probíhá tudíž v okamžiku výroby. Některé parametry, zejména řezné podmínky, se určují v tu chvíli. Obecně na ladění parametrů ve výrobě má totiž vliv konkrétní stav stroje, způsob a kvalita upnutí, rozměr polotovaru a velikost přídatku, vlastnosti materiálu dané tavby a případně další vlivy ovlivňující výrobní proces, které není možno dopředu bezpečně předpovědět. Tyto vlivy ovlivní i normu času. Proto ji nemá význam u kusové výroby předem stanovovat i vzhledem ke skutečnosti, že už samotný výpočet času významně navyšuje cenu výrobku.

V daných firmách, jež jsou ochotny spolupracovat na výrobě přípravku, nejsou zavedena výrobní střediska a z toho důvodu nebudou ve výrobním postupu uváděna. Rovněž nebude uvedený mzdový tarif, jelikož nejsou započteny časy  $t_{AC}$ <sup>8</sup> a  $t_{BC}$ <sup>9</sup>.

Z již uvedených důvodů dojde k vynechání technologických podmínek (normy času, výrobního střediska a mzdové třídy). Vyplněny jsou identifikační údaje v hlavičce (číslo výkresu, název, počet kusů), druhy a rozměry polotovarů. Dále je vyplněn sled operací, použité výrobní stroje a zařízení, kód pracoviště a popis prováděné činnosti.

Kód pracoviště je zjištěn z knihy Třídnicí výrobních strojů a zařízení ve strojírenství. Třídící číslo (kód) má velikost pěti třídících znaků. První číslo zastupuje stupeň třídy, jež je od 0 (žádný stupeň mechanizace) až po 9 (nekonvenční technologická zařízení). Stupeň třídy 1 a 2 zatřídí inovované typy strojů a zařízení, stupeň třídy 3 a 4 třídí stroje a zařízení s vlivem automatizace. Další stupeň třídy 5 a 6 je pro oblast strojů a zařízení pracujících v automatickém nebo poloautomatickém režimu. Stupeň třídy 7 a 8 je určen pro stroje s nejvyšším strojem automatizace. Následující číslo zastupuje třídu stroje. Číslo 1 je určené pro pece, číslo 2 pro stroje pro formování, lití a svařování. Tvářecí stroje mají číslo 3, dále obráběcí stroje mají číslo 4 a 5. Číslo 6 je pro zařízení na povrchové úpravy. Ruční práce a manipulátory jsou zařazeny pod číslem 9. Další čísla v třídícím čísle zastupují podtřídu, skupinu a podskupinu. Jejich dělení je pak od 1 do 9. Dělení podtříd, skupin a podskupin je již specifické a nelze jednoduše popsat. Postupným hledáním v tabulkách dle zmíněných tříd vede k nalezení třídícího kódu. Na základě těchto skutečností lze uvést příklad technické kontroly 09863, kde 0 znamená žádný stupeň automatizace, číslo 9 znamená ruční pracoviště,

---

<sup>8</sup>  $t_{AC}$  – jednotkový čas

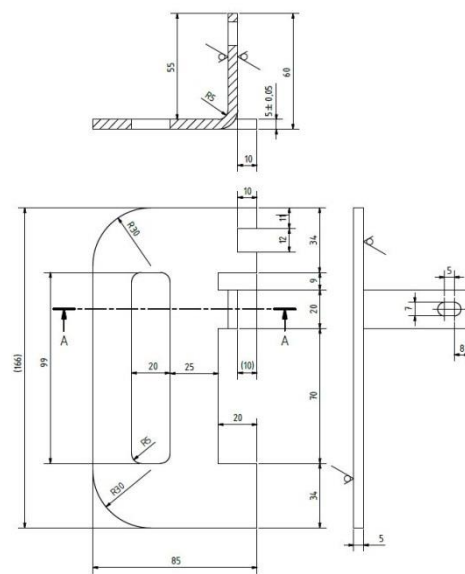
<sup>9</sup>  $t_{BC}$  – dávkový čas

dále číslo 8 má význam zpracovávání kovových materiálů, číslo 6 je práce při kontrole a vzhledu rozměrů a číslo 3 znamená kontrola rozměrů.

## 5.1 Výroba Příložky

Návrh výroby Příložky je možno založit na výše uvedeném hodnocení její technologičnosti (str. 33). To vede k závěru, že lze použít technologii řezání laserovým paprskem na laserovém řezacím stroji a technologii ohýbání na 3D ohraňovacím lisu. Použitým laserovým řezacím strojem je Trumf TruLaser 5030 fiber, jehož parametry jsou v samostatné kapitole (str. 24). Ohraňovacím 3D lisem je Trumpf TruBend 5050 (parametry na str. 29). Tyto technologie je vhodné doplnit zámečnickým pracovištěm a pracovištěm kontroly, jejichž opodstatnění bude uvedeno dále. Volba polotovaru proběhla již v hodnocení technologičnosti (str. 33) a to plech P5 – 190 × 160 ČSN 42 5310.

Vnější konturu součásti, oválný otvor pro přichycení příložky šroubem a otvor pro držení (99×20) by bylo výhodné vyříznout 2D řezacím laserovým strojem, protože konstrukce součásti je navržena tak, aby byla vyrobitelná právě tímto strojem. Pro ohyb R5 je možné použít ohraňovací lis. Po vypálení součásti by mohly vzniknout ořepky na vyřezaných plochách. Tyto případné ořepky by mohly být odstraněny některým ze speciálních strojů. Pro tyto účely jsou určena omílací a pískovací zařízení, jimiž však ani jedna z firem nedisponuje, proto musí být odstraněna zámečnickem na zámečnickém pracovišti. Tento postup by byl nevhodný při sériové výrobě, ale jelikož se v tomto případě jedná o kusovou výrobu, lze to akceptovat. Na stanovišti kontroly je nutné zkontrolovat funkční rozměry a ostatní rozměry dle výrobní dokumentace (Příloha A – BPV 1001). Jelikož se jedná o kusovou výrobu, je možné některé funkční rozměry upravit dle potřeby dopasováním.



Obr. 35 – Rozměry a tvar Příložky

Konkrétní výrobní postup je v příloze (Příloha B – BPP 1001). Některé rozměry a tvar součásti jsou na obrázku (Obr. 35 – Rozměry a tvar Příložky). Úplná výrobní dokumentace součásti je v příloze (Příloha A – BPV 1001).

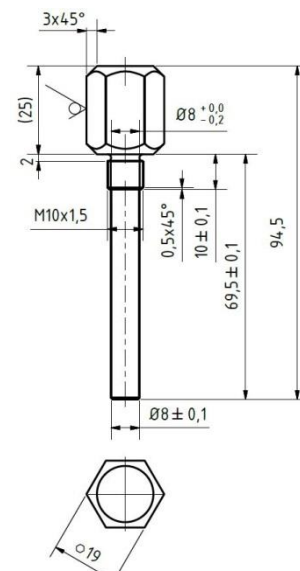
## 5.2 Výroba Aretačního šroubu

Návrh výroby Aretačního šroubu, stejně jako všech ostatních součástí, je také možno založit na základě hodnocení technologičnosti (str. 35). Z toho vyplývá, že v první fázi pro zkrácení polotovaru je možné použít pásovou pilu. Volba polotovaru proběhla již v hodnocení technologičnosti (str. 33), a to šestihranná tyč 6HR19 – 96 ČSN 42 6530. Materiál pro polotovar je totiž vybrán ze zbytků a je tedy delší, než je předepsaný polotovar, proto je nutné

jeho délku zkrátit pásovou pilou na délku předepsanou na výrobním výkrese. Jelikož se jedná o poměrně složitou součást, bylo by výhodné použít CNC obráběcí centrum. Součást totiž obsahuje závit, zápich a tolerované rozměry. Zápich o šířce 2 [mm] při stoupání 1,5 [mm] by mohlo být obtížné obrobit na klasickém stroji, protože by hrozila kolize s přilehlým čelem. CNC obráběcí centrum je schopné zajistit výrobu těchto ploch bez kolize, a proto je zvoleno pro výrobu této součásti.

Dostupná pásová pila je pila BOMAR 275.230 DG. Její parametry lze nalézt na str. 30. Délku dorazu by bylo vhodné nastavit na rozměr 96 [mm] a to proto, že pásová pila lehce podřezává. Přídavek na obrábění 1,5 [mm] vychází ze zkušeností s tímto strojem.

Obrábění na CNC centru by bylo možné začít zarovnáním čelní plochy a sražením  $3 \times 45^\circ$ . Tímto by byl obrobek z jedné strany obroben a bylo by ho možné otočit a upnout s vyložením 75 [mm], aby mohl být obroben celý dřík součásti. Nejprve by měla být zarovnána čelní plocha na konečný rozměr 94,5 [mm] a to z toho důvodu, aby bylo možné odměřovat od čela rozměry dle dokumentace. Pak by mohl být hrubován dřík, po té obrobena plocha pro závit M10×1,5 načisto. Dále by mohl být obroben načisto  $\varnothing 8 \pm 0,1$  [mm]. Před výrobou závitu je nutné vytvořit zápich, aby nedošlo k poničení závitového nože a bylo závit možné vyrobit. Zápich by mohl být vyroben tvarovým zapichovacím nožem. Dále by bylo vhodné vyrobit zmiňovaný závit M10×1,5. Jako poslední operace by pravým stranovým nožem bylo možné načisto soustružit přilehlé čelo a srazit hranu  $3 \times 45^\circ$ .



Obr. 36 – Rozměry a tvar Aretačního šroubu

Odjehlení šroubu by bylo možné provést buď na vrtačce pomocí plstěného kotouče, nebo na zámečnickém pracovišti. Nakonec bylo zvoleno zámečnické pracoviště, jelikož otřepy byly snadno odstranitelné pilníkem, a tudíž nemusela být využita vrtačka. V konkrétním případě je důležitá kontrola funkčních rozměrů, a to zejména kontrola délky dříku  $69,5 \pm 0,1$ , kontrola závitu M10×1,5, kontrola průměru dříku  $\varnothing 8 \pm 0,1$ .

Výrobní postup je rozepsán v příloze (Příloha B – BPP 2001). Úplná výrobní dokumentace součásti je v příloze (Příloha A – BPV 2001).

### 5.3 Výroba Aretační desky

Aretační deska je sestavou šesti součástí, výrobní postupy jsou tedy vypracovány separátně pro jednotlivé součásti. Součást Čep je zde však použita dvakrát a součásti Váleček dlouhý a Váleček krátký jsou výrobně příbuzné, liší se pouze délkou. Z tohoto důvodu jsou pro Aretační desku vytvořeny pouze čtyři výrobní postupy.

### 5.3.1 Výroba Desky

Deska je tvarově složitá součást, její souřadnice jsou získány 3D optickým měřením a uchovány v deska.dxf formátu. Z toho důvodu je patrné, že případná výroba na frézce TOS FA2H (str. 26), jež není číslicově řízená, je obtížně proveditelná. Jiný obráběcí stroj na ploché součásti než 2D laserové řezací zařízení není k dispozici, a proto je předem zvolen tento konkrétní stroj. Součást mimo jiné obsahuje přesně obrobené otvory, jež není 2D laser schopen vyrobit v dané toleranci, proto bude nutné otvory dokončit jinou technologií.

Do laserového řezacího stroje budou zaslána data (ve formátu deska.dxf). Nejprve by bylo vhodné vyříznout vnější konturu součásti dle deska.dxf dat. Po té by postupně vyřezal všech pět otvorů (také dle dxf dat), a to  $2 \times \varnothing 20H7$  a  $2 \times \varnothing 5H7$  a nakonec obdélníkový otvor  $2,5 \times 8,4$ .

