



# VYSOKÉ UČENÍ TECHNICKÉ V BRNĚ

BRNO UNIVERSITY OF TECHNOLOGY

## FAKULTA STROJNÍHO INŽENÝRSTVÍ

FACULTY OF MECHANICAL ENGINEERING

## ÚSTAV STROJÍRENSKÉ TECHNOLOGIE

INSTITUTE OF MANUFACTURING TECHNOLOGY

## VÝROBA PROTOTYPU UPÍNACÍHO TRNU

PRODUCTION OF PROTOTYPE CLAMPING MANDREL

### BAKALÁŘSKÁ PRÁCE

BACHELOR'S THESIS

### AUTOR PRÁCE

AUTHOR

Lubomír Jaroš

### VEDOUCÍ PRÁCE

SUPERVISOR

Ing. Milan Kalivoda

BRNO 2019

# Zadání bakalářské práce

Ústav:	Ústav strojírenské technologie
Student:	<b>Lubomír Jaroš</b>
Studijní program:	Strojírenství
Studijní obor:	Strojírenská technologie
Vedoucí práce:	<b>Ing. Milan Kalivoda</b>
Akademický rok:	2018/19

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

## Výroba prototypu upínacího trnu

### Stručná charakteristika problematiky úkolu:

Konstrukční, výrobní a montážní etapy jednoúčelových upínacích přípravků se liší dle účelu a dle možností firmy. Určité díly se montují jako nakupovaná položka od subdodavatelů. Autor využívá svoje teoretické a praktické znalosti k předložení jednoho z možných řešení.

### Cíle bakalářské práce:

- Konstrukční sestava vrtacího přípravku.
- Charakteristika vytipovaného dílu.
- Návrh technologického procesu.
- Sestavení NC programu.
- Výroba prototypu.
- Zhodnocení dosažených výsledků.

### Seznam doporučené literatury:

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

FREIBAUER, Martin, Hana VLÁČILOVÁ a Milena VILÍMKOVÁ. Základy práce v CAD systému SolidWorks. 2. vyd. Brno: Computer Press, a. s., 2010. 326 s. ISBN 978-80-251-2504-5.

FREMUNT, Přemysl, Jiří KREJČÍK a Tomáš PODRÁBSKÝ. Nástrojové oceli. 1. vyd. Brno: Dům techniky Brno, 1994. 234 s.

HUMÁR, Anton. Materiály pro řezné nástroje. 1. vyd. Praha: MM publishing, s. r. o., 2008. 240 s. ISBN 978-80-254-2250-2.

LEINVEBER, Jan, Jaroslav ŘASA a Pavel VÁVRA. Strojnické tabulky. 3. vyd. Praha: Scientia, s. r. o., 2000. 986 s. ISBN 80-7183-164-6.

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

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

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

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

SUCHY, Ivana. Handbook of die design. 2nd edition. New York: McGRAW-HILL, 2006. P. 730. ISBN 0-07-146271-6.

SVOBODA, Pavel, Jan BRANDEJS a Jiří DVOŘÁČEK. Základy konstruování. 5. vyd. Brno: CERM, s. r. o., 2013. 236 s. ISBN 978-80-7204-839-7.

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

Termín odevzdání bakalářské práce je stanoven časovým plánem akademického roku 2018/19

V Brně, dne

L. S.

---

prof. Ing. Miroslav Píška, CSc.  
ředitel ústavu

---

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

## **ABSTRAKT**

Bakalářská práce se zabývá konstrukční sestavou vrtacího přípravku a výrobou jedné ze součástí sestavy. Práce obsahuje rozbor sestavy vrtacího přípravku, návrh několika variant zvolené součásti, sestavení výrobního postupu pro zvolenou součást a výrobu prototypu.

### **Klíčová slova**

Vrtací přípravek, upínací trn, výrobní postup, výroba prototypu

## **ABSTRACT**

The bachelor thesis deals with the drill jig assembly and production of the selected part. The thesis consists of analysis of the drill jig assembly, design of several variants of the selected part, compilation of manufacturing process for the selected part and prototype production.

### **Key words**

Drill jig, clamping mandrel, manufacturing process, prototype production

## **BIBLIOGRAFICKÁ CITACE**

JAROŠ, Lubomír. *Výroba prototypu upínacího trnu* [online]. Brno, 2019 [cit. 2019-05-23]. Dostupné z: <https://www.vutbr.cz/studenti/zav-prace/detail/117022>. Bakalářská práce. Vysoké učení technické v Brně, Fakulta strojního inženýrství, Ústav strojírenské technologie. Vedoucí práce Milan Kalivoda.

## PROHLÁŠENÍ

Prohlašuji, že jsem bakalářskou práci na téma **Výroba prototypu upínacího trnu** vypracoval samostatně s použitím odborné literatury a pramenů, uvedených na seznamu, který tvoří přílohu této práce.

---

Datum

---

Lubomír Jaroš

## **PODĚKOVÁNÍ**

Děkuji tímto panu Ing. Milanu Kalivodovi za cenné připomínky a rady při vypracování bakalářské práce.

Dále bych chtěl poděkovat panu Janu Pokornému a panu Aleši Jozlovi za pomoc při výrobě součástí.

**OBSAH**

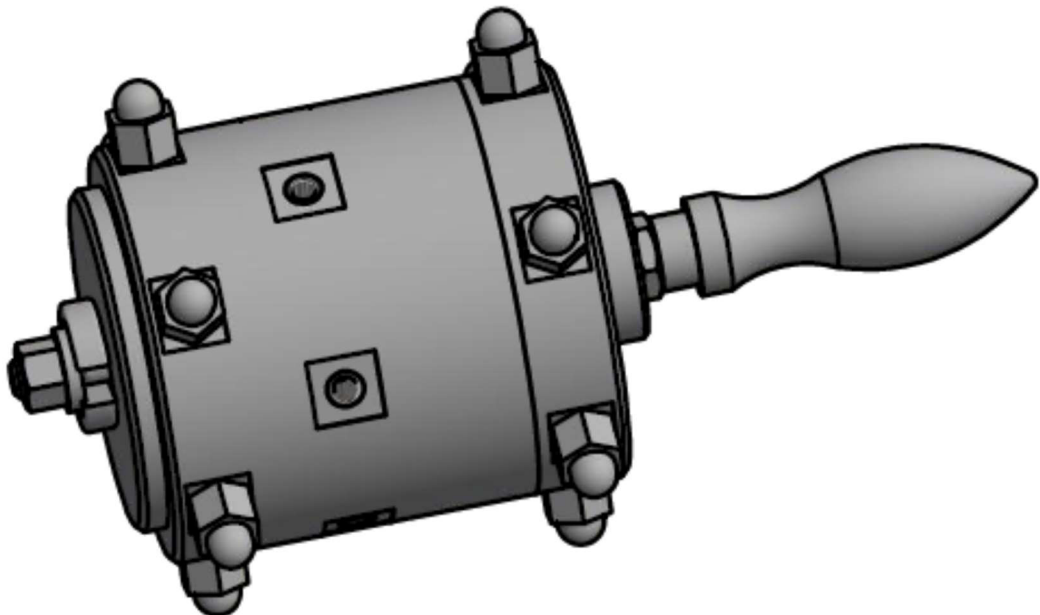
ABSTRAKT .....	3
BIBLIOGRAFICKÁ CITACE .....	4
PROHLÁŠENÍ.....	5
PODĚKOVÁNÍ.....	6
OBSAH.....	7
ÚVOD.....	8
1. SESTAVA VRTACÍHO PŘÍPRAVKU .....	9
1.1 Přípravky a jejich rozdělení .....	9
1.2 Rozbor sestavy vrtacího přípravku.....	9
1.3 Konstrukční varianty vybraného dílu pro výrobu .....	19
1.3.1 Varianta č. 1.....	19
1.3.2 Varianta č. 2.....	19
1.3.3 Varianta č. 3.....	20
1.3.4 Volba a zhodnocení vybrané varianty .....	20
2. TECHNOLOGICKÝ ROZBOR VYRÁBĚNÉ SOUČÁSTI.....	22
2.1 Technologičnost konstrukce.....	22
2.2 Volba materiálu.....	22
2.3 Volba polotovaru.....	23
3 SESTAVENÍ TECHNOLOGICKÉHO PROCESU .....	24
3.1 Volba strojů.....	24
3.2 Volba nástrojů .....	29
3.3 Volba měřidel.....	33
3.4 Návrh výrobního postupu, volba řezných podmínek .....	36
4 Výroba prototypu.....	37
4.1 Sestavení NC programu .....	37
4.2 Výroba součástí .....	38
ZÁVĚR.....	41
SEZNAM POUŽITÝCH ZDROJŮ .....	42
SEZNAM POUŽITÝCH SYMBOLŮ A ZKRATEK .....	44
SEZNAM PŘÍLOH.....	45



## ÚVOD

Použití přípravků je určeno podle typu výroby. Při kusové výrobě jsou používány přípravky univerzální, při sériové výrobě přípravky operační a při výrobě hromadné přípravky speciální. Použití operačních a speciálních přípravků navyšuje jakost a produktivitu výroby. Jednoúčelové přípravky slouží pro upínání konkrétního typu součásti pro určitou operaci. Tyto přípravky umožňují lepší ustavení a upnutí obrobku, než je tomu u přípravků univerzálních. Obráběcí přípravky zajišťují upnutí obrobku v určité poloze vůči nástroji a také mohou zajistit vedení nástroje do místa řezu, například použití vrtacích pouzder pro vedení vrtáků při vrtání součásti. Přípravky by také měly umožnit lehkou a jednoduchou obsluhu [1].

