

ZÁPADOČESKÁ UNIVERZITA V PLZNI  
**FAKULTA STROJNÍ**

Studijní program: N2301 Strojní inženýrství  
Studijní obor: 2303T004 Strojírenská technologie  
– technologie obrábění

## **DIPLOMOVÁ PRÁCE**

Návrh technologie zkušebního obrábění nového typu hliníkového odlitku

Autor: **Bc. Václav BRABENEC**

Vedoucí práce: **Doc. Ing. Vladimír DUCHEK, Ph.D.**

Akademický rok 2014/2015

**ZADÁNÍ DIPLOMOVÉ PRÁCE**  
(PROJEKTU, UMĚLECKÉHO DÍLA, UMĚLECKÉHO VÝKONU)

Jméno a příjmení: **Bc. Václav BRABENEC**  
Osobní číslo: **S12N0058K**  
Studijní program: **N2301 Strojní inženýrství**  
Studijní obor: **Strojírenská technologie - technologie obrábění**  
Název tématu: **Návrh technologie zkušebního obrábění nového typu hliníkového odlitku**  
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. Charakteristika problému
2. Analýza stávající situace
3. Návrh technického řešení a opatření pro řešení problému
4. Technicko-ekonomické zhodnocení
5. Závěr

Rozsah grafických prací: **dle potřeby**  
Rozsah pracovní zprávy: **50 - 70 stran**  
Forma zpracování diplomové práce: **tištěná**  
Seznam odborné literatury:

- **MRKVICA, M. Přípravky a obráběcí nástroje-I.díl. Řezné nástroje. Ostrava: VŠB-TU Ostrava, 2001, 192 s. ISBN 80-7078-941-7**
- **MRKVICA, M. Přípravky a obráběcí nástroje-II.díl. Přípravky. Ostrava: VŠB-TU Ostrava, 1988, 182 s**
- **TOYOSAKI, Kita-ku. Instruction manual. Japan-Osaka, OKK Corporation: 2003**
- **GE Fanuc Automation S.A. Návod pro obsluhu. Luxembourg: 2001**
- **VIGNER, M., ZELENKA, A., KRÁL, M. Metodika projektování výrobních procesů. PRAHA: SNTL 1984**

Vedoucí diplomové práce: **Doc. Ing. Vladimír Duchek, Ph.D.**  
Katedra technologie obrábění  
Konzultant diplomové práce: **Petr Kolář**  
AISIN EUROPE MANUFACTURING CZECH s.r.o.  
Datum zadání diplomové práce: **10. září 2014**  
Termín odevzdání diplomové práce: **22. května 2015**



Doc. Ing. Milan Edl, Ph.D.  
děkan



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

V Plzni dne 20. října 2014

### **Prohlášení o autorství**

Prohlašuji, že jsem diplomovou práci na téma Návrh technologie zkušebního obrábění nového typu hliníkového odlitku vypracoval pod vedením vedoucího diplomové práce samostatně za použití v práci uvedených pramenů a literatury.

Dále prohlašuji, že tato diplomová práce nebyla využita k získání jiného nebo stejného titulu.

V Písku dne: .....

.....

Podpis

### **Poděkování**

Rád bych touto cestou vyjádřil poděkování doc. Ing. Vladimíru Duchkovi, Ph.D. za jeho cenné rady a trpělivost při vedení mé diplomové práce. Rovněž bych chtěl poděkovat společnosti AISIN Europe Manufacturing Czech, s.r.o. za vstřícnost a pomoc při získání potřebných informací a podkladů.

## ANOTAČNÍ LIST DIPLOMOVÉ PRÁCE

<b>AUTOR</b>	Příjmení Bc. Brabenec	Jméno Václav		
<b>STUDIJNÍ OBOR</b>	2303T004 „Strojírenská technologie – technologie obrábění“			
<b>VEDOUcí PRÁCE</b>	Příjmení (včetně titulů) Doc. Ing. Duchek, Ph.D.	Jméno Vladimír		
<b>PRACOVIŠTĚ</b>	ZČU - FST - KTO			
<b>DRUH PRÁCE</b>	<b>DIPLOMOVÁ</b>	<b>BAKALÁŘSKÁ</b>		
<b>NÁZEV PRÁCE</b>	Návrh technologie zkušebního obrábění nového typu hliníkového odlitku			

<b>FAKULTA</b>	strojní	<b>KATEDRA</b>	KTO	<b>ROK ODEVZD.</b>	2015
----------------	---------	----------------	-----	--------------------	------

### POČET STRAN (A4 a ekvivalentů A4)

<b>CELKEM</b>	119	<b>TEXTOVÁ ČÁST</b>	83	<b>GRAFICKÁ ČÁST</b>	36
---------------	-----	---------------------	----	----------------------	----

<b>STRUČNÝ POPIS (MAX 10 ŘÁDEK)</b>  <b>ZAMĚŘENÍ, TÉMA, CÍL POZNATKY A PŘÍNOSY</b>	Diplomová práce pojednává o zobrazení podpovrchových vad a destruktivní metodě, která vede k jejich zjištění při výrobě hliníkového odlitku. Za destruktivní metodu považujeme obrábění. Práce obsahuje popis vad hliníkových odlitků, designéřský návrh obráběcího přípravku, design nových a volbu standardních nástrojů použitých při obrábění. Dále je v diplomové práci zaznamenán technologický postup a tvorba NC programu, technicko-ekonomické zhodnocení výroby a reklamací. Na základě odzkoušení tématu práce v praxi, bylo vyhodnoceno jako plně funkční.
<b>KLÍČOVÁ SLOVA</b>	Obrábění, design, nástroje, NC program, reklamace, hliníkový odlitek, technologický postup

## SUMMARY OF DIPLOMA SHEET

<b>AUTHOR</b>	Surname Bc. Brabenec	Name Václav
<b>FIELD OF STUDY</b>	2303T004 „Manufacturing Processes – Technology of Metal Cutting“	
<b>SUPERVISOR</b>	Surname (Inclusive of Degrees) Doc. Ing. Duchek, Ph.D.	Name Vladimír
<b>INSTITUTION</b>	ZČU - FST - KTO	
<b>TYPE OF WORK</b>	<b>DIPLOMA</b>	<b>BACHELOR</b>
<b>TITLE OF THE WORK</b>	The Machining trial technology proposal for a new type of the aluminum casting	

<b>FACULTY</b>	Mechanical Engineering	<b>DEPARTMENT</b>	Machining Technology	<b>SUBMITTED IN</b>	2015
----------------	---------------------------	-------------------	-------------------------	---------------------	------

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

<b>TOTALLY</b>	119	<b>TEXT PART</b>	83	<b>GRAPHICAL PART</b>	36
----------------	-----	------------------	----	-----------------------	----

<b>BRIEF DESCRIPTION TOPIC, GOAL, RESULTS AND CONTRIBUTIONS</b>	The thesis discusses the views of subsurface defects and destructive method, which leads to their discovery in the production of aluminum casting. For the destructive method we consider the machining. The thesis contains of the description of defects of the aluminum casting, design project of the machining jig, design of the new tools and choice of standard tools which are used during the casting. There is also showed a technological advancement and a creation of NC program, technical-economic devaluation of the production and objection. Based on the try out in practice it was evaluated as a fully functional.
<b>KEY WORDS</b>	Machining, design, NC program, reclamation, aluminum casting, technological advancement

## Obsah

1. Úvod.....	4
2. Charakteristika problému .....	5
2.1 Cíl práce.....	5
2.2 Představení společnosti.....	6
3. Analýza stávající situace .....	9
3.1 Podpovrchové vady a jejich odhalení .....	9
a. Plynová porezita .....	9
b. Netěsnost .....	10
c. Nekovové vměstky .....	11
d. Zavaleniny (studené spoje).....	11
e. Staženiny .....	12
f. Broky .....	13
g. Kovové vměstky .....	13
3.2 Materiál převodové skříně .....	14
4. Návrh technického řešení a opatření pro řešení problému .....	17
4.1 Vytvoření časového harmonogramu.....	17
4.2 Použitý stroj pro obrábění.....	19
4.3 Design přípravku .....	20
i. Základní deska .....	22
ii. Stojina přípravku .....	23
iii. Žebra.....	24
iv. Příprava pro upnutí .....	25
4.4 Požadavky na nástroje .....	30
4.5 Nástroje.....	34
1. Nástroj T1 .....	34
2. Nástroj T2 .....	36
3. Nástroj T3 .....	37
4. Nástroj T4 .....	38
5. Nástroj T5 .....	39
6. Nástroj T6 .....	40
7. Nástroj T7 .....	42
8. Nástroj T8 .....	42
9. Nástroj T9 .....	43
10. Nástroj T10 .....	43
11. Nástroj T11 .....	44

12.	Nástroj T12 .....	44
13.	Nástroj T13 .....	45
14.	Nástroj T14 .....	45
15.	Nástroj T15 .....	45
16.	Nástroj T16 .....	45
17.	Nástroj T17 .....	46
18.	Nástroj T18 .....	46
19.	Nástroj T19 .....	46
20.	Nástroj T20 .....	47
21.	Nástroj T21 .....	47
22.	Nástroj T22 .....	47
23.	Nástroj T23 .....	48
24.	Nástroj T24 .....	48
25.	Nástroj T25 .....	48
26.	Nástroj T26 .....	49
27.	Nástroj T27 .....	49
28.	Nástroj T28 .....	49
4.6	Technologický postup.....	51
•	První upnutí.....	51
•	Druhé upnutí.....	54
4.7	Výroba NC programu .....	59
5.	Technicko-ekonomické zhodnocení.....	61
6.	Závěr.....	64
7.	Zdroje .....	65
	Seznam obrázků .....	66
	Seznam tabulek .....	68



### Seznam použitých zkratk, symbolů a jednotek

KTO	-	Katedra technologie obrábění
AEM-C	-	AISIN Europe Manufacturing Czech
s.r.o.	-	společnost s ručením omezeným
ISO	-	International Organization for Standardization
ADT4	-	typ hliníku
mil.	-	milion
Kč	-	korun českých
%	-	procento
m <sup>2</sup>	-	metry čtvereční
CT	-	výpočetní tomografie
Al	-	hliník
Fe	-	železo
Si	-	křemík
Mn	-	mangan
mm <sup>3</sup>	-	milimetr krychlový
min.	-	minimum
max.	-	maximum
OK	-	správný výsledek
NG	-	nesprávný výsledek
W	-	týden
G	-	programovací funkce
M	-	programovací funkce
3D	-	trojrozměrný
ks	-	kus
mm	-	milimetr
Ø	-	průměr
Kg	-	kilogram
H7	-	rozměrová tolerance otvoru
M..	-	Metrický závit
N-m	-	newton metr
m	-	metr
BT50	-	kuželový upínač
HSC	-	vysokorychlostní obrábění
°C	-	stupeň Celsia
°	-	stupeň
HSS	-	rychlořezná ocel
R	-	rádus
±	-	plus mínus
h6	-	rozměrová tolerance čepu
ER	-	velký průměr kleštiny
ot	-	otáčky
ot/min	-	otáčky za minutu
mm/ot	-	milimetrů za otáčku
min	-	minuta
NC	-	Numerical Control
T	-	nástroj
Kč/hod	-	korun českých za hodinu
h	-	hodina

# 1. Úvod

Zpracovaná diplomová práce se zabývá tématem Návrh technologie zkušebního obrábění nového typu hliníkového odlitku. Jako konkrétní typ hliníkového odlitku byla pro tuto práci zvolena převodová skříň. Toto téma jsem zvolil, protože pracuji jako specialista na odlévání hliníkových dílů v automobilovém průmyslu ve firmě AISIN Europe Manufacturing Czech, s.r.o., která vyrábí hliníkové komponenty do motorů osobních automobilů. Hlavním důvodem pro výběr tohoto tématu bylo obohacení autora teoretickými znalostmi, které získal v každodenní praxi.

Na zakázku převodové skříně bylo zahájeno výběrové řízení, za jehož vítěze byla vybrána právě společnost AISIN, která je velmi kvalitním dodavatelem, jež se řídí zásadou: „Kvalita na prvním místě.“. Z referencí, které jsou k dispozici od odběratelů, je více než jasné, že se společnost tímto heslem opravdu řídí a to především v praxi. Pro spokojenost svých odběratelů a kvality dodávek bylo zavedeno destruktivní testování dílů převodové skříně, které odhalí případné vady a sníží možnost budoucích reklamací, čímž zvýší kvalitu dodávek a společně s tím i spokojenost zákazníka. Pod pojmem destruktivní testování společnost využívá zkušební obrábění, kterým se snaží nasimulovat obrábění, jež používá odběratel. Ačkoliv toto zkušební obrábění nevytvoří žádný výsledný produkt, to znamená, že je obrobená převodová skříň po následné vizuální kontrole neupotřebitelná, zajistí však operace spoustu potřebných informací pro správnou a bezchybnou dodávku a především pro další výrobu. Z jedné dávky je obrobená vždy první a posléze každá patnáctá převodová skříň.

Společnost AISIN je blíže představena v následující kapitole. V jednotlivých kapitolách jsou blíže specifikovány podpovrchové vady odlitku, které lze odhalit po obráběcím procesu. K výrobě převodové skříně byl použit hliník ADT4, jehož složení je znázorněno v druhé kapitole. K obrábění byl použit stroj OKK HM 600. Dalšími důležitými body jsou design přípravku, design obráběcích nástrojů, technologický postup a tvorba NC programu.

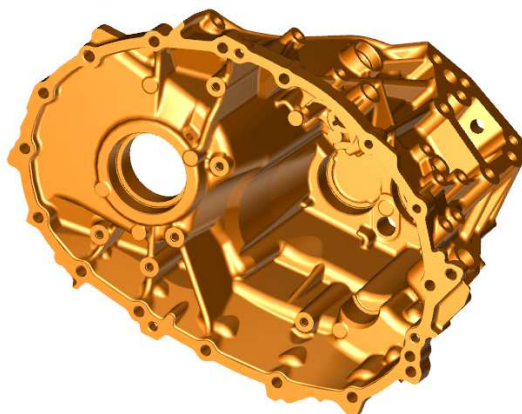
## 2. Charakteristika problému

### 2.1 Cíl práce

Zadáním diplomové práce je téma Návrh technologie zkušebního obrábění nového typu hliníkového odlitku. Dílčími cíli práce jsou:

- Vytvoření časového harmonogramu
- Použitý stroj pro obrábění
- Požadavky na nástroje
- Nástroje
- Technologický postup
- Výroba NC programu

Zkušební obrábění probíhá ve zmíněné firmě AISIN, ve které se mimo slévárnu nachází také obráběcí linky a linky montážní. Některé díly jsou dodávány jako montážní sestava a jiné pouze jako odlitky. U dílů, které jsou zde obráběny, jsou zjišťovány podpovrchové vady, zejména porezita či netěsnost. Porezitu lze odhalit vizuální kontrolou po obrábění. Další podpovrchovou vadou při výrobě odlitků je netěsnost dílu. K jejímu odhalení, slouží stroj na kontrolu netěsnosti, jež je nazýván jako Leak tester. Obtížnější je to však s díly, které jsou zasílány zákazníkovi pouze jako odlitky. Jelikož se jedná o automobilový průmysl, kvalita dílu musí být nejvyšší jakosti a jakákoliv netěsnost dílu je zcela nepřijatelná. Tato převodová skříň byla v naší společnosti získána jako nový projekt, který bude odeslán jen jako odlitý díl. Proto musí být navržen nový přípravek pro stroj OKK, na kterém jsou ostatní odlitky zkušebně obráběny.



Obrázek 1: 3D model převodové skříňe

## 2.2 Představení společnosti



AISIN EUROPE MANUFACTURING CZECH s.r.o. je dceřiným výrobním závodem společnosti AISIN EUROPE S.A. patřící do globální skupiny AISIN SEIKI Co.,Ltd.

AEM-C je globálním dodavatelem pro automobilový průmysl. Dodává díly motorů do závodů evropských i japonských výrobců automobilů, například Toyota, Renault, Volvo, Nissan, Ford. Společnost se řídí globálním firemním principem "Kvalita na prvním místě", proto vždy usiluje o to, aby svým zákazníkům dodávala spolehlivé výrobky jedinečné jakosti vyrobené s využitím nejnovějších technologií.

**Historie firmy** v tabulce 1

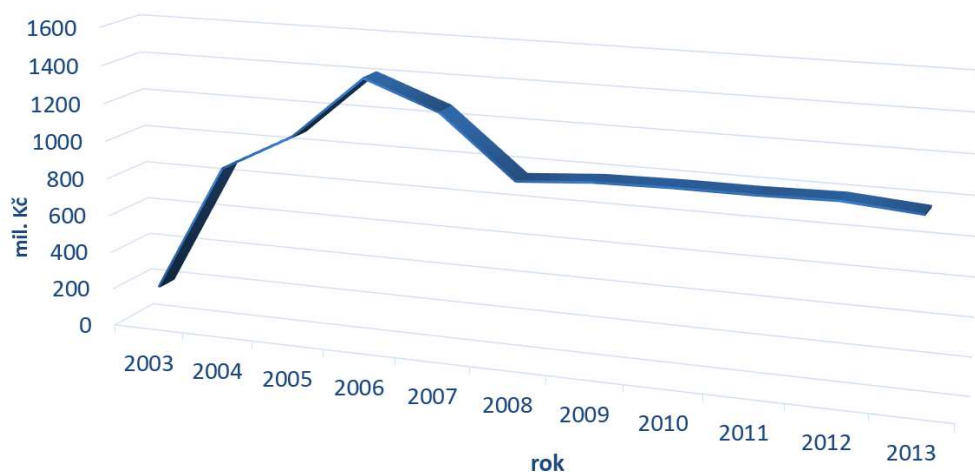
2002 listopad	založení společnosti
2003 březen	dokončení výstavby továrny
2003 duben	převoz výrobních strojů z AISIN EUROPE MANUFACTURING UK
2003 srpen	zahájení sériové výroby
2004 červen	zahájení výstavby Fáze II - slévárna hliníku
2004 listopad	získání certifikace ISO TS / 16949
2005 březen	dokončení výstavby Fáze II
2005 listopad	zahájení sériové výroby ve slévárně
2007 leden	příprava Fáze III - pro ZR projekt
2008 září	zahájení sériové výroby ZR projektu
2011 září	start projektu AD rack housing - první díl pro součást řízení

Tabulka 1: Historie firmy

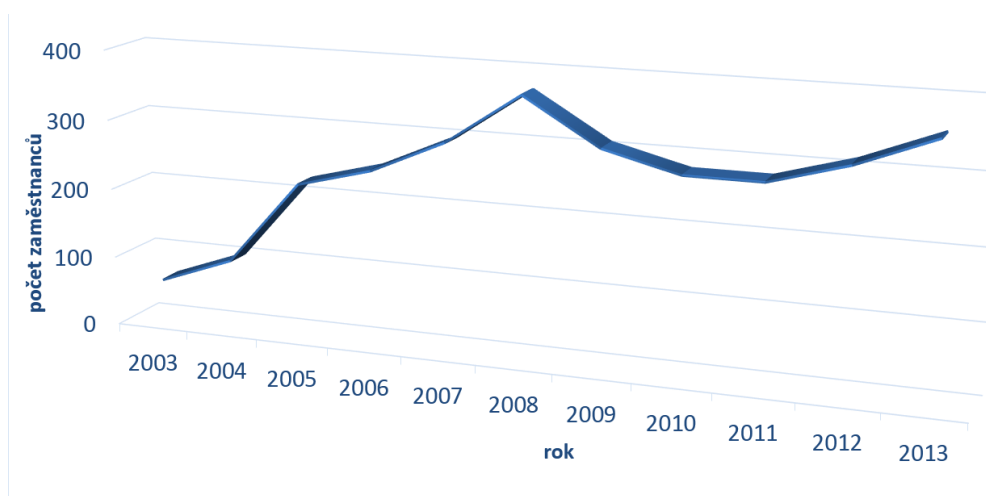
**Současnost** v tabulce 2

Základní kapitál	702 mil Kč;
Vlastník	AISIN EUROPE S.A. 100%
Velikost pozemku	154 000 m <sup>2</sup>
Velikost výrobní haly	21 000 m <sup>2</sup>
Počet zaměstnanců	354 (včetně 4 japonských pracovníků) tab. 4
Výrobní procesy	tlakové lití, obrábění, montáž
Obrat	960 milionů Kč tab. 3

**Tabulka 2: Informace o firmě**



**Tabulka 3: Tržby společnosti**



**Tabulka 4: Vývoj počtu zaměstnanců**

## Zákazníci obrázek 2



Obrázek 2: Zákazníci

## Politika ochrany životního prostředí

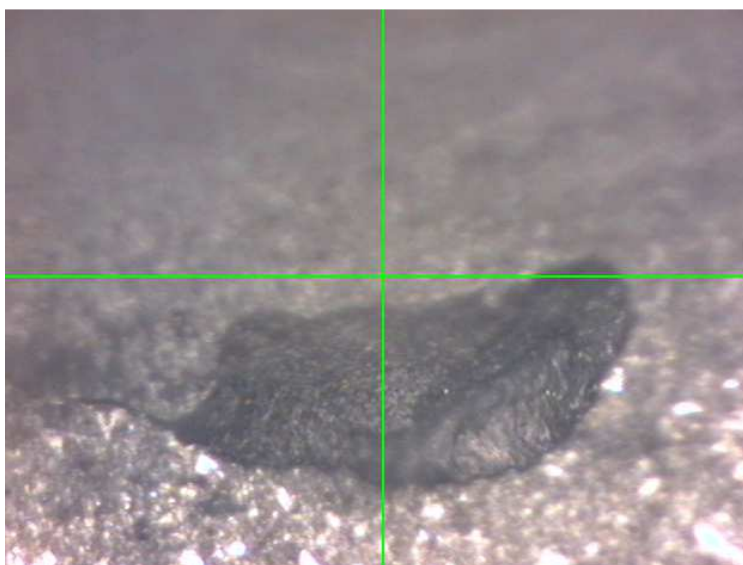
Společnost AISIN EUROPE MANUFACTURING CZECH s.r.o. je výrobním závodem zaměřeným na výrobu produktů pro automobilový průmysl. Společnost vznikla v roce 2002 a působí v České republice v Písku. Na základě společných principů skupiny Aisin, se vedení společnosti Aisin Europe Manufacturing Czech s.r.o, rozhodlo vybudovat systém environmentálního managementu zahrnující všechny oblasti organizace. Politika ochrany životního prostředí je každoročně revidována vedením společnosti a schvalována prezidentem společnosti. Politika je sdělována všem zaměstnancům, zveřejňována veřejnosti a dodavatelům ve shodě se směrnicí „Strategické plánování“.