Přesné otvory  $\varnothing 20H7$  a  $\varnothing 5H7$  by mohly být vyrobeny buď na sloupové vrtačce VS 32 B (parametry na str. 28), nebo na již zmíněné frézce TOS FA2H. Nástrojem by mohl být zvolen výstružník  $\varnothing 20H7$  a  $\varnothing 5H7$ . Obsluha sloupové vrtačky je však mnohem příjemnější a jednodušší, proto je nakonec vybrána. Upnutí by mohlo být provedeno upínkami do T drážek.

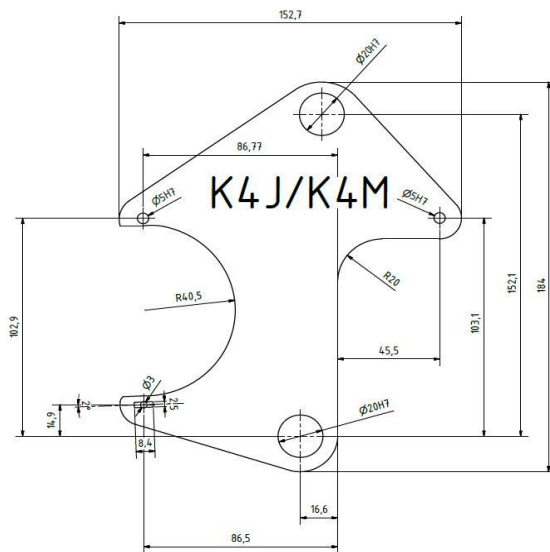
Otřepy po laserovém řezu by mohly být, stejně jako u předchozích součástí, odstraněny zámečnickem. Strojem MICRO-VU SOL 161 (parametry na str. 32) by bylo vhodné promítnout konturu hotové Desky a komparačně ji porovnat s konturou původní desky.

Výrobní postup je v příloze (Příloha B – BPP 3001). Úplná výrobní dokumentace je v příloze (Příloha A – BPV 3001).

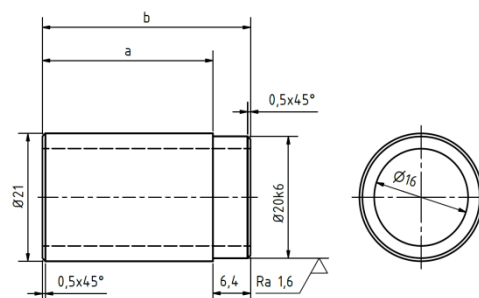
### 5.3.2 Výroba Válečků

Jak již bylo výše uvedeno, součásti Váleček dlouhý a Váleček krátký (Obr. 38) jsou výrobně příbuzné. Jejich rozdíl je pouze v délce, a tak lze výrobní postup implementovat na obě tyto součásti.

Nejprve by bylo vhodné na pásové pile BOMAR 275.230 DG zkrátit polotovar KR22 – 37 ČSN 42 6510 (respektive KR22 – 17 ČSN 42 6510) na požadovanou délku 37 (respektive 17) [mm]. A to proto, že se součást vyrábí ze zbytkového materiálu, který má delší rozměr, než je uvedený rozměr polotovaru.



Obr. 37 – Rozměry a tvar Desky



Obr. 38 – Rozměry a tvar válečku

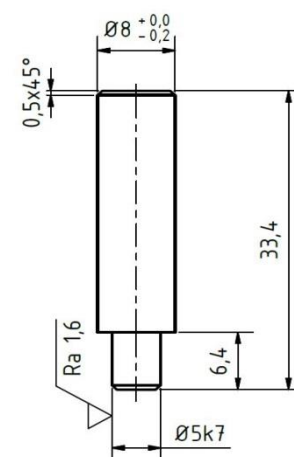
Další operace by bylo vhodné provést na CNC obráběcím centru Hyundai Wia L230LMSA, nebo na soustruhu TOS SN 40 B. Bylo rozhodnuto, že výroba bude provedena na CNC stroji, jelikož v podniku, který výrobu provede, s ním mají větší a lepší zkušenosti. Nejprve by měla být zarovnána čelní plocha, poté by bylo dobré podélně hrubovat a následně obrábět jemně načisto na  $\varnothing 21$ . Nakonec srazit hranu  $0,5 \times 45^\circ$ . Pak by bylo vhodné součást otočit, upnout do měkkých čelistí, zarovnat čelní plochu na požadovanou délku součásti. Dále by se mělo hrubovat, obrábět načisto na  $\varnothing 20n6$  a srazit hranu. Výroba  $\varnothing 20n6$  bude obtížněji vyrobitelná pouze jemným soustružením, jelikož ale se jedná o kusovou výrobu, je akceptovatelné dokončení této plochy dle potřeby např. broušením smirkovým papírem s vláknem. Pak by bylo výhodné předvrtat otvor pro  $\varnothing 16$ , jelikož vrtat rovnou  $\varnothing 16$  by bylo na vrták příliš. Předvrtaný otvor by měl být dokončen vrtákem  $\varnothing 16$ . Stejně jako u předchozích součástí, by se měly být odstraněny otřepty na zámečnickém pracovišti. Na závěr by měla proběhnout kontrola rozměrů, jelikož se na součásti nachází funkční rozměr  $\varnothing 20k6$ , který je nutné zkontrolovat.

Kompletní výrobní postup je v příloze (Příloha B – BPP 3002, BPP 3003) a úplná výkresová dokumentace je v příloze (Příloha A – BPV 3002, BPV 3003).

### 5.3.3 Výroba čepu

Součást Čep (Obr. 39) je v sestavě Aretační deska umístěna hned dvakrát. Jeho výroba by měla začít na stanovišti pásové pily BOMAR 275.230 DG, a to ze stejných důvodů jako u předchozí součásti. Materiál by se měl zaříznout na délku alespoň 35 [mm], jelikož pásová pila lehce podřezává, a proto je důležitý přídavek na délku. Čistá míra je 33,4 [mm], což znamená, že přídavek na délku je stanoven 1,6 [mm]. Předpis polotovaru je tyč kruhová KR10 – 35 ČSN 42 6510.

Další obrábění by mohlo být provedeno na CNC obráběcím centru Hyundai Wia L230LMSA nebo na soustruhu TOS SN 40 B, jehož parametry jsou vypsány v kapitole Výrobní možnosti (str. 25). Výrobní postup může být pro oba stroje podobný. Zvolen byl nakonec CNC stroj z obdobného důvodu jako v případě výroby Válečků.



Obr. 39 – Rozměry a tvar čepu

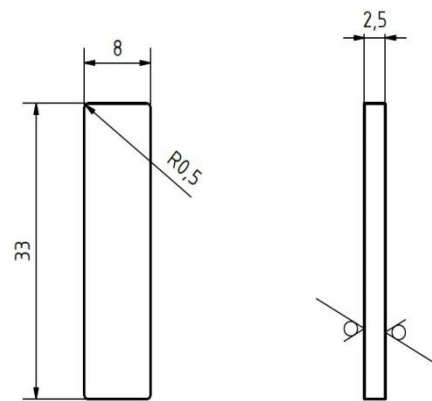
Součást by se zprvu měla upnout do stroje. Nejprve by bylo vhodné zarovnat čelní plochu, podélně soustružit až na rozměr  $\varnothing 8_{-0,2}^{+0,0}$  a srazit hranu  $0,5 \times 45^\circ$ . Dále by bylo vhodné součást otočit a upnout za  $\varnothing 8_{-0,2}^{+0,0}$  [mm] do měkkých čelistí s vyložení 16 [mm] a zarovnat čelo na konečnou délku 33,4 [mm]. Potom soustružit načisto na  $\varnothing 8_{-0,2}^{+0,0}$ , v délce 6,4 [mm] načisto až na  $\varnothing 5n7$ . Výroba  $\varnothing 5n7$  by mohla být obtížněji vyrobitelná pouze jemným soustružením, jelikož ale se jedná o kusovou výrobu, je akceptovatelné dokončení této plochy dle potřeby např. broušením smirkovým papírem s vláknem na soustruhu. A nakonec by bylo dobré zarovnat přilehlou čelní plochu a srazit hranu  $0,5 \times 45^\circ$ . Případné otřepty by měl odstranit zámečník, ale vzhledem k tvaru součásti je málo pravděpodobné, že vzniknou. Na stanovišti

kontroly by měl být kladen důraz na kontrolu rozměrů  $\varnothing 8^{+0,0}_{-0,2}$  a  $\varnothing 5k7$ , jelikož se jedná o funkční rozměry, které je potřeba dodržet.

Kompletní výrobní postup součásti Čep je v příloze (Příloha B – BPP 3004) a výkresová dokumentace je v příloze (Příloha A – BPV 3004).

### 5.3.4 Výroba praporku

Výrobu Praporku (Obr. 40) je možné provést 2D laserovým řezacím strojem. Konkrétně by se jednalo o Trumf TruLaser 5030 fiber, jehož parametry jsou uvedeny výše (str. 24). Výroba touto metodou by při dostupných strojích měla být tou nejjednodušší, a to proto, že se do stroje zašlou data praporek.dxf a stroj součást sám vyrobí. Pomocí těchto dat by stroj spolehlivě vyřezal konturu. Síla obráběného plechu je 2,5 [mm], z tohoto důvodu by neměl být žádný problém součást vyřezat. Polotovár pro součást je plech P2.5 – 40×15 ČSN 42 5310. Odjehlení a případné úpravy by bylo vhodné provést na zámečnickém pracovišti. Na kontrolním pracovišti by mělo dojít ke kontrole rozměrů dle výrobního výkresu, aby součást bylo možné smontovat a plnila svoji funkci.



Obr. 40 – Rozměry a tvar Praporku

Výrobní dokumentace je v příloze (Příloha A – BPV 3005) a kompletní výrobní postup je přiložen v příloze (Příloha B – BPP 3005).