V bakalářské práci je rozebrána sestava přípravku určeného pro operaci vrtání. Při konstrukci přípravku je potřeba zohlednit následující parametry, a to zajištění co nejpřesnějšího ustavení obrobku vůči nástroji a zajištění rychlé a jednoduché výměny obrobku.



Obr. 0.1 Model sestavy vrtacího přípravku.

Dalším bodem je výběr jedné ze součástí sestavy přípravku pro následnou výrobu prototypu. Pro vybranou součást bude sestaven výrobní postup, který bude obsahovat volbu materiálu, polotovaru, dále volbu strojů a nástrojů pro výrobu. Nakonec bude realizována výroba prototypu.

# 1. SESTAVA VRTACÍHO PŘÍPRAVKU

## 1.1 Přípravky a jejich rozdělení

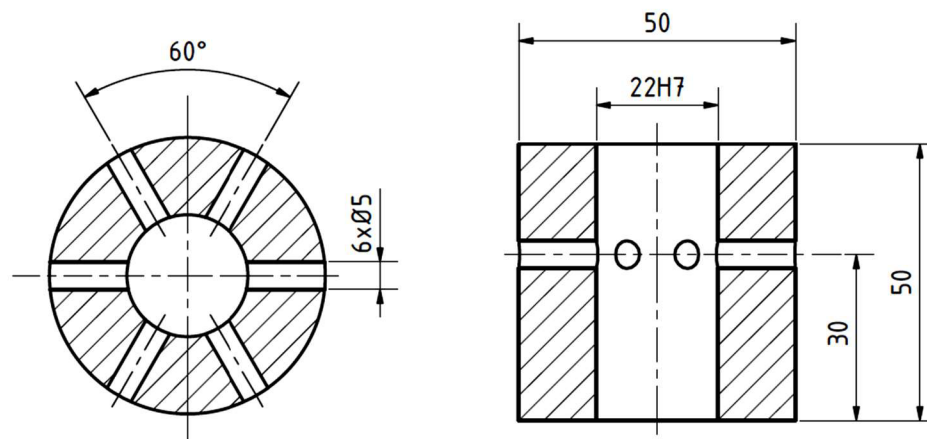
Přípravky lze definovat jako pomocná zařízení určená k jednoznačnému ustavení a k pevnému uchycení součástí při jejich obrábění, k vzájemnému přidržení součástí při jejich sestavování v celek, k vedení nástroje nebo ke kontrole rozměrů obrobků. [1]

Přípravky můžeme rozdělit do několika skupin:

- a) Dle použitelnosti
  - Univerzální přípravky
  - Skupinové přípravky
  - Stavebnicové přípravky
  - Speciální přípravky
- b) Dle operačního určení
  - Obráběcí přípravky
  - Montážní přípravky
  - Kontrolní přípravky
  - Rýsovací přípravky
  - Ostatní pomocná a dílenská zařízení
- c) Dle zdroje upínací síly
  - Přípravky s ručním upínáním
  - Přípravky s mechanickým upínáním

## 1.2 Rozbor sestavy vrtacího přípravku

Popisovaný přípravek je určen pro výrobu šesti děr o průměru 5 mm, které jsou umístěny po obvodu součásti po 60° viz *obr. 1*, pomocí technologie vrtání.

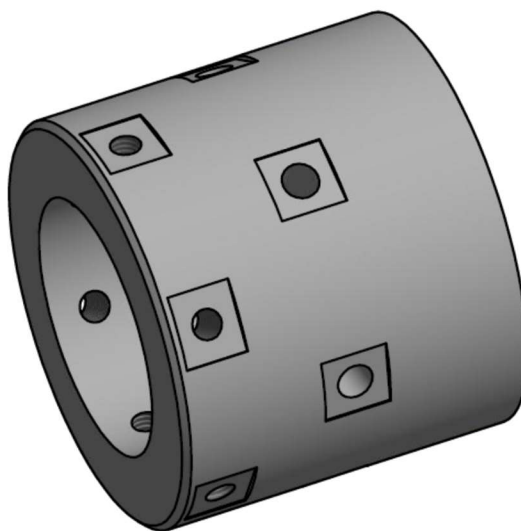


Obr. 1.1 Náčrt vyráběné součásti.

V další části práce budou popsány jednotlivé součásti sestavy vrtacího přípravku a jejich funkce v sestavě. V textu bude odkazováno na jednotlivé součásti dle výkresu sestavy viz **příloha č.1**. Výkres sestavy je v příloze ve zmenšeném formátu A4, originální výkres formátu A1 je přiložen v tištěné podobě.

### **Pozice č.1: Uložení pouzder**

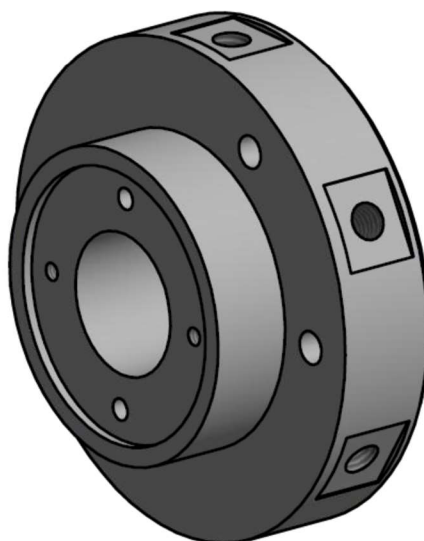
Tato součást slouží, jak již plyne z názvu, pro umístění vrtacích pouzder DIN 179 pro vrtání otvorů viz *obr.1*. Pouzdra jsou nalisována v součásti po 60°. Dále je na součásti vyfrézováno šest ploch a děr se závitem M8 pro našroubování opěrných čepů **pozice č. 7**, které mají zajistit polohu přípravku vůči vrtacím pouzdrům, tak aby díry byly vrtány po 60°. Pro zajištění požadované polohy s **pozicí č. 2** zadní upínací deska jsou v součásti vyvrtány dvě díry pro kolíky 6x35 ISO 2338 **pozice č. 12** a dále dvě díry se závitem M6 pro sešroubování šrouby M6x30 ISO 4762 **pozice č. 11**.



Obr. 1.2 Model součásti uložení pouzder.

### **Pozice č.2: Zadní upínací deska**

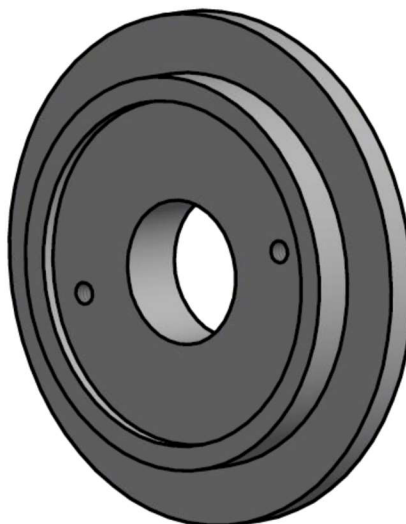
Součást zadní upínací deska slouží jako víko, které uzavírá jednu stranu přípravku. Smontování je provedeno s **pozicí č.1** pomocí dvou kolíků 6x35 ISO 2338 **pozice č. 12** a pomocí dvou šroubů M6x30 ISO 4762 **pozice č. 11**, jak již bylo zmíněno výše. Tato součást poskytuje opěrnou plochu pro největší osazení upínacího trnu, **pozice č. 4**. Spojení upínacího trnu a zadní upínací desky je realizováno nalisováním součástí. Pro nalisování bylo použito lisované uložení H7/p6 [2]. Dále jsou v součásti vyvrtány dva otvory o průměru 4 mm, které slouží pro lepší vyndávání vrtané součásti z přípravku, pomocí vyhazovače. Na součásti je také vyfrézováno šest plošek a vyvrtáno šest děr se závitem M8 pro našroubování opěrných čepů **pozice č. 7**, stejně jak to bylo u součásti výše. Součást dále poskytuje opěrnou plochu pro zadní kalenou podložku **pozice č. 5**, se kterou je sešroubována dvěma šrouby DIN 7991 M4x10 **pozice č. 15**.



Obr. 1.3 Model součásti zadní upínací deska.

***Pozice č. 3: Přední upínací deska***

Tato součást poskytuje opěrnou plochu pro podsuvnou podložku DIN 6372 *pozice č. 9*, která zajišťuje spolu s maticí M8 DIN 6331 *pozice č. 10* utáhnutí přípravku. Dále poskytuje opěrnou plochu pro přední kalenou podložku *pozice č. 6* a je s ní smontována dvěma šrouby DIN 7991 M4x10 *pozice č. 15*. Dále funguje jako víko a uzavírá přední část přípravku.