## 3. Analýza stávající situace

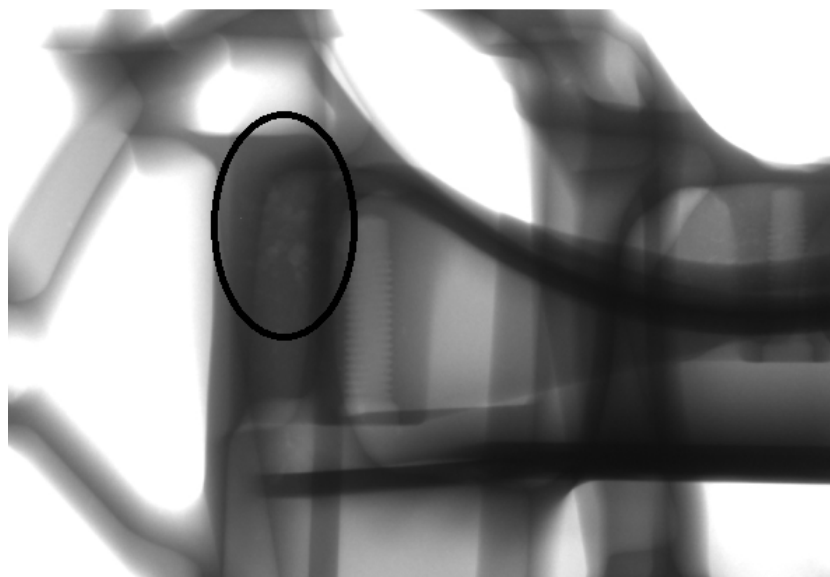
### 3.1 Podpovrchové vady a jejich odhalení

#### a. Plynová pomezita

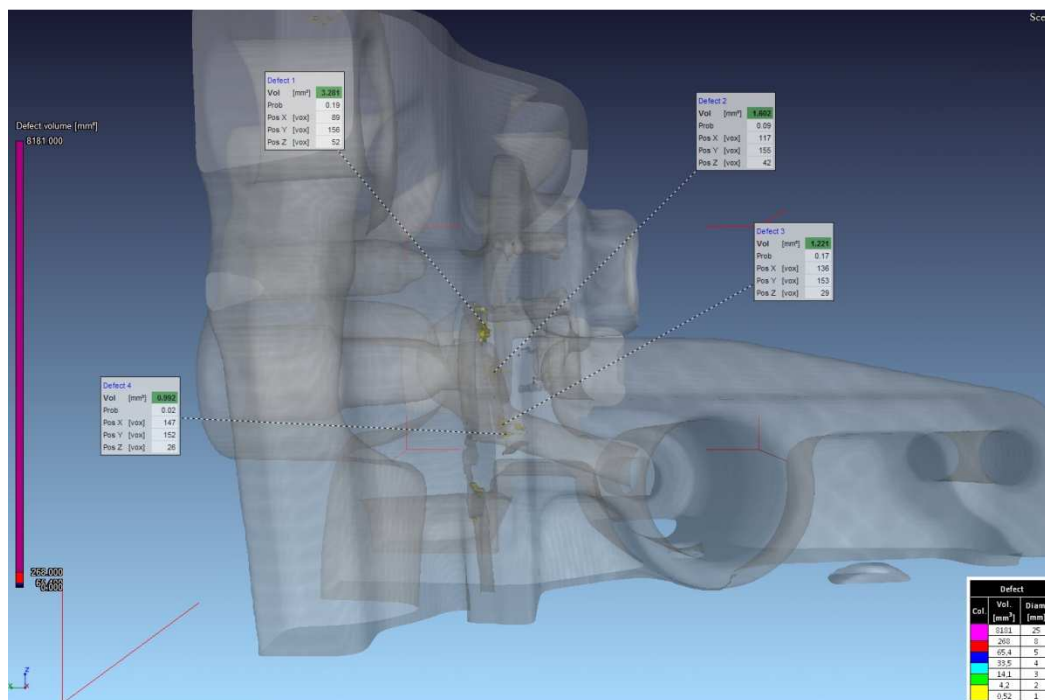
Plynová pomezita sestává především ze vzduchu, který byl zalisován během první a druhé fáze do formy. Plyny uzavřené pod tlakem se během tuhnutí odlitku roztahují, čímž vyrovnají objemové smršťování hliníků. Způsobem odhalení pomezity je vizuální kontrola po třískovém obrábění obr. 3, kontrola rentgenem obr. 4, měření těsnosti odlitku, CT scanner obr. 5.



Obrázek 3: Zobrazení plynové porozity pomocí mikroskopu



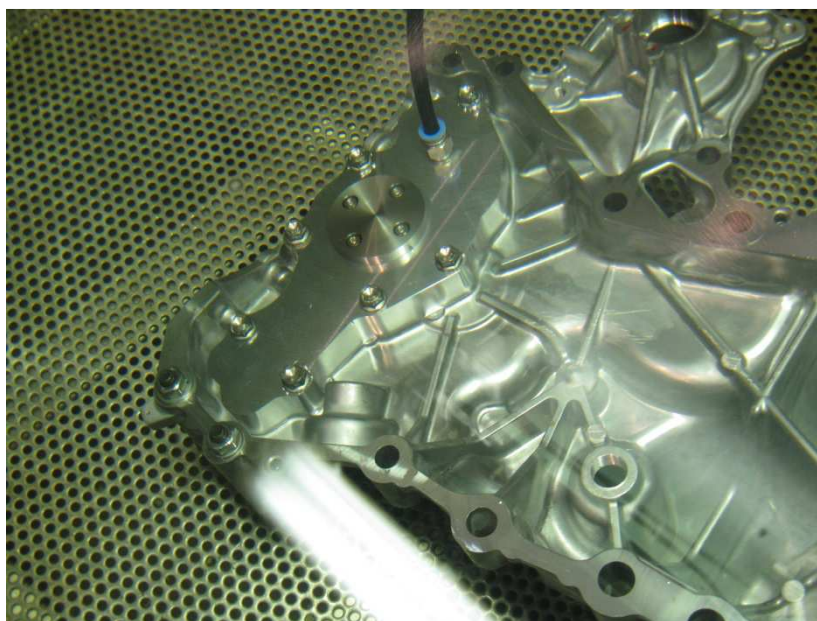
Obrázek 4: Plynová pomezita zobrazená na rentgenu



Obrázek 5: Vyhodnocení poretity pomocí CT scanneru

## b. Netěsnost

Na povrchu okem nezřetelné necelistvosti (zavaleniny, poretita, trhliny), navzájem propojené přes stěnu odlitku. K jejímu odhalení je používána tlaková zkouška vzduchem, zřídka jiným médiem (vodou, olejem). Princip zkoušky spočívá v utěsnění všech ploch, poté je díl ponořen pod vodu a je do něj vpuštěn vzduch. Pokud je díl ideálně utěsněn a není špatný, neměly by se objevit žádné bubliny obr. 6, pokud je díl špatný, z místa kde je netěsný bubliny vycházejí. Za méně spolehlivou považujeme zkoušku indikační kapalinou v kritické oblasti.



Obrázek 6: ideálně těsný díl ponořen pod vodu bez úniku



### c. Nekovové vměstky

Za nekovové vměstky jsou obvykle považovány drobné částice o rozměrech  $1\text{mm}^3$ , tvořeny oxidy hliníku z vsázky, nebo z povrchu taveniny. Méně často jde o částice vyzdívky nebo stoupací trubice dávkovací pece. Vměstky bývají rozptýleny v celém odlitku, oxidy hliníku tvoří též blanky nepravidelného tvaru. Vadu lze odhalit až po obrábění. Na lomu se oxidické blanky jeví jako zlatisté skvrnky. Tato vada se občas vyskytne hromadně a vyvolá zvýšené otupení rezných nástrojů obr. 7. Přibližné zjištění původu vady je možné jen metalografickým rozbořem, úplná identifikace je velmi obtížná (rentgenovou strukturní analýzou).



Obrázek 7: Oxidický vměstek tvrdší než okolní materiál, otupení je patrné z charakteru obrobení plochy před a za vměstkem

### d. Zavaleniny (studené spoje)

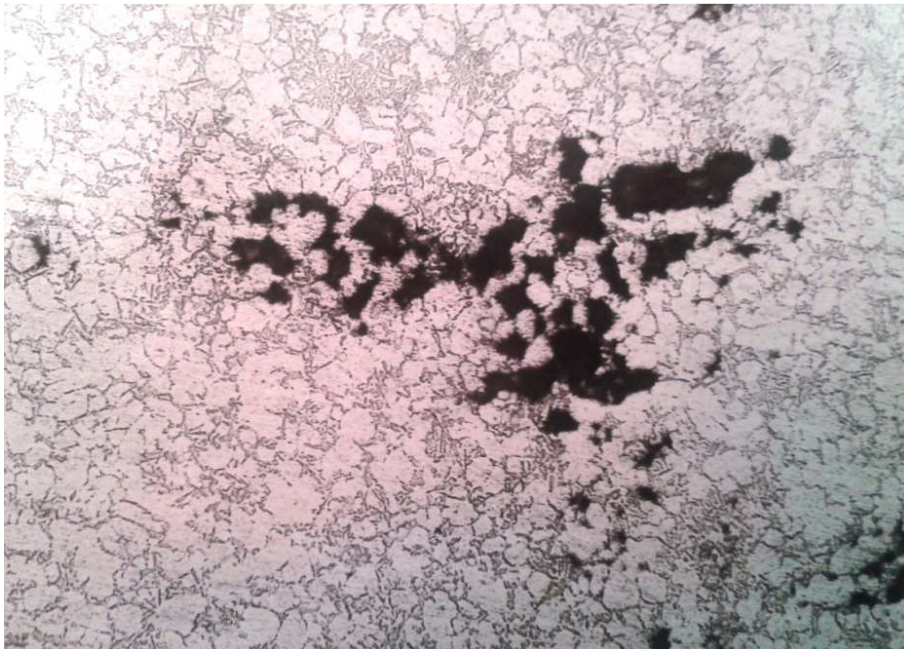
Přerušení povrchu se zaoblenými hranami rýhy je považováno za zavaleniny obr. 8. Vnitřní necelistvost způsobená nespojením chladnoucích proudů kovu. Dutiny uvnitř odlitku lze zjistit rentgenem, nebo následně až při obrábění. Pro rozlišení tohoto typu dutiny od plynové pomezity, nebo od staženiny, je nutno použít zvětšení nebo metalografický rozbor.



Obrázek 8: Odloupnutý studený spoj po obrábění

#### e. Staženiny

Obvykle vnitřní (vzácně otevřené) dutiny s drsným povrchem, nepravidelného tvaru, často ve shlcích (mikrostaženiny, řediny obr. 9), jsou nazývány staženinami. Propadnutím povrchu odlitku je odhalena tato vada. Způsobem odhalení je prohlídka po opracování. Je doporučován metalografický rozbor pro rozlišení od ostatních druhů vad.

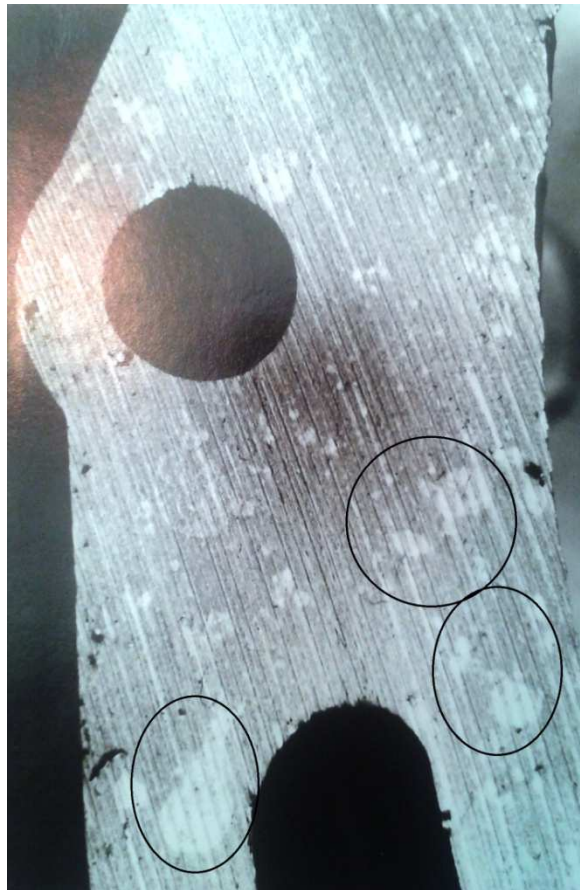


Obrázek 9: Ředina - dendritická staženina (zvětšeno 100x)

#### f. Broky

Broky jsou kulovité částice s jemnější strukturou než jejich okolí, obvykle s povrchovou oxidickou blankou. V jejich okolí bývá porezita.

Broky mohou být také částicemi nepravidelného tvaru, vyvolanými tlakem okolního tekutého kovu na polotuhou částici. Jemnější struktura obr. 10 se projeví při obrábění větším leskem než okolí a také zvýšenou tvrdostí.



Obrázek 10: Lesklé plošky - přechlazené eutektikum

#### g. Kovové vměstky

Kovovými vměstkami jsou nepravidelné tmavé částice Al Fe (Si, Mn) velikosti okolo  $1\text{mm}^3$ . Obvykle jsou rozptýleny v celém odlitku. Na povrchu nejsou patrné. Při obrábění lze spatřit jako tmavé tvrdé částice, na lomu rovněž jako tmavá zrnka. Pro rozlišení od nekovových vměstků je nutno provést metalografický a chemický rozbor. Průkazná je spektrální analýza z místa vady. Přibližným složením samotné částice je cca 18 % Fe, 8 % Si, 8 % Mn, zbytek Al.

### 3.2 Materiál převodové skříně

Převodová skříň je vyráběna z hliníku, konkrétně z hliníku ADT4, který má mít následující chemické složení:

- **Hliník (Al)** stříbrošedý a měkký kov, který se vyznačuje malou hustotou, výbornou tepelnou a elektrickou vodivostí, kujností, tažností a odolností vůči korozi.  
Min – 80,8%, max – 87,9%
- **Křemík (Si)** modrošedý a krystalický polokov, který má částečně kovový lesk a jehož struktura je velmi podobná diamantu.  
Min – 9,6%, max – 12%
- **Železo (Fe)** poměrně měkké, světle šedé až bílé. Je to ferromagnetický kov s malou odolností proti korozi.  
Min – 0,6%, max – 1,1%
- **Měď (Cu)** měkký a ušlechtilý kovový prvek, kovově lesklý s červeným nádechem. Na vzduchu vlivem oxidace tmavne a pozvolna přechází do rezavohnědé barvy.  
Min – 1,7%, max – 2,1%
- **Mangan (Mn)** stříbrolesklý, tvrdý a křehký kov podobný železu.  
Min – 0,2%, max – 0,5%
- **Hořčík (Mg)** lehký, středně tvrdý stříbrolesklý kov.  
Min – 0%, max – 0,3%
- **Zinek (Zn)** měkký lehce tavitelný kov.  
Min – 0%, max – 1%
- **Nikl (Ni)** bílý, feromagnetický, kujný a tažný kov.  
Min – 0%, max – 0,5%
- **Chrom (Cr)** stříbrolesklý velmi tvrdý kov, který je odolný vůči korozi.  
Min – 0%, max – 0,2%
- **Olovo (Pb)** šedomodrý, měkký, tažný a dobře tvarovatelný kov.  
Min – 0%, max – 0,2%
- **Cín (Sn)** stříbrobílý lesklý kov, není příliš tvrdý, ale je značně tažný.  
Min – 0%, max – 0,3%
- **Titan (Ti)** velmi tvrdý a lehký kov ocelového vzhledu.  
Min – 0%, max – 0,2%
- **Vápník (Ca)** nejvýznamnější prvek z řady kovů alkalických zemin, lehký, velmi reaktivní kov.

Min – 0%, max – 0,05%

- **Antimon (Sb)** stříbrolesklý kovový až polokovový prvek.

Min – 0%, max – 0,05%

**Stroncium (Sr)** poměrně měkký, lehký, reaktivní kov.

Min – 0%, max – 0,05%

**Fosfor (P)** kovový lesk, je tepelně i elektricky dobře vodivý.

Min – 0%, max – 0,05%

**Stříbro (Ag)** lesklý a ušlechtilý kov bílé barvy.

Min – 0%, max – 0,05%

**Bor (B)** velmi pevná, tvrdá a žáruvzdorná látka, která má vysoký bod tání.

Min – 0%, max – 0,05%

**Beryllium (Be)** tvrdý, křehký, šedý kov o značně vysoké teplotě tání.

Min – 0%, max – 0,05%

**Bismut (Bi)** těžký, bílé barvy se slabým růžovým leskem, křehký a hrubě krystalický.

Min – 0%, max – 0,05%

**Kadmium (Cd)** bílý, tažný a neušlechtilý kov.

Min – 0%, max – 0,05%

**Sodík (Na)** měkký, lehký a stříbrolesklý kov.

Min – 0%, max – 0,05%

**Lithium (Li)** měkký, lehký a stříbrolesklý kov.

Min – 0%, max – 0,05%

**Zirkonium (Zr)** šedý až stříbřitě bílý, kovový prvek, mimořádně odolný proti korozi.

Min – 0%, max – 0,05%

**Kobalt (Co)** namodralý, feromagnetický, tvrdý a pevný kov.

Min – 0%, max – 0,05%

**Vanad (V)** ocelově šedý a tvrdý kov, který má vysokou teplotu tání.

Min – 0%, max – 0,05%

**Gallium (Ga)** velmi lehce tavitelný kov, bílé barvy s modrošedým nádechem, měkký a dobře tažný.

Min – 0%, max – 0,05%

**Rtuť (Hg)** stříbrolesklý a za laboratorní teploty kapalný (jediný kapalný kov za těchto podmínek) kov.

Min – 0%, max – 0,05%

Odlitek převodové skříně byl analyzován na zařízení zvaném Spectrolab na chemickou analýzu. V tabulce 5 je záznam naměřených hodnot s výsledkem OK, materiál ADT4 vyhovuje normě.

	<b>Si</b>	<b>Fe</b>	<b>Cu</b>	<b>Mn</b>	<b>Mg</b>	<b>Cr</b>
Měření	%	%	%	%	%	%
1	10,38000	0,86100	1,75000	0,33600	0,18000	0,05360
2	10,50000	0,87800	1,77000	0,34300	0,18500	0,05350
3	10,38000	0,86700	1,77000	0,33800	0,18200	0,05340
<b>Ø(3)</b>	<b>10,42000</b>	<b>0,86867</b>	<b>1,76333</b>	<b>0,33900</b>	<b>0,18233</b>	<b>0,05350</b>

	<b>Ti</b>	<b>Be</b>	<b>Ca</b>	<b>Co</b>	<b>Na</b>	<b>P</b>
Měření	%	%	%	%	%	%
1	0,04720	0,00004	0,00094	0,00020	0,00160	0,00110
2	0,04580	0,00004	0,00077	0,00020	0,00023	0,00120
3	0,04660	0,00004	0,00088	0,00020	0,00032	0,00100
<b>Ø(3)</b>	<b>0,04653</b>	<b>0,00004</b>	<b>0,00086</b>	<b>0,00020</b>	<b>0,00072</b>	<b>0,00110</b>

	<b>Sn</b>	<b>Sr</b>	<b>Zr</b>	<b>Al</b>	<b>Ag</b>	<b>Cd</b>
Měření	%	%	%	%	%	%
1	0,01590	0,00005	0,00630	85,40000	0,00660	0,00072
2	0,01590	0,00005	0,00630	85,20000	0,00670	0,00072
3	0,01580	0,00005	0,00630	85,40000	0,00670	0,00074
<b>Ø(3)</b>	<b>0,01587</b>	<b>0,00005</b>	<b>0,00630</b>	<b>85,33333</b>	<b>0,00667</b>	<b>0,00073</b>

	<b>B</b>	<b>Ga</b>	<b>Li</b>	<b>Hg</b>	<b>Ni</b>	<b>Zn</b>
Měření	%	%	%	%	%	%
1	0,00020	0,00002	0,00023	0,00021	0,04790	0,83500
2	0,00030	0,00001	0,00021	0,00030	0,04770	0,86400
3	0,00020	0,00002	0,00020	0,00025	0,04830	0,84400
<b>Ø(3)</b>	<b>0,00023</b>	<b>0,00002</b>	<b>0,00021</b>	<b>0,00025</b>	<b>0,04797</b>	<b>0,84767</b>

	<b>Pb</b>	<b>Sb</b>	<b>Bi</b>	<b>V</b>
Měření	%	%	%	%
1	0,07080	0,00550	0,00800	0,00003
2	0,07320	0,00550	0,00810	0,00005
3	0,07250	0,00610	0,00820	0,00002
<b>Ø(3)</b>	<b>0,07217</b>	<b>0,00570</b>	<b>0,00810</b>	<b>0,00003</b>

Výsledek

OK

NG

Tabulka 5: Chemická analýza - Spectrolab

## 4. Návrh technického řešení a opatření pro řešení problému

### 4.1 Vytvoření časového harmonogramu

Harmonogram je zvláštní plán nebo seznam, který harmonizuje postup nějaké lidské činnosti z časového hlediska. Je časovým rozpis (rozvrh) nebo časovým plánem praktických kroků, které je potřeba provést při realizaci nějakého většího či rozsáhlejšího díla či společenské události. Harmonogramy jsou běžně používány všude tam, kde je potřeba v dlouhém časovém úseku přesně a podrobně zkoordinovat a harmonizovat činnost většího množství subjektů.

Harmonogramy mohou být vhodně doplněny dalšími technickými a organizačními pomůckami, kupříkladu síťovými grafy či ganttovými diagramy, které postup všech prací a činností znázorňují přehledným způsobem v grafické podobě, kde mohou být zobrazeny vazby apod.

Datum realizace projektu : 1.5.2015		Zkušební obrábění převodové skříně																		Vytvořil Brabenec															
Číslo	Název		2014												2015																				
			W40	W41	W42	W43	W44	W45	W46	W47	W48	W49	W50	W51	W52	W1	W2	W3	W4	W5	W6	W7	W8	W9	W10	W11	W12	W13	W14	W15	W16	W17	W18		
1	Desing přípravku	Plán	■	■	■																														
		Stav																																	
2	Objednání přípravku	Plán			■																														
		Stav																																	
3	Dodání přípravku	Plán											■																						
		Stav																																	
4	Instalace přípravku do stroje	Plán																																	
		Stav																																	
5	Desing nástroju + upínačů	Plán			■	■	■	■																											
		Stav																																	
6	Objednání nástrojů	Plán																																	
		Stav																																	
7	Dodání nástroju	Plán																																	
		Stav																																	
8	Osazení nástrojů do držáků + změření offsetů	Plán																																	
		Stav																																	
9	Vytvoření programu	Plán																																	
		Stav																																	
10	Zkušební obrábění	Plán																																	
		Stav																																	
11	Vytvoření dat k procesu	Plán																																	
		Stav																																	
12	Záloha programu	Plán																																	
		Stav																																	

Tabulka 6: Časový harmonogram

Jednotlivé body harmonogramu:

1. Design přípravku – Vymodelování přípravku pro obrábění převodové skříně, následně je provedena výkresová dokumentace.
2. Objednání přípravku – Vytvoření poptávky na základě výkresové dokumentace, následně je obdržena cenová nabídka, dle které se přípravek objedná.
3. Dodání přípravku – Firma, u které je přípravek objednan, doručí hotový díl.
4. Instalace do stroje – Přípravek je nutné odzkoušet, proto je následně vložen do stroje, pro ujištění, že není někde nějaký problém.
5. Design nástrojů – Podle výkresové dokumentace obrobku převodové skříně je nutno vytvořit výkresy nástrojů, toto vše proběhne za spolupráce s výrobcem nástrojů.
6. Objednání nástrojů – předání výkresů nástrojů dodavateli nástrojů, který na základě těchto výkresů vytvoří cenovou nabídku, dle které jsou nástroje objednány.
7. Dodání nástrojů – přebrání nástrojů od dodavatele.
8. Osazení nástrojů + změření nástrojů – nástroje je nutno upnout do kleštin a do držáků nástrojů, stroj disponuje držákem s kuželem BT50, následně je změřen offset nástrojů, který bude základním faktorem k výrobě programu.
9. Vytvoření programu - program bude tvořen ručně dle ISO programování pomocí různých G a M funkcí. K jeho vytvoření bude nápomocen 3D software Creo2 Parametric.
10. Zkušební obrábění – Vytvořený program je vyzkoušen, popřípadě jsou doladěny nějaké kolize, které jistě nastanou.
11. Vytvoření dat k procesu – tyto data obsahují různé informace, dle kterých, se obsluha stroje bude řídit.
12. Záloha programu – ze stroje je uložen aktuální program, ve kterém jsou již všechny vady odstraněny na bezpečné místo.