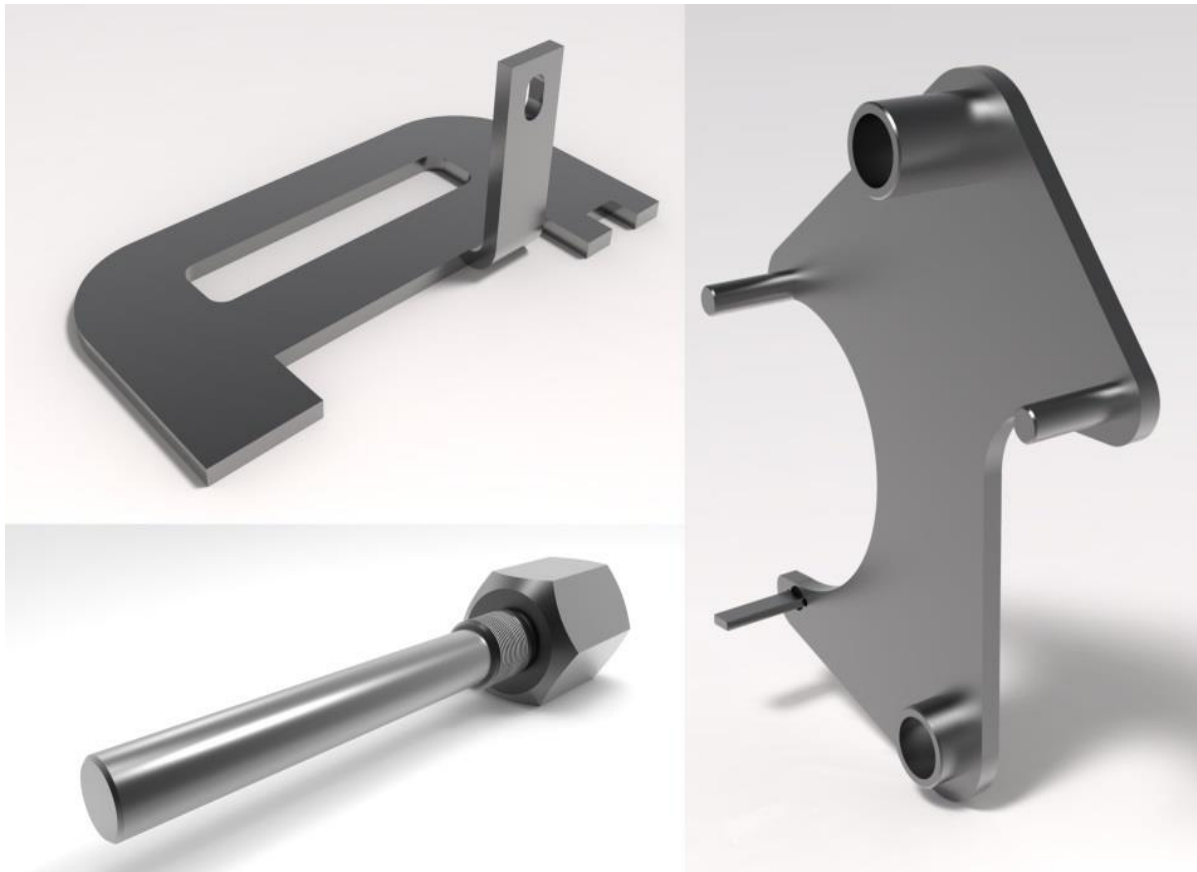


## 6 Závěr

Cílem práce byla výroba přípravku na výměnu rozvodu motoru Renault K4M pro autoservis. Mimo autoservis byly ochotné na přípravku spolupracovat další dvě firmy. Přípravek se skládá ze tří částí – Příložka, Aretační šroub a Aretační deska. Výkresová dokumentace původního návrhu nebyla k dispozici, avšak byla možnost vypůjčení originálního přípravku. Pomocí reverzního inženýrství byly získány rozměry a tvar původního přípravku, jež byly důležité pro následné úpravy a návrh nového přípravku.

Aby bylo dosaženo snazší vyrobitelnosti, byla v rámci analýzy technologičnosti konstrukce navržena a uskutečněna řada úprav. Velkým přínosem byla výrazná redukce prvků u součásti Příložka, kde bylo původní řešení tvořeno z celkem osmi dílů. Díky konstrukčním úpravám a změnou technologie výroby, plynoucím z návrhu technologičnosti konstrukce, byl počet zredukován na pouhou jednu jedinou součást. Toto opatření značně zjednodušilo výrobu a nyní jsou potřebné pouze dva stroje (2D řezací laserový stroj a ohraňovací lis). U dalšího dílu, jenž se nazývá Aretační šroub, byl změněn polotovar, což zajistilo ušetření celkem tří operací na obrobku a celkově to zjednodušilo výrobu součásti. Jedna operace však přibyla a to provedení zápichu za závitem, jehož absence na původním řešení byla zhodnocena jako nevhodná. Na třetím dílu, a sice Aretační desce, bylo provedeno oproti původnímu návrhu jen několik drobných úprav. Jednalo se o změnu uložení Čepů, kde byl změněn průměr jejich uložení. Z toho plynula i změna otvoru v Desce, do kterého se trn lisuje. Průměry otvorů byly zmenšeny. Na původní Desce došlo k prasknutí stěny mezi boční plochou a otvorem pro uložení Čepu, jelikož tato stěna byla příliš tenká. Změnou průměru otvoru bylo dosaženo zesílení této stěny, čímž se zvýšila odolnost proti prasknutí. Poslední úpravou byla změna uložení Praporku z kruhového na obdélníkové a z toho plynoucí úprava otvoru v Desce z kruhového na obdélníkový. Toto opatření mělo také značný vliv na zjednodušení výroby, jelikož bylo možné vyrobit součást pouze jedním strojem (2D řezacím laserem). Spojení Praporku a Desky je zajištěno lepidlem Loctite 3450.

V poslední fázi práce byla navržena výroba jednotlivých dílů. Součástí návrhu jsou výrobní postupy přiložené v přílohách. Protože se jedná o kusovou výrobu, je bezpředmětné ve výrobním postupu uvádět některé informace do hloubky. Proto byly vypuštěny technologické podmínky a výrobní postup je stručný. Taktéž není určena norma času, jelikož jednotlivé technologické parametry jsou doladovány až přímo při výrobě. Navíc samotný výpočet času by významně navýšil cenu výrobku. Rovněž nebyl uveden mzdový tarif, a to proto, že nebyly započteny časy  $t_{AC}$  a  $t_{BC}$ . Naopak vyplněny byly identifikační údaje (číslo výkresu, název, počet kusů), druhy a rozměry polotovarů, použité výrobní stroje a zařízení, použité pracoviště. Dále byl vyplněn sled operací a popis prováděné činnosti.



Obr. 41 – Pohled na model výrobku

Výsledkem práce je sada výrobních postupů, modelů původního a nového přípravku, výrobních výkresů a dále byla vytvořena data pro 2D laserový řezací stroj ve formátu dxf. Kromě toho se již podařilo uskutečnit výrobu, takže samotný výrobek je již vyroben a smontován. Ověření přípravku zatím proběhlo pouze měřením na 3D optickém měření a porovnáním s originálem. Zkouška v reálném provozu teprve proběhne. Jelikož se jedná o kusovou výrobu, je možnost případného spasování přípravku přímo na motoru tak, aby se zároveň prověřila funkčnost přípravku a případně se na přípravku doupravily rozměry. Tak se spolehlivě zajistí funkce přípravku, která je nejdůležitějším aspektem jeho existence. Vyrobený přípravek pomohl autoservisu zbavit se problému s jeho dosavadním vypůjčováním. Byl tím limitován například v plánování práce, jež bylo závislé na dostupnosti přípravku. To, že má nyní svůj vlastní přípravek, má pozitivní dopad na plánování zakázek a s tím spojenou konkurenceschopnost firmy.

## 7 Literatura

- [1] Gscheidle, Rolf. *Příručka automechanika*. Lehrmittel : Europa-Sobotáles cz. - spol. s, 2007. ISBN 978-80-86706-17-7.
- [2] *3DLABROATORY-THEME*. [Online] 2014. [Citace: 10. 4 2018.] <http://3dlaboratory.cz/reverse-engineering/>.
- [3] Vigner, M., Zelenka, A., Král, M. *Metodika projektování výrobních procesů*. Praha : Nakladatelství technické literatury, 1984. SNTL.
- [4] Renault s.a.s. *Rozvodový řemen: Demontáž a zpětná montáž*. 26. červen 2009.
- [5] Technické údaje TruLaser 5030. *Trumpf*. [Online] 2017. [Citace: 10. březen 2018.] [https://www.trumpf.com/cs\\_CZ/produkty/stroje-systemy/2d-laserove-rezaci-stroje/trulaser-5030-fiber-5040-fiber/](https://www.trumpf.com/cs_CZ/produkty/stroje-systemy/2d-laserove-rezaci-stroje/trulaser-5030-fiber-5040-fiber/).

## 8 Seznam obrázků

Obr. 1 – Schéma rozvodu motoru .....	10
Obr. 2 – Vodní čerpadlo.....	12
Obr. 3 – Stávající Příložka .....	13
Obr. 4 – Stávající Aretační deska.....	13
Obr. 5 – Stávající Aretační šroub (TDC) .....	13
Obr. 6 – Pohled na kryt rozvodu .....	15
Obr. 7 – Aplikace aretačního šroubu.....	15
Obr. 8 – Konce vačkových hřídelí a jejich zátky .....	16
Obr. 9 – Aplikovaná příložka.....	16
Obr. 10 – Rozvodová sada .....	17
Obr. 11 – Pohled na aplikovaný přípravek Aretační deska.....	18
Obr. 12 – Získávání rozměrů optickým měřením .....	20
Obr. 13 – Render modelu Aretační deska .....	21
Obr. 14 – Render modelu původní Příložky .....	21
Obr. 15 – Render modelu Aretačního šroubu .....	22
Obr. 16 – Hyundai Wia L230LMSA .....	23
Obr. 17 – Trumpf TruLaser 5030 fiber_[4].....	25
Obr. 18 – Soustruh TOS SN 40 B.....	26
Obr. 19 - TOS FA 2U.....	27
Obr. 20 – Sloupová vrtačka VS 32 B.....	29
Obr. 21 - Ohraňovací lis Trumf TruBend 5050 .....	30
Obr. 22 – Pásová pila BOMAR 275.300 DG.....	31
Obr. 23 – MICRO-VU SOL 161 .....	32
Obr. 24 - Dosavadní (původní) podoba Příložky .....	34
Obr. 25 – Model nového návrhu Příložky.....	34
Obr. 26 - Zobrazení vůle mezi příložkou a vačkovým hřídelem.....	35
Obr. 27 – Model nového návrhu Aretačního šroubu .....	36
Obr. 28 – Dosavadní (původní) podoba Aretačního šroubu .....	36
Obr. 29 – Model Aretační desky.....	37
Obr. 30 – Model Desky.....	38
Obr. 31 – Model Válečku.....	39
Obr. 32 – Nový návrh Čepu .....	39
Obr. 33 – Nový návrh Praporku.....	40
Obr. 34 – Původní návrh Praporku .....	40
Obr. 35 – Rozměry a tvar Příložky .....	42
Obr. 36 – Rozměry a tvar Aretačního šroubu .....	43
Obr. 37 – Rozměry a tvar Desky.....	44
Obr. 38 – Rozměry a tvar válečku .....	44
Obr. 39 – Rozměry a tvar čepu .....	45
Obr. 40 – Rozměry a tvar Praporku .....	46
Obr. 41 – Pohled na model výrobku .....	48

## 9 Seznam tabulek

Tabulka 1 – Parametry CNC obráběcího centra Hyundai Wia L230LMSA .....	23
Tabulka 2-Parametry laseru Trumpf TrueLaser 5030 .....	24
Tabulka 3 – Parametry univerzálního hrotového soustruhu TOS SN 40 B .....	25
Tabulka 4 – Parametry stroje TOS FA 2U .....	27
Tabulka 5 – Sloupová vrtačka VS 32 B .....	28
Tabulka 6 – Parametry Trumpf TruBend 5050 .....	29
Tabulka 7 – Parametry pásové pily BOMAR 275.230 DG .....	31
Tabulka 8 – Parametry MICRO-VU SOL 161 .....	32

## Přílohy

### Příloha A

Výrobní dokumentace

(Přiloženo v deskách.)