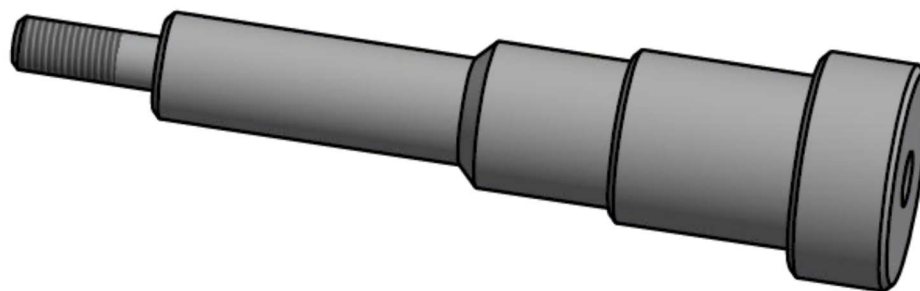


Obr. 1.4 Model součásti přední upínací deska.

**Pozice č. 4: Upínací trn**

Součást upínací trn byla zvolena pro následnou výrobu. Výkres součásti je přiložen v **příloze č. 3**, ve zmenšeném formátu A4.

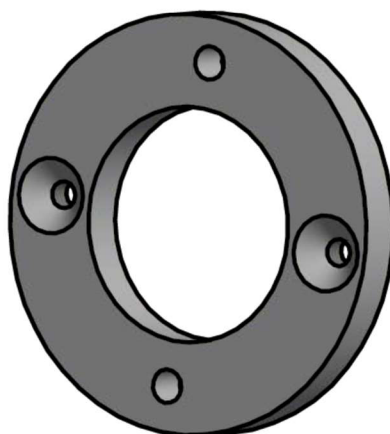
Hlavní funkcí součásti upínací trn je zajistit středění vrtané součásti. Osazení na největším průměru 34 mm slouží jako opěrná plocha se zadním upínací deskou **pozice č. 2**. Na druhém největším průměru 26 mm je předepsána tolerance p6 pro nalisování do zadní upínací desky **pozice č.2**. Při konstrukci součásti bylo vybíráno ze tří variant spojení upínacího trnu a zadní upínací desky, jednotlivé varianty jsou podrobněji popsány v následující podkapitole. Třetí největší průměr 22 mm slouží jako plocha pro středění vrtané součásti. Pro středění obrobku bylo vybráno smykové uložení H7/h6 [2], kdy tolerance H7 je předepsána pro díru obrobku a tolerance h6 je na průměru 22 mm upínacího trnu. Dále je součást opatřena dvěma závity, první závit M10 slouží pro našroubování rukojeti **pozice č. 4**, druhý závit M8 slouží pro utahování přípravku pomocí matice M8 DIN 6331 **pozice č.10**.



Obr. 1.5 Model součásti upínací trn.

**Pozice č. 5: Zadní kalená podložka**

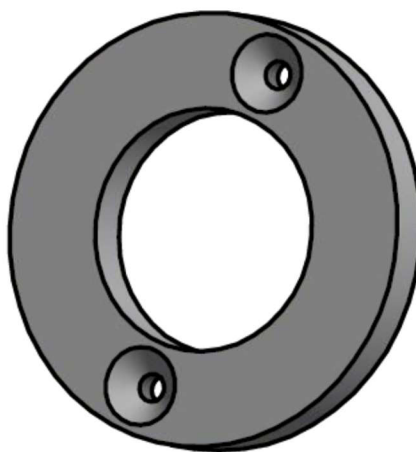
Funkcí podložky je zabránit opotřebovávání zadní upínací desky **pozice č. 2**, ke kterému by docházelo vlivem časté výměny vrtané součásti. V podložce jsou vyvrtány dvě díry stejně jako v zadní upínací desce, které slouží pro snadnější vyjmutí vrtané součásti, pomocí vyhazovače. Dále jsou v podložce dvě díry se závitem M4, pro šrouby M4x10 DIN 7991 **pozice č. 15**, kterými je podložka přišroubována k zadní upínací desce.



Obr. 1.6 Model součásti zadní kalená podložka.

**Pozice č. 6: Přední kalená podložka**

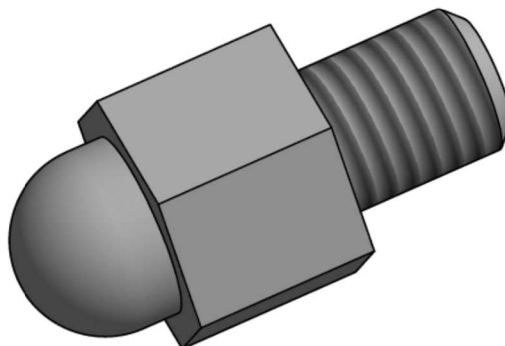
Přední kalená podložka plní stejnou funkci jako zadní kalená podložka viz odstavec výše. Rozdíl mezi přední a zadní podložkou je pouze v tom, že v přední podložce nejsou díry pro vyjmutí vrtané součásti, pomocí vyhazovače. Na přední podložce jsou pouze díry se závitem M4, pro šrouby M4x10 DIN 7991, kterými je podložka přišroubována k přední upínací desce **pozice č. 3**.



Obr. 1.7 Model součásti přední kalená podložka.

**Pozice č. 7: Opěrný čep**

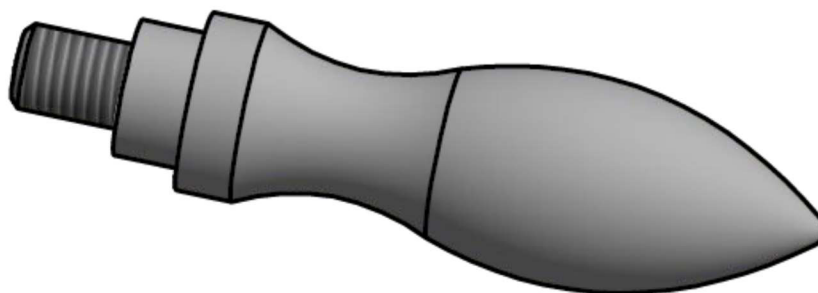
Tato součást slouží jako opěrný prvek přípravku vůči pracovnímu stolu a zároveň zajišťuje polohu vrtacích pouzder vůči sobě tak aby bylo zajištěno vrtání děr po 60° viz *obr. 1*. Součást vychází z podpěrného čepu DIN 6320-15-M8 z katalogu firmy Kipp cz s.r.o. [3]. Opěrný čep DIN 6320 však není vhodný pro aplikaci navrženého přípravku. Pro aplikaci navrženého přípravku je potřeba kulového ukončení čepu. Podpěrný čep z katalogu bude tedy sloužit jako polotovar a konec čepu bude přesoustružen na kulovou plochu.



Obr. 1.8 Model součásti opěrný čep.

**Pozice č. 8: Rukojeť**

Tato součást slouží k manipulaci s přípravkem. Součást byla vybrána z katalogu firmy Kipp cz s.r.o. [4]. Norma rukojeti je DIN 98, provedení E. V katalogu byly na výběr dvě varianty materiálu, a to ocel a hliník. Pro odlehčení přípravku byla vybrána rukojeť z hliníku. Součást je našroubována do součásti upínací trn **pozice č. 4** pomocí závitu M10, který je umístěn na konci rukojeti viz obr 1.9. Dále je na závit součásti namontována matice M10 ISO 4035 **pozice č. 13**, která slouží jako prvek proti povolování.



Obr. 1.9 Model součásti rukojeť.

**Pozice č. 9: Podsvná podložka**

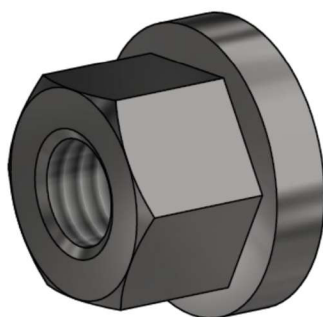
Podsvná podložka DIN 6372 zajišťuje opěrnou plochu pro maticí M8 **pozice č. 10** a zároveň spolu s maticí zajišťuje rychlou výměnu vrtané součásti. Podrobný popis výměny vrtané součásti bude vysvětlen na konci podkapitoly.



Obr. 1.10 Model součásti podsvná podložka.

**Pozice č. 10: Šestihranná matice s nákrůžkem**

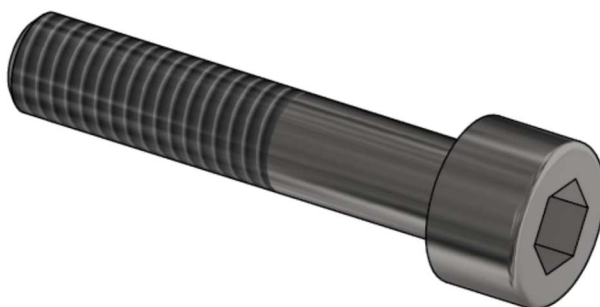
Matice M8-10 DIN 6331 slouží jako utahovací prvek a spolu s podsvnou podložkou DIN 6372 **pozice č. 9** zajišťuje rychlou výměnu vrtané součásti, jak bylo zmíněno výše.



Obr. 1.11 Model součásti šestihránná matice s nákrůžkem DIN 6331.