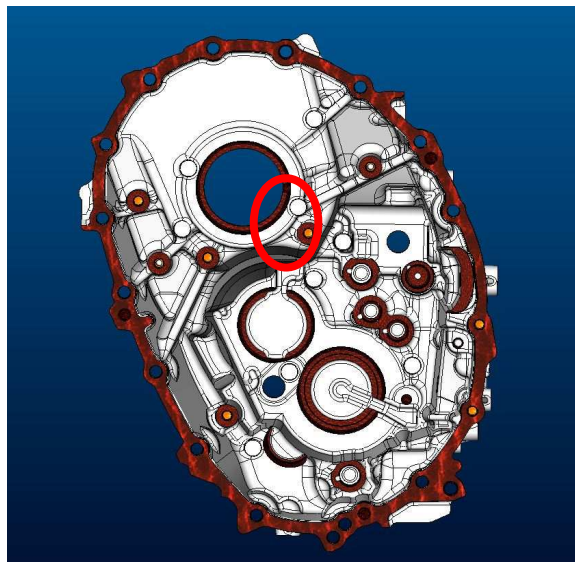




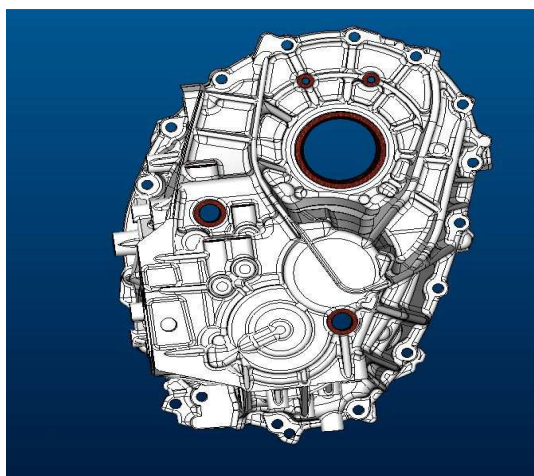
### 4.3 Design přípravku

Velmi důležitým faktorem pro design přípravku, jsou plochy, které budou obráběny při první operaci. Jsou zobrazeny na obrázku 12 a na obrázku 13 tmavou barvou. Jelikož se jedná pouze o 4osý stroj, bude nutno díl obrábět na dvě upnutí. Díl bude na přípravek upnut mechanickými upínkami a bude vystředěn pomocí kolíků. Na prvním upnutí bude díl vystředěn pomocí předlitých otvorů a v následném upnutí již dle obrobených otvorů.

Na obrázku 12 je nejdůležitější otvor o průměru 7 mm (zakroužkován), který musí být vyvrtán pod určitým sklonem. Průměr 7 mm musí být kolmý k vřetenu stroje. Na této operaci bude díl obráběn zepředu (viz Obr. 12), ale i zezadu (viz Obr. 13) a to pouze za otočení strojní osy B.

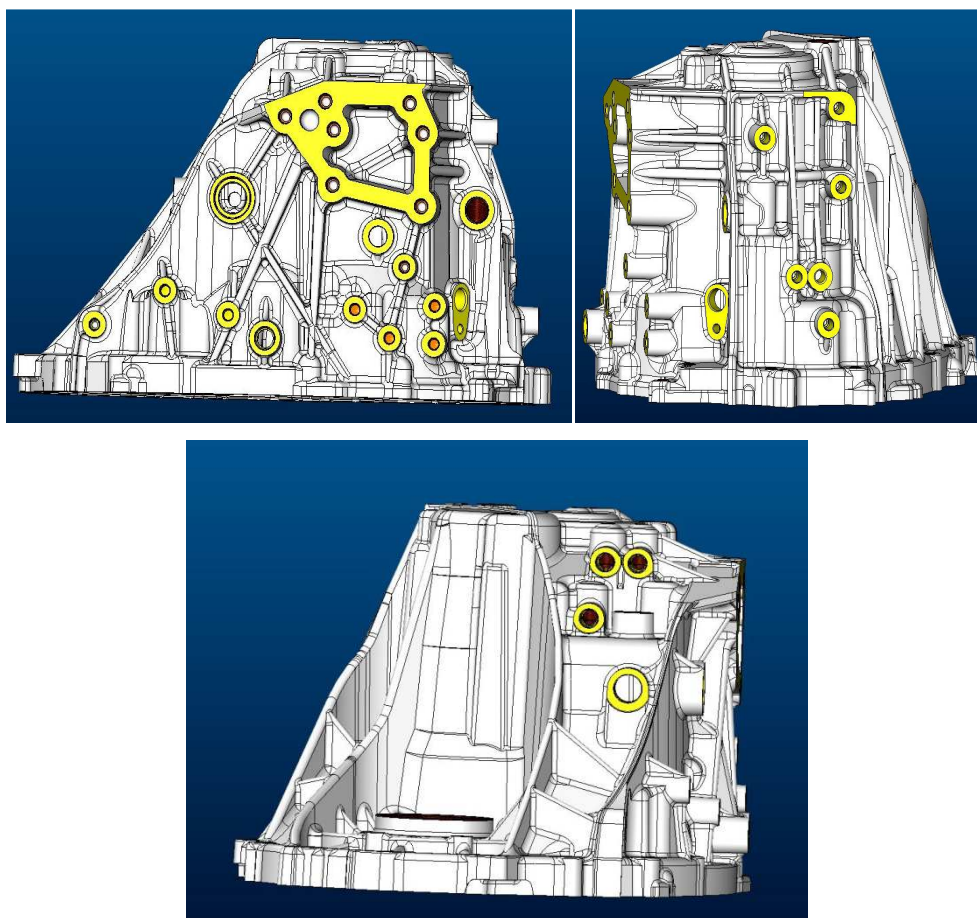


Obrázek 12: Přední pohled na obráběné plochy na 1. operaci



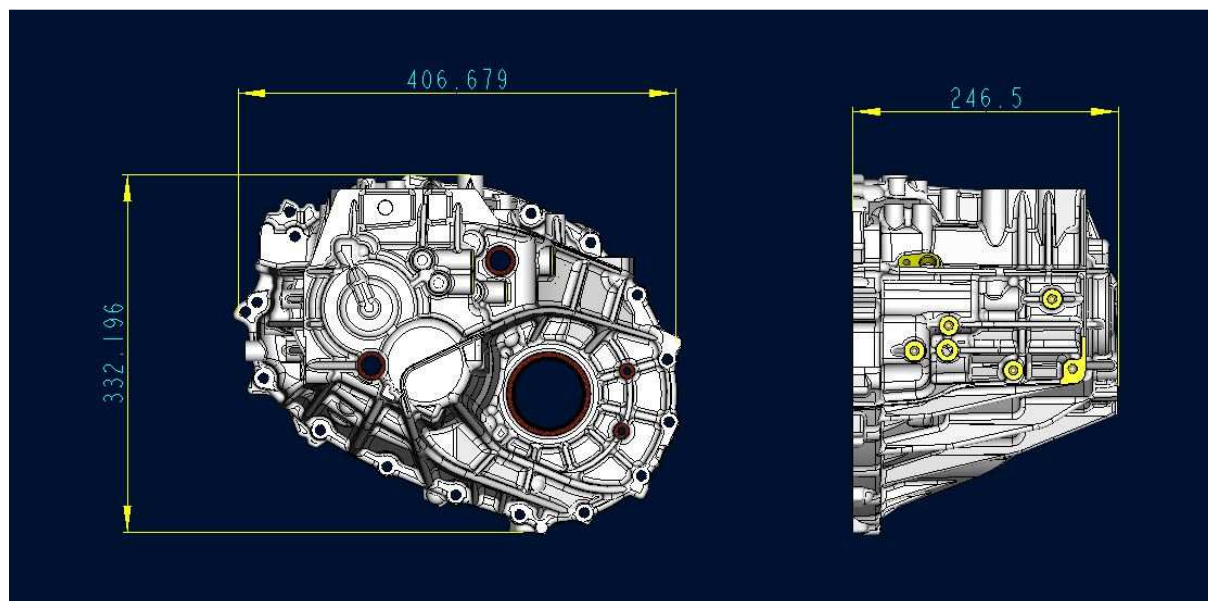
Obrázek 13: Zadní pohled na obráběné plochy na 1. operaci

U druhého založení již bude převodová skříň zakládána na obrobenou plochu. Toto obrábění bude tedy následovat až po první operaci, je důležité, aby bylo znemožněno na druhé založení založit neobrobený díl z důvodu zničení nástrojů. Této situaci by mělo zabránit uložení pomocí kolíků, které přijdou do obrobených otvorů z prvního procesu. Na druhé operaci budou obráběny plochy, které jsou na následujících obrázcích označeny žlutě, viz obr. 14. Toto založení lze považovat za poslední operaci, proto je zde nutno doobrábět všechny plochy, tomu by již mělo stačit pouze natáčení osy B.



Obrázek 14: Obráběné plochy na druhé operaci

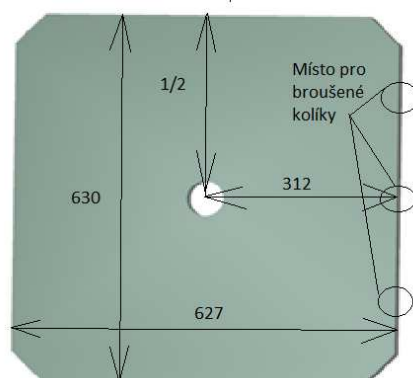
Dalším důležitým faktorem pro výrobu designu přípravku, je znát maximální rozměry odlitku (obr. 15) a rozměry zakládací palety. Zakládací paleta má tvar čtverce o délce hrany 630 mm a uprostřed této desky se nachází kulový čep o průměru 50 mm. Dalším omezením přípravku může být i přemístování palety do stroje, které je prováděno jeřábem o maximální nosnosti 1000 kg. Přípravek také musí být konceptován jako montážní celek, nikoliv jako svařenec.



Obrázek 15: Maximální rozměry odlitku

### i. Základní deska

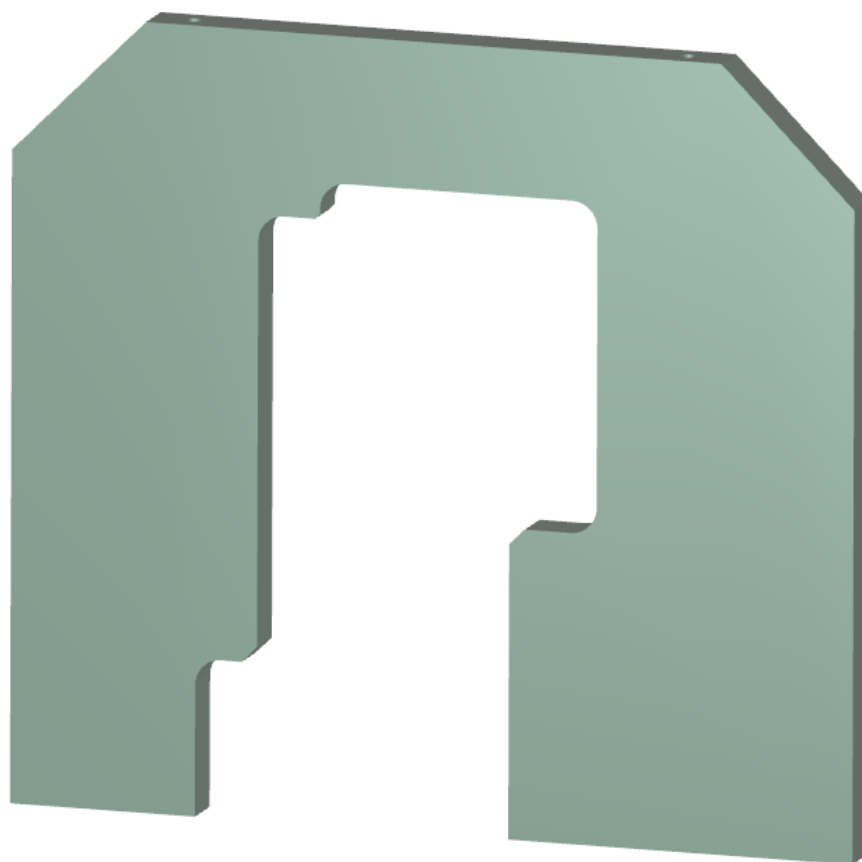
Základní deska ve tvaru čtverce o rozměrech 630 x 627 mm, uprostřed této desky bude přesný otvor o průměru 60 H7, který bude sloužit jako ustavovací otvor pro čep. U této desky je velmi důležitým faktorem upínání na paletu. Rozměr 627 mm je zvolen záměrně, a to proto, aby nebylo nutné brousit všechny hrany, ale do jedné z těchto stran budou vloženy přesné kolíky, které budou následně zabroušeny na rozměr 630 mm a tyto kolíky nám pomohou k přesnému upnutí na výměnnou paletu, kde pomocí planžet vymezíme vůli na 0. Deska bude k paletě přišroubována pomocí šroubu M17, tudíž je nutné vyvrtat průchozí otvory pro tyto šrouby. Tato deska bude následně ještě upravena pro založení převodové skříně, tento krok je popsán v další části diplomové práce. Takto vymodelovaná základní deska je zobrazena na obrázku 16 a bude vyhotovena z materiálu 14220, který je svými vlastnostmi ideální.



Obrázek 16: Základní deska přípravku

## ii. Stojina přípravku

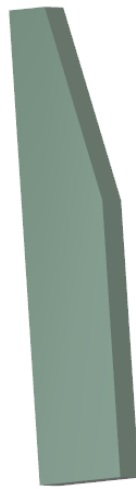
Design této stojiny musí být velice promyšlený, protože je převodová skříň objemná. Jelikož se na tomto přípravku mají obrábět obě dvě operace najednou, je nezbytné tento krok dobře promyslet. Použita bude železná deska z materiálu 11523 o tloušťce 45 mm. Materiál 11523 je zvolen záměrně, neboť má vysokou vrubovou houževnatost a používá se pro strojní součásti, které jsou staticky ale i dynamicky namáhány, jako je stojina přípravku. Stojina bude umístěna na základní desku úhlopříčně, kvůli větší ploše. Uprostřed této stojiny bude vytvořen otvor, pro založení převodové skříně skrz. U druhého upnutí bude tento otvor též použit. Následná úprava pro zakládací body a polohy klampů, bude zobrazena v následující části diplomové práce. Stojina disponuje rozměry 750 x 730 mm a je zobrazena na obrázku 17. Dalším důležitým bodem této konstrukce je vytvořit na horní ploše závity, které budou sloužit pro závěsná oka jeřábu. Na stojině je požadavkem vyhotovit přesný otvor o rozměru 30 H7, který následně v přípravku bude sloužit pro najetí referenčních pozic pro obrábění. K základní desce bude tato stojina přišroubována pomocí šroubů M24, pro které je důležité vytvořit závity na spodní ploše. Pro přesnější uložení nám poslouží dva kolíčky, které budou zapuštěny v základní desce i v této stojině.



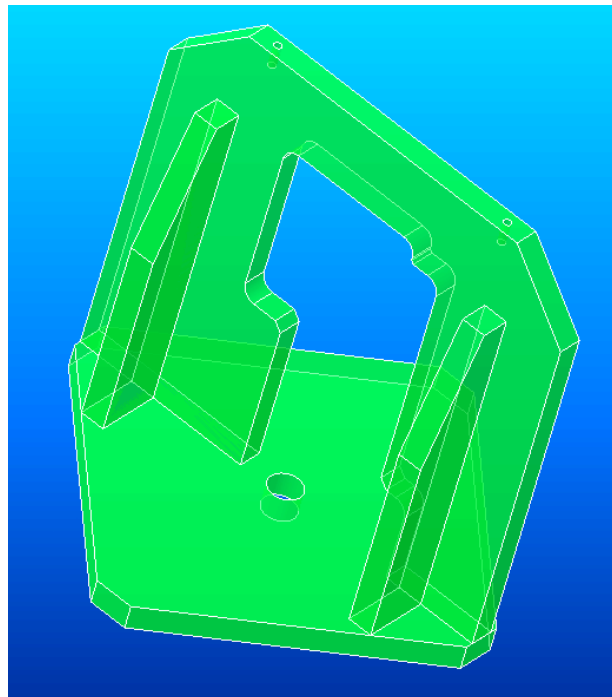
Obrázek 17: Stojina přípravku

### iii. Žebra

Z důvodu velikosti stojiny budou použity žebra, která ji staticky i dynamicky zpevní. Žebra budou přišroubována do desky a do stojiny v počtu 2 ks. Je nutno vytvořit do těchto žeber závity M16, které budou pro tuto konstrukci bohatě postačovat. K základní desce budou žebra přichycena pomocí dvou šroubů. Pro velké rozměry stojiny, budou použity šrouby v počtu 3 ks. Na výrobu žeber bude použit stejný materiál jako u stojiny, konkrétně materiál 11523. Jako polotovar poslouží deska o rozměrech 600 x 120 mm a tloušťce 45 mm. Žebro je zobrazeno na obrázku 18. Na obrázku 19 je zobrazeno složení všech součástí.



Obrázek 18: Žebro



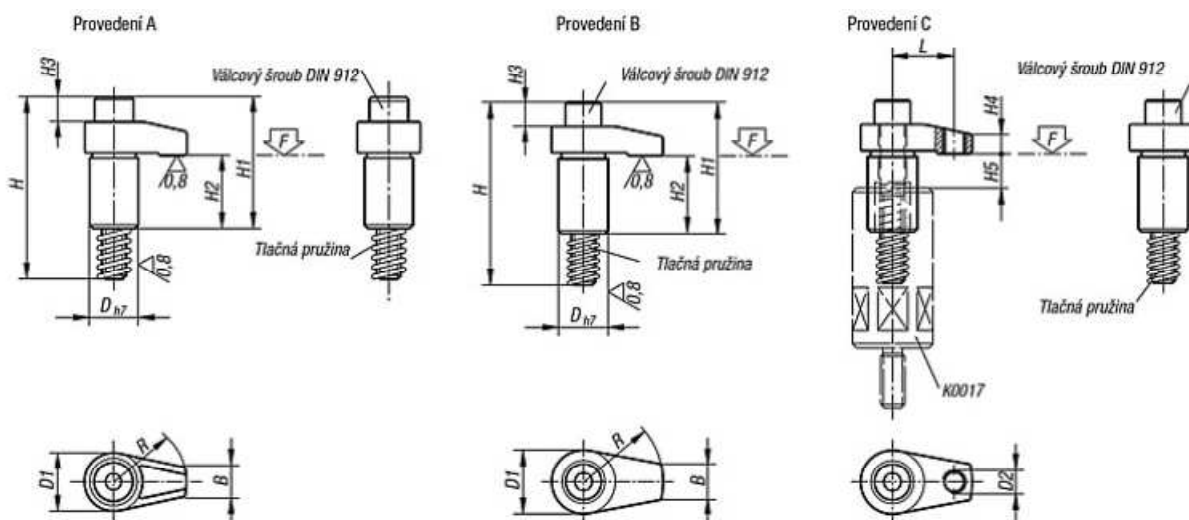
Obrázek 19: Sestava

#### iv. Příprava pro upnutí

Pro první upnutí budou používány mechanické klampy, které budou objednány od firmy KIPP, jež dodává mechanické součásti všeho druhu. Klamp se bude skládat ze dvou dílců, prvním dílcem je sestava upínacího háku (na obrázku 20). Klamp je složen z háku s broušeným válcovým tělem, hák slouží pro uchycení odlitku a broušené tělo pro vedení upínky. Tyto upínací háky jsou vyráběny ve třech provedeních (obrázek 21) a různých velikostech. Rozdělení upínacích háků je zobrazeno v tabulce 2. Z možných variant bude zvolena varianta B a modře podbarvené hodnoty. Dalším dílem této sestavy je imbusový šroub, kterým je upínka dotahována. Posledním dílem je pružina, která slouží při povolování upínky.



Obrázek 20: Sestava upínacího háku



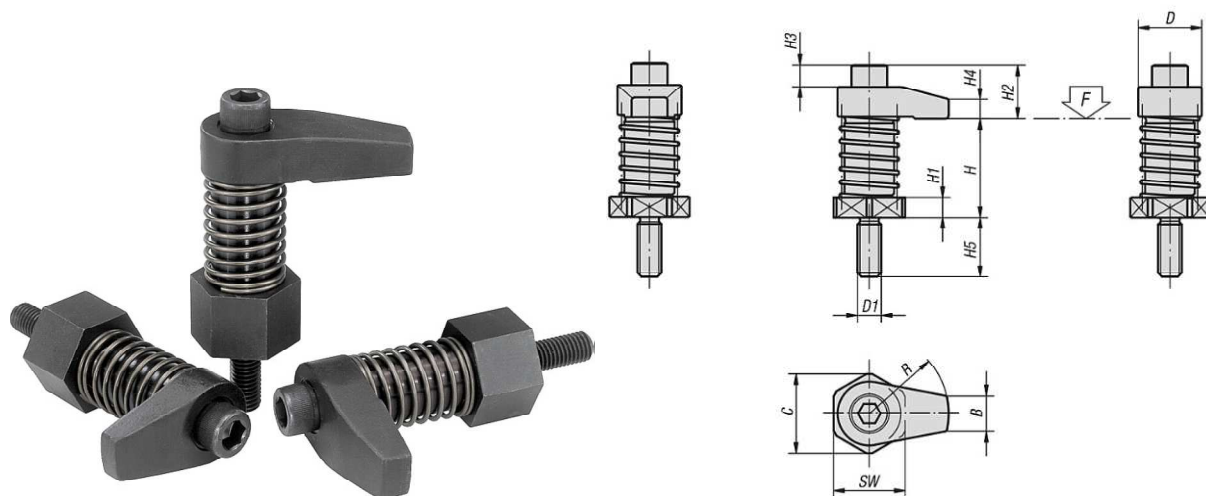
Obrázek 21: Varianty upínacích háků

Objednací číslo	Provedení	D	D1	D2	H	H1	H2	H3	H4	H5 max. upínací rozsah	B	L	R	Válcový šroub DIN 912	Moment utažení max. Nm	F max. kN	Hmotnost cca kg
K0014.110030	A	20	25	-	75	54	30	9	10	12	12	-	30	M10x65	37,2	13	0,162
K0014.110040	A	20	25	-	75	54	30	9	10	12	12	-	40	M10x65	31,4	9,8	0,173
K0014.208020	B	18	22	-	58	37	23	2	7	10	10	-	20	M8x50	37,2	13,6	0,090
K0014.208025	B	18	22	-	58	37	23	2	7	10	10	-	25	M8x50	32,3	10,9	0,095
K0014.208030	B	18	22	-	58	37	23	2	7	10	10	-	30	M8x50	29,4	9	0,105
K0014.212040	B	25	32	-	92	66	39	11	12	15	18	-	40	M12x80	58,8	17,5	0,300
K0014.212050	B	25	32	-	92	68	39	11	12	15	18	-	50	M12x80	49	14	0,365
K0014.212060	B	25	32	-	92	68	39	11	12	15	18	-	60	M12x80	45,1	11,6	0,395
K0014.216040	B	32	36	-	101	75	39	15	15	15	22	-	40	M16x85	166,6	37,9	0,505
K0014.216050	B	32	36	-	101	75	39	15	15	15	22	-	50	M16x85	147	30,4	0,575
K0014.216060	B	32	36	-	101	75	39	15	15	15	22	-	60	M16x85	127,4	25,2	0,619
K0014.312140	C	25	32	M12	92	66	39	11	10	15	18	31	40	M12x80	58,8	22,6	0,295
K0014.312150	C	25	32	M12	92	68	39	11	13	15	18	38	50	M12x80	49	18,5	0,353
K0014.312160	C	25	32	M12	92	68	39	11	13	15	18	46	60	M12x80	45,1	15,2	0,390
K0014.316150	C	32	36	M12	101	75	39	15	16	15	22	38	50	M16x85	147	38	0,558
K0014.316160	C	32	36	M12	101	75	39	15	16	15	22	46	60	M16x85	127,4	33	0,600

Tabulka 7: rozměry upínacích háků

Druhým dílcem klampu je pouzdro pro uchycení upínacího háku, které slouží pro jeho vedení. Toto pouzdro bude umístěno skrz stojinu, ve které bude nalisováno. Vnitřní průměr pouzdra bude broušen pro přesné vedení upínacího háku, stejně tak vnější průměr tohoto pouzdra, pro nalisování do stojiny. V pouzdu bude vyříznut závit M12 pro stáhnutí upínacího háku, čímž dojde k vytvoření upínací síly.