<b>Příložka (BPV 1001)</b>
----------------------------

<b>Aretační šroub (BPV 2001)</b>
----------------------------------

<b>Aretační Deska (BPV 3000)</b>
----------------------------------

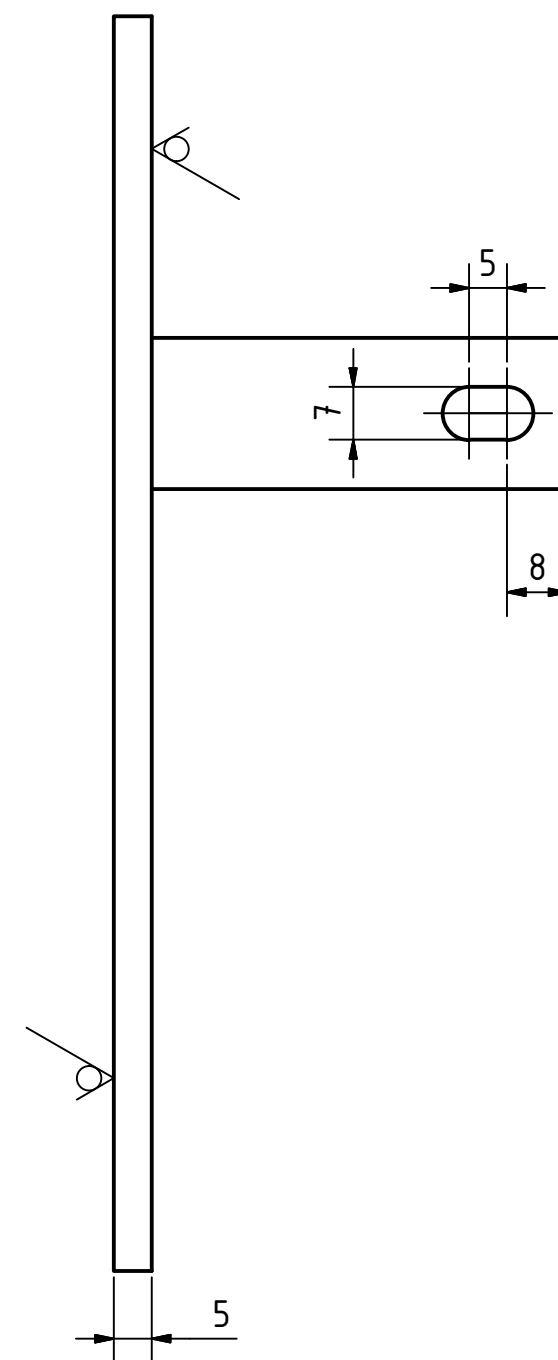
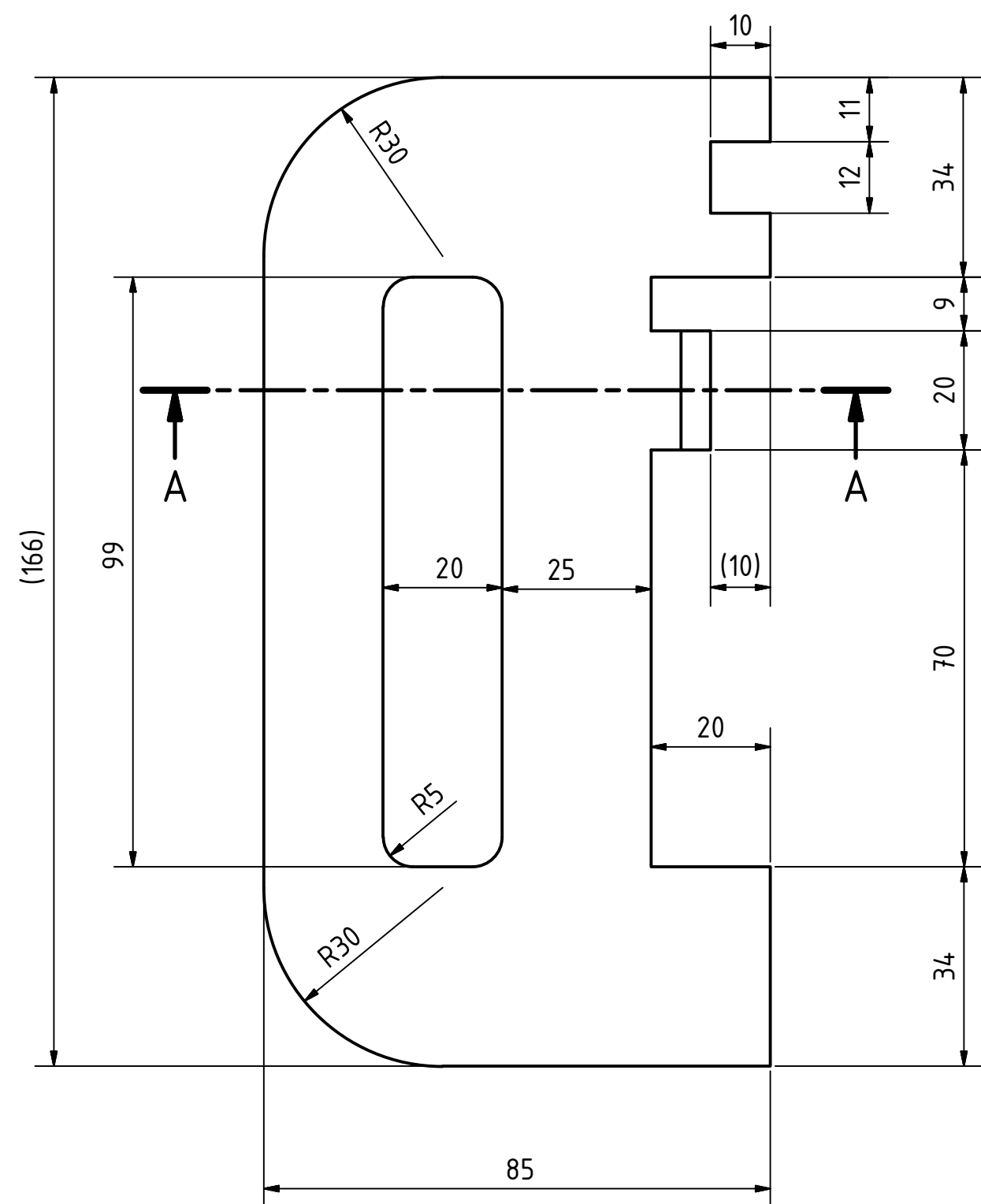
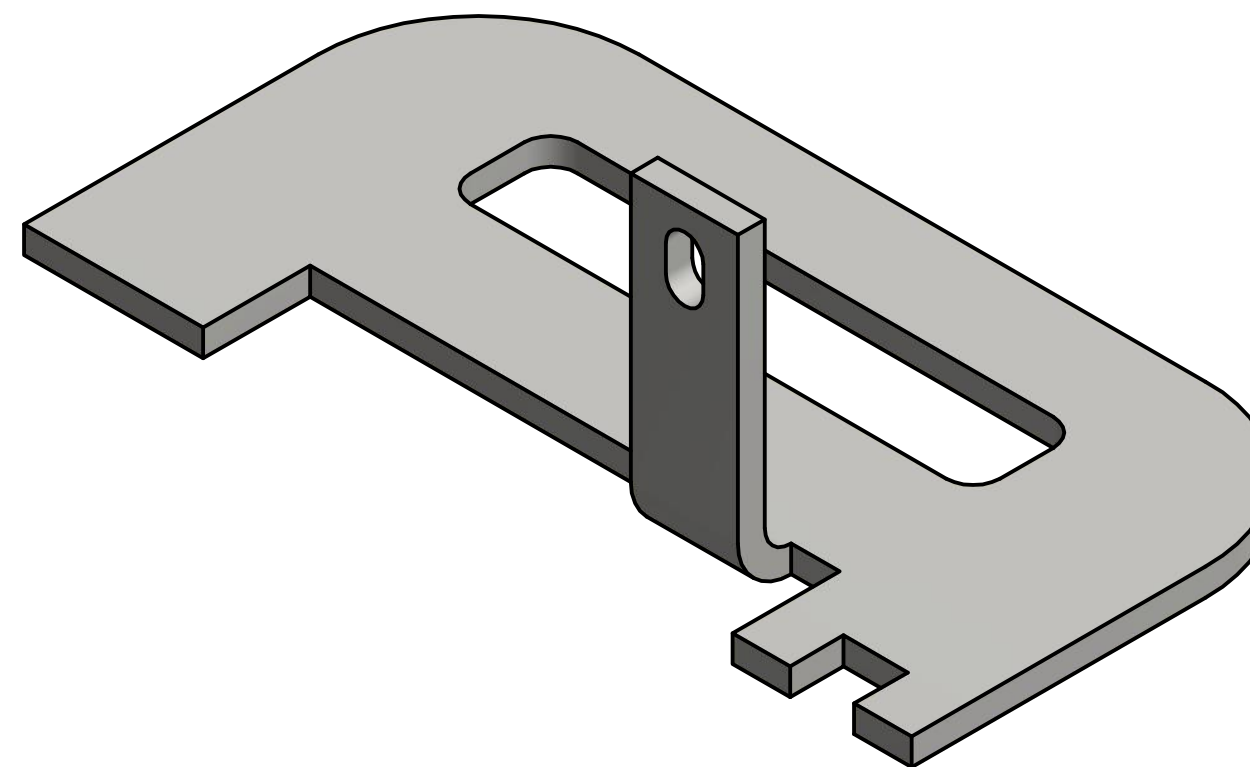
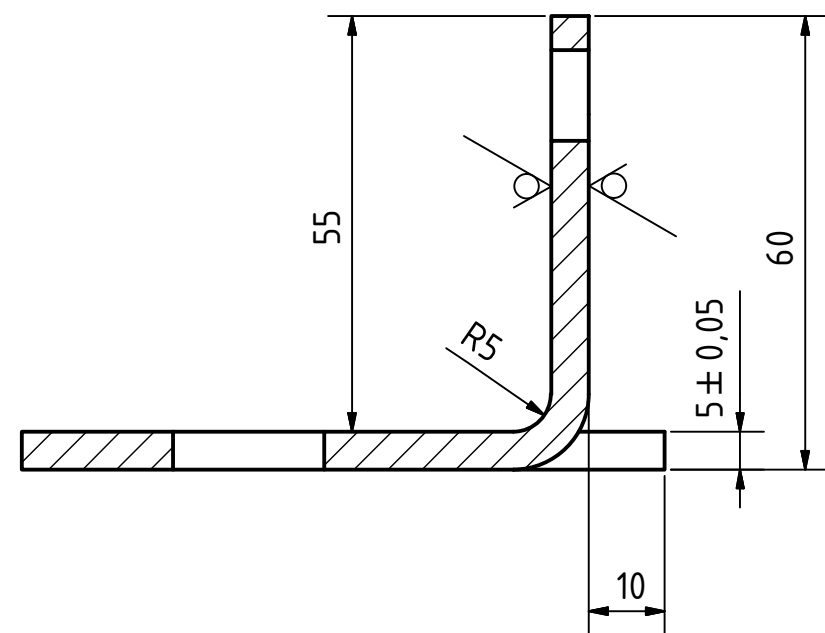
Deska (BPV 3001)
------------------

Váleček dlouhý a Váleček krátký (BPV 3002; BPV 3003)
--

Čep (BPV 3004)
----------------

Praporek (BPV 3005)
---------------------

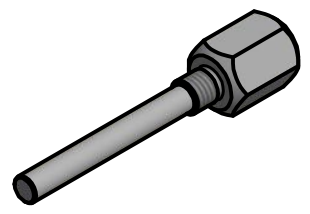
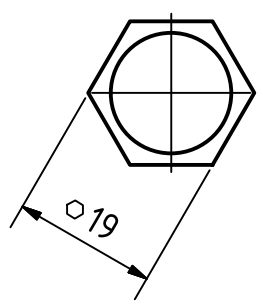
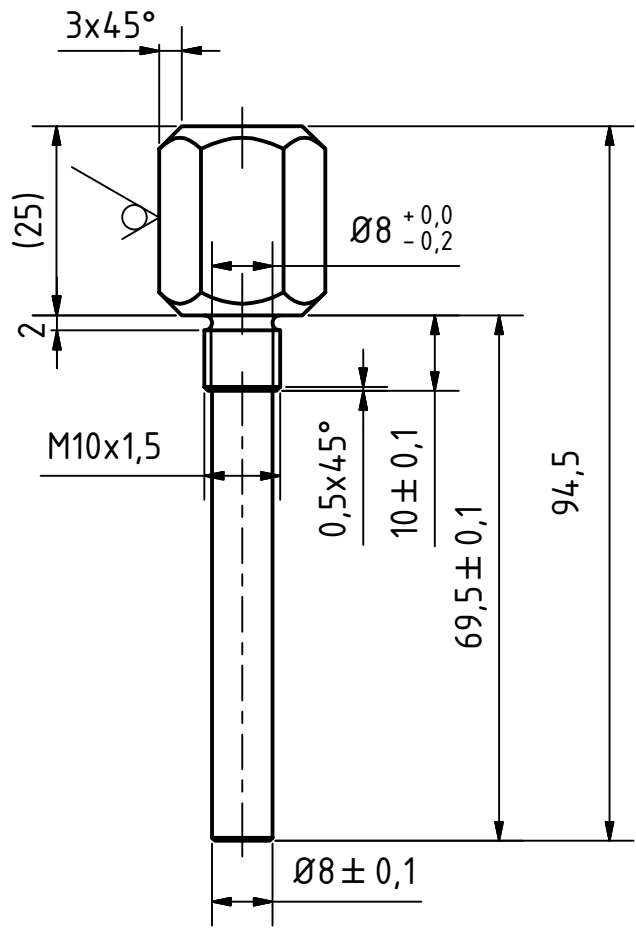
A-A (1:1)