***Pozice č. 11: Šroub s válcovou hlavou***

Šroub M6x30-8.8 ISO 4762 slouží ke sešroubování součásti uložení pouzder *pozice č. 1* a součásti zadní upínací deska *pozice č. 2*. Ke smontování je použito dvou kusů těchto šroubů.



Obr. 1.12 Model součásti šroub s válcovou hlavou ISO 2338.

***Pozice č. 12: Válcový kolík***

Kolík 6 h8x35-St ISO 2338 slouží k vymezení polohy součásti uložení pouzder *pozice č.1* a součásti zadní upínací deska *pozice č.3*. V sestavě jsou použity ke spojení dva kolíky.

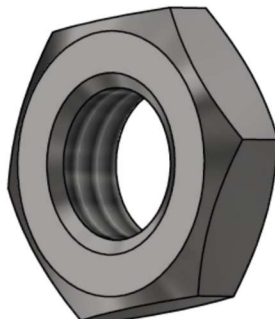


Obr. 1.13 Model součásti válcový kolík ISO 2338.



***Pozice č. 13: Šestihranná matice nízká***

Matice M10-05 ISO 4035 slouží jako prvek proti povolování rukojeti *pozice č. 8*.



Obr. 1.14 Model součásti šestihranná matice nízká M10.

***Pozice č. 14: Vrtací pouzdro***

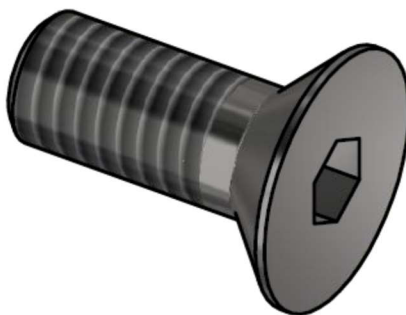
Vrtací pouzdro zajišťuje vedení vrtáku při vrtání děr do obrobku. Pouzdra jsou nalisována v *pozici č. 1* po 60 stupních.



Obr.1.15 Model součásti vrtací pouzdro.

***Pozice č. 15: Šroub se zápustnou hlavou***

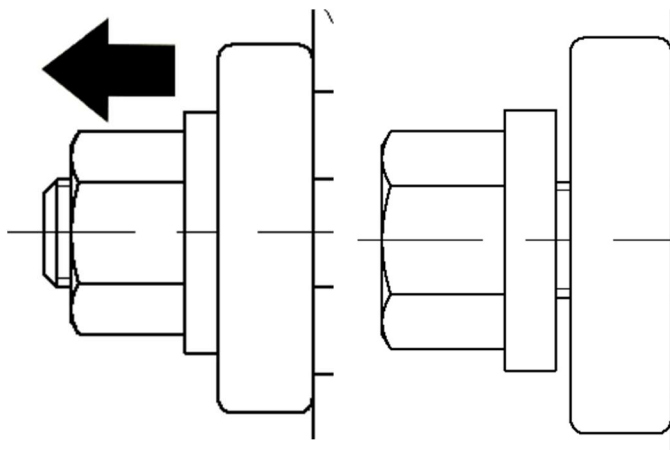
Šroub M4x10-10.9 DIN 7991 slouží pro přišroubování kalených podložek *pozice č. 5* a *pozice č. 6* do upínacích desek *pozice č. 2* a *pozice č. 3*.



Obr. 1.16 Model součásti šroub se zápustnou hlavou DIN 7991.

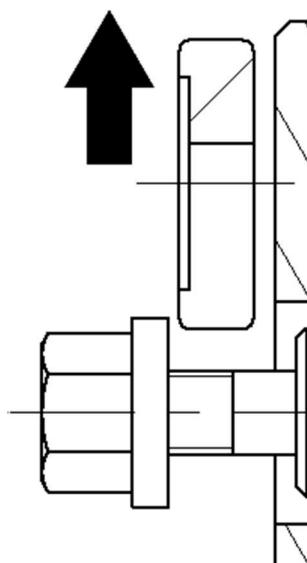
***Výměna vrtané součásti:***

1. Prvním krokem při výměně vrtané součásti je povolení matice M8 *pozice č. 10*. Povolení matice umožní vysunutí podsuvné podložky *pozice č. 9*.



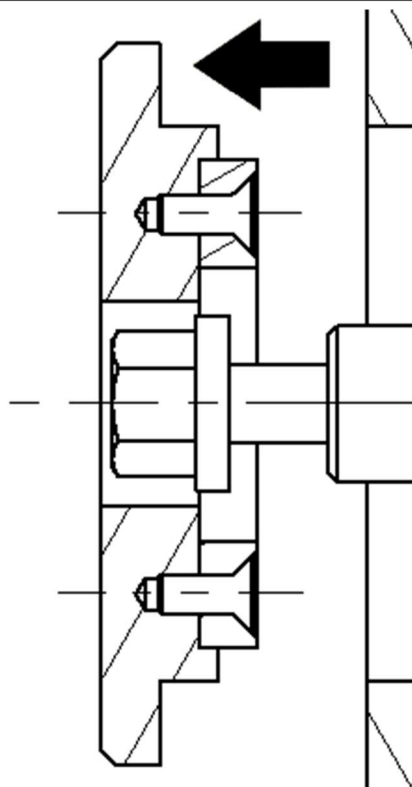
Obr. 1.17 Povolení matice.

2. Následně se vysune podsuvná podložka *pozice č.9*.



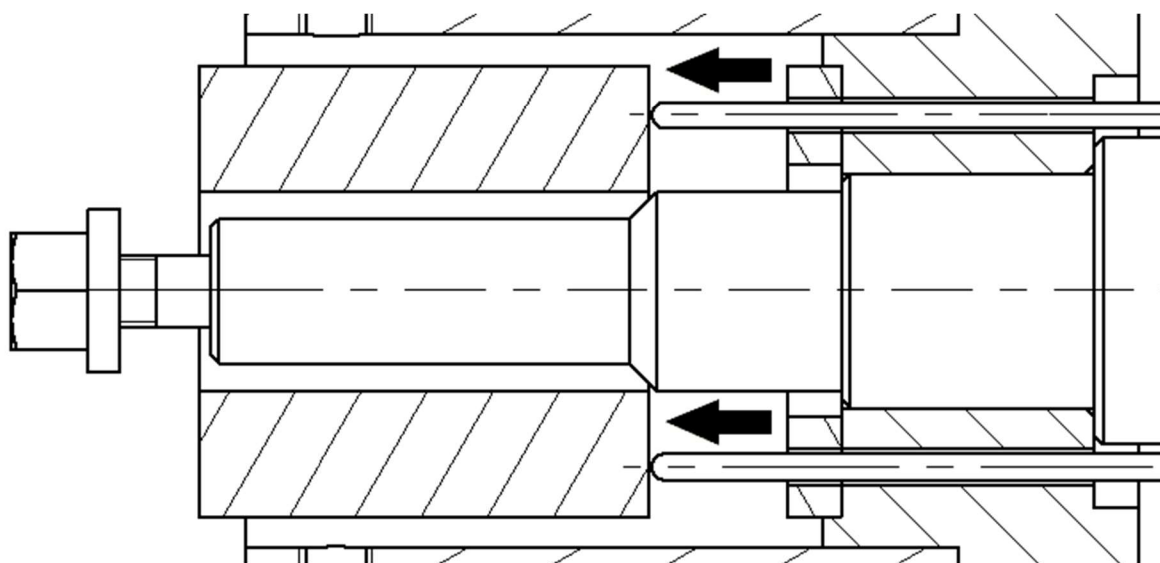
Obr. 1.18 Vysunutí podsuvné podložky.

3. Po vyndání podsuvné podložky se vyndá přední upínací deska *pozice č. 3*. Díra v upínací desce je větší než nákrůžek matice, není tedy nutné vytočit celou matici z upínacího trnu. Matici stačí pouze povolit, aby bylo možné vysunout podsuvnou podložku a následně přes ní vysunout upínací desku. Toto řešení umožňuje rychlou demontáž součástí přípravku při výměně součásti.



Obr. 1.19 Vysunutí přední upínací desky.

4. Po vysunutí přední upínací desky, následuje vyjmutí vrtané součásti. V součásti je díra větší než nákrůžek na matici, stejně jako v přední upínací desce, vrtaná součást se tedy vysune stejně jako upínací deska přes matici. Součást lze vyndat buď nakloněním přípravku, a pokud by součást sama nevyjela, jsou v zadní upínací desce *pozice č. 2* a v zadní kalené podložce *pozice č.5* vyvrtány otvory pro vyhazovač, kterým by se součást vytlačila.



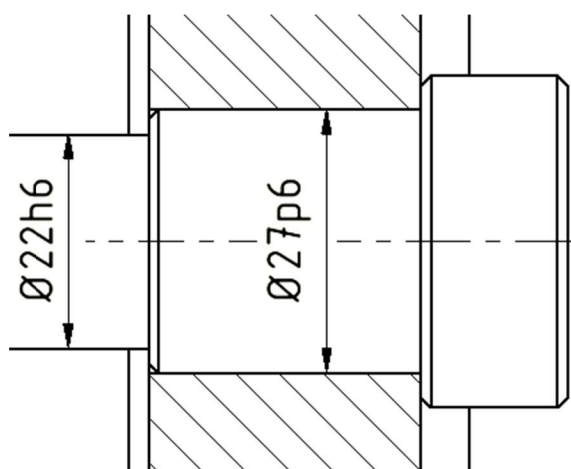
Obr. 1.20 Vyhození součásti pomocí vyhazovače.