Pro druhé upnutí budou taktéž použity mechanické upínky od firmy KIPP. Rozdílem bude klamp použit pouze jako jedna sestava. Klamp se nazývá upínací hák s nákrůžkem a je zobrazen na obrázku 22. V tabulce č. 8 jsou uvedeny různé rozměry háku. Modře podbarvené hodnoty jsou zvoleny námi. Oproti klampům v první operaci mají na sobě tyto upínky přímo závit. Pro první operaci jsme tyto háky nevolili záměrně, jelikož zde působí gravitační síla a síla při obrábění. Mohlo by dojít k prasknutí závitu na konci háku, z tohoto důvodu bylo při první operaci použito ještě pouzdro.



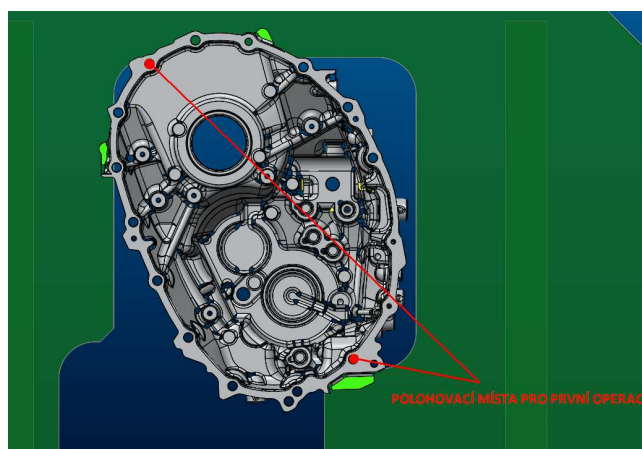
Obrázek 22: Upínací hák s nákrůžkem



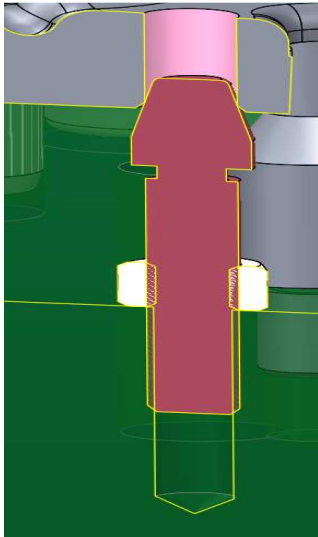
Objednací číslo	D	D1	H Upínací rozsah	H1	H2	H3	H4	H5	B	C	R	SW	Moment utažení max. Nm	F max. kN
04373-08020	22	M8	35 - 45	6	14	2	7	19	10	25	20	22	34,3	13,6
04373-08025	22	M8	35 - 45	6	14	2	7	19	10	25	25	22	30,4	10,9
04373-08030	22	M8	35 - 45	6	14	2	7	19	10	25	30	22	27,4	9
04373-08120	22	M8	45 - 55	16	14	2	7	19	10	25	20	22	34,3	13,6
04373-08125	22	M8	45 - 55	16	14	2	7	19	10	25	25	22	30,4	10,9
04373-08130	22	M8	45 - 55	16	14	2	7	19	10	25	30	22	27,4	9
04373-12040	32	M12	50 - 65	10	27	11	10	30	18	40	40	36	58,8	17,5
04373-12050	32	M12	50 - 65	10	29	11	12	30	18	40	50	36	50	14
04373-12060	32	M12	50 - 65	10	29	11	12	30	18	40	60	36	45,1	11,6
04373-12140	32	M12	65 - 80	25	27	11	10	30	18	40	40	36	58,8	17,5
04373-12150	32	M12	65 - 80	25	29	11	12	30	18	40	50	36	50	14
04373-12160	32	M12	65 - 80	25	29	11	12	30	18	40	60	36	45,1	11,6
04373-16040	36	M16	50 - 65	10	36	15	15	30	22	40	40	36	169,1	37,9
04373-16050	36	M16	50 - 65	10	36	15	15	30	22	40	50	36	146	30,3
04373-16060	36	M16	50 - 65	10	36	15	15	30	22	40	60	36	129,4	25,2
04373-16140	36	M16	65 - 80	25	36	15	15	30	22	40	40	36	169,4	37,9
04373-16150	36	M16	65 - 80	25	36	15	15	30	22	40	50	36	146	30,3
04373-16160	36	M16	65 - 80	25	36	15	15	30	22	40	60	36	129,4	25,2

Tabulka 8: Rozměry upínacího háku s nákrůžkem

Na obrázku č. 23 je zobrazeno zakládání odlitku na první operaci pomocí polohovacích čepů na předlité otvory (červeně), dále je zde zobrazena poloha upínání odlitku (zeleně). Odlitek bude polohován pomocí polohovacích čepů, které budou výškově nastavitelné pomocí závitu a kontra matice. Čepy budou kuželového tvaru, aby bylo možno umístit je do předlitých otvorů. Čep je zobrazen na obrázku č. 24. Pro upnutí je důležité použít opěrné body, aby zde vznikla upínací síla a odlitek držel podle našich požadavků. Použití opěrných bodů je nezbytné pro upnutí, je zde také velmi důležité, aby tyto body byly umístěny přímo proti upínce a působily upínací silou kolmo k tomuto bodu. Bude tak zabráněno deformaci odlitku. Opěrný bod pro tuto operaci je zobrazen na obrázku č. 25. U těchto opěrných bodů je velmi důležité jejich přesné zabroušení na stejnou výšku, což zabrání založení dílu nakřivo. Body jsou na konci opatřeny závitem pro společnou montáž s přípravkem, z důvodu rychlé výměny, v případě, že by byl bod zničen.



Obrázek 23: založení na první operaci

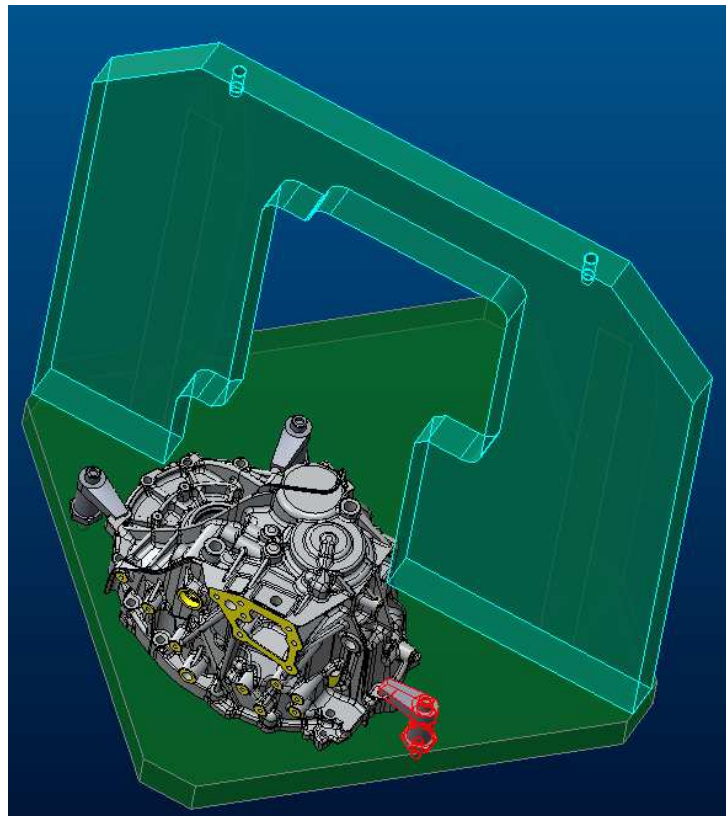


Obrázek 24: Polohovací čep

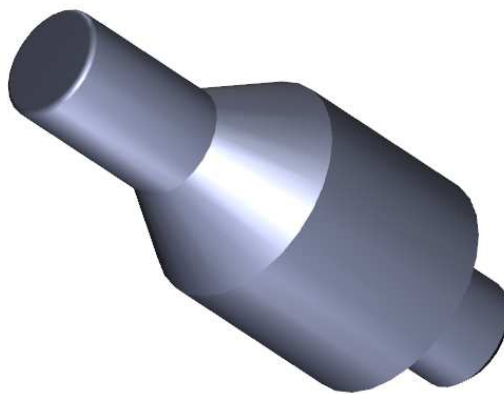


Obrázek 25: Opěrný bod

Zakládání odlitku na druhou operaci je zobrazeno na obrázku č. 26. Budou pro něj použity stejné polohovací čepy, i když je již zakládáno na vyvrtané otvory z předchozí operace. Tyto čepy jsou považovány za nejlepší řešení. Opěrný bod bude změněn a je zobrazen na obrázku č. 27. Na tuto operaci budou použity celkem 3 opěrné body. Opět je zde důležité, aby byly body zabroušeny na stejnou výšku.

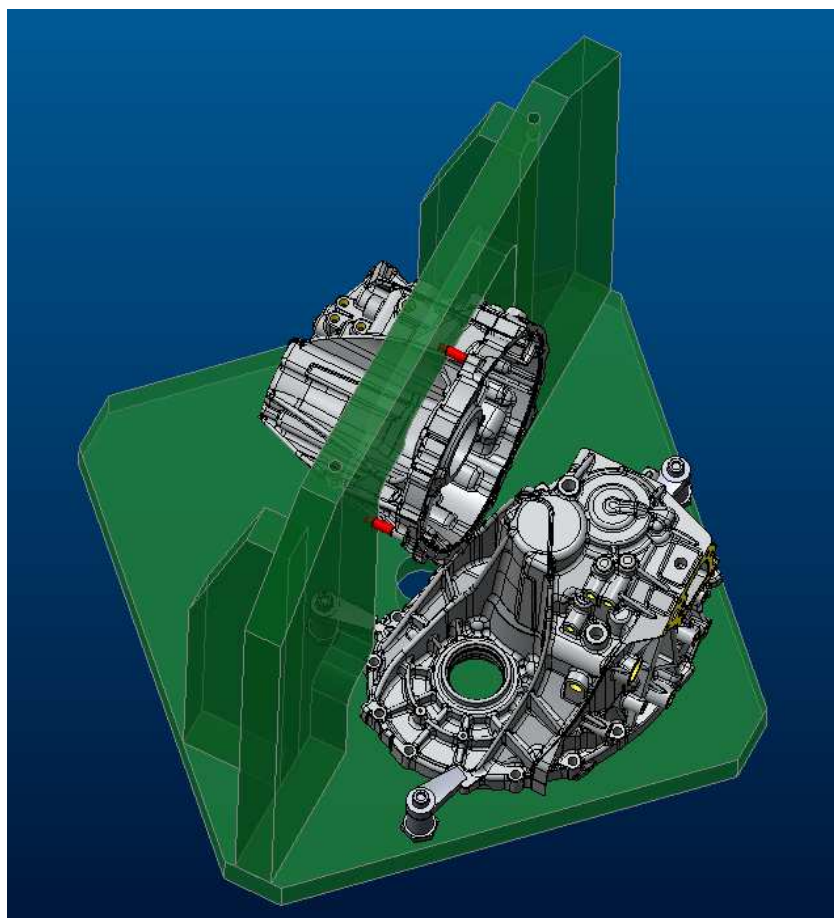


Obrázek 26: založení na druhou operaci



Obrázek 27: Opěrný bod pro druhou operaci

Přípravek lze považovat za hotový viz obrázek č. 28. Pro lepší zakládání odlitku jsou ještě vytvořeny silonové naváděcí body. Po malé komplikaci byla stojina přemodelována. Změna stojiny bude znázorněna ve výkresové dokumentaci, která tvoří přílohu této práce. Nyní bude přípravek poptán v dodávající firmě a následně objednáno.



Obrázek 28: Hotový přípravek

#### 4.4 Požadavky na nástroje

Každý stroj má své maximální limity pro stanovení nástrojů. Pro stroj OKK HM600 jsou limity zobrazeny níže.

- **Váha**

Maximální váha nástroje pro plně automatickou výměnu je 20 kg. Váha je počítána i s držákem nástroje.

- **Nástrojový moment**

Maximální nástrojový moment je 29,4 N·m a je vypočítán z následujícího vztahu

$$\text{Nástrojový moment} = 9,8 \times W \times L \text{ [N·m]}$$

W – celková váha nástroje včetně držáku [kg]

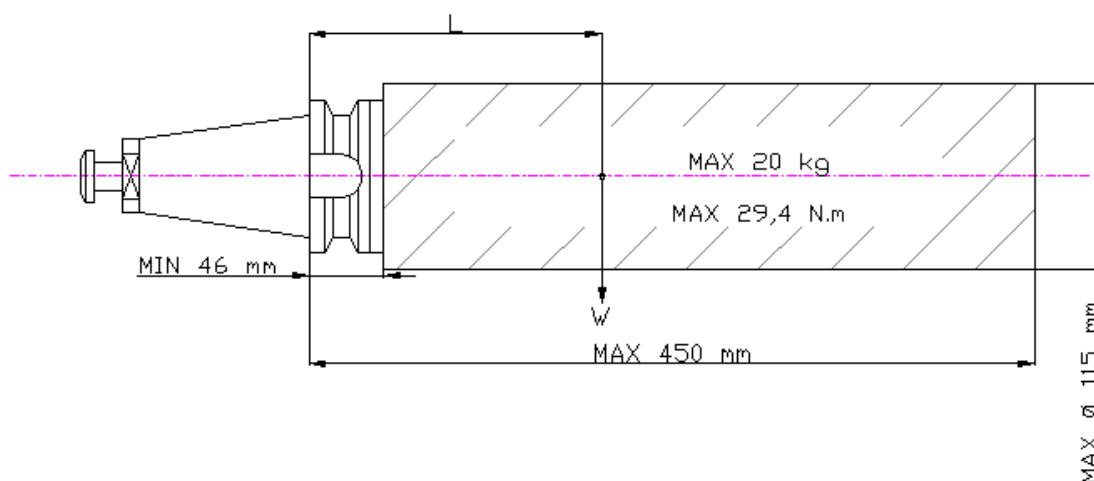
L – Vzdálenost od špičky nástroje po těžiště nástroje [m]

- **Délka**

Maximální délka nástroje je 450mm a je počítána od vřetene stroje.

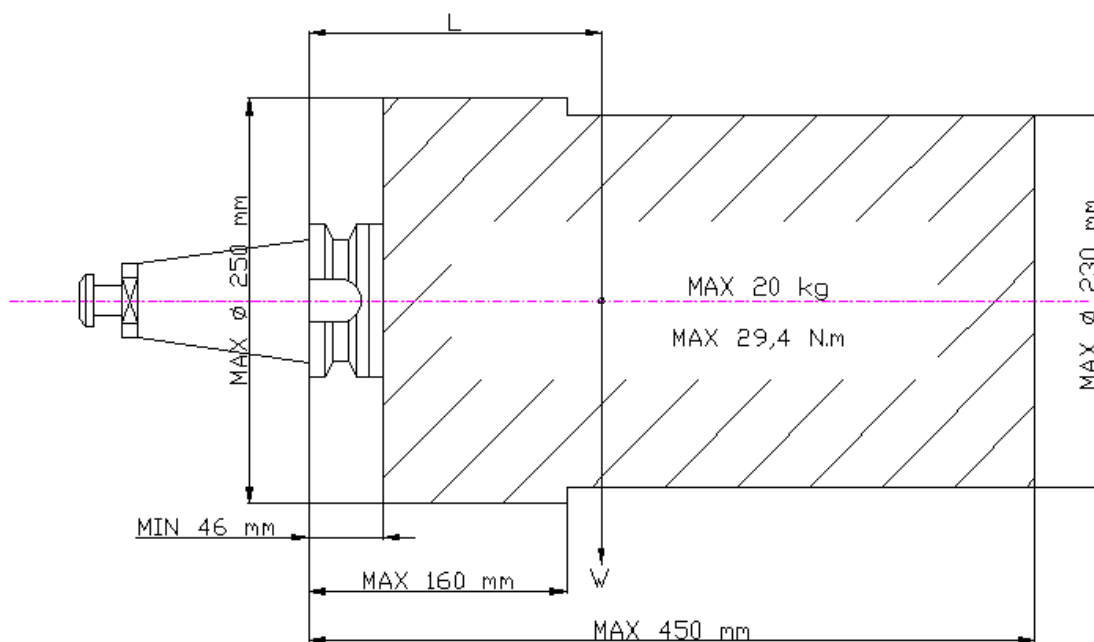
- **Průměr**

Standardní nástroj zobrazen na obrázku č. 29. Maximální průměr 115 mm.



Obrázek 29: Standardní nástroj

Velký průměr nástroje je zobrazen na obrázku č. 30. Jeho maximální rozměr může být pouze hrncového tvaru o průměru 250 mm. Tyto nástroje nesmí být řazeny v zásobníku hned vedle sebe, ale musí mít okolo sebe jednu pozici volnou.



Obrázek 30: Nástroj velkého průměru

- **Držák nástrojů**

Pro upnutí nástroje musí být použit kužel BT50. Níže jsou uvedeny typy upínačů, které lze zvolit.

- **Kleštinové upínače**

Kleštinový upínač je zobrazen na obrázku č. 31. Upínání pomocí tohoto mechanismu je velmi rozšířené. Jedná se o jednoduchý princip sevření nástroje v upínači, který vyvodí potřebnou třecí sílu pro upnutí nástroje v kleštině a potažmo i v celém upínači.

Kleštiny jsou v upínači pouze vsunuty a díky svému kuželovému tvaru mají výborné středící vlastnosti. Po ustavení nástroje se kleština stahuje pomocí vnějšího prstence, který zašroubováním stahuje kleštinu a upíná tím nástroj. U tohoto mechanismu se zároveň kleština zajišťuje v upínači. Kleštiny pokrývají velmi velký rozsah použitelnosti. Uplatňují se jak pro velmi malé nástroje tak i pro nástroje větších rozměrů, které se používají pro přesné frézování tak i při úběru velkých třísek (hrubování). Kleštiny lze v mnoha případech v upínačích měnit za různé velikosti tak, aby odpovídaly požadavkům nástroje. Kleštiny mohou také, v určitém omezeném rozsahu, být použity pro více průměrů válcových stopek.

Dosažitelná přesnost se liší použitím různých typů kleštin. U standardních upínačů s kleštinami se obvodové házení nástroje pohybuje okolo 0,01 mm. Na trhu jsou ovšem i kleštiny s mnohem větší přesností.



Obrázek 31: Kleštinový upínač s kuželem BT50

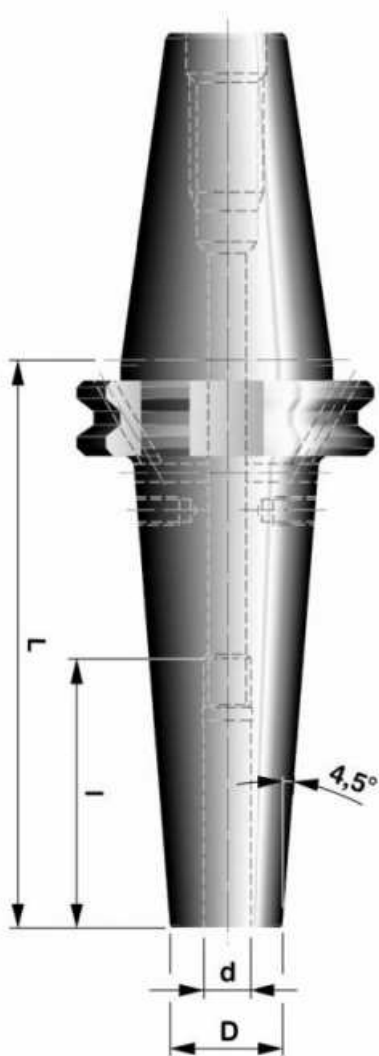
### Tepelné upínače

S rozšiřováním vysokovýkonného a zejména vysokorychlostního obrábění (HSC) získává stále větší význam upínání nástrojů v tepelně smršťitelných upínačích, který je zobrazen na obrázku č. 32. K výhodám tohoto způsobu upínání patří zejména vysoká přesnost a tuhost upnutí, přenos velkých krouticích momentů a možnost použití vysokých otáček vřetena obráběcího stroje, což v praxi umožňuje velké úběry materiálu a zaručuje vysokou trvanlivost nástroje a kvalitu obrobené plochy (tvar, rozměry, drsnost povrchu).

Princip smršťování upínací techniky je založen na změně objemu materiálu, úměrné změně teploty. Při indukčním ohřevu upínače na teplotu 250 až 300 °C se v důsledku zvýšení teploty zvětší průměr upínací díry (řádově v setinách mm), do které pak lze bez problémů vložit nástroj s válcovou stopkou. Při upínání nevznikají žádné problémy, protože nástroj je ještě studený, čímž je zaručen požadovaný rozdíl průměrů. Po ochlazení působí na stopku nástroje po celé délce upnutí vysoký a rovnoměrný radiální upínací tlak, dosažené upínací síly jsou přitom větší než u upínací techniky, která je založená na mechanickém nebo hydraulickém principu.

Při uvolňování nástroje se při ohřevu upínače ohřívá také nástroj. Nástroj i upínač se rozšíří a uvolnění je umožněno rozdílným součinitelem délkové roztažnosti upínače a nástroje (upínač se musí roztahovat více než nástroj). K velkým výhodám tepelných upínačů patří jejich jednoduchá konstrukce, s ní související nízké výrobní náklady a také skutečnost, že v nich mohou být upínány i nástroje, jejichž stopka má vyfrézovanou upínací plošku (např. Weldon, Whistle Notch). Jednoduchá konstrukce bez jakýchkoliv upínacích elementů umožňuje velmi přesné vyvážení upínačů již ve stádiu výroby a dané parametry zůstanou zachovány i po upnutí nástroje.

Nevýhodou tepelných upínačů je potřeba ohřívacího zařízení, které ohřívá upínač respektive upínač s nástrojem (viz obrázek č. 32). Určitou nevýhodou je také použití upínače jen pro jeden konkrétní průměr nástroje, což vede k nutnosti použití velkého množství upínačů.



Obrázek 32: Tepelný upínač s kuzelem BT50 a zařízení pro upínání

- **Počet nástrojů**

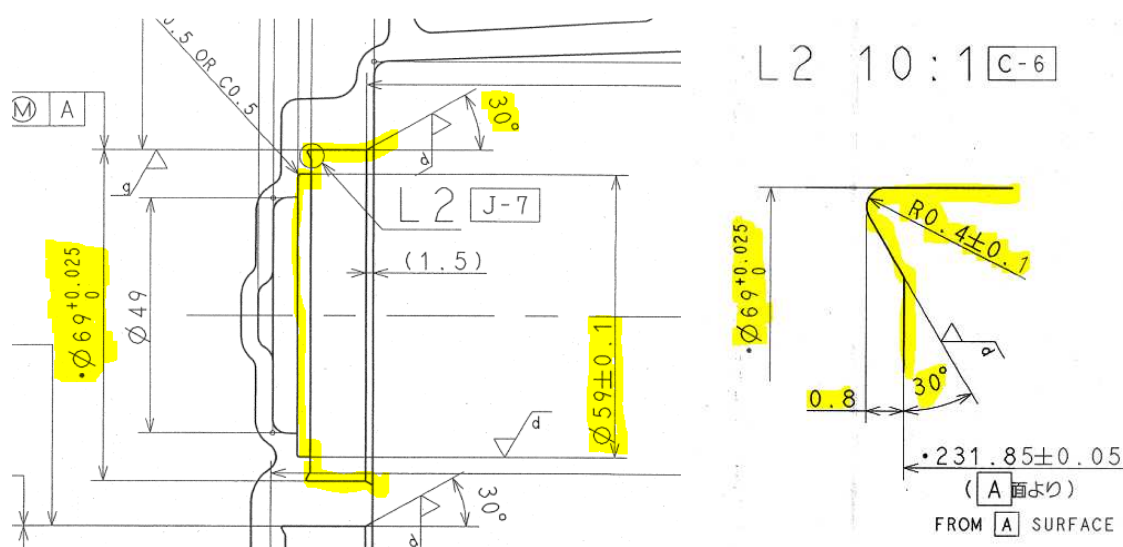
V zásobníku stroje je již obsazeno 30 míst pro nástroje z celkového volného počtu 60. K dispozici je maximálně 30 volných míst pro nové nástroje.