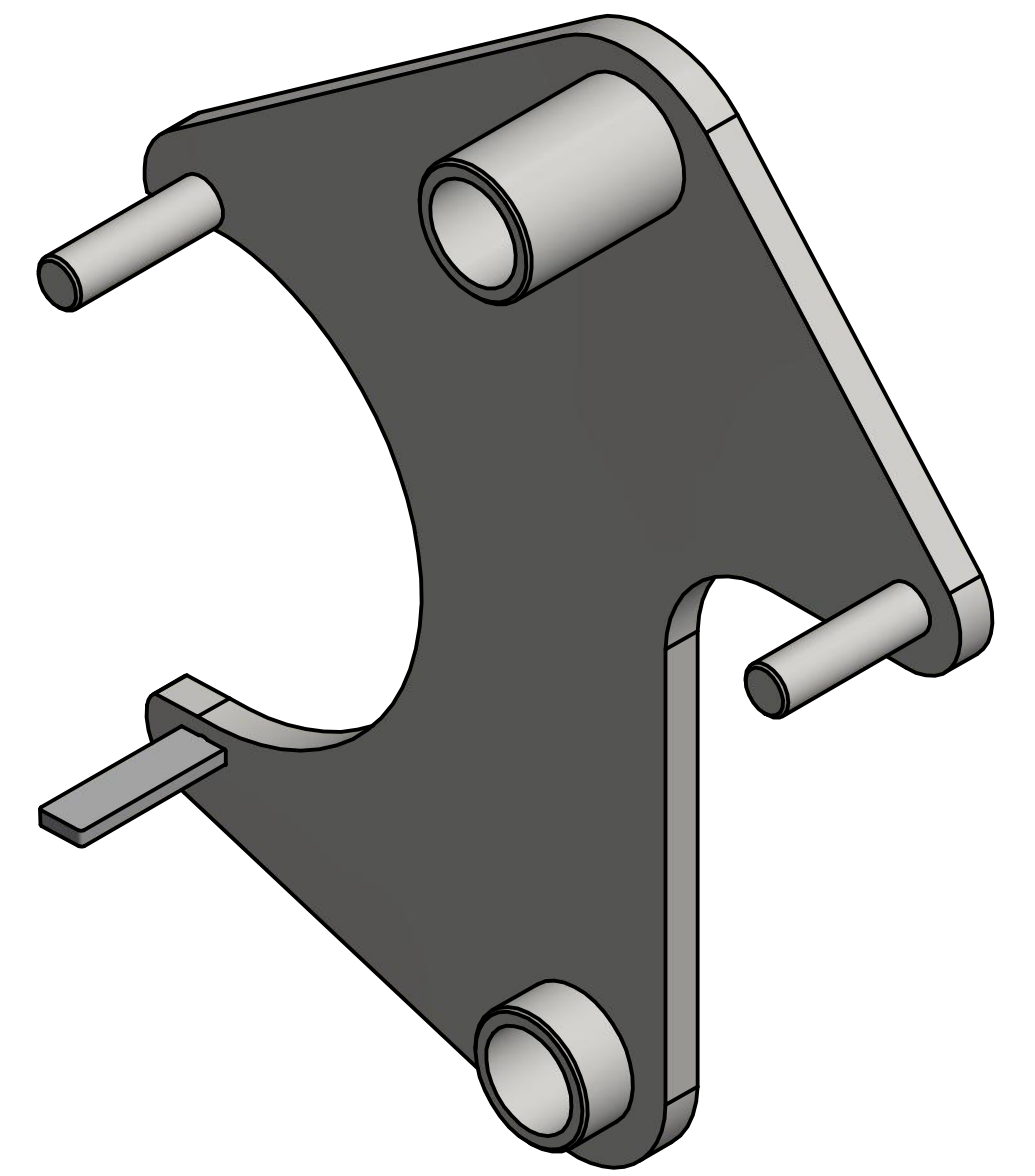
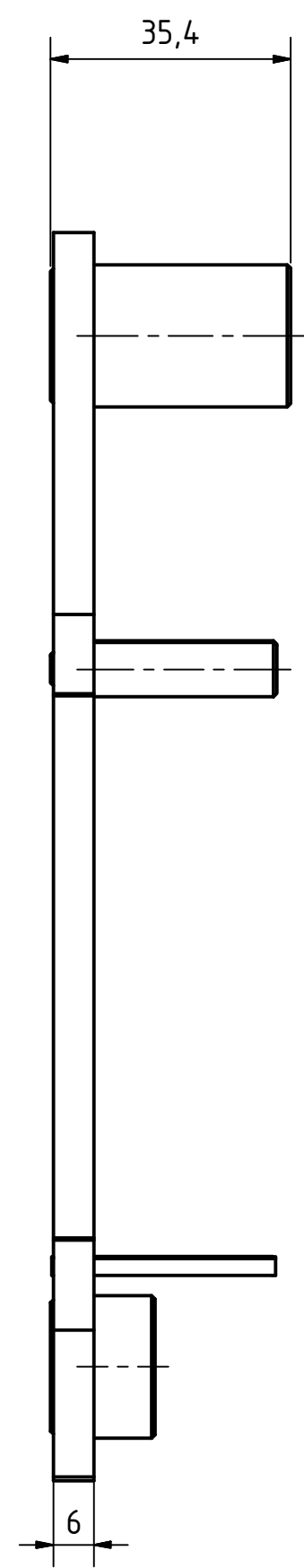
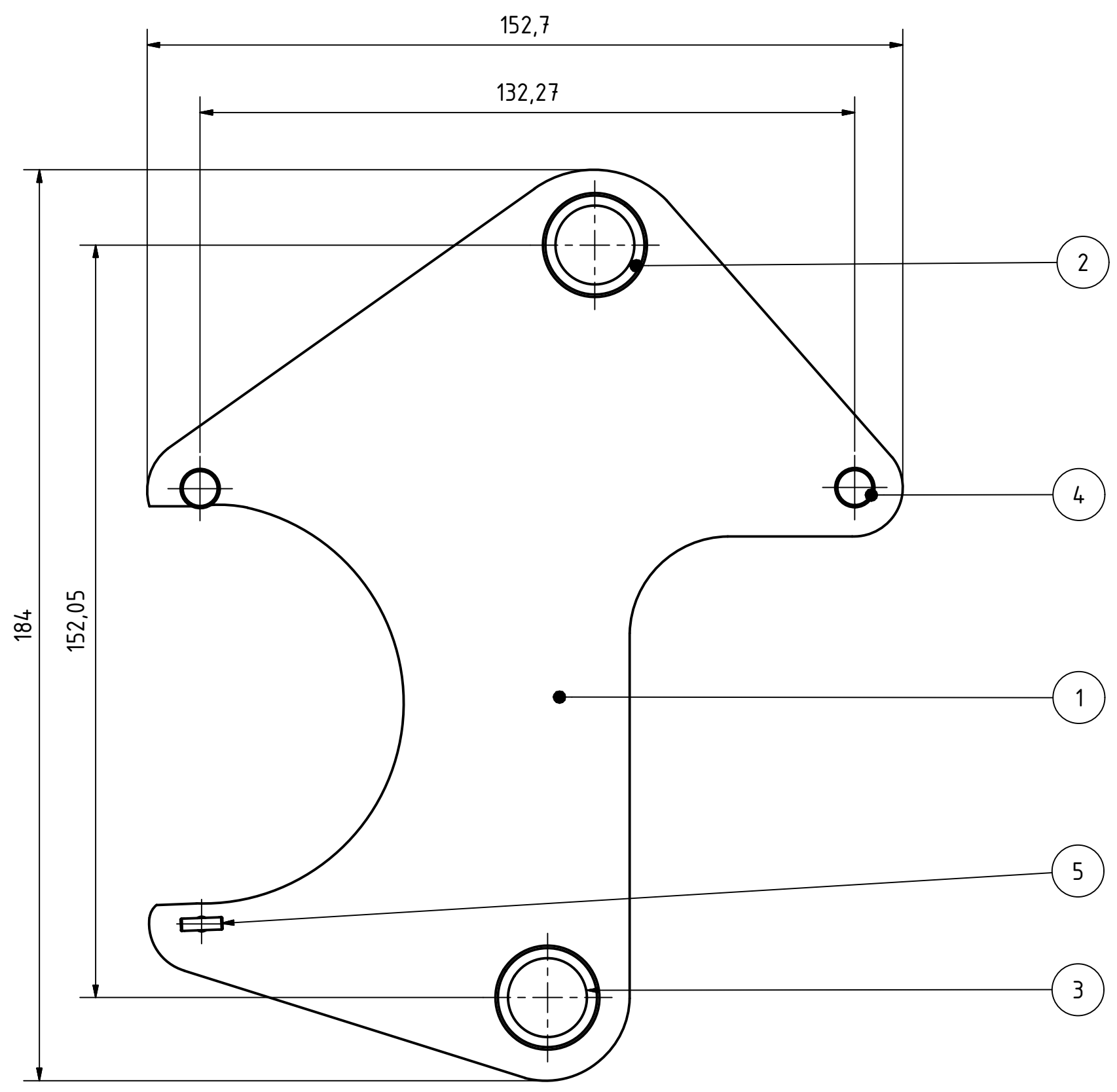
TVAROVÉ PLOCHY OBRÁBĚT DLE dxf DAT

Textura povrchu Ra 6,3 (✓)	Hrany ISO 13715 -0,4 +0,4	Měřítko 1:1	Přesnost ISO 2768 - mK
		Hmotnost (kg) 0,425	Tolerování ISO 8015
			Promítání ☑
Materiál - Polotovár S355J2 - P5 - 190 × 160 ČSN 42 5310		Formát A2	
FAKULTA STROJNÍ ZÁPADOČESKÉ UNIVERZITY V PLZNI	Kreslil JAN MICHAL	Název PŘÍLOŽKA	
	Datum 5.2.2018	Číslo dokumentu BPV 1001	
KTO KATEDRA TECHNOLÓGIE OBRÁBĚNÍ	Schválil		
	Datum		
	Druh dokumentu VÝROBNÍ VÝKRES		