### 1.3 Konstrukční varianty vybraného dílu pro výrobu

Při konstrukci součásti upínací trn bylo navrženo několik konstrukčních řešení. Konkrétně jde o spojení upínacího trnu *pozice č. 4* a zadní upínací desky *pozice č. 2* viz sestava *příloha č. 1*.

#### 1.3.1 Varianta č. 1

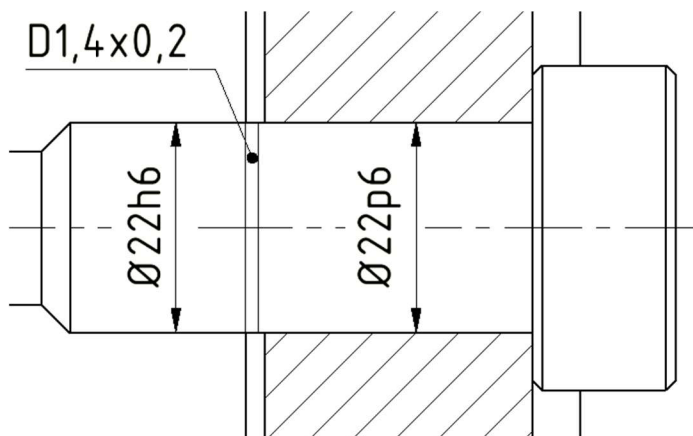
První variantou je nalisování upínacího trnu do zadní upínací desky na samostatném osazení. Středění vrtané součásti by bylo zajištěno na dalším osazení. Pro nalisování by bylo použito lisované uložení H7/p6 se zaručeným přesahem a pro středění vrtané součásti smykové uložení H7/h6 [2].



Obr. Varianta upínacího trnu č.1.

#### 1.3.2 Varianta č. 2

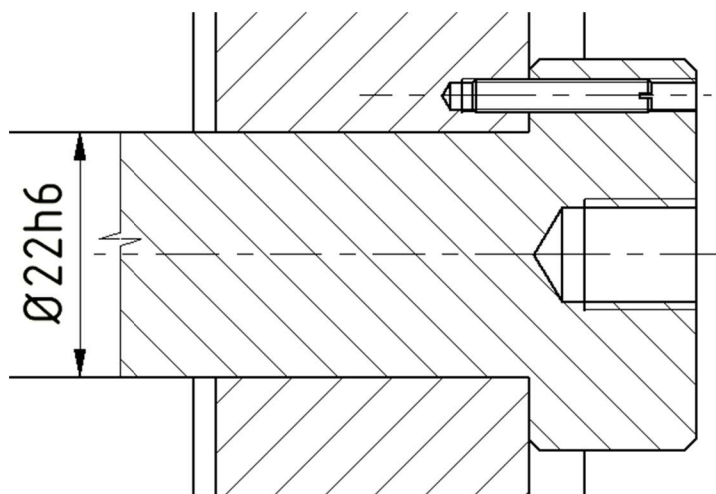
Druhou variantou je nalisování upínacího trnu a středění vrtané součásti na stejném průměru. Na průměru by byly předepsány dvě tolerance jedna pro středění vrtané součásti a druhá pro nalisování. Jednotlivé tolerance by byly rozděleny zápichem tvaru D. Pro nalisování do zadní upínací desky by byl použita tolerance p6 a pro středění vrtané součásti h6. Díra v zadní upínací desce by měla toleranci H7 a byly by použity stejné typy uložení jako u varianty 1.



Obr. Varianta upínacího trnu č.2.

### 1.3.3 Varianta č. 3

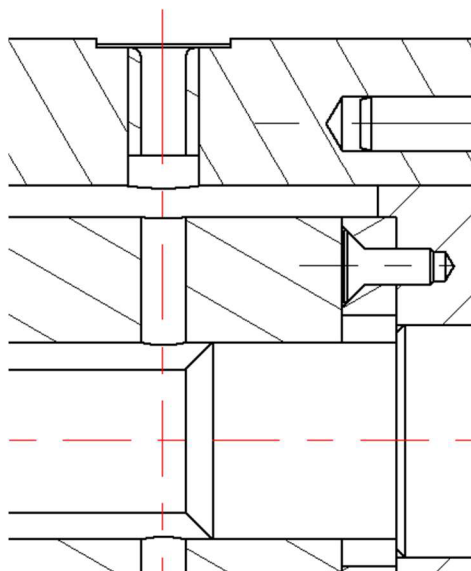
Poslední variantou je středění upínacího trnu i součásti, při použití jednoho typu uložení, a to smykového uložení H7/h6 [2]. Upínací trn by byl nasunut do díry upínací desky a pojištěn proti otáčení a pohybu ve vodorovném směru šroubem a osazením největšího průměru. U této varianty je výhodou lehká montáž i demontáž, kdy stačí vyšroubovat šroub, který spojuje upínací trn a zadní upínací desku a následně trn vysunout.



Obr. Varianta upínacího trnu č.3

### 1.3.4 Volba a zhodnocení vybrané varianty

Volba vhodné varianty proběhla na základě dvou hlavních hledisek. První hlediskem byla hledisko výroby, druhým hlediskem, tím důležitějším, bylo zajištění polohy upínacího trnu, a tedy i polohy vrtané součásti vůči vrtacím pouzdrům v přípravku. Konkrétně jde o zajištění kolmosti osy vrtané součásti vůči osám vrtacích pouzder.



Obr. Poloha osy vrtané součásti vůči ose vrtacího pouzdra.

***Výrobní hledisko:***

Pokud se porovnají jednotlivé varianty z hlediska výroby, nejlépe na tom budou varianty č. 1 a č. 2, u kterých je oproti variantě č. 3 navíc pouze broušení jednoho průměru pro nalisování. Navíc varianta č.1 poskytuje vyšší využití materiálu, kdy je tolerance pro nalisování na průměru 26 mm, oproti variantě č. 2, kde je na průměru 22 mm, a tudíž by bylo odebíráno větší množství materiálu. Naopak nejhůře je na tom varianta č. 3, sice odpadá broušení průměru pro nalisování, ale při její výrobě zase přibývá zhotovení díry a závitů, které musejí být vyrobeny spolu s **pozicí č. 2** zadní upínací deskou, což v porovnání s broušením jednoho průměru navíc představuje značné navýšení složitosti výroby.

***Zajištění polohy os:***

Jelikož je zadní upínací deska **pozice č. 2** se součástí uložení pouzder **pozice č.1** spojena pomocí kolíků, kolmost osy vrtané součásti vůči vrtacím pouzdrům bude zajišťovat upínací trn, respektive bude záležet na jeho spojení se zadní upínací deskou. Středění součásti je zajištěno u všech variant stejně, a to smykovým uložením H7/h6. Varianty č. 1 a č. 2 jsou spojeny se zadní upínací deskou pomocí nalisování, což představuje asi nejpřesnější možné řešení, jak zajistit kolmost osy vrtané součásti vůči osám vrtacích pouzder. Varianta č. 3 je se zadní upínací deskou spojena pomocí šroubu a je nasunuta v díře desky. Použito bylo stejné uložení jako pro středění součásti H7/h6, což je uložení s nepatrnou vůlí, a právě tato vůle má za příčinu to, že kolmost os nebude tak přesně zajištěna jako nalisování trnu do upínací desky u variant č. 1 a č. 2.

***Výběr varianty:***

Dle výše uvedených skutečností byla pro výrobu upínacího trnu vybrána varianta č.1. Hlavním důvodem výběru varianty č.1 je druhé hledisko, kdy je nejpřesněji zajištěna kolmost osy vrtané součásti vůči osám vrtacích pouzder. Varianta byla také zvolena s ohledem na využití materiálu, které je vyšší než u varianty č. 2.

## 2. TECHNOLOGICKÝ ROZBOR VYRÁBĚNÉ SOUČÁSTI

### 2.1 Technologičnost konstrukce

Technologičnost konstrukce je souhrn vlastností technicko-ekonomického charakteru, které mají za úkol zajištění optimálních podmínek, a to z hlediska funkce, spolehlivosti, životnosti výrobku a jeho jednotlivých součástí. Dále musí v plné míře zohledňovat efektivitu výroby. [5].

Vyráběná součást je typu čep, z velké části bude tedy vyráběna soustružením. Na součásti je několik rozdílných průměrů. Průměr 34 mm slouží jako upínací plocha při broušení. Na průměru 26 mm je předepsána tolerance p6, která slouží pro nalisování součásti do zadní upínací desky. Na průměru 22 mm je předepsána tolerance h6 a slouží jako středící plocha vrtané součásti, dále je pak na průměru 26 mm a 22 mm zápich G2,5x0,3, který umožňuje broušení průměru v celé délce. Průměr 16 mm není funkční. Na průměru 8 mm bude soustružen závit M8-6g. Dále se na součásti nachází vnitřní závit M10-6H. Celková drsnost povrchu je stanovena na hodnotu Ra 3,2 a pro broušené plochy Ra 0,8. Dále je na průměru 26 a 22 mm předepsána geometrická tolerance válcovitosti a na průměru 22 mm geometrická tolerance sousostí, vztažená na průměr 26 mm.