## 4.5 Nástroje

Design jednotlivých nástrojů pro obrábění převodové skříně a jejich popis je charakterizován níže.

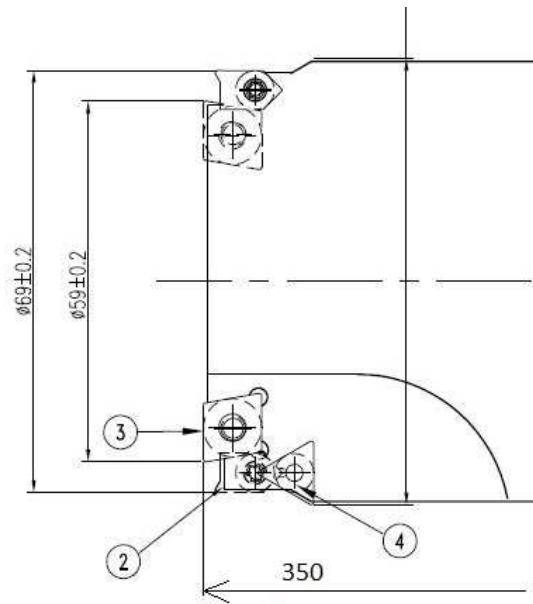
### 1. Nástroj T1

Na obrázku č. 33 je zobrazen výstřižek z celkového výkresu převodové skříně, žlutě jsou na něm označeny všechny rozměry, které tento nástroj bude obrábět. Jelikož se zde nachází více rozměrů než jeden, bude se jednat o speciální složený nástroj. Tento nástroj bude obrábět průměr 59 mm, na kterém je zaoblení R0,5. Dále bude obráběn průměr 69 mm i se svým zkosením, které je na detailu L2 a zároveň bude nástrojem vytvořeno podkosení 30°. Posledním částí, kterou bude tento nástroj obrábět, je zkosení tohoto otvoru pod 30 stupni. Nástroj bude osazen výměnnými destičkami o 3 různých rozměrech (viz obrázek č. 34). Průměrové destičky budou na nástroji osazeny v počtu dvou kusů v protější pozici a destička, která bude obrábět sražení, bude pouze jedna. Tyto destičky by měly být nejlépe diamantové, kvůli čistějšímu řezu a zviditelnění většiny podpovrchových vad odlitku. Ovšem ve firmě Aisin se bude obrábět pouze zkušebně, výroba převodové skříně je limitována rozpočtem této zakázky, a na diamantové destičky či jiné nástroje nejsou poskytnuty prostředky. Pro obrábění a zobrazení podpovrchových vad plně postačí destičky z HSS. Tento nástroj bude mít délku 350 mm, obráběné průměry se nachází až ve spodní části odlitku. Na nástroji bude vyroben držák s kuželem BT50. Stroj OKK HM600 není vybaven středovým chlazením, všechny použité nástroje budou bez vnitřního chlazení.



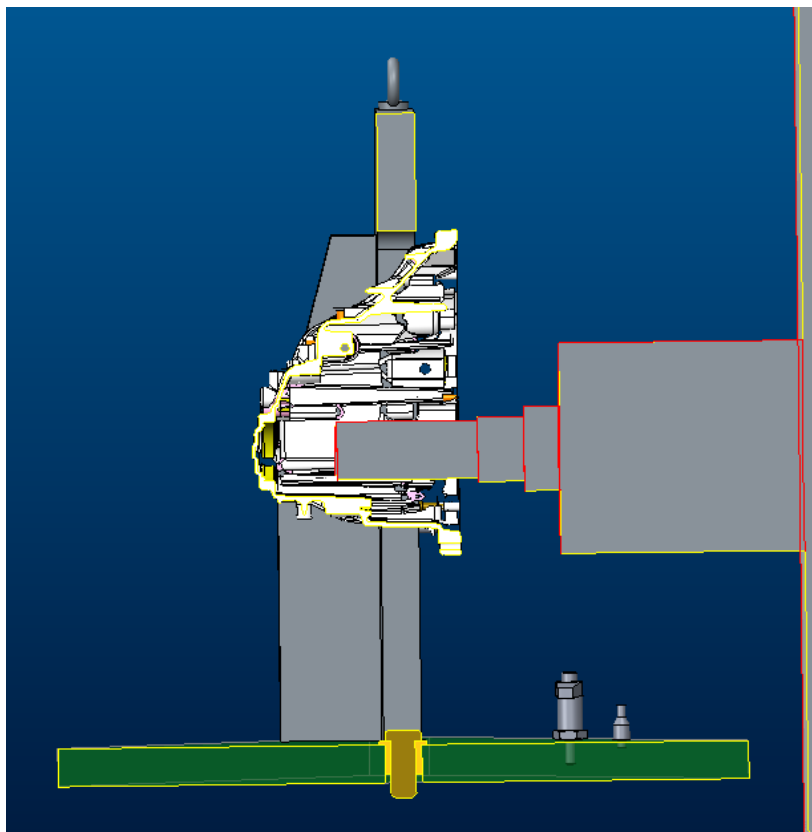
Obrázek 33: Obráběné rozměry nástrojem T1





Obrázek 34: výměnné destičky T1

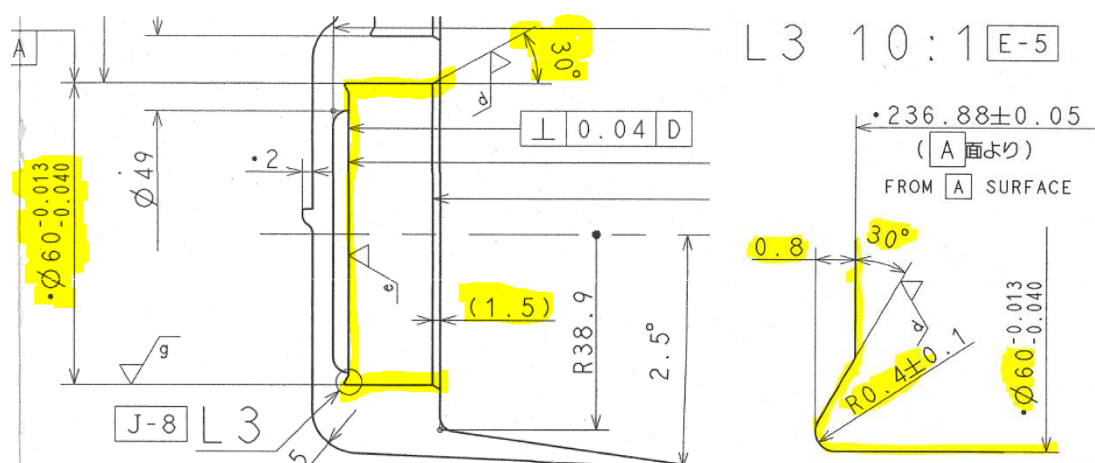
Neméně důležitou částí je vymodelování nástroje ve 3D softwaru a zkontrolování, zda nenastane kolize nástroje osazeného ve stroji, s přípravkem pro obrábění převodové skříně. Tato simulace je znázorněna na obrázku č. 35.



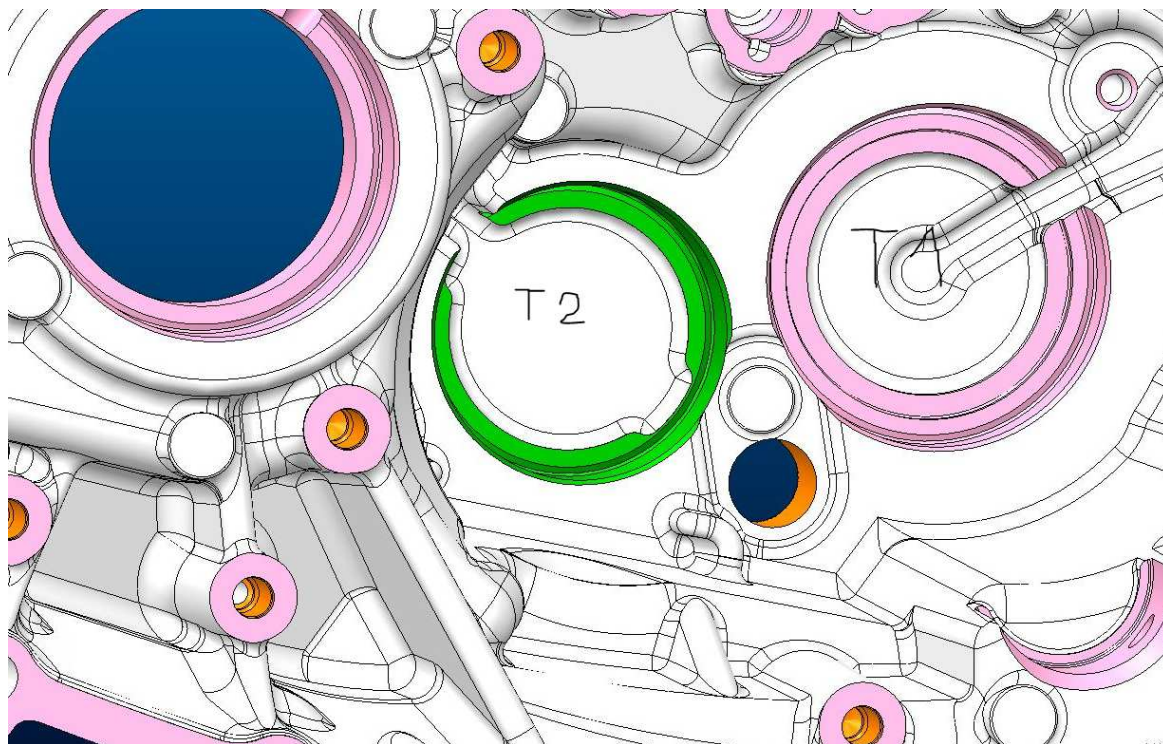
Obrázek 35: Kontrola nástroje pomocí 3D softwaru

## 2. Nástroj T2

Nástroj bude obrábět průměr 60 mm, s vnitřním zápichem a sražením o 30°, tudíž se bude jednat o nástroj složený. Na obrázku č. 36 jsou zobrazeny plochy, které budou obráběny nástrojem T2. Nástroj bude osazen dvěma typy destiček v počtu 2 ks průměrové destičky a 1 ks destičky pro sražení. Délka tohoto nástroje musí být 350 mm, z důvodu pozičního umístění otvoru, který se nachází až na dně převodové skříně (viz. obrázek č. 37). Je vhodné provést kontrolu pomocí 3D programu, z důvodu zabránění případné kolizní situaci. Na nástroji bude rovnou vytvořen kužel pro upnutí nástroje BT50.



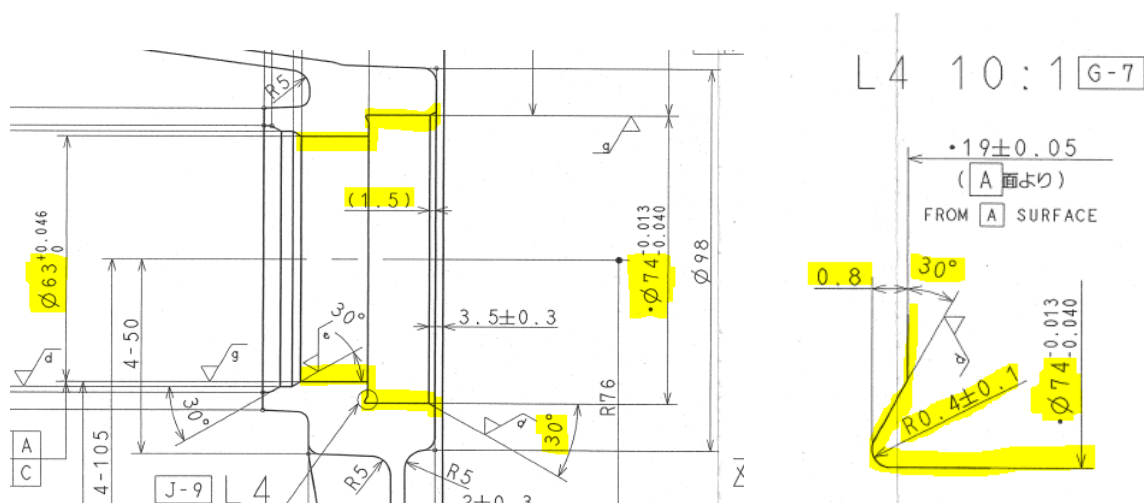
Obrázek 36: Obráběné ploch nástrojem T2



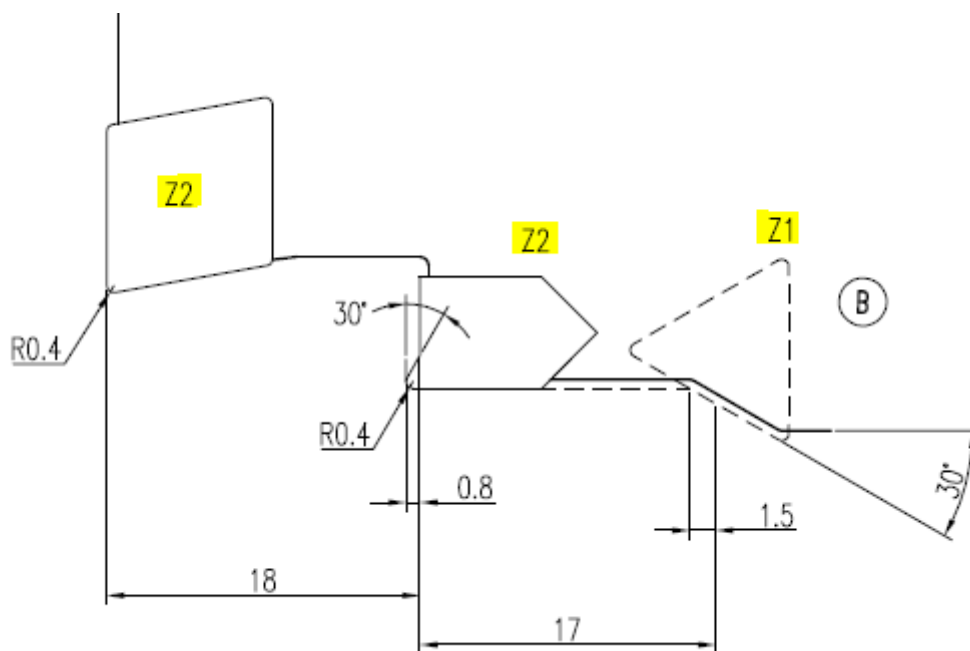
Obrázek 37: Nástroji obráběné plochy

### 3. Nástroj T3

Tento nástroj bude taktěž složený, bude obrábět průměr 63 mm, průměr 74 mm s vnitřním zápichem a sražení pod úhlem 30°. Tyto plochy jsou zobrazeny na obrázku č. 38. Nástroj T3 nemusí být příliš dlouhý, jelikož se obráběná plocha nachází na horní straně převodové skříně. Jeho délka tedy bude pouze 150 mm. Nástroj bude osazen výměnnými břitovými destičkami. Průměrová destička obrábějící průměr 63mm bude použita ve 2 ks, destička obrábějící průměr 74 mm se sražením bude taktěž ve 2 ks a destička vyrábějící sražení bude 1 ks. Uspořádání destiček je zobrazeno na obrázku č. 39. Tento nástroj bude vyroben na kuželu BT50. Nástroj bude obrábět pouze zapichovacím cyklem. To znamená, že řezná část probíhá pouze v ose Z. Pomocí 3D programu provedeme kontrolu.



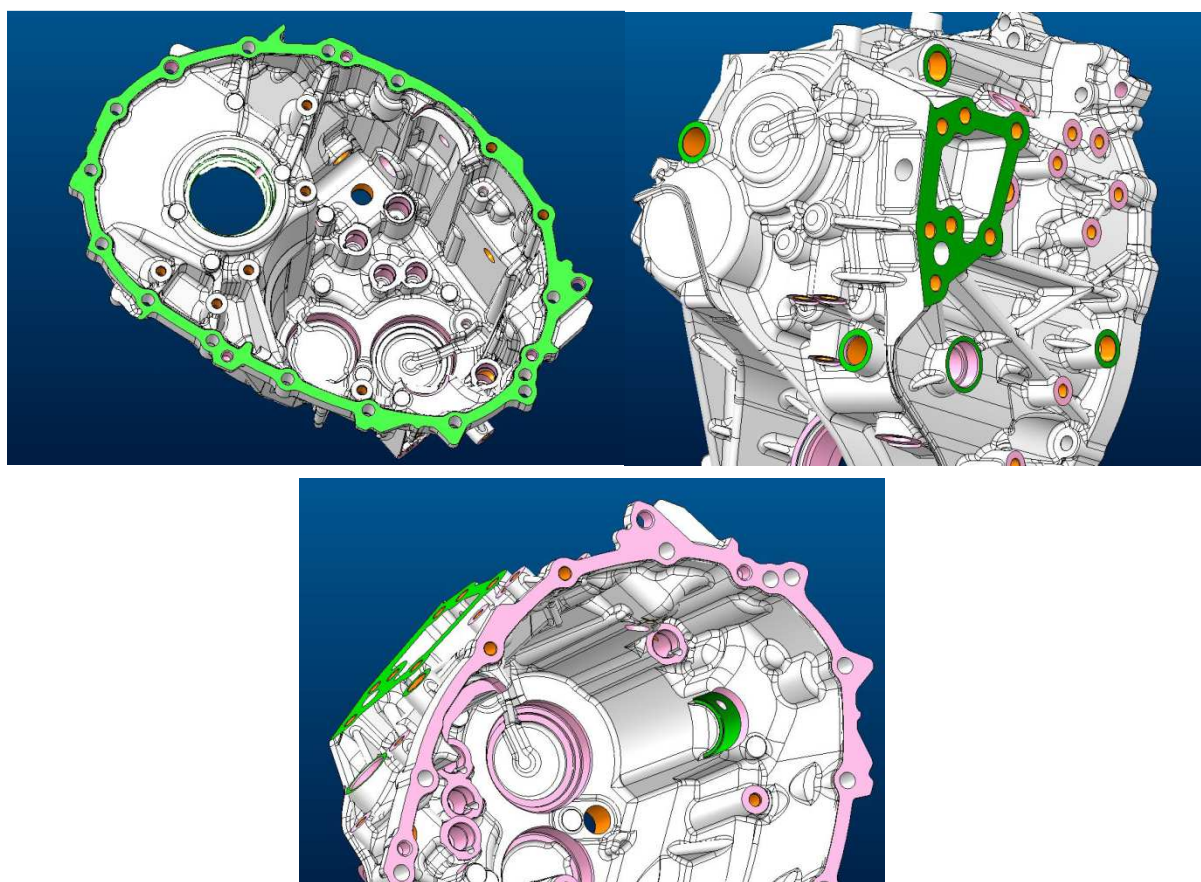
Obrázek 38: Obráběné rozměry nástrojem T3



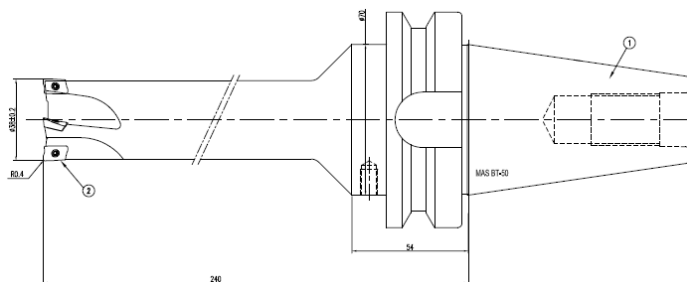
Obrázek 39: Rozmístění břitových destiček

#### 4. Nástroj T4

Nástroj bude obrábět převážně jen rovné plochy (obrázek č. 40), jeho hlavním úkolem je obrobít instalační plochu nejdříve nahrubo a poté načisto. Další obráběnou plochou je příruba, která je také rovná. Dále budou obráběny dosedací plochy na komínkách a v neposlední řadě část průměru, kvůli kterému má nástroj T5 tento tvar. Nástroj bude osazen 4 břitovými destičkami, které budou na průměru po 90°. T5 bude monolitním nástrojem, vyrobeným na kuželu BT50. Jeho délka je 240 mm a udává jí hloubka obráběného průměru. Všechny plochy, které tento nástroj obrábí, jsou zobrazeny na obrázku 38 zeleně. Nástroj bude mít průměr 38 mm a jeho destičky budou zakončeny rádiusem R0,4 a je zobrazen na obrázku č. 41.



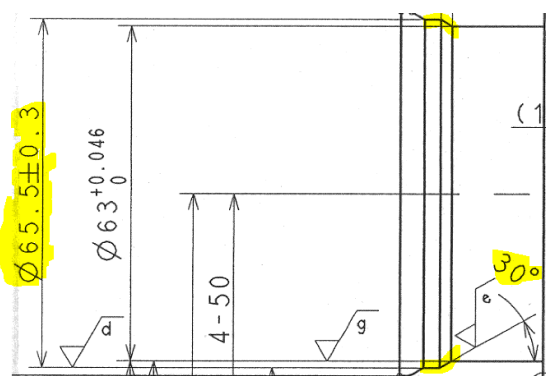
Obrázek 40: Obráběné plochy nástrojem T4



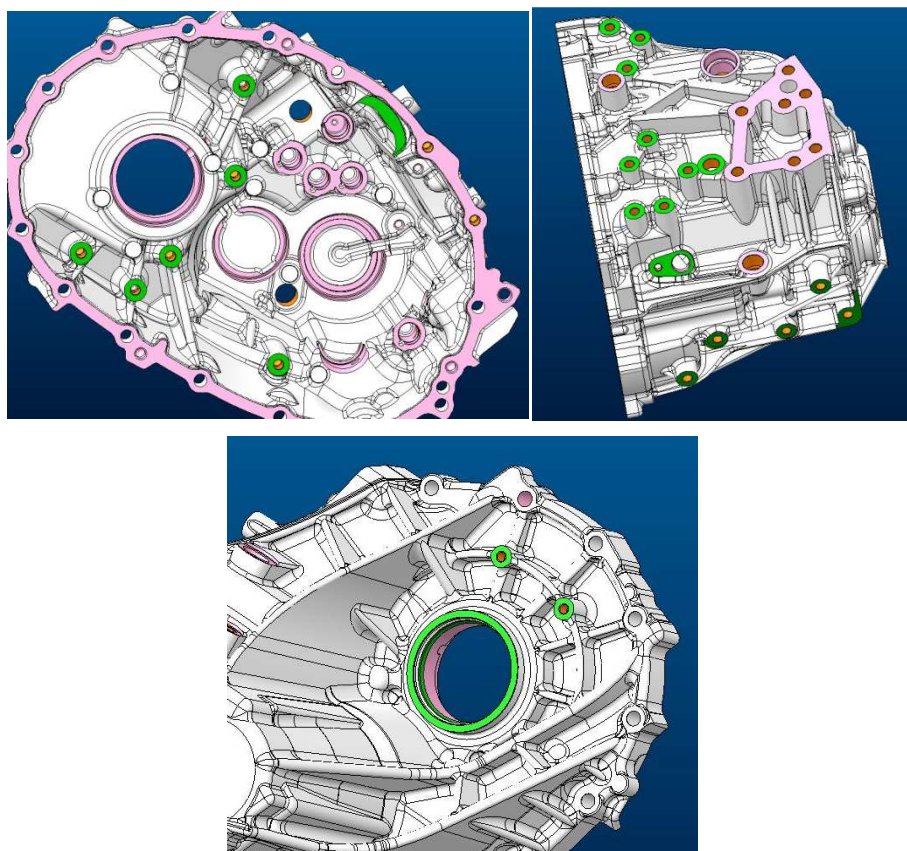
Obrázek 41: Nástroj T4

## 5. Nástroj T5

Jedná se o stopkovou frézu o průměru 20 mm. Tato fréza bude obrábět čelem i bokem. Její vrchol bude sražen pod  $30^\circ$  v délce 3 mm, jelikož obrábí kruhovou interpolací speciální tvar, který je zobrazen na obrázku č. 42. Nástrojem je obráběno mimo tento speciální tvar také více ploch. Jedná se především o dosedací plochy u závitu. Z důvodu malé kapacity nástrojů v zásobníku stroje, musí tato fréza obrábět i ne úplně shodné tvary s výkresem. Po konzultaci s odborníkem ze slévárny, byly vybrány plochy, u kterých si lze toto dovolit. Plochy obráběné touto frézou, jsou zobrazeny na obrázku č. 43 a jsou označeny zeleně. Řezná část frézy bude dlouhá 50 mm a její celková délka bude 140 mm.