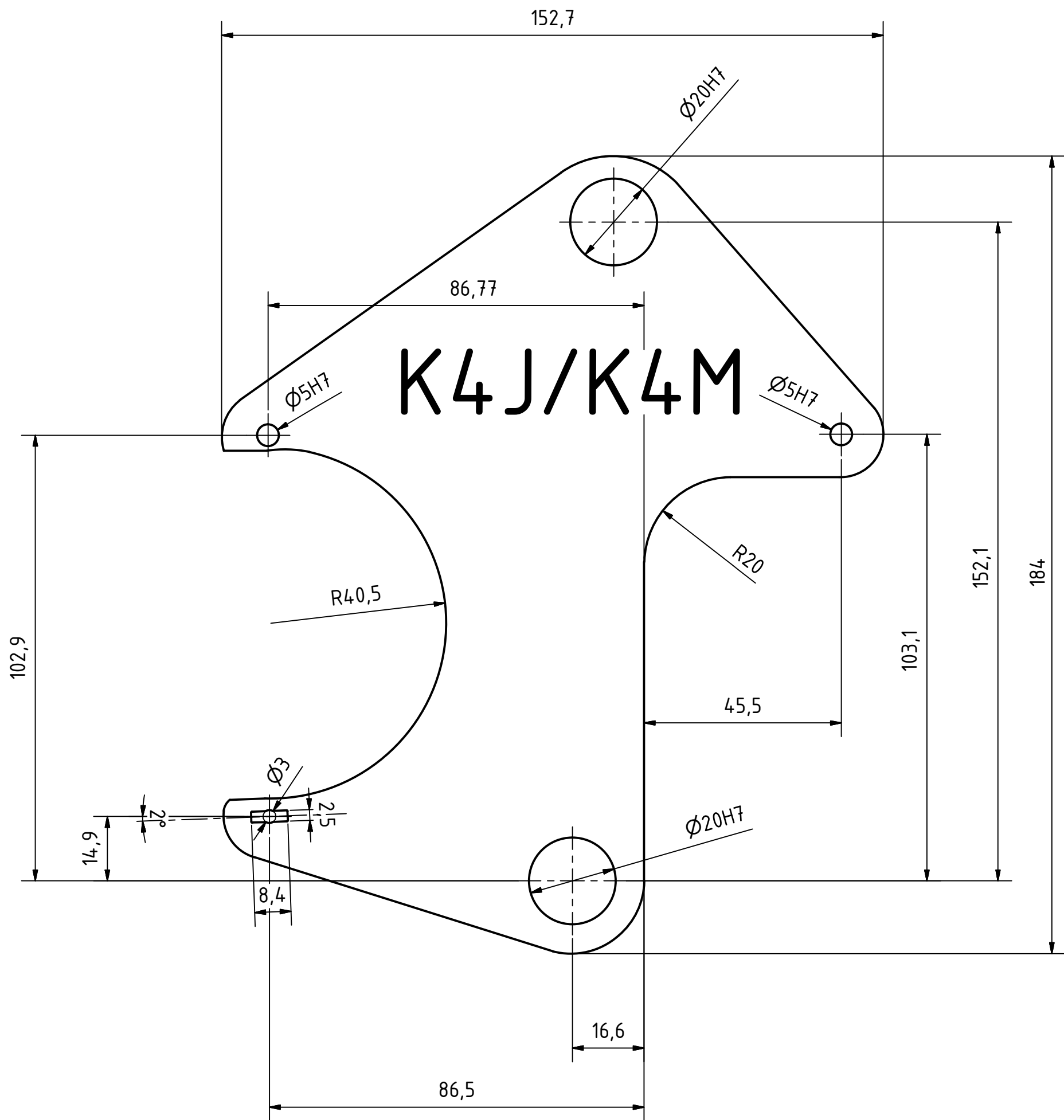
Textura povrchu 	Hrany ISO 13715 	Měřítko 1:1	Přesnost ISO 2768 - mK
		Hmotnost (kg) 0,089	Tolerování ISO 8015
Promítání 		Formát A4	
Materiál - Polotovár S355J2C - 6HR19 - 96 ČSN 42 6530		Název ARETAČNÍ ŠROUB	
KTO KATEDRA TECHNOLOGIE OBRÁBĚNÍ	Kreslil JAN MICHAL	Číslo dokumentu BPV 2001	
	Datum 5.2.2018		
Datum Druh dokumentu VÝROBNÍ VÝKRES		List 1 Listů 1	



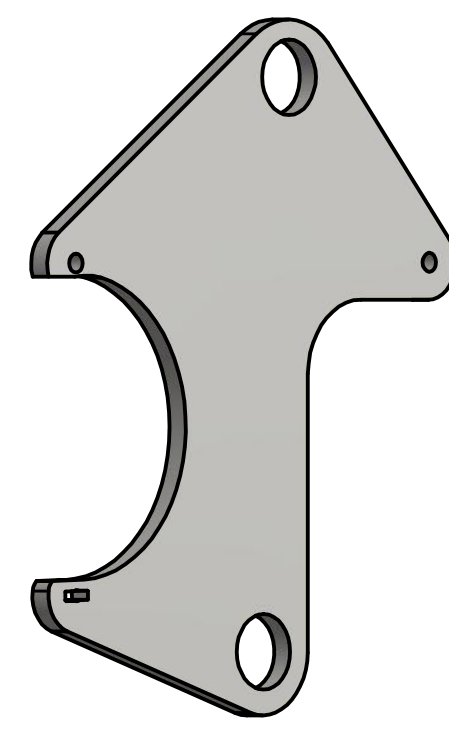
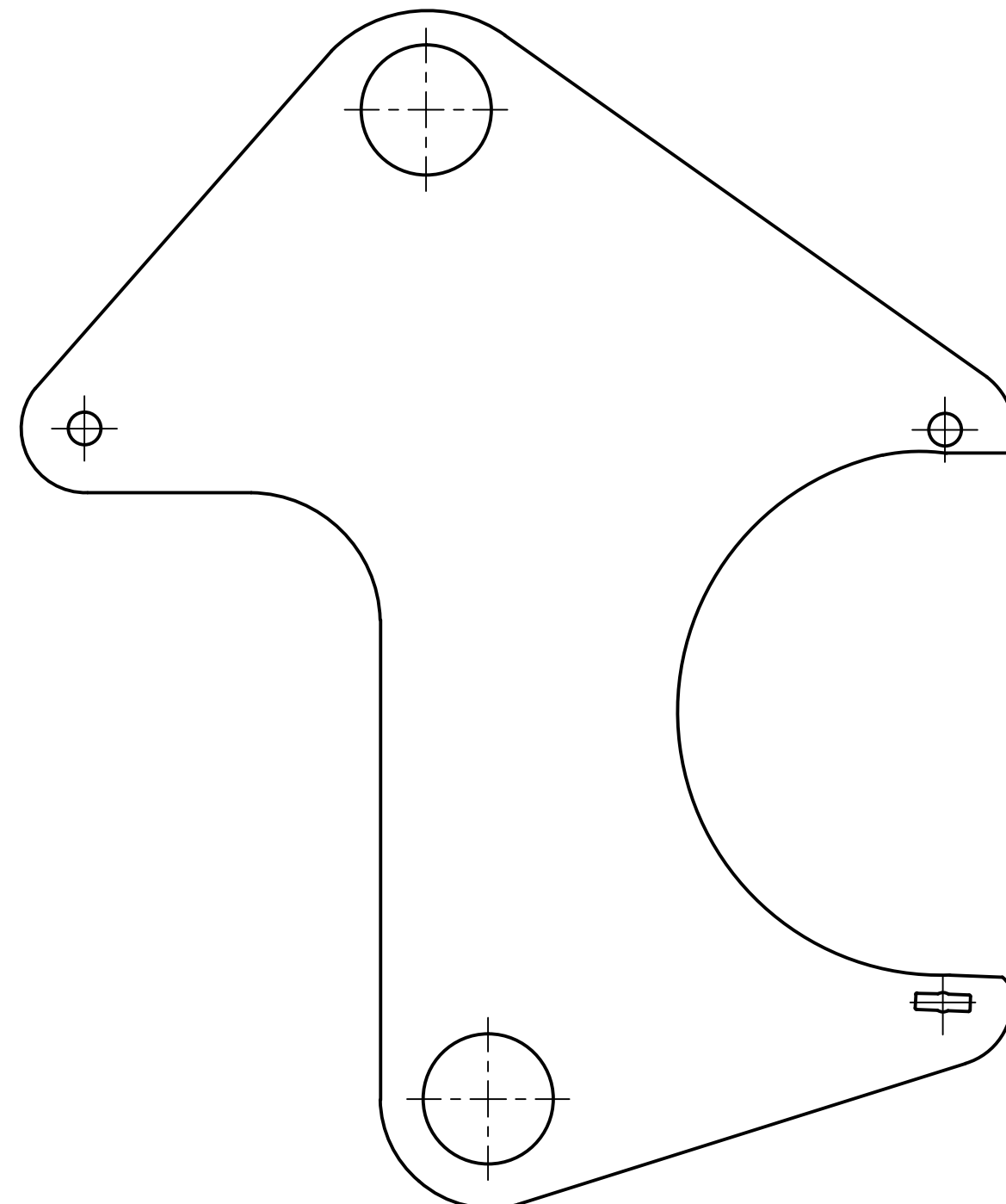
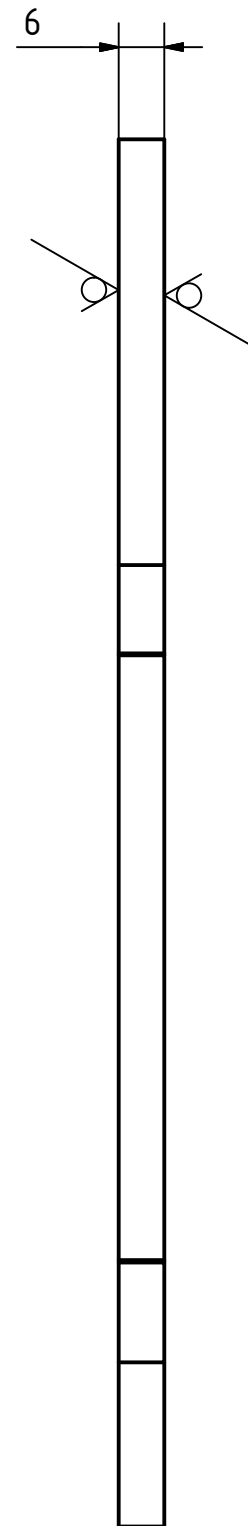
Praporek (BPV 3005) slepit s Deskou (BPV 3001) pomocí lepidla Loctite 3450

KUSOVNÍK					
POLOŽKA	NÁZEV	NORMA	MATERIÁL	KS	HMOTNOST
5	Praporek	BPV 3005	S355J2	1	0,001 kg
4	Čep	BPV 3004	S355J2	2	0,012 kg
3	Váleček krátký	BPV 3003	S355J2	1	0,016 kg
2	Váleček dlouhý	BPV 3002	S355J2	1	0,039 kg
1	Deska	BPV 3001	S355J2	1	0,602 kg

Měřítko	1:1	Hmotnost (kg)	0,671	Promítání		Formát	A2
FAKULTA STROJNÍ ZÁPADOČESKÉ UNIVERZITY V PLZNI	Kreslil	JAN MICHAL		Název			
	Datum	5.2.2018		ARETAČNÍ DESKA			
KTO	Schválil			Číslo dokumentu			
	Datum			BPV 3000			
KATEDRA TECHNOLÓGIE OBRÁBĚNÍ			Druh dokumentu		VÝKRES SESTAVY		Formát
						List 1 List 1	