### 2.2 Volba materiálu

Pro výrobu součásti je zvolena ocel C45E (12 050) ČSN EN 10083-2(42 0931), což je konstrukční ocel nelegovaná vhodná k zušlechťování a povrchovému kalení. Tato ocel lze použít pro hřídele těžních strojů, karuselů a jiné hřídele, dále pak pro větší ozubená kola, šneky, ozubené věnce, ojnice, pístnice, čepy, šrouby, lamely spojek, zarážky, páky, kolíky, držáky apod. [6]

Tab. 2.1 Chemické složení [7].

	C	Si max	Mn	P max	S max	Cr max	Mo max	Ni max	Cr+Mo+Ni
Chemické složení [hmot. %] (rozbor tavby)	0,42-0,50	0,40	0,50-0,80	0,030	0,035	0,40	0,10	0,40	Max 0,63
Složení hotového výrobku [hmot. %]	0,40-0,52	0,43	0,46-0,84	0,035	0,040	0,45	0,13	0,45	

Poznámka: obsah síry u oceli C45R je 0,020 – 0,040 s dovolenou odchylkou v hotovém výrobku ±0,005 %

Tab. 2.2 Vybrané mechanické vlastnosti [7].

	Průměr [mm]	R <sub>e</sub> min [MPa]	R <sub>m</sub> [MPa]	A min [%]
Zušlechtěný stav	16 < d ≤ 40	430	650-800	16
Stav normalizačně žíhaný	16 < d ≤ 40	305	580	16

Tab. 2.3 Doporučené podmínky pro tepelné zpracování [7].

Normalizační žihání [°C]	Žihání na měkko [°C]	Isotermické žihání [°C]	Teplota kalení [°C]	Kalící prostředí	Teplota popouštění [°C]
840 - 880	650 – 700	800 – 950 660 – 1.hod	820 – 860	Voda nebo olej	550 - 660

Poznámka: Teplota kalení při spodní hranici se doporučuje pro kalení do vody při horní hranici pro kalení do oleje. Jako kalící prostředí lze použít i syntetické kapaliny - emulze.

### ***2.3 Volba polotovaru***

Jelikož vyráběná součást je typu čep, zvoleným polotovarem bude kruhová tyč. Největším rozměrem na výkrese součásti je průměr 34 mm. Tento průměr není v sestavě funkční, ale bude používán jako upínací plocha při broušení. Průměr polotovaru bude tedy navýšen na rozměr 36 mm, aby se daná plocha mohla obrobit. Dle výše napsaného je pro výrobu součásti zvolen polotovar tyč ocelová kruhová válcovaná za tepla o průměru 36 mm ČSN EN 10060 [6]. Na délku je přidán přídavek 2 mm. Výsledný rozměr polotovaru je tedy průměr 36 mm o délce 137 mm.



### 3 SESTAVENÍ TECHNOLOGICKÉHO PROCESU

#### 3.1 Volba strojů

##### *Dělení materiálu:*

Pro první operaci, kterou je dělení materiálu byla zvolena gravitační pásová pila na kov Pilana PMS 170/210 MO z katalogu firmy KARAS pily s.r.o. [8]

Tab. 3.1 Parametry pásové pily Pilana PMS 170/210 MO [8]

Rychlost pilového pásu [ $\text{m}\cdot\text{min}^{-1}$ ]	40 - 80
Hmotnost pásové pily [kg]	156
Rozměr pilového pásu [mm]	2110 x 20 x 0,9
Výkon motoru pásové pily [kW]	0,75



Obr. 3.1 Pásová pila Pilana PMS 170/210 MO [8].

**Soustružení:**

Pro soustružení bylo zvoleno soustružnické centrum SP 280 od firmy KOVOSVIT MAS a.s. [9].

Tab. 3.2 Technické parametry soustružnického centra SP 280 [9].

Pracovní prostor	Oběžný průměr nad ložem [mm]	570
	Max. délka soustružení [mm]	550
	Max. průměr soustružení [mm]	280
Pojezdy os	Osy X <sub>1</sub> / Z <sub>1</sub> [mm]	241 / 640
Rychloposuv	Osy X <sub>1</sub> / Z <sub>1</sub> [mm]	30 / 30
Hlavní vřeteno – řemenový náhon	Max. otáčky [min <sup>-1</sup> ]	A6: 4700 A8: 4000
Nástrojová hlava	Počet poloh	12
	Průměr otvoru VDI [mm]	40
Koník	Kužel dutiny - Morse	Mo 5
Motor vřetena – řemenový náhon	Výkon S1 / S6 – 40% [kW]	A6: 22/33 A8: 22/33
	Max. kroutící moment S1/ S6 – 40% [N.m]	A6: 273/410 A8: 336/504
Rozměry a hmotnost stroje	Délka x šířka x výška [mm]	3875 x 2122 x 2345
	Hmotnost [kg]	7200



Obr. 3.2 Soustružnické centrum SP 280 [9].

**Kalení:**

Při volbě pece pro kalení součásti bylo vycházeno z doporučeného rozsahu teplot kalení pro zvolený materiál C45 viz tab. 2.3 v podkapitole 2.2 Volba materiálu. Doporučená teplota kalení pro zvolený materiál je 820 až 860 °C. Dle výše uvedeného byla pro kalení součásti vybrána kalicí pec PKE 12/12 od firmy LAC s.r.o. [10].

Tab. 3.3 Technické parametry kalicí pece PKE 12/12 [10].

T <sub>MAX</sub> [°C]	1280
Doporučený rozsah pracovních teplot [°C]	700 - 1200
Objem [l]	12,2
Vnější rozměry [mm]	700 x 650 x 850
Vnitřní rozměry [mm]	250 x 200 x 250
Příkon [kW]	3
Hmotnost [kg]	95
Napětí [V]	230
Max. nosnost dna [kg]	20
Jištění	16/1



Obr. 3.3 Kalicí pec PKE [10].

**Popouštění:**

Volba pece pro popouštění vycházela z teploty zvolené dle popouštěcí křivky z přehledu vlastností zvoleného materiálu C45E [7], která bylo volena s ohledem na dodržení požadované tvrdosti  $55^{+4}_0$  HRC. Teplota pro popouštění byla stanovena na 300°C. Dle stanovené hodnoty popouštěcí teploty byla pro popouštění součásti zvolena pec PP 20/45 od firmy LAC s.r.o. [10].

Tab. 3.4 Technické parametry popouštěcí pece PP 20/45 [10].

T <sub>MAX</sub> [°C]	450
Doporučený rozsah pracovních teplot [°C]	200 – 450
Objem [l]	20
Vnější rozměry [mm]	800 x 650 x 1000
Vnitřní rozměry [mm]	300 x 200 x 350
Příkon [kW]	3
Hmotnost [kg]	115
Napětí [V]	230
Max. nosnost dna [kg]	30
Jištění	16/1



Obr. 3.4 Popouštěcí pec PP 20/45 [10].

***Broušení:***

Pro operaci broušení byla zvolena univerzální hrotová bruska UB 25 CNC od firmy TOS Hostivař s.r.o. [11].

Tab. 3.5 Technické parametry univerzální hrotové brusky UB 25 CNC [11].

Vzdálenost mezi hroty [mm]	630 / 1000
Max. průměr broušeného válce [mm]	250
Minimální krok osy x [mm]	0,001
Minimální krok osy z [mm]	0,005 (0,001)
Obvodová rychlost brousícího kotouče [ $\text{m}\cdot\text{s}^{-1}$ ]	25 - 45
Max. hmotnost obrobku mezi hroty [kg]	80
Max. hmotnost obrobku vč. upínače – letmé upnutí [kg]	25
Průměr brousícího kotouče [mm]	400
Pohon vřeten brousícího vřeteníku [kW]	4 kW
Řídicí systém	Siemens Sinumerik 840D sL nebo Kavalir K51 - 2

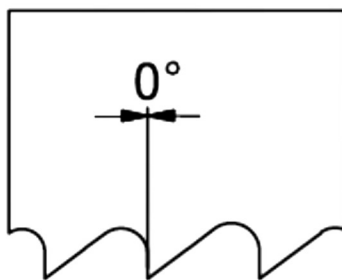


Obr. 3.5 Hrotová bruska UB 25-630 CNC [11].