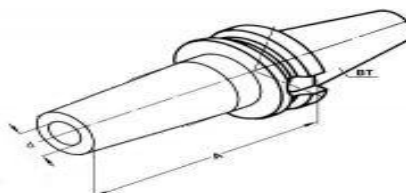
Obrázek 42: Rozměr určující tvar frézy



Obrázek 43: Obráběné plochy nástrojem T5

Konec frézy T5 bude vsunut do tepelného upínače, proto volíme na konci frézy toleranci h6. Pro tuto frézu je nutné navrhnout i upínač, jak již bylo řečeno, bude se jednat o tepelný upínač, který si zvolíme z tabulky č. 9. Pro nástroj T5 volíme BT50-20-160.

Označení	BT	d [mm]	L [mm]	Označení	BT	d [mm]	L [mm]	Označení	BT	d [mm]	L [mm]
BT50-03-100	50	3	100	BT50-06-160	50	6	160	BT50-06-200	50	6	200
BT50-04-100	50	4	100	BT50-08-160	50	8	160	BT50-08-200	50	8	200
BT50-05-100	50	5	100	BT50-10-160	50	10	160	BT50-10-200	50	10	200
BT50-06-100	50	6	100	BT50-12-160	50	12	160	BT50-12-200	50	12	200
BT50-08-100	50	8	100	BT50-14-160	50	14	160	BT50-14-200	50	14	200
BT50-10-100	50	10	100	BT50-16-160	50	16	160	BT50-16-200	50	16	200
BT50-12-100	50	12	100	BT50-18-160	50	18	160	BT50-18-200	50	18	200
BT50-14-100	50	14	100	BT50-20-160	50	20	160	BT50-20-200	50	20	200
BT50-16-100	50	16	100	BT50-25-160	50	25	160	BT50-25-200	50	25	200
BT50-18-100	50	18	100	BT50-32-160	50	32	160	BT50-32-200	50	32	200
BT50-20-100	50	20	100								
BT50-25-100	50	25	100								
BT50-32-100	50	32	100								

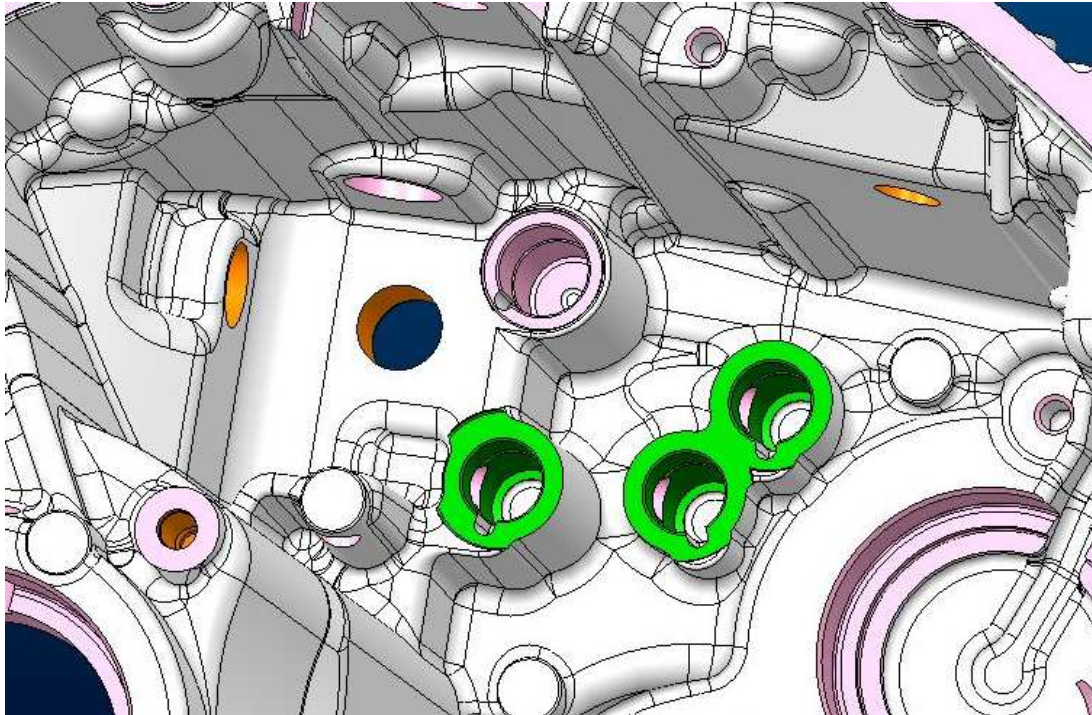


Tabulka 9: Varianty tepelných upínačů BT50

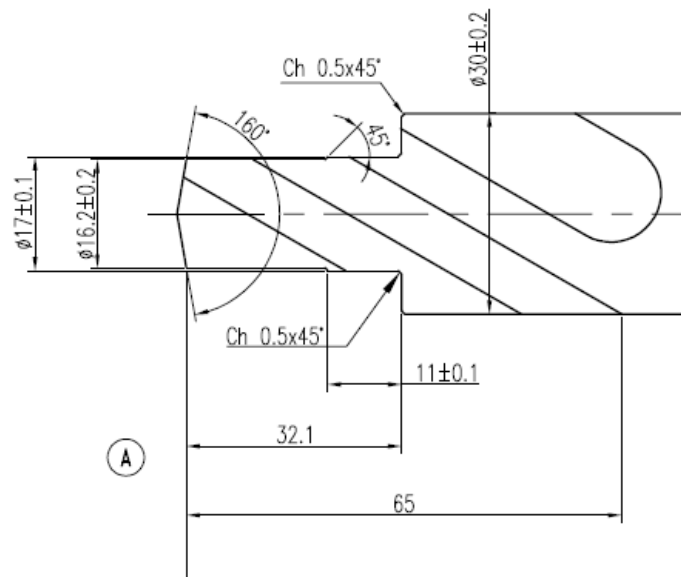
## 6. Nástroj T6

Tento nástroj nám bude sloužit pro vrtání děr různých průměrů. Jedná se tedy o speciální, složený vrták určený pro vrtání průměru 16,2 mm do hloubky 11mm a průměru 17 mm do hloubky 11 mm. V neposlední řadě bude obráběna plocha průměrem 30 mm. Na těchto průměrech lze nástrojem vyhotovit i sražení pod úhlem 45°. Vrták bude v programu použit ve vrtacím cyklu s výplachem, což znamená, že se bude vrtat 5 mm, následně nástroj odjede na nájezdovou vzdálenost, a poté najede na pozici, kde skončil a ve vrtání pokračuje. Dochází k opakování, dokud nástroj nedojede na požadovanou vzdálenost. Obráběné otvory jsou na obrázku č. 44 a jsou zobrazeny zeleně. Nástroj T5 bude upnut do tepelného upínače BT50-32-200, konec vrtáku je tedy nutno osadit průměrem 32h6.

Vrchol vrtáku bude vyroben pod úhlem  $160^\circ$ . Tento speciální vrták je zobrazen na obrázku č. 45 a jeho celková délka musí být 205 mm, protože vrtané díry se nachází až na dně převodové skříně. Dále je nutné tento nástroj zkontrolovat pomocí 3D programu.



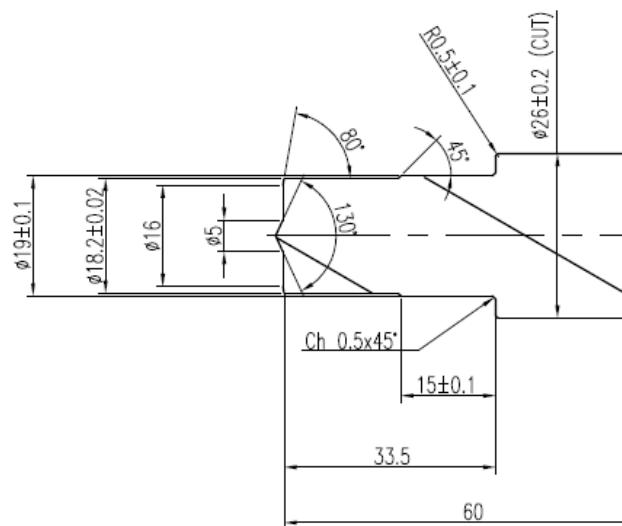
Obrázek 44: Obráběné plochy nástrojem T6



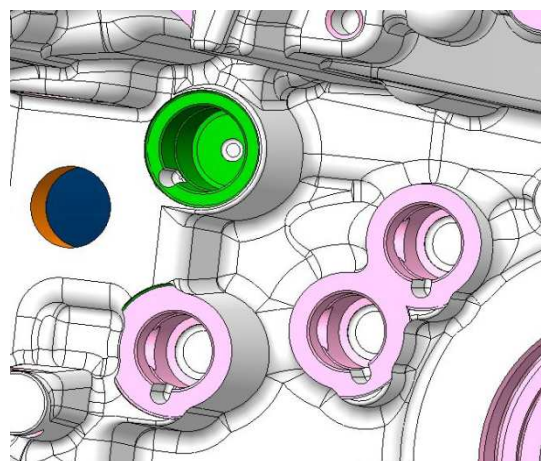
Obrázek 45: Tvar nástroje T6

## 7. Nástroj T7

Obdobně jako nástroj T6 bude i nástroj T7 speciálním složeným vrtákem. V tomto případě bude vrtána i část dna otvoru, která je pod úhlem  $160^\circ$  a zakončena průměrem 5 mm. Nástroj tedy bude mít tento tvar. Dále bude vrtán průměr 18,2 mm, který je v délce 18,5 mm zakončen sražením pod úhlem  $45^\circ$ . Tento průměr přechází na průměr 19 mm a vrtá se v délce 15 mm, v níž je taktéž zakončen sražením pod úhlem  $45^\circ$ . Za tímto sražením vrták narůstá na průměr 26 mm, v němž bude obrábět čelem a to i v rádiusové zaoblení R0,5. Tvar celého vrtáku je zobrazen na obrázku č. 46. Délka tohoto vrtáku nemusí být tak velká, jako u předchozího nástroje, ale délka 165 mm by měla být dostačující. Zakončení tohoto vrtáku bude staženo na průměr 25h6, jelikož nástroj bude upnut v tepelném upínači BT50-25-200. Nástroj bude obrábět pouze jeden otvor, který je zobrazen na obrázku č. 47 a je zobrazen zeleně. V neposlední řadě je důležité nezapomenout na kontrolu pomocí 3D simulace.



Obrázek 46: Tvar nástroje T7



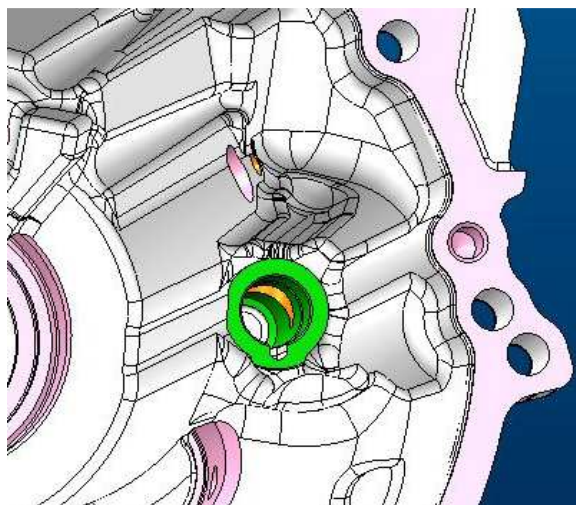
Obrázek 47: Obráběná plocha nástrojem T7

## 8. Nástroj T8

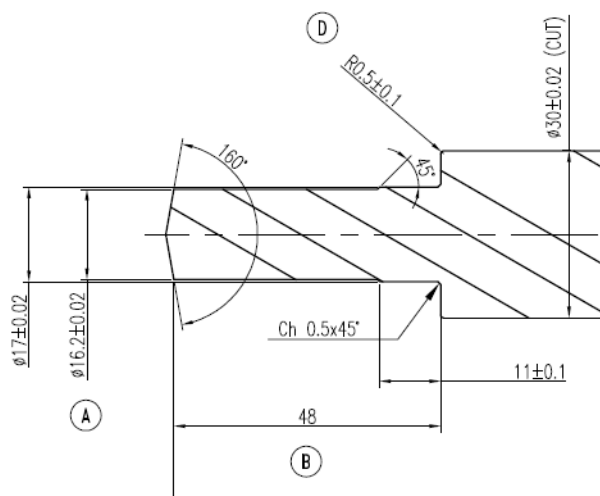
Opět se jedná o speciální tvar složeného vrtáku. Obrábět se bude pouze jeden otvor, který je zobrazen na obrázku č. 48. Tento nástroj bude obrábět průměr 16,2 mm do délky 37 mm následně pak sražení pod úhlem  $45^\circ$ , které přechází do průměru 17 mm. Tento průměr bude vrtán v délce 11 mm, kde je opět zakončeno sražení v úhlu  $45^\circ$ . Zde se bude obrábět čelem i bokem a to průměr 30 mm opatřený zaoblením R0,5. Špička nástroje bude mít úhel  $160^\circ$ . Tvar nástroje T8 je zobrazen na obrázku č. 49. Jelikož se obráběná plocha nachází kousek od instalační plochy, není zde nutno volit největší možnou délku tepelného upínače, ale plně postačí tepelný upínač BT50-32-160. Nástroj bude mít délku 165 mm a na jeho konci bude



vyhotoven průměr 32h6. Tato délka nástroje je zvolena z důvodu výskytu jiného tvaru na převodové skříní poblíž obráběné plochy.



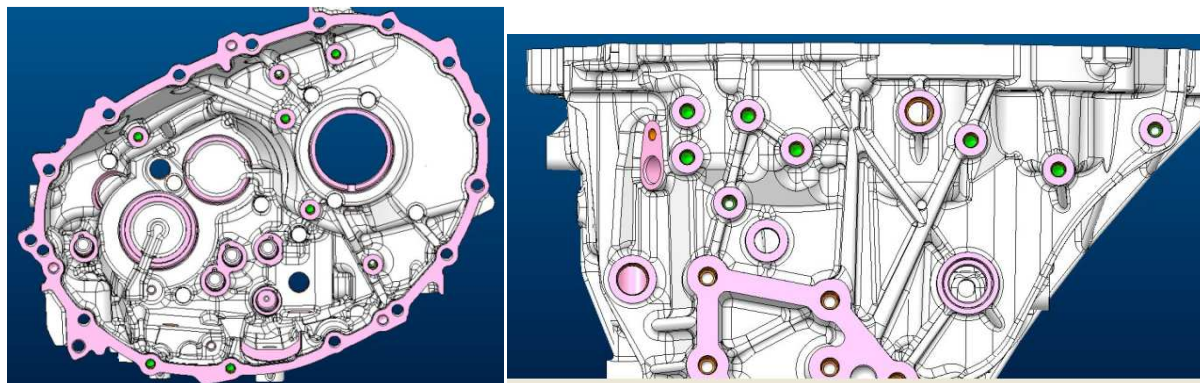
Obrázek 48: Obráběná plocha nástrojem T8



Obrázek 49: Tvar nástroje T8

## 9. Nástroj T9

Nástroj T9 je považován za standardní nástroj, jako je vrták pod závit M8. Jeho rozměr je průměr 6,8 mm, ale délka je volena největší možná pro sériový vrták a to je délka 114 mm. Vrták je vyroben na dřívku o průměru 8 mm, dle kterého je zvolen tepelný upínač BT50-8-130. Obráběné plochy jsou zobrazeny zeleně na obrázku č. 50.

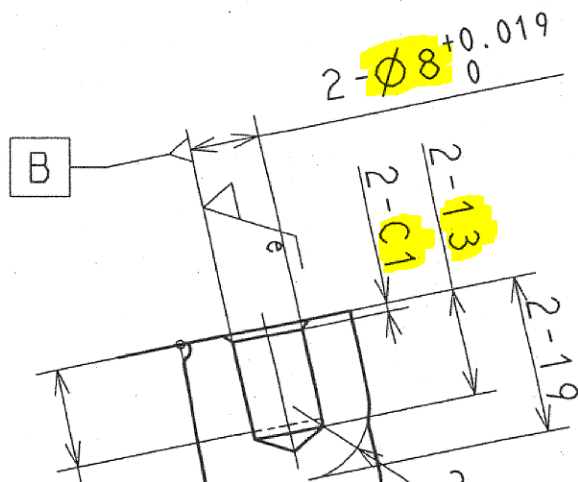


Obrázek 50: Obráběné plochy nástrojem T9

## 10. Nástroj T10

Nástroj T10 je speciální složený vrták ze dvou průměrů a to 8mm a 10mm. Jeho tvar vychází z výkresu zakládacího otvoru pro druhou operaci. Tvar je zobrazen na obrázku č. 51, kde je zakótován pouze průměr 8 mm, avšak na kraji ještě obsahuje sražení 1 mm pod úhlem  $45^\circ$ , kvůli kterému vrták obsahuje druhý průměr 10 mm. Přejít mezi těmito průměry je také pod úhlem  $45^\circ$ . Délka tohoto složeného vrtáku je 75 mm, a protože bude upínán do tepelného

upínače BT50-10-130, musí být jeho konec vyroben v toleranci h6. Vrtány budou pouze 3 zakládací otvory na instalační ploše k motoru.



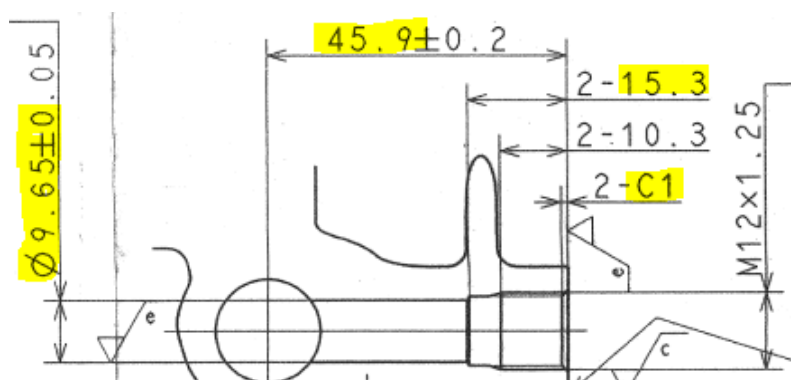
Obrázek 51: Tvar zakládací díry

### 11. Nástroj T11

Nástroj T11 je standardním nástrojem pro výrobu metrického závitu M8x1,25. Jedná se o ISO metrický závitník M8x1,25 o délce 90 mm. Jeho konec je opatřen průměrem 8 mm. Nástroj bude upnut do kleštinového upínače BT50 ER16, což udává průměr matice. Jeho délka bude 160 mm. Do tohoto upínače musí být ještě vložena kleština, která má průměr 7 - 8 mm.

### 12. Nástroj T12

Tento nástroj je složeným vrtákem ze tří průměrů. Prvním průměr má hodnoty 9,65 mm, délku 29,7 mm, následně přechází pod úhlem 45° na druhý průměr 10,75 mm o délce 15,3 a posledním průměrem je 12 mm. Celý vrták má délku 130 mm a je opatřen špičkou pod úhlem 130°. Konec vrtáku je opatřen tolerancí h6, upnut bude do tepelného upínače BT50-12-160. Průměr 10,75 mm je určen pro předvrtání otvoru pro závit M12x1,25. Na obrázku č. 52 je část výkresu, ze kterého je tvořen tento nástroj.



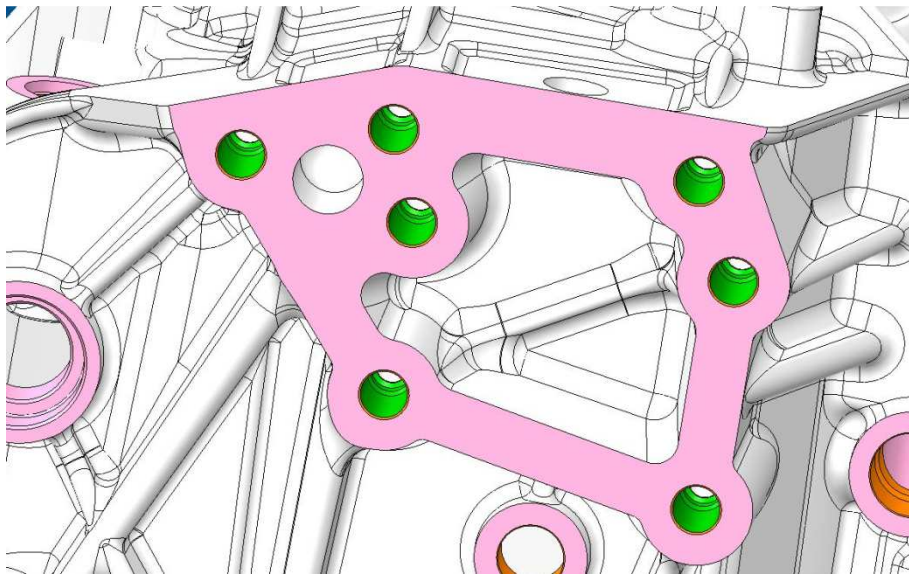
Obrázek 52: Tvar určující podobu nástroje T12

### 13. Nástroj T13

Nástroj T13 je ISO metrický závitník M12x1,25 o délce 100 mm, jež bude obrábět otvory, vyvrtány nástrojem T12, které jsou zobrazeny na obrázku č. 52. Upnutí zajistí kleštinový upínač BT50 ER16 o délce 160 mm do kterého bude vložena kleština o průměru 8 – 9 mm.

### 14. Nástroj T14

Standardní vrták o průměru 8,8 mm a délce 89 mm nazýváme nástrojem T14. Jeho konec má průměr 10 mm. Nástroj bude upnut do tepelného upínače BT50-10-130. Tento nástroj obrábí otvory pod závity M10x1,25. Obráběné otvory jsou na obrázku č. 53 označeny zeleně.