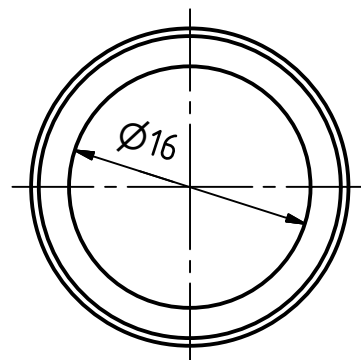
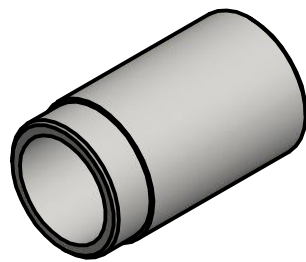
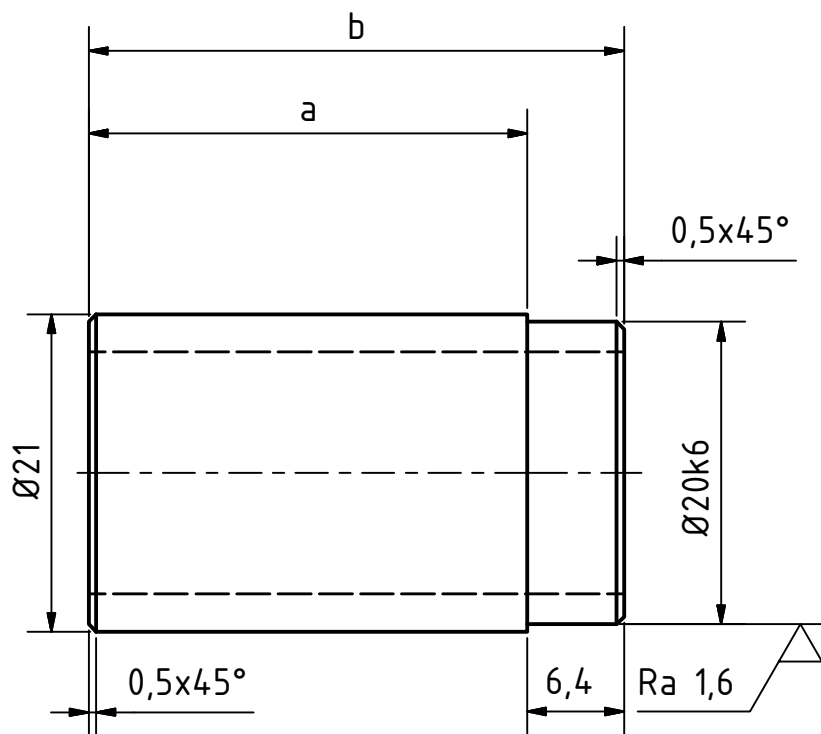


**K4J/K4M**



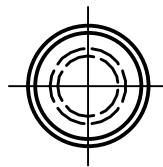
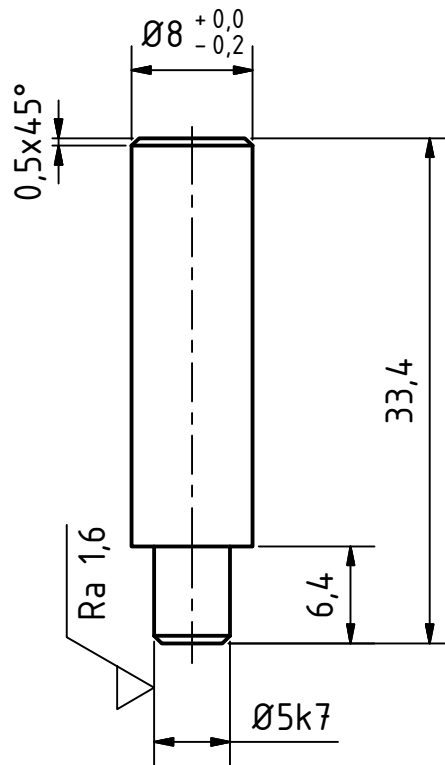
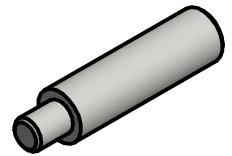
TVAROVÉ PLOCHY OBRÁBĚT DLE dxf DAT, KOTOVANI ORIENTACNI

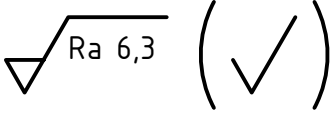
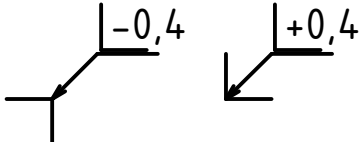


Textura povrchu Ra 6,3 (✓)	Hrany ISO 13715 -0,4 +0,4	Měřítko 1:1	Přesnost ISO 2768 - mK
		Hmotnost (kg) 0,602	Tolerování ISO 8015
			Promítání ☑
Materiál - Polotovár S355J2 - P6 - 190 × 160 ČSN 42 5310		Formát A2	
FAKULTA STROJNÍ ZÁPADOČESKÉ UNIVERZITY V PLZNI	Kreslil JAN MICHAL	Název Deska	
	Datum 5.2.2018	Číslo dokumentu BPV 3001	
KTO KATEDRA TECHNOLÓGIE OBRÁBĚNÍ	Schválil		
	Datum		
Druh dokumentu VÝROBNÍ VÝKRES			

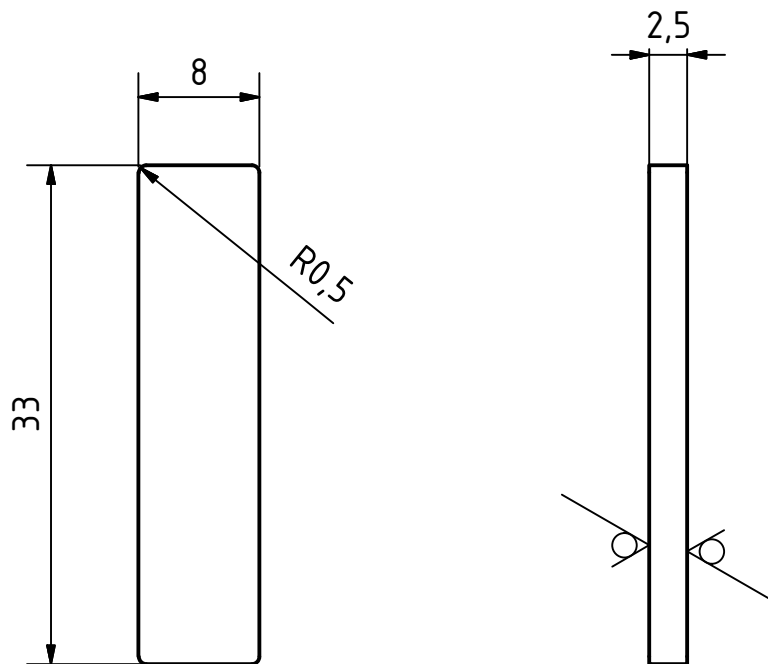
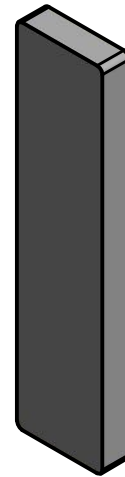


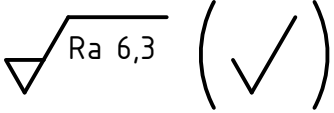
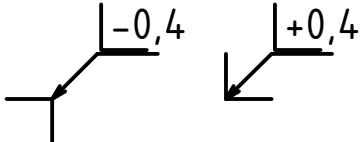


varianta	a [mm]	b [mm]
Váleček dlouhý BPV 3002	29	35,4
Váleček krátký BPV 3003	9	15,4

Textura povrchu 	Hrany ISO 13715 	Měřítko 2:1	Přesnost ISO 2768 - mK
		Hmotnost (kg) 0,039 0,016	Tolerování ISO 8015
Materiál - Polotovary S355J2 - KR22 - 37 ČSN 42 6510 (BPV 3002) KR22 - 17 ČSN 42 6510 (BPV 3003)		Formát A4	
FAKULTA STROJNÍ ZÁPADOČESKÉ UNIVERZITY V PLZNI	Kreslil JAN MICHAL	Název Váleček dlouhý Váleček krátký	
	Datum 5.2.2018		
KTO KATEDRA TECHNOLOGIE OBRÁBĚNÍ	Schválil	Číslo dokumentu BPV 3002 BPV 3003	
	Datum		
Druh dokumentu VÝROBNÍ VÝKRES		List 1 Listů 1	



Textura povrchu 	Hrany ISO 13715 	Měřítko 2:1	Přesnost ISO 2768 - mK
		Hmotnost (kg) 0,013	Tolerování ISO 8015
Materiál - Polotovár S355J2 - KR10 - 34 ČSN 42 6510		Promítání 	
Formát A4		Název Čep	
 FAKULTA STROJNÍ ZÁPADOČESKÉ UNIVERZITY V PLZNI	Kreslil JAN MICHAL	Číslo dokumentu BPV 3004	
	Datum 5.2.2018		
KTO KATEDRA TECHNOLOGIE OBRÁBĚNÍ	Schválil	List 1 Listů 1	
	Datum		
Druh dokumentu VÝROBNÍ VÝKRES			



Textura povrchu 	Hrany ISO 13715 	Měřítko 2:1	Přesnost ISO 2768 - mK
		Hmotnost (kg) 0,005	Tolerování ISO 8015
Materiál - Polotovár S355J2 - P2.5 - 40 × 15 ČSN 42 5310		Promítání 	
Formát A4		Název PRAPOREK	
 FAKULTA STROJNÍ ZÁPADOČESKÉ UNIVERZITY V PLZNI	Kreslil JAN MICHAL	Číslo dokumentu BPV 3005	
	Datum 5.2.2018		
KTO KATEDRA TECHNOLOGIE OBRÁBĚNÍ	Schválil	VÝROBNÍ VÝKRES	
	Datum		
Druh dokumentu		List 1 Listů 1	



## **Příloha B**

### Průvodky

(Přiloženo v deskách.)

**Příložka (BPP 1001)**

**Aretační šroub (BPP 2001)**

**Aretační Deska (BPP 3000)**

Deska (BPP 3001)

Váleček dlouhý a Váleček krátký (BPP 3002; BPP 3003)

Čep (BPP 3004)

Praporek (BPP 3005)

Číslo průvodky		<b>BPP 1001</b>			
Název		<b>Příložka</b>		Vypracoval	<b>Jan Michal</b>
Číslo výkresu		<b>BPV 1001</b>		List	1/1
Materiál	S355J2	Polotovary	P5 – 190 × 160 ČSN 42 5310	Kusů	<b>1</b>

č.op.	Pracoviště / Popis operace	Časy / Spec. pomůcky
1	<p><b>95832 – 2D laserový řezací stroj Trumpf TruLaser 5030 fiber</b></p> <p><i>Upnutí: Vložit na rošt a vyrovnat.</i></p> <p>Řezat konturu tloušťky 5 dle souboru prilozka.dxf; řezat oválnou díru; řezat úchopnou kapsu 99×20.</p>	<b>t<sub>AC</sub> = 0    t<sub>BC</sub> = 0</b>
2	<p><b>33823 – 3D ohraňovací lis Trumpf TruBend 5050</b></p> <p><i>Upnutí: vložit na prizma.</i></p> <p>Ohnout výstupek 60×20 o 90° rádius R5.</p>	<b>t<sub>AC</sub> = 0    t<sub>BC</sub> = 0</b>
3	<p><b>09892 – Zámečnické pracoviště</b></p> <p>Odstranit případné otřepy.</p>	<b>t<sub>AC</sub> = 0    t<sub>BC</sub> = 0</b>
4	<p><b>09863 – Technická kontrola</b></p> <p>Kontrolovat rozměry (tloušťka břitu 5±0,05; šířka břitu 34; šířka dorazu 20; vzdálenost dorazu od plochy břitu 10; poloha a rozměr oválné díry 7, 8, 5; úhel 90°; ostatní rozměry dle výrobní dokumentace).</p>	<b>t<sub>AC</sub> = 0    t<sub>BC</sub> = 0</b>

Číslo průvodky		<b>BPP 2001</b>			
Název		<b>ARETAČNÍ ŠROUB</b>		Vypracoval	<b>Jan Michal</b>
Číslo výkresu		<b>BPV 2001</b>		List	1/1
Materiál	1.4571	Polotovary	6HR19 - 96 ČSN 42 6530	Kusů	<b>1</b>