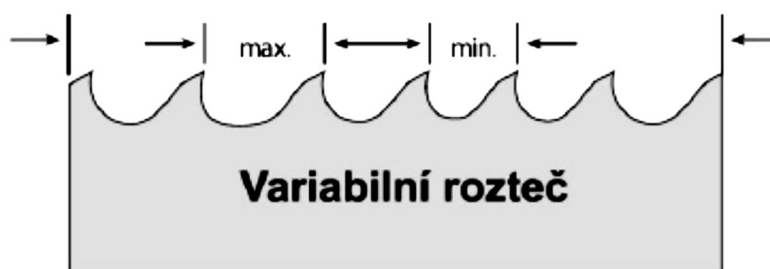
### 3.2 Volba nástrojů

#### Dělení materiálu:

Materiál bude dělen na pásové pile, nástrojem je tedy pilový pás. Při výběru pilového pásu byl brán ohled na následující podmínky: Řezaný materiál, rozměry pásu dle stroje a velikost řezaného polotovaru. Řezaným materiálem je konstrukční ocel, rozměry pilové pásu dle stroje jsou 2110 x 20 x 0,9 mm viz tab. 3.1 a průměr polotovaru je 36 mm. Dle výše uvedených podmínek byl vybrán pilový pás M42 Universal 20 x 0,9 z katalogu firmy PILANA METAL s.r.o. [12]. Jedná se o bimetalový pilový pás, s variabilní roztečí 5/8 a nulovým úhlem čela. Pás je vhodný pro tenkostěnné profily a plné materiály malých rozměrů.



Obr. 3.6 Úhel čela pilového listu [12].



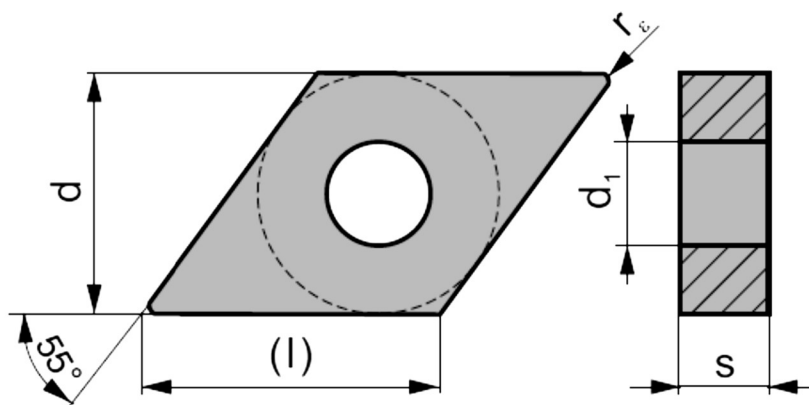
Obr. 3.7 Variabilní rozteč pilového pásu [12].

#### Soustružení, vrtání:

Pro operaci soustružení byly vybrány nástroje z katalogu firmy Dormer Pramet s.r.o.. Pro soustružení kontury součásti byl vybrán soustružnický nůž PDJNL 2020 K 15 a k němu vyměnitelná břitová destička (dále jen VBD) DNMG 110404E – FM. Volba VBD proběhla na základě následujících podmínek: Zařazení obráběného materiálu do podskupiny, schopnost vyrobit požadovaný tvar, schopnost dosáhnout požadované jakosti povrchu. Obráběný materiál ocel C45 byl zařazen do podskupiny P2, do které spadají nelegované a nízkolegované ocelolitiny a oceli se středním obsahem uhlíku ( $0,25 < C < 0,55$ ) s pevností do 900 MPa a tvrdostí v rozsahu 160 – 252 HB. Vybraná VBD je schopná vyrobit požadované tvary, zejména zápichy G2,5x0,3. Celková drsnost povrchu byla předepsána na hodnotu  $Ra\ 3,2\ \mu\text{m}$ , rádius špičky zvolené VBD je  $r_\epsilon = 0,4\ \text{mm}$ , posuv předepsaný pro dokončení je 0,15. Dle tabulky 13b v technické části katalogu je při posuvu 0,15 mm a rádiu špičky 0,4 mm dosahovaná drsnost povrchu  $Ra\ 3,02\ \mu\text{m}$ , třetí podmínka je tedy také splněna. [13].

Tab. 3.6 Parametry VBD DNMG 110404E-FM [13].

Materiál	$r_\epsilon$ [mm]	$f_{\min}$ [mm]	$f_{\max}$ [mm]	$a_{p \min}$ [mm]	$a_{p \max}$ [mm]
T9325	0,4	0,15	0,24	0,4	3,0

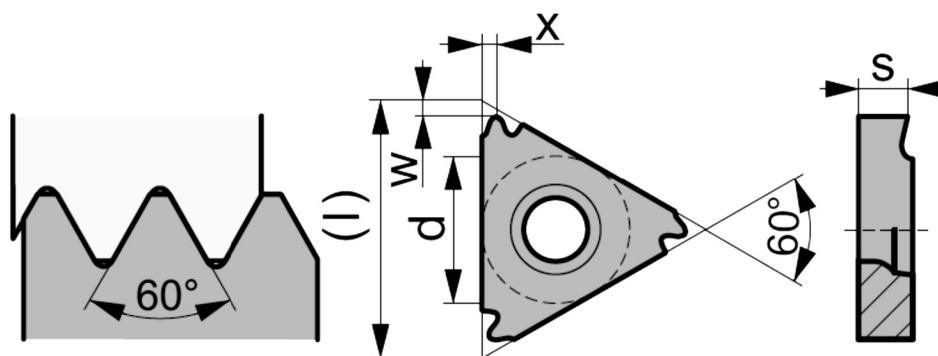


Obr. 3.8 Geometrie destičky DNMG [13].

Tab. 3.7 Rozměry VBD DNMG 110404E-FM [13].

d [mm]	$d_1$ [mm]	l [mm]	s [mm]
9,525	3,81	11,64	7,76

Pro soustružení závitu M8-6g byl vybrán soustružnický nůž SEL 2020 K 16 s vyměnitelnou břitovou destičkou TN 16EL125M, která je určeno pro vnější metrický závit se stoupáním 1,25 mm na otáčku.



Obr. 3.9 Geometrie destičky TN M EXT [13].

Tab. 3.8 Rozměry VBD TN 16EL125M [13].

d [mm]	l [mm]	s [mm]	x [mm]	w [mm]
9,525	16,500	3,470	0,800	0,800

Pro vrtání středících důlků byl vybrán středící vrták o průměru 2,5 mm A2002.5x6.3 DIN 333 A.



Obr. 3.10 Středící vrták DIN 333 A [14].

Další operací je vrtání díry pro závit M10-6H. Pro závit M10-6H je doporučena díra o průměru 8,5 mm [výběr z norem]. Pro tuto operaci byl zvolen vrták s kuželovou stopkou A1088.5 DIN 338 z katalogu firmy Dormer Pramet s.r.o. [14].



Obr. 3.11 Vrták A1088.5 DIN 345 [14].

Pro řezání závitu M10-6H byl vybrán strojní závitník pro slepé díry EX01M10 DIN 371 z katalogu firmy Dormer Pramet s.r.o. [14].



Obr. 3.12 Strojní závitník EX01M10 DIN 371 [14].

### ***Broušení:***

Nástroj pro operaci broušení byl volen podle následujících parametrů: Velikost průměru broušícího kotouče dle stroje, šířka kotouče a obráběný materiál. Průměr kotouče předepsaný pro zvolenou bezhrotou brusku UB 25 CNC viz tab. 3.5 v kapitole 3.1 je 400 mm. Broušená délka na průměru 26p6 je 27 mm a na průměru 22h6 20,5 mm, jelikož se bude součást brousit radiálním způsobem, musí být šířka kotouče větší než broušená délka. Šířka kotouče bude tedy volena dle délky 27 mm na průměru 26p6. Nejbližší vyšší šířka kotouče je 30 mm. Součást bude broušena po tepelném zpracování součásti, kdy je na výkrese předepsána tvrdost na hodnotu  $55^{+4}_0$  HRC. Dle výše uvedených parametrů byl zvolen kotouč T1 400x30x127 89A80I5V50 TYROLIT z katalogu firmy Techcentrum s.r.o. [15].



Tab. 3.9 Charakteristika kódu brousícího kotouče TYROLIT T1 400x30x127 89A80I5V50 [15].

Pozice	Charakteristika	Popis	Označení
1	Typ, tvar	Plochý kotouč	T1
2	Rozměry	Vnější průměr x šířka x průměr upínací díry	400x30x127
3	Materiál zrn	Bílý korund $Al_2O_3$	89A
4	Zrnitost	Jemná	80
5	Tvrдость	Měkký	I
6	Struktura	Hutná	5
7	Typ pojiva	Keramické	V
8	Max. rychlost	Řezná rychlost kotouče [ $m \cdot s^{-1}$ ]	50



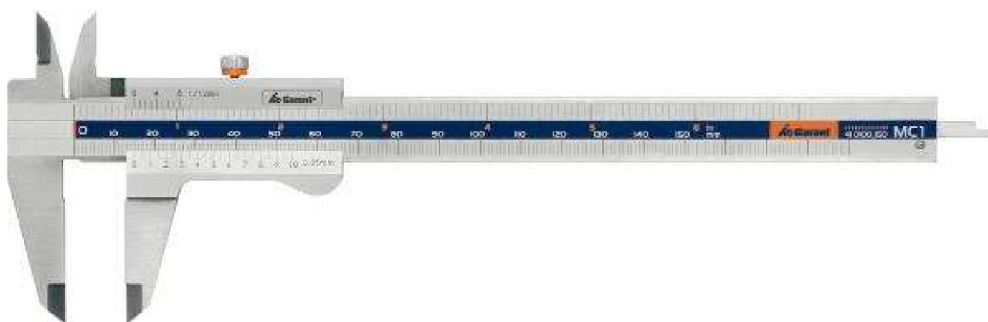
Obr. 3.13 Brousící kotouč Tyrolit [15].