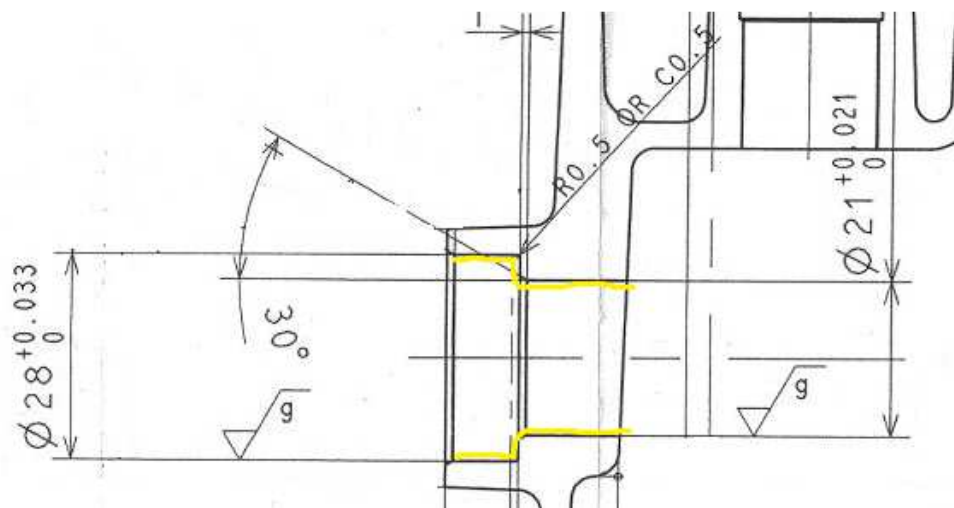
Obrázek 53: Vrtané otvory nástrojem T14

### 15. Nástroj T15

Závitník M10x1,25 pro neprůchozí otvor o délce 100 mm. Na obrázku č. 53 jsou vyobrazeny předvrtané otvory, do kterých budou tímto nástrojem vyrobeny závity M10x1,25. Závitník bude upnut do kleštinového upínače BT50 ER16 o délce 160 mm, do kterého bude následně vložena kleština o průměru 6 – 7 mm.

### 16. Nástroj T16

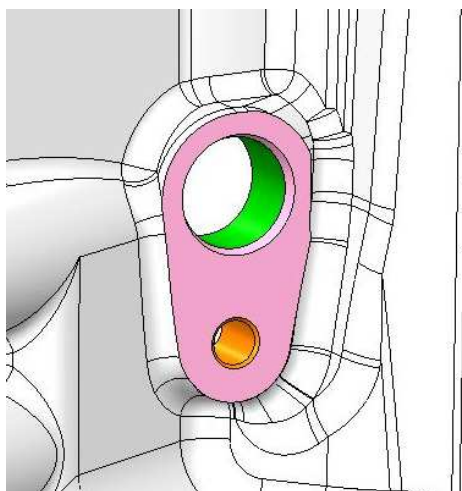
Jedná se o speciální složený vrták, který má špičku pod úhlem 130°, následně pokračuje průměr 21 mm o délce 20 mm. Tento průměr je zakončen sražením pod úhlem 30° a následuje zvětšení průměru na 28 mm. Tento průměr začíná rádiusem R 0,5. Na obrázku č. 54 je zobrazena část výkresu, pro kterou byl nástroj navrhován. Nástroj je zakončen průměrem 26 mm a bude upnut do kleštinového upínače BT50 ER40 o délce 160 mm, do kterého se následně vloží kleština o průměru 26 – 27 mm.



Obrázek 54: Tvar určující podobu nástroje T16

### 17. Nástroj T17

Vrták je vybaven dvěma průměry 15,1 a 20 mm. Jeho celková délka je 110 mm. Nástroj začíná špičkou pod úhlem  $130^\circ$ . Průměr 15,1 mm je v délce 14 mm, následně přechází na průměr 20 mm pod sražením  $40^\circ$ . Je ukončen průměrem 20h6, protože bude upnut do tepelného upínače. Na obrázku č. 55, je zobrazen otvor, který tento nástroj bude obrábět. Plocha je zobrazena zeleně. Tepelný upínač BT50-20-160.



Obrázek 55: Vrtaný otvor nástrojem T17

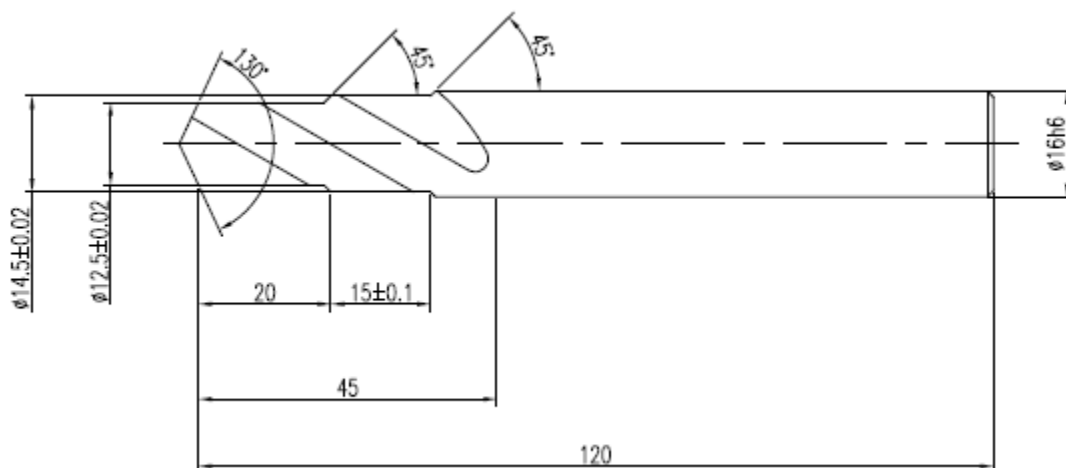
### 18. Nástroj T18

ISO metrický závitník M14x1,5 pro průchozí otvor o délce 100 mm. Závitník bude upnut do kleštinového upínače BT50 ER16 o délce 160 mm, do kterého bude vložena kleština o průměru 9 – 10 mm.

### 19. Nástroj T19

Jedná se o speciální složený vrták, špička začíná pod úhlem  $130^\circ$ , následně pokračuje průměr 12,5 mm o délce 20 mm. Tento průměr je zakončen sražením pod úhlem  $45^\circ$  a následuje

zvětšení průměru na 14,5 mm o délce 15 mm. Tento průměr bude sloužit pro předvrtání závitu M16. Následně přechází pod úhlem 45° na průměr 16 mm. Celková délka nástroje činí 120 mm a ukončena bude průměrem 16h6. Na obrázku č. 56 je nástroj zobrazen. Vrták bude upnut do tepelného upínače BT50-16-160.



Obrázek 56: Nástroj T19

## 20. Nástroj T20

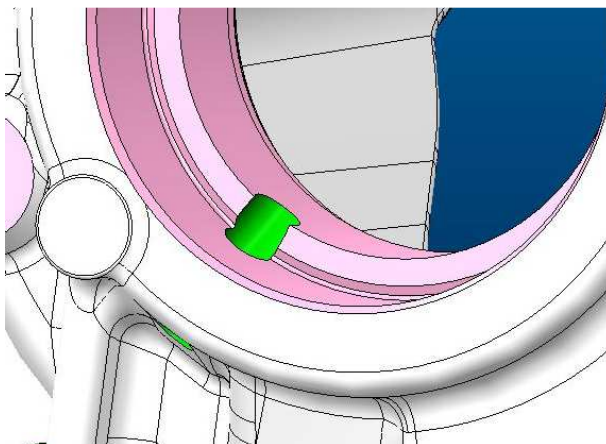
Standardní ISO metrický závitník M16x1,5 pro průchozí otvor o celkové délce 100 mm. Závitník bude upnut do kleštinového upínače BT50 ER 25 o délce 160 mm, do kterého bude vložena kleština o průměru 12 – 13 mm.

## 21. Nástroj T21

ISO metrický závitník M18x1,5 pro průchozí otvor o celkové délce 110 mm. Pro upnutí poslouží kleštinový upínač BT50 ER 25 o délce 160 mm, do kterého bude vložena kleština o průměru 14 – 15 mm.

## 22. Nástroj T22

Jedná se o vrták o průměru 7 mm, a celkové délce 114 mm. Vrták bude obrábět v přerušovaném řezu, znázorněno na obrázku č. 57. Tento nástroj bude upnut do tepelného upínače BT50-8-160. Zde je nezbytná kontrola nástroje pomocí 3D softwaru, pro zabránění kolizní situace při obrábění.



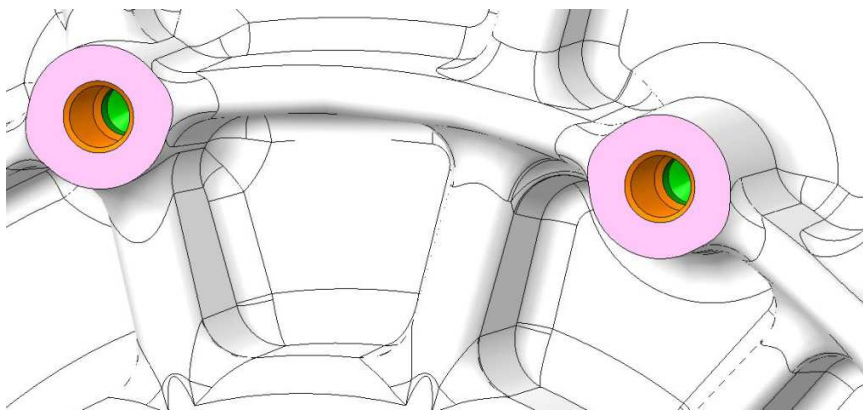
Obrázek 57: Otvor obráběný nástrojem T22

### 23. Nástroj T23

Standardní spirálový vrták o průměru 8,5 mm a celkové délce 89 mm. Vrták je ukončen průměrem 10 mm, který bude upnut do tepelného upínače BT50-10-160.

### 24. Nástroj T24

Spirálový vrták o průměru 5 mm a celkové délce 95 mm. Nástroj je zakončen průměrem 6 mm. Jeho řezná délka je 57 mm. Vrták bude vrtat dva otvory pod závity M6, které jsou zobrazeny na obrázku č. 58. Upnut bude do nejdelšího tepelného upínače BT50-6-200, jelikož se otvory nacházejí téměř uprostřed přípravku. Tento nástroj je důležité zkontrolovat pomocí 3D softwaru, aby bylo zabráněno kolizní situaci.



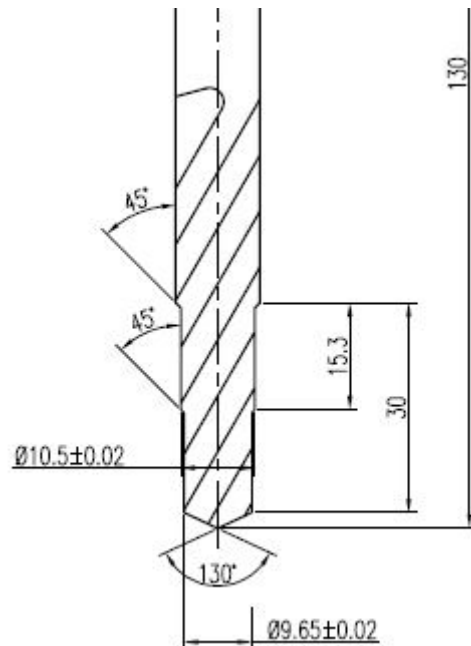
Obrázek 58: Otvory obráběné nástrojem T24

### 25. Nástroj T25

ISO metrický závitník M6x1 pro neprůchozí otvor o celkové délce 80 mm. Pro upnutí poslouží kleštinový upínač největší možné délky BT50 ER 16 o délce 200 mm, do kterého bude vložena kleština o průměru 6 – 7 mm. Obráběné závity jsou taktéž zobrazeny na obrázku č. 58.

## 26. Nástroj T26

Tento nástroj je složeným vrtákem ze tří průměrů. První průměr je 9,65 mm o délce 14,7 mm ten přechází pod úhlem 45° na druhý průměr 10,5 mm o délce 15,3 mm. Tento průměr bude použit pro předvrtání pro závit M12x1,5. Poslední průměr je 12 mm. Celý vrták má délku 130 mm a jeho špička je pod úhlem 130°. Konec vrtáku je opatřen tolerancí h6, jelikož bude upnut do tepelného upínače BT50-12-160. Na obrázku č. 59 je zobrazen tvar nástroje T26.



Obrázek 59: Tvar nástroje T26

## 27. Nástroj T27

Spirálový vrták vyroben na zakázku o průměru 16,5 mm s tolerancí průměru  $\pm 0,03$  mm. Řeznou délkou má tento nástroj 55 mm a celkovou délku 120 mm. Jeho špička je pod úhlem 130° a konec je vyroben v toleranci h6. Tento nástroj je použit pro předvrtání závitů M18x1,5. K upnutí poslouží tepelný upínač BT50-18-160.

## 28. Nástroj T28

Standardní spirálový vrták o průměru 19 mm a celkové délce 131 mm. Tento nástroj je použit pro sražení hrany a vytvoření náběhu pro výrobu závitů M18x1,5. Jeho řezná část má délku 79 mm. Vrták je ukončen průměrem 20 mm, který bude upnut do tepelného upínače BT50-20-160.

### Přečíslování nástrojů pro stroj OKK

Předchozí nástroje je důležité přečíslovat, z důvodu volných pozic nástrojů v zásobníku stroje OKK HM600. Přečíslování je zobrazeno v tabulce č. 10. společně s délkou nástrojů i s držáky. Délka nástroje s držákem je nazývána jako ofset.

Skutečný název	Název ve stroji	Ofset (mm)
T1	T43	348,653
T2	T44	348,561
T3	T45	148,571
T4	T46	238,491
T5	T47	269,319
T6	T48	357,004
T7	T49	323,762
T8	T50	315,675
T9	T51	224,203
T10	T52	177,824
T11	T53	223,164
T12	T54	258,596
T13	T55	231,439
T14	T56	191,943
T15	T57	229,713
T16	T58	257,953
T17	T59	246,19
T18	T1	236,897
T19	T2	248,553
T20	T3	227,094
T21	T4	237,793
T22	T5	251,841
T23	T6	222,556
T24	T7	269,206
T25	T8	253,537
T26	T9	258,271
T27	T10	250,619
T28	T11	261,462

Tabulka 10: Přečíslování nástrojů a jejich ofsety

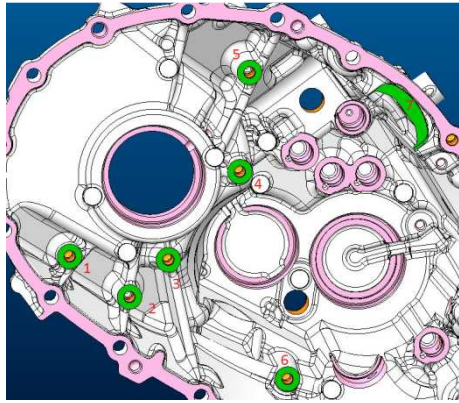


## 4.6 Technologický postup

Vše bude obráběno na stroji OKK HM 600.

- **První upnutí**

1. Založit odlitek do přípravku na pozici 1 a upnout pomocí upínek.
2. Nástroj T45, otáčky 850 ot/min, posuv 120 mm/ot, čas 0,712 min.  
Natočit přípravek do 0°.  
Vyvrtat průměr 63 a 74 mm načisto.
3. Nástroj T43, otáčky 750 ot/min, posuv 100 mm/ot, čas 0,645 min.  
Vyvrtat průměr 59 a 69 mm načisto.
4. Nástroj T44, otáčky 750 ot/min, posuv 100 mm/ot, čas 0,619 min.  
Vyvrtat průměr 60 mm načisto.
5. Nástroj T46, otáčky 1200 ot/min, posuv 180, 200 a 500 mm/ot, čas 4,755 min  
Obrobit průměr 38 mm nahrubo, posuv 180.  
Obrobit průměr 38 mm načisto, posuv 200.  
Obrobit instalační plochu nahrubo s přídavkem 0,5 mm, posuv 500.  
Obrobit instalační plochu načisto, posuv 500.
6. Nástroj T47, otáčky 2500 ot/min, posuv 500 a 60 mm/ot, čas 2,157 min.  
Obrobit načisto plochu 1, posuv 500.  
Obrobit načisto plochu 2, posuv 500.  
Obrobit načisto plochu 3, posuv 500.  
Obrobit načisto plochu 4, posuv 500.  
Obrobit načisto plochu 5, posuv 500.  
Obrobit načisto plochu 6, posuv 500.  
Obrobit načisto plochu 7, posuv 60.  
Obráběné plochy na obrázku č. 60.



Obrázek 60: Očíslované obráběné plochy v 6. operaci

7. Nástroj T48, otáčky 3500 ot/min, posuv 250 mm/ot, čas 0,795 min.  
Vyvrtat 3x průměr 16,2 a 17 mm načisto.
8. Nástroj T49, otáčky 3500 ot/min, posuv 250 mm/ot, čas 0,368 min.  
Vyvrtat průměr 18,2 a 19 mm načisto.
9. Nástroj T50, otáčky 3000 ot/min, posuv 250 mm/ot, čas 0,457 min.  
Vyvrtat průměr 16,2 a 17 mm načisto.
10. Nástroj T51, otáčky 700 ot/min, posuv 150 mm/ot, čas 2,530 min.  
Vyvrtat 8x průměr 6,8 mm načisto, otvor pod závit M8x1,25.
11. Nástroj T53, otáčky 139 ot/min, posuv 174 mm/ot, čas 3,547 min.  
8x vyříznout závit M8x1,25.
12. Nástroj T52, otáčky 600 ot/min, posuv 100 mm/ot, čas 0,950 min.  
Vyvrtat 3x průměr 8 mm se sražením 0,45° načisto.
13. Nástroj T9, otáčky 500 ot/min, posuv 60 mm/ot, čas 1,248 min.  
Vyvrtat 2x průměr 9,65 mm na čisto.
14. Nástroj T5, otáčky 700 ot/min, posuv 56 mm/ot, čas 1,004 min.  
Natočit přípravek pod úhlem 66,8°.  
Vyvrtat průměr 7 mm načisto.

15. Nástroj T47, otáčky 2500 ot/min, posuv 300 a 500 mm/ot, čas 2,410 min.

Natočit přípravek pod úhlem 180°.

Obrobit načisto plochu 2, posuv 300.

Obrobit načisto plochu 4, posuv 300.

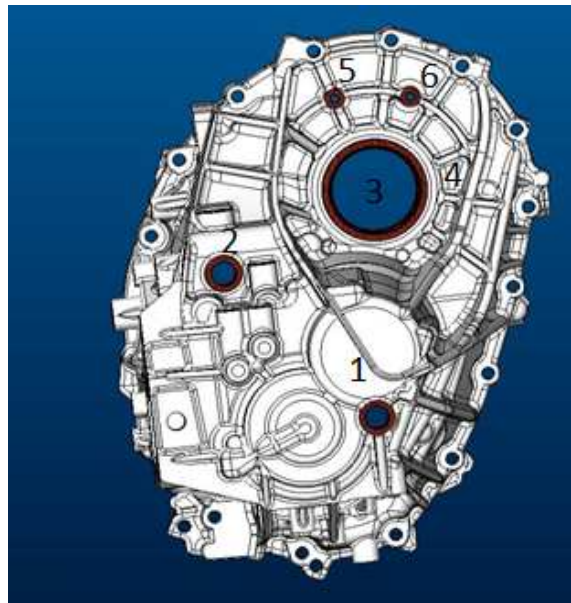
Obrobit průměr 65,5 mm načisto, plocha 3, posuv 300.

Obrobit načisto plochu 5, posuv 500.

Obrobit načisto plochu 6, posuv 500.

Obrobit načisto plochu 1, posuv 500.

Obráběné plochy na obrázku č. 61.



Obrázek 61: očíslované obráběné plochy v 15. operaci

16. Nástroj T7, otáčky 1000 ot/min, posuv 100 mm/ot, čas 0,620 min.

Vyvrtat 2x průměr 5 mm načisto, otvor pod závit M6x1.

17. Nástroj T8, otáčky 150 ot/min, posuv 150 mm/ot, čas 0,847 min.

2x vyříznout závit M6x1.

18. Nástroj T10, otáčky 290 ot/min, posuv 40 mm/ot, čas 0,676 min.

Vyvrtat 2x průměr 16,5 mm načisto, otvor pod závit M18x1,5.

19. Nástroj T11, otáčky 245 ot/min, posuv 40 mm/ot, čas 0,487 min.

Vyvtat 2x sražení na průměru 16,5 mm, sražení poslouží pro výrobu závitu M18x1,5.

20. Nástroj T4, otáčky 62 ot/min, posuv 93 mm/ot, čas 1,067min.

2x vyříznout závit M18x1,5.

21. Odepnout díl a vyjmout ho ze stroje.

Celkový strojní čas první operace je 25,894 min a čas obsluhy je 3,452 min.

Celkový čas pro tuto operaci činí 29,346 min.

- **Druhé upnutí**

1. Založit odlitek do přípravku na pozici 2 a upnout pomocí upínek.

2. Nástroj T46, otáčky 1200 ot/min, posuv 400 mm/ot, čas 1,365 min.

Natočit přípravek do 0°

Obrobit plochu příruby načisto.

3. Nástroj T56, otáčky 550 ot/min, posuv 60 mm/ot, čas 2,302 min.

Vyvtat 7x otvor 8,8 mm načisto, otvor pod závit M10x1,5.

4. Nástroj T57, otáčky 112 ot/min, posuv 140 mm/ot, čas 2,648 min.

7x vyříznout závit M10x1,25 v díře 8,8 mm.

5. Nástroj T47, otáčky 2500 ot/min, posuv 500 mm/ot, čas 2,862 min

Obrobit načisto plochu 1.

Obrobit načisto plochu 2.

Obrobit načisto plochu 3.

Obrobit načisto plochu 4.

Obrobit načisto plochu 5.

Obrobit načisto plochu 6.

Obrobit načisto plochu 7.

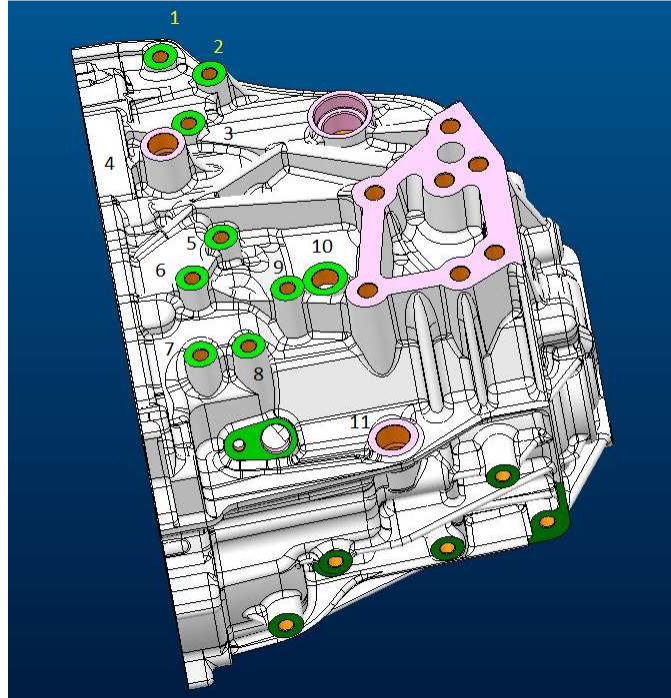
Obrobit načisto plochu 8.

Obrobit načisto plochu 9.

Obrobit načisto plochu 10.

Obrobit načisto plochu 11.

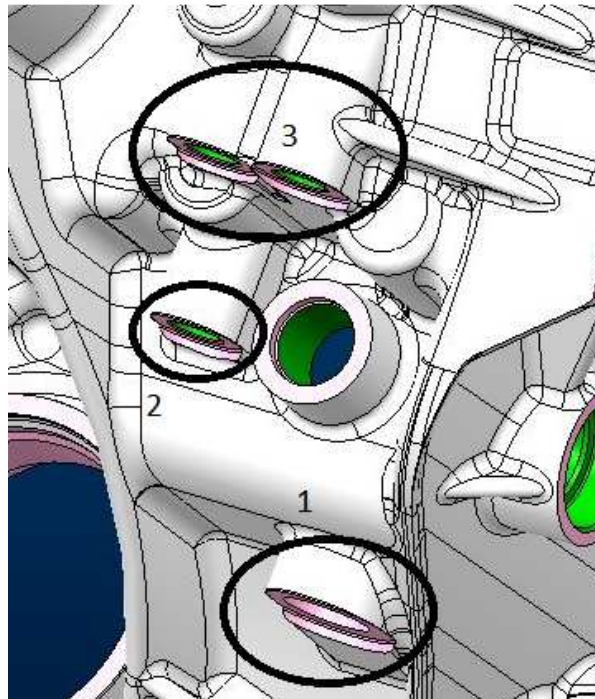
Obráběné plochy na obrázku č. 62.