č.op.	Pracoviště / Popis operace	Časy / Spec. pomůcky
1	<p><b>05967 - Pásová pila BOMAR 275.230 DG</b></p> <p><i>Upnutí: Excent. svěrákem, nastavení dorazu na délku polotovaru 96.</i></p> <p>Uříznout.</p>	<p><b>t<sub>AC</sub> = 0    t<sub>BC</sub> = 0</b></p>
2	<p><b>44412 – Soustružnické CNC centrum Hyundai-Wia L230LMSA</b></p> <p><i>Upnutí: Tvrdé čelisti.</i></p> <p>Zarovnat čelní plochu; srazit hranu 3×45°; otočit.</p> <p><i>Upnutí: Měkké čelisti, vyložení 75.</i></p> <p>Zarovnat čelní plochu na 94,5; ø pro M10×1,5 načisto jemně; přilehlé čelo načisto; srazit hranu 3×45°; ø8±0,1 načisto jemně; přilehlé čelo načisto; srazit hranu 0,5×45°.</p> <p>Vytvořit zápich.</p> <p>Vytvořit závit M10×1,5.</p>	<p><b>t<sub>AC</sub> = 0    t<sub>BC</sub> = 0</b></p> <p>zapichovací tvarový nůž; závitový nůž pro metrický závit</p>
3	<p><b>09863 – Technická kontrola</b></p> <p>Kontrola rozměrů M10×1,5; ø8±0,1; délka 69,5±0,1; ø8<sup>+0,0</sup>/<sub>-0,2</sub>; 2; délka 94,5; drsnost Ra 3,2.</p>	<p><b>t<sub>AC</sub> = 0    t<sub>BC</sub> = 0</b></p> <p>SURFTEST SJ-210; Závitový kalibr M10×1,5</p>

Číslo průvodky		<b>BPP 3001</b>			
Název		<b>Deska</b>		Vypracoval	<b>Jan Michal</b>
Číslo výkresu		<b>BPV 3001</b>		List	1/1
Materiál	S355J2	Polotovary	P6 – 190 × 160 ČSN 42 5310	Kusů	<b>1</b>

č.op. Pracoviště / Popis operace

Časy / Spec. pomůcky

1	<b>95832 – 2D laserový řezací stroj 5030 fiber</b>  <i>Upnutí: Vložit na rošt a vyrovnat.</i>  Řezat konturu tloušťky 6 dle souboru deska.dxf; předpálit dvě díry pro Ø20H7; předřezat dvě díry pro Ø5H7; řezat obdelníkovou díru 2,5×8,4.	<b>t<sub>AC</sub> = 0    t<sub>BC</sub> = 0</b>
2	<b>04613 – Vrtačka sloupová VS 32 B</b>  <i>Upnutí: Upínkami.</i>  Vyhrubovat a vystružit předřezané díry 2×Ø20H7 a Ø5H7.	<b>t<sub>AC</sub> = 0    t<sub>BC</sub> = 0</b>  výhrubník a výstružník Ø20H7; Ø5H7
3	<b>09892 – Zámečnické pracoviště</b>  Odstranit otřepty.	<b>t<sub>AC</sub> = 0    t<sub>BC</sub> = 0</b>
4	<b>09863 – Technická kontrola</b>  Kontrolovat rozměry (2 × Ø20H7; 2 × Ø5H7; 2,5×8,4; ostatní rozměry komparačně optickým měřením dle deska.dxf).	<b>t<sub>AC</sub> = 0    t<sub>BC</sub> = 0</b>  MICRO-VU SOL 161
5	<b>09511 – Zámečnické pracoviště</b>  <i>Montáž.</i>  Nalisovat součásti BPV 3002, 3003 (Váleček dlouhý a krátký), BPV 3004 (Čep) do této součásti Deska (BPV 3001). Praporek (BPV 3005) slepit se součástí Deska pomocí Loctite 3450.	<b>t<sub>AC</sub> = 0    t<sub>BC</sub> = 0</b>
6	<b>Kooperace – spasování</b>  Na pracovišti zákazníka v součinnosti se zákazníkem kontrolovat a upravit celkové rozměry (spasováním spolu s motorem).	<b>t<sub>AC</sub> = 0    t<sub>BC</sub> = 0</b>

Číslo průvodky	<b>BPP 3002, BPP 3003</b>			
Název	Váleček dlouhý Váleček krátký		Vypracoval	<b>Jan Michal</b>
Číslo výkresu	<b>BPV 3002, BPV 3003</b>		List	1/2
Materiál	S355J2	Polotovar	KR22 – 37 ČSN 42 6510 (BP 3002) KR22 – 17 ČSN 42 6510 (BP 3003)	Kusů <b>1+1</b>

č.op.	Pracoviště / Popis operace	Časy / Spec. pomůcky
1	<p><b>05967 - Pásová pila BOMAR 275.230 DG</b></p> <p><i>Upnutí: Excen. svěrákem, nastavení dorazu na délku polotovaru 37 nebo 17 (s ohledem na rozdílnou délku součástí BPV 3002 a BPV 3003).</i></p> <p>Uříznout.</p> <p>Pozn.: součást BPV 3002 a BPV 3003 jsou parametrické se společným výkresem lišící se pouze v délce tělesa. Délka je parametrizovaný údaj. Z tohoto důvodu je parametricky vytvořen i výrobní postup.</p>	<p><b>t<sub>AC</sub> = 0    t<sub>BC</sub> = 0</b></p>
2	<p><b>44412 – Soustružnické CNC centrum Hyundai-Wia L230LMSA</b></p> <p><i>Upnutí: Tvrdé čelisti.</i></p> <p>Zarovnat čelní plochu; ø21 načisto jemně; srazit hranu 0,5×45°; otočit.</p> <p><i>Upnutí: Měkké čelisti, vyložení 8.</i></p> <p>Zarovnat čelní plochu na 35,4 u součásti BPV 3002 a 15,4 u součásti BPV 3003; ø20n6 načisto jemně; přilehlé čelo načisto; srazit hranu 0,5×45° .</p> <p>Předvrtat ø16 v celé délce; vrtat ø16.</p> <p>Pozn.: součást BPV 3002 a BPV 3003 jsou parametrické se společným výkresem lišící se pouze v délce tělesa. Délka je parametrizovaný údaj. Z tohoto důvodu je parametricky vytvořen i výrobní postup.</p>	<p><b>t<sub>AC</sub> = 0    t<sub>BC</sub> = 0</b></p>
3	<p><b>09892 – Zámečnické pracoviště</b></p> <p>Odstranit otřepy.</p>	<p><b>t<sub>AC</sub> = 0    t<sub>BC</sub> = 0</b></p>

Číslo průvodky	<b>BPP 3002, BPP 3003</b>				
Název	Váleček dlouhý Váleček krátký		Vypracoval	<b>Jan Michal</b>	
Číslo výkresu	<b>BPV 3002, BPV 3003</b>			List	2/2
Materiál	S355J2	Polotovar	KR22 – 37 ČSN 42 6510 (BP 3002) KR22 – 17 ČSN 42 6510 (BP 3003)	Kusů	<b>1+1</b>

č.op.	Pracoviště / Popis operace	Časy / Spec. pomůcky
4	<p><b>09863 – Technická kontrola</b></p> <p>Kontrola rozměrů <math>\varnothing 20n6</math>; 6,4; <math>\varnothing 21</math>; <math>\varnothing 16</math>; délku 35,4 u součásti BPV 3002 a 15,4 u součásti BPV 3003.</p> <p>Pozn.: součást BPV 3002 a BPV 3003 jsou parametrické se společným výkresem lišící se pouze v délce tělesa. Délka je parametrizovaný údaj. Z tohoto důvodu je parametricky vytvořen i výrobní postup.</p>	<b><math>t_{AC} = 0</math>    <math>t_{BC} = 0</math></b>
5	<p><b>09511 – Zámečnické pracoviště</b></p> <p><i>Montáž.</i></p> <p>Vstupuje do montáže popsané na průvodce BPP 3001.</p>	<b><math>t_{AC} = 0</math>    <math>t_{BC} = 0</math></b>



Číslo průvodky	<b>BPP 3004</b>				
Název	<b>ČEP</b>			Vypracoval	<b>Jan Michal</b>
Číslo výkresu	<b>BPV 3004</b>			List	1/1
Materiál	S355J2	Polotovar	KR10 – 35 ČSN 42 6510	Kusů	<b>2</b>

č.op.	Pracoviště / Popis operace	Časy / Spec. pomůcky
1	<p><b>05967 - Pásová pila BOMAR 275.230 DG</b></p> <p><i>Upnutí: Excent. svěrákem, nastavení dorazu na délku polotovaru 35.</i></p> <p>Uříznout.</p>	<b>t<sub>AC</sub> = 0    t<sub>BC</sub> = 0</b>
2	<p><b>44412 – Soustružnické CNC centrum Hyundai-Wia L230LMSA</b></p> <p><i>Upnutí: Tvrdé čelisti.</i></p> <p>Zarovnat čelní plochu; <math>\varnothing 8_{-0,2}^{+0,0}</math> načisto; srazit hranu 0,5×45°; otočit.</p> <p><i>Upnutí: Měkké čelisti, vyložení 16.</i></p> <p>Zarovnat čelní plochu na 33,4; <math>\varnothing 5n7</math> načisto jemně, přilehlé čelo načisto; srazit hranu 0,5×45°.</p>	<b>t<sub>AC</sub> = 0    t<sub>BC</sub> = 0</b>
3	<p><b>09892 – Zámečnické pracoviště</b></p> <p>Odstranění otřepů.</p>	<b>t<sub>AC</sub> = 0    t<sub>BC</sub> = 0</b>
4	<p><b>09863 – Technická kontrola</b></p> <p>Kontrolovat délku 33,4; <math>\varnothing 5n7</math>; <math>\varnothing 8</math>, drsnost Ra 1,6.</p>	<b>t<sub>AC</sub> = 0    t<sub>BC</sub> = 0</b> SURFTEST SJ-210
5	<p><b>09511 – Zámečnické pracoviště</b></p> <p><i>Montáž.</i></p> <p>Vstupuje do montáže popsané na průvodce BPP 3001.</p>	<b>t<sub>AC</sub> = 0    t<sub>BC</sub> = 0</b>

Číslo průvodky		<b>BPP 3005</b>			
Název		<b>PRAPOREK</b>		Vypracoval	<b>Jan Michal</b>
Číslo výkresu		<b>BPV 3005</b>		List	1/1
Materiál	S355J2	Polotovar	P2.5 – 40×15 ČSN 42 5310	Kusů	<b>1</b>

č.op.	Pracoviště / Popis operace	Časy / Spec. pomůcky
1	<p><b>95832 – 2D laserový řezací stroj</b></p> <p><i>Upnutí: Vložit na rošt a vyrovnat.</i></p> <p>Řezat konturu tloušťky 2,5 dle souboru praporek.dxf (rozměr 30×8).</p>	<b>t<sub>AC</sub> = 0    t<sub>BC</sub> = 0</b>
2	<p><b>09892 – Zámečnické pracoviště</b></p> <p>Odstranit případné otřepy.</p>	<b>t<sub>AC</sub> = 0    t<sub>BC</sub> = 0</b>
3	<p><b>09863 – Technická kontrola</b></p> <p>Kontrolovat všechny základní rozměry (33; 8; 2,5)</p>	<b>t<sub>AC</sub> = 0    t<sub>BC</sub> = 0</b>
4	<p><b>09511 – Zámečnické pracoviště</b></p> <p><i>Montáž.</i></p> <p>Vstupuje do montáže popsané na průvodce BPP 3001.</p>	<b>t<sub>AC</sub> = 0    t<sub>BC</sub> = 0</b>