Obrázek 62: Očíslované obráběné plochy v 5 operaci druhého upnutí

6. Nástroj T58, otáčky 200 ot/min, posuv 40 mm/ot, čas 0,785 min.  
Vyvrtat otvor 21 a 28 mm načisto.
7. Nástroj T10, otáčky 300 ot/min, posuv 50 mm/ot, čas 0,859 min.  
Vyvrtat otvor 16,5 mm načisto. Otvor pod závit M18x1,5.
8. Nástroj T11, otáčky 250 ot/min, posuv 45 mm/ot, čas 1,036 min.  
Vyvrtat sražení na průměru 16,5 mm, sražení poslouží pro výrobu závitu M18x1,5.
9. Nástroj T4, otáčky 62 ot/min, posuv 93 mm/ot, čas 0,602 min,  
Vyříznout závit M18x1,5.
10. Nástroj T2, otáčky 375 ot/min, posuv 50 mm/ot, čas 1,497 min.  
2x vyvrtat otvory 12,5 a 14,5 mm načisto. Otvor 14,5 bude pod závit M16x1,5 a otvor 12,5 bude pod závit M14x1,5.

11. Nástroj T3, otáčky 70 ot/min, posuv 105 mm/ot, čas 1,256 min.  
Vyříznout závit M16x1,5.
12. Nástroj T1, otáčky 80 ot/min, posuv 120 mm/ot, čas 1,125 min.  
Vyříznout závit M14x1,5.
13. Nástroj T51, otáčky 800 ot/min, posuv 150 mm/ot, čas 3,086 min.  
8x vyvrtat otvor 6,8 mm načisto, otvor pod závit M8x1,25.
14. Nástroj T53, otáčky 139 ot/min, posuv 174 mm/ot, čas 3,802 min.  
8x vyříznout závit M8x1,25 v otvoru 6,8 mm.
15. Nástroj T47, otáčky 2500 ot/min, posuv 500 mm/ot, čas 0,926 min.  
Natočit přípravek pod úhlem - 90°.  
Obrobit plochu 1 načisto.  
Obrobit plochu 2 načisto.  
Obrobit plochu 3 načisto.  
Plochy zobrazeny na obrázku č. 63.



Obrázek 63: Očíslované obráběné plochy v 15 operaci druhého upnutí

16. N $\acute{a}$ stroj T54, ot $\acute{a}$ čky 500 ot/min, posuv 65 mm/ot, čas 0,479 min.

Vyvr $\acute{t}$ at otvor 9,65, 10,75 a 12 mm načisto.

17. N $\acute{a}$ stroj T9, ot $\acute{a}$ čky 500 ot/min, posuv 65 mm/ot, čas 0,934 min.

Vyvr $\acute{t}$ at 2x otvor 9,65 a 10,5 mm načisto.

18. N $\acute{a}$ stroj T55, ot $\acute{a}$ čky 92 ot/min, posuv 115 mm/ot, čas 3,802 min.

3x vyříznout z $\acute{a}$ vit M12x1,25 v otvorech 10,75 a 10,5 mm.

19. N $\acute{a}$ stroj T10, ot $\acute{a}$ čky 290 ot/min, posuv 290 mm/ot, čas 0,369 min.

Vyvr $\acute{t}$ at otvor 16,5 mm načisto. Otvor pod z $\acute{a}$ vit M18x1,5.

20. N $\acute{a}$ stroj T11, ot $\acute{a}$ čky 250 ot/min, posuv 45 mm/ot, čas 0,436 min.

Vyvr $\acute{t}$ at sražení na průměru 16,5 mm, sražení poslouží pro v $\acute{y}$ robu z $\acute{a}$ vitu M18x1,5.

21. N $\acute{a}$ stroj T4, ot $\acute{a}$ čky 62 ot/min, posuv 93 mm/ot, čas 0,512 min.

Vyříznout z $\acute{a}$ vit M18x1,5.

22. N $\acute{a}$ stroj T47, ot $\acute{a}$ čky 2500 ot/min, posuv 500 mm/ot, čas 0,934 min.

Natočit p $\acute{r}$ ípravek pod úhlem 53,15°.

Obrobit plochu pro senzor načisto.

23. N $\acute{a}$ stroj T7, ot $\acute{a}$ čky 1000 ot/min, posuv 100 mm/ot, čas 0,641 min.

Vyvr $\acute{t}$ at otvor 5 mm načisto. Otvor pod z $\acute{a}$ vit M6x1.

24. N $\acute{a}$ stroj T8, ot $\acute{a}$ čky 150 ot/min, posuv 150 mm/ot, čas 0,483 min.

Vyříznout z $\acute{a}$ vit M6x1.

25. N $\acute{a}$ stroj T59, ot $\acute{a}$ čky 325 ot/min, posuv 50 mm/ot, čas 0,637 min.

Vyvr $\acute{t}$ at otvor 15,1 mm načisto.

26. N $\acute{a}$ stroj T47, ot $\acute{a}$ čky 2500 ot/min, posuv 500 mm/ot, čas 2,286 min.

Natočit p $\acute{r}$ ípravek pod úhlem 90°.

Obrobit plochu 1 načisto.

Obrobit plochu 2 načisto.

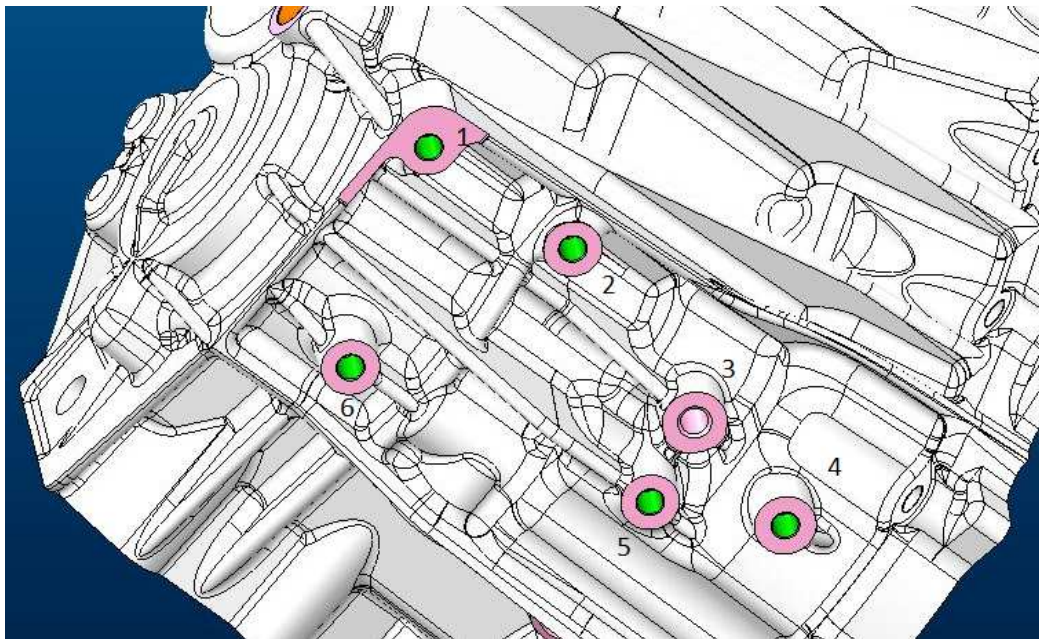
Obrobit plochu 3 načisto.

Obrobit plochu 4 načisto.

Obrobit plochu 5 načisto.

Obrobit plochu 6 načisto.

Plochy zobrazeny na obrázku č. 64.



Obrázek 64: Očíslované obráběné plochy v 25 operaci druhého upnutí

27. Nástroj T51, otáčky 800 ot/min, posuv 150 mm/ot, čas 2,253 min.

Vyvrtat 5x otvor 6,8 mm načisto. Otvor pod závit M8x1,25.

28. Nástroj T6, otáčky 550 ot/min, posuv 60 mm/ot, čas 0,682 min.

Vyvrtat otvor 8,5 mm načisto.

29. Nástroj T53, otáčky 139 ot/min, posuv 174 mm/ot, čas 2,159 min.

5x vyříznout závit M8x1,25 v otvoru 6,8 mm.

30. Odepnout díl a vyjmout ho ze stroje.

Celkový strojní čas první operace je 40,758 min a čas obsluhy je 2,132 min.

Celkový čas pro tuto operaci činí 42,890 min.



## 4.7 Výroba NC programu

Pro výrobu NC programu byl použit 3D software Creo Parametric 2. Pomocí nulových bodů na přípravku byly odměřovány výchozí polohy pro programování.

V příloze je zobrazen celý NC program pro první a druhé upnutí.

V následující části jsou popsány jednotlivé kódy NC programu, použity při jeho výrobě.

### NC kódy

M160 - Otočení palety z pozice přípravy upnutí dílu do pozice uvnitř stroje a naopak.

Podmínkou této funkce je potvrzení tlačítka na ovládacím panelu stroje.

N10 - Označení řádku, stroj při tomto označení nic neprovádí. Slouží pouze pro pomoc programátorovi.

T.... - Příprava nástroje v zásobníku, který bude následně vyměněn.

M106 – Výměna nástroje. Stroj provede výměnu nástroje a ve vřetenu bude požadovaný nástroj. Jedná se o vyvolání podprogramu, který v sobě obsahuje funkce na vypnutí otáček, vypnutí chlazení a najetí do požadované polohy pro výměnu nástroje. Stroj po výměně požadovaného nástroje zůstane ve výchozí poloze pro výměnu.

M79 - Odemknutí osy B. Osa B je otočná osa přípravku.

G54 - Volba souřadného systému obrobku.

P... - Po funkci G54 následuje další rozdělení souřadného systému obrobku.

G90 - Programování v absolutních hodnotách.

G0 - Nájezd na určitou polohu pomocí rychloposuvu

X.... – Osa X horizontální poloha

Y.... – Osa Y vertikální poloha

B.... – Osa B rotační pohyb přípravku

Z.... – Osa Z přiblížení a oddálení se k obráběnému dílu

S.... – Určení otáček vřetene

M3 - Roztočení vřetene po směru hodinových ručiček

M8 - Zapnutí chlazení

M78 – Zamknutí rotační osy B

G43 – Načtení délkové korekce nástroje (načte se offset nástroje)

H... - Po zadání funkce G43 je důležité napsat parametr H, kterého nástroje chceme použít.

G1 - Lineární interpolace (pracovní posuv)

- F... - Po zadání funkce G1 následuje parametr F určující rychlost posuvu.
- G98 – Obnovení souřadného systému
- G83 - Vrtací cyklus s výplachem
- Z... - Hloubka vrtaného otvoru
- Q... - Po najetí do této vzdálenosti se nástroj vrátí rychloposuvem do horní polohy Z a vypláchne se vyvrtaný otvor. Nástroj následně pokračuje vrtáním v místě, kde přestal, až do požadované hloubky.
- F... - Posuv požadovaný při vrtání.
- G80 – Ukončení cyklu
- G84 – Závitovací cyklus
- Z... - Požadovaná hloubka řezaného závitu
- F... - Posuv při řezání závitu. U tohoto posuvu je důležité přepočítat otáčky, aby nedošlo k poškození závitníku. Příklad pro výpočet posuvu (otáčky  $s = 112$  a stoupání závitu  $p = 1,25$ . Posuv  $f = s * p = 112 * 1,25 = 140$ )
- G2 - Kruhová interpolace ve směru hodinových ručiček
- X... - Požadovaná pozice osy X, na které se nástroj má zastavit.
- Y... - Požadovaná pozice osy Y, na které se nástroj má zastavit.
- I... - Poloha středu kružnice, po které nástroj má obrábět (v pozici osy X).
- J... - Poloha středu kružnice, po které nástroj má obrábět (v pozici osy Y).
- G3 - Kruhová interpolace proti směru hodinových ručiček
- X... - Požadovaná pozice osy X, na které se nástroj má zastavit.
- Y... - Požadovaná pozice osy Y, na které se nástroj má zastavit.
- I... - Poloha středu kružnice, po které nástroj má obrábět (v pozici osy X).
- J... - Poloha středu kružnice, po které nástroj má obrábět (v pozici osy Y).
- M30 – Konec hlavního programu. Vrací řídicí systém na začátek programu a zastavuje otáčení vřetene

## 5. Technicko-ekonomické zhodnocení

Protože cílem této diplomové práce není zlepšení výrobního procesu, ale je zde řešena naprosto nová zakázka, budou v této kapitole porovnány náklady na obrábění převodové skříně s náklady na případnou reklamaci. Obráběním převodové skříně může být zabráněno vzniku reklamace, vynaložení případných nákladů a nespokojenosti zákazníka.

### Náklady na obrábění převodové skříně

1. Výroba přípravku pro upnutí převodové skříně	135 500,- Kč
2. Výroba nástrojů pro obrábění (každý nástroj po 2ks)	611 066,- Kč
3. Čepy pro upnutí nástrojů	7 626,- Kč
4. Obrábění 1ks převodové skříně na stroji OKK (1500,- Kč/hod)	1 660,- Kč

Celková částka nákladů: **755 852,- Kč**

### Náklady na reklamaci přijaté od zákazníka

Každá reklamace je odlišná svým rozsahem. Porovnány budou reklamace v malém rozsahu a reklamace rozsahu velkého.

#### Reklamace v malém rozsahu

Za reklamaci v malém rozsahu je považována situace, ve které je zákazníkem objeveno 5 a méně vadných kusů z jedné dodané dávky.

1. Třízení dílů externí firmou v naší společnosti AISIN	20 000,- Kč
2. Třízení u zákazníka	60 000,- Kč
3. Řešení reklamace v oddělení kvality (40 h x 220,- Kč)	8 800,- Kč
4. Nápravná opatření	10 000,- Kč
5. Náklady na cestování	15 000,- Kč

Celková částka nákladů: **113 800,- Kč**

### Reklamace ve velkém rozsahu

Za reklamaci velkého rozsahu je považována situace, ve které je zákazníkem objeveno 5 a více vadných kusů z jedné dodané dávky. Pokud je rozsah příliš velký, může dojít i k zastavení výrobní linky automobilů, které předchází zastavení výrobní linky pro výrobu motorů.

1. Třízení dílů externí firmou v naší společnosti AISIN	40 000,- Kč
2. Třízení u zákazníka	500 000,- Kč
3. Řešení reklamace v oddělení kvality (80 h x 220,- Kč)	19 600,- Kč
4. Nápravná opatření	2 500 000,- Kč
5. Náklady na cestování	60 000,- Kč

Celková částka nákladů: **3 119 600,- Kč**

Pozn.: Byly udány zatím nejvyšší zaznamenané náklady na řešení reklamace v naší společnosti AISIN. V této výjimečné situaci došlo dokonce k zastavení výrobní linky pro výrobu motoru do automobilu.

### Porovnání nákladů na obrábění převodové skříně a reklamace

#### Náklady na obrábění převodové skříně a reklamace v malém rozsahu

Celková částka nákladů na obrábění převodové skříně	755 852,- Kč
Celková částka nákladů na reklamaci malého rozsahu	113 800,- Kč

Za vytvoření technologie pro obrábění převodové skříně byla vynaložena částka přibližně 7x vyšší než jsou celkové náklady na jednu reklamaci malého rozsahu. Nejnákladnější položkou při obrábění převodové skříně bylo pořízení přípravku a obráběcích nástrojů. Obrábění jednoho dílu není však tak nákladné v porovnání s vyčíslenými náklady na reklamaci. Cílem výroby a výrobní politiky společnosti AISIN je zajistit svému váženému zákazníkovi resp. odběrateli bezpodmínečně co nejkvalitnější dodávku objednaných dílů.

### **Náklady na obrábění převodové skříně a reklamace ve velkém rozsahu**

Celková částka nákladů na obrábění převodové skříně	755 852,- Kč
Celková částka nákladů na reklamaci velkého rozsahu	3 119 600,- Kč

Převodová skříň je dodávána zákazníkovi pouze v odlitém stavu, tudíž pokud by nebyly vynaloženy náklady na obrábění převodové skříně, které slouží jako kontrola dílu, mohlo by dojít k reklamaci velkého rozsahu a firma AISIN by musela zaplatit 3 119 600,- Kč. Mohla by také přijít o významného zákazníka a její prosperita by byla vážně ohrožena. Je proto vždy lepší zaplatit částku 4x menší, vynaloženou na obrábění a vědět že tato situace nenastane.

## 6. Závěr

Zkušební obrábění převodové skříně bylo odzkoušeno v praxi za účelem odhalení podpovrchových vad, které podle plánu odhaleny byly a dopomohly tak k výrobě kvalitních dílů. Tuto skutečnost považuji za velký přínos jak pro společnost, tak i pro odběratele, neboť se zvýší kvalita dodávaných dílů. Pokud se zvýší kvalita dodávaných dílů, dalším přínosem bude nižší počet obdržených reklamací, jež ušetří náklady a zvýší zisk společnosti, která bude i nadále výborně prosperovat a vytvoří si tak celosvětově známé jméno. Design přípravku, který byl navrhnout, považuji za plně funkční. Navrhnuté a vybrané nástroje s kombinací vyrobeného NC programu obrábějí dle požadavků. V budoucnu bych se ještě rád zaměřil na zkrácení výrobního času jednoho dílu, čímž budou ještě více sníženy náklady na obrobení převodové skříně. Z důvodu, že jsou na stroji obráběny další dva díly a dochází tak k výměně palet, je do budoucna nezbytné, automaticky detekovat díl, který bude obráběn. Poznatky, jež jsem mohl získat při studiu, a které dnes plně využívám ve svém zaměstnání, mi byly naprosto nezbytnými pomůckami k vytvoření této práce.

## 7. Zdroje

MRKVICA, Miloš. *Přípravky a obráběcí nástroje-I.díl. Řezné nástroje*. 3. vyd. Ostrava: VŠB-Technická univerzita, 2001, 188 s. ISBN 80-7078-941-7.

MRKVICA, Miloš. *Přípravky a obráběcí nástroje-II.díl. Přípravky* 1. vyd. Ostrava: Vysoká škola báňská, 1988, 182 s.

VIGNER, Miloslav. *Metodika projektování výrobních procesů*. 1. vyd. Praha: SNTL-Nakladatelství technické literatury, 1984, 588 s.

TOYOSAKI, Kita-ku. *Instruction manual*. Japan-Osaka, OKK Corporation:2003

GE Fanuc Automation S.A. *Návod pro obsluhu*. Luxembourg:2001

Upínání rotačních nástrojů. MM průmyslové spektrum. 2004, Speciální vydání, s. 73-74. ISSN 1212-2572

## Seznam obrázků

Obrázek 1: 3D model převodové skříně.....	5
Obrázek 2: Zákazníci .....	8
Obrázek 3: Zobrazení plynové porozity pomocí mikroskopu.....	9
Obrázek 4: Plynová porezita zobrazená na rentgenu .....	9
Obrázek 5: Vyhodnocení porezity pomocí CT scanneru .....	10
Obrázek 6: ideálně těsný díl ponořen pod vodu bez úniku .....	10
Obrázek 7: Oxidický vměstek tvrdší než okolní materiál, otupení je patrné z charakteru obrobení plochy před a za vměstkem .....	11
Obrázek 8: Odloupnutý studený spoj po obrábění .....	12
Obrázek 9: Ředina - dendritická staženina (zvětšeno 100x) .....	12
Obrázek 10: Lesklé plošky - přechlazené eutektikum .....	13
Obrázek 11: Stroj OKK HM 600 a rozložení jeho os .....	19
Obrázek 12: Přední pohled na obráběné plochy na 1. operaci .....	20
Obrázek 13: Zadní pohled na obráběné plochy na 1. operaci .....	20
Obrázek 14: Obráběné plochy na druhé operaci .....	21
Obrázek 15: Maximální rozměry odlitku .....	22
Obrázek 16: Základní deska přípravku .....	22
Obrázek 17: Stojina přípravku .....	23
Obrázek 18: Žebro.....	24
Obrázek 19: Sestava .....	24
Obrázek 20: Sestava upínacího háku .....	25
Obrázek 21: Varianty upínacích háků .....	25
Obrázek 22: Upínací hák s nákrůžkem.....	26
Obrázek 23: založení na první operaci .....	27
Obrázek 24: Polohovací čep      Obrázek 25: Opěrný bod .....	28
Obrázek 26: založení na druhou operaci .....	28
Obrázek 27: Opěrný bod pro druhou operaci .....	29
Obrázek 28: Hotový přípravek .....	29
Obrázek 29: Standardní nástroj .....	30
Obrázek 30: Nástroj velkého průměru .....	31
Obrázek 31: Kleštinový upínač s kuželem BT50.....	32



Obrázek 32: Tepelný upínač s kuželem BT50 a zařízení pro upínání.....	33
Obrázek 33: Obráběné rozměry nástrojem T1 .....	34
Obrázek 34: výměnné destičky T1 .....	35
Obrázek 35: Kontrola nástroje pomocí 3D softwaru.....	35
Obrázek 36: Obráběné ploch nástrojem T2.....	36
Obrázek 37: Nástroji obráběné plochy .....	36
Obrázek 38: Obráběné rozměry nástrojem T3 .....	37
Obrázek 39: Rozmístění břitových destiček.....	37
Obrázek 41: Nástroj T4 .....	38
Obrázek 40: Obráběné plochy nástrojem T4.....	38
Obrázek 42: Rozměr určující tvar frézy .....	39
Obrázek 43: Obráběné plochy nástrojem T5.....	39
Obrázek 44: Obráběné plochy nástrojem T6.....	41
Obrázek 45: Tvar nástroje T6.....	41
Obrázek 46: Tvar nástroje T7                      Obrázek 47: Obráběná plocha nástrojem T7.....	42
Obrázek 48: Obráběná plocha nástrojem T8      Obrázek 49: Tvar nástroje T8.....	43
Obrázek 50: Obráběné plochy nástrojem T9.....	43
Obrázek 51: Tvar zakládací díry .....	44
Obrázek 52: Tvar určující podobu nástroje T12 .....	44
Obrázek 53: Vrtané otvory nástrojem T14.....	45
Obrázek 54: Tvar určující podobu nástroje T16 .....	46
Obrázek 55: Vrtaný otvor nástrojem T17 .....	46
Obrázek 56: Nástroj T19 .....	47
Obrázek 57: Otvor obráběný nástrojem T22.....	48
Obrázek 58: Otvory obráběné nástrojem T24 .....	48
Obrázek 59: Tvar nástroje T26.....	49
Obrázek 60: Očíslované obráběné plochy v 6. operaci .....	52
Obrázek 61: očíslované obráběné plochy v 15. operaci.....	53
Obrázek 62: Očíslované obráběné plochy v 5 operaci druhého upnutí.....	55
Obrázek 63: Očíslované obráběné plochy v 15 operaci druhého upnutí.....	56
Obrázek 64: Očíslované obráběné plochy v 25 operaci druhého upnutí.....	58

## Seznam tabulek

Tabulka 1: Historie firmy .....	6
Tabulka 2: Informace o firmě.....	7
Tabulka 3: Tržby společnosti .....	7
Tabulka 4: Vývoj počtu zaměstnanců .....	7
Tabulka 5: Chemická analýza - Spectrolab.....	16
Tabulka 6: Časový harmonogram .....	17
Tabulka 7: rozměry upínacích háků .....	26
Tabulka 8: Rozměry upínacího háku s nákrůžkem .....	27
Tabulka 9: Varianty tepelných upínačů BT50 .....	40
Tabulka 10: Přechíslování nástrojů a jejich ofsety.....	50