### 3.3 Volba měřidel

První kontrola rozměrů je předepsána po operaci soustružení, kde bude kontrolovány průměry 22 a 26 mm určené pro broušení, dále pak závity M8-6g a M10-6H. Pro kontrolu průměru bylo zvoleno posuvné měřítko Garant z katalogu firmy Hoffman Group [16].

Tab. 3.10 Technické parametry posuvného měřítka Garant [16].

Rozsah měření [mm]	0-150
Délka měřicí čelisti [mm]	40
Odečet [mm]	0,05
Stupnice [mm/palce]	1/20 mm 1/128 palec
Aretace	Stavěcí šroub nahoře
Hloubkoměr	plochý
Kalibrování	A1
Norma	DIN 862



Obr. 3.14 Posuvné měřítko Garant [16].

Pro kontrolu vnějšího závitu M8-6g byl vybrán kalibrační kroužek M8 pro vnější závity z katalogu firmy Hoffman Group [16]

Tab. 3.11 Technické parametry závitového kalibru M8 [16].

Norma	Druh závitu	Toleranční třída	Závit	Stoupání	Kalibrování
DIN 13	M	6g	M8	1,25	M8



Obr. 3.15 Ilustrační foto závitového kalibračního kroužku [16].

Pro kontrolu vnitřního závitu M10x1,5 byl zvolen mezní závitový kalibr M10 pro vnitřní závity z katalogu firmy Hoffman Group [16]

Tab. 3.12 Technické parametry mezního závitového kalibru M10 DIN13 [16].

Norma	Druh závitu	Toleranční třída	Závit	Stoupání	Kalibrování
DIN 13	M	6H	M10	1,5	M6



Obr. 3.16 Mezní závitový kalibr M10 [16].

Dalšími kontrolovanými rozměry jsou průměry 26p6 a 22h6 po operaci broušení. Pro kontrolu tolerancí průměrů 26 a 22 mm byl vybrán třmenový mikrometr Mitutoyo IP65 z katalogu firmy Hoffman Group [16]. Toleranční interval p6 pro průměr 26 mm je +35  $\mu\text{m}$  a +22  $\mu\text{m}$  [6], toleranční interval h6 pro průměr 22 mm je 0  $\mu\text{m}$  a -13  $\mu\text{m}$  [6]. Rozlišení udávané v katalogu pro daný mikrometr je 0,001 mm, což odpovídá hodnotě 1  $\mu\text{m}$ , vybrané měřidlo bude tedy dostačující pro kontrolu průměru 22h6.

Tab. 3.13 Technické parametry třmenového mikrometru Mitutoyo IP65 [16].

Rozsah měření [mm]	0 - 25
Rozlišení [mm]	0,001
Stoupání vřetene [mm]	0,5
Mezní chyba [ $\mu\text{m}$ ]	2
Kalibrování	B1
Průměr vřetene [mm]	6,35
Ochranná třída	IP 65



Obr. 3.17 Digitální třmenový mikrometr Mitutoyo IP65 [16].

Pro měření geometrických tolerancí, konkrétně válcovitosti a sousosti byl zvolen dílenský kruhoměr Mitutoyo RA-10 [17].

Tab. 3.14 Vybrané technické parametry dílenského kruhoměru Mitutoyo RA-10 [17].

Otočný stůl	Max. zatížení stolu [kg]	10
	Max. průměr snímání [mm]	100
	Max. průměr obrobku [mm]	320
Snímač	Měřicí síla [mN]	100 ( $\pm 30\%$ )
	Rozsah měření [ $\mu\text{m}$ ]	$\pm 1000$
Elektronická jednotka	Rozsah měření [ $\mu\text{m}$ ]	$\pm 1000, \pm 100, \pm 10$
	Možnosti vyhodnocení	Kruhovitost, sousost, kruhové házení
Ostatní	Napájení [V/Hz]	100 až 240, 50/60 Hz
	Příkon [W]	32 až 36
	Hmotnost [kg]	26



Obr. 3.18 Dílenský kruhoměr Mitutoyo RA-10 [17].

Seznam nástrojů a měřidel bude zpracován do tabulky a přiložen v *příloze č. 5*.

### 3.4 Návrh výrobního postupu, volba řezných podmínek

V první operaci bude polotovár řezán na požadovanou délku na pásové pile. Dle doporučení výrobce, který udává řeznou rychlost pro bimetálové pásy při řezání materiálu C45 v rozsahu 60 až 70 m.min<sup>-1</sup> [12], byla řezná rychlost (dále jen  $v_c$ ) pro tuto operaci stanovena na hodnotu 60 m.min<sup>-1</sup>. Při volbě byla také zohledněna  $v_c$ , kterou lze dosáhnout na zvolené pásové pile. Rozsah  $v_c$  pro pásovou pilu Pilana PMS 170/210 MO je 40 až 80 m.min<sup>-1</sup> viz tab. 3.1 v kapitole 3.1. Volba strojů.

Po dělení polotovaru následuje soustružení. Hodnota  $v_c$  byla volena podle katalogu Dormer Pramet s.r.o. [13], dle tabulky 6b v technické části. Volba byla závislá na několika parametrech, skupina obráběného materiálu P2, hodnota šířky záběru ostří  $a_p$ , hodnota posuvu  $f$ , materiál VBD T9325. Pro hrubování byl stanoven posuv  $f$  na hodnotu 0,24 mm. Šířka záběru ostří  $a_p$  (dále jen  $a_p$ ) byla stanovena v rozmezí 1,6 až 2,3 mm. Dle výše uvedených parametrů byla pro hrubování zvolena  $v_c$  o hodnotě 260 m.min<sup>-1</sup>. Pro dokončování bylo postupováno stejně jako pro hrubování. Posuv  $f$  byl stanoven na spodní hranici pro VBD a to na hodnotu 0,15 mm.  $A_p$  byla stanovena v rozmezí 0,4 až 0,5 mm. Pro dokončení byla zvolena  $v_c$  na hodnotu 285 m.min<sup>-1</sup>. Po obrobení kontury bude následovat soustružení závitu. Volba  $v_c$  opět probíhala dle tabulky z katalogu, kde byly na výběr tři hodnoty a to 140, 135 a 120. Pro řezání závitu byla zvolena prostřední hodnota 135 m.min<sup>-1</sup>. Posuv  $f$  je roven stoupání závitu tedy 1,25 mm.  $A_p$  a počet záběru byly voleny opět dle katalogu, tentokrát dle tabulky 18a v technické části katalogu.  $A_p$  byla stanovena na hodnotu 0,1 a počet třisek  $i$  na 5 třisek.

Další operací je vrtání díry pro závit M10-6H a následné řezání závitu. Řezné podmínky byly voleny dle následujících parametrů, skupina obrobitelnosti materiálu, velikost vrtané díry a pro závit velikost závitu. Skupina obrobitelnosti materiálu je 14b. Pro vrtání díry pro závit o průměru 8,5 byla zvolena  $v_c$  na hodnotu 26 m.min<sup>-1</sup> a posuv  $f$  na hodnotu 0,15 mm. Pro řezání závitu byla zvolena  $v_c$  na hodnotu 9 m.min<sup>-1</sup> a posuv  $f$  na hodnotu 1,5 mm.

Po obrobení součásti budou změřeny vyrobené rozměry, konkrétně průměry 26 mm, 22 mm a zkontrolovány závity M8-6g a M10-6H.

Následující operací je teplené zpracování. Prvně bude součást kalena. Teplota kalení byla volena dle tab. 2.3 na hodnotu 850±5°C a bylo zvoleno kalení do oleje. Po kalení následuje popouštění součásti. Předepsaná tvrdost na výkrese je 55<sup>+4</sup><sub>0</sub> HRC. Dle popouštěcí křivky z přehledu vlastností zvoleného materiálu C45E [7] odpovídá tvrdosti 55 HRC popouštěcí teplota 300 °C.

Po tepelném zpracování následuje broušení funkčních ploch na požadované tolerance  $p_6$  pro průměr 26 mm a  $h_6$  pro průměr 22 mm. Pro broušení průměrů bylo zvoleno radiální broušení. Řezní podmínky byly voleny dle [18], radiální posuv  $f_r$  by zvolen na hodnotu 0,005 mm a obvodová rychlost obrobku  $v_w$  na hodnotu 15 m.min<sup>-1</sup>.

Po broušení následuje kontrola tolerancí  $p_6$  a  $h_6$  na průměrech 26 mm a 22 mm. Dále je předepsána kontrola geometrických tolerancí, a to válcovitosti a sousostí. Po kontrole geometrických tolerancí následuje konzervace a balení součásti.

Výrobní postup včetně všech zvolených parametrů je zpracován do tabulky a přiložen v **příloze č. 3**.

## 4 VÝROBA PROTOTYPU

### 4.1 Sestavení NC programu

Výroba součásti byla naprogramována přímo na stroji SP 280 SY ve školní dílně. Při programování bylo využito následujících cyklů:

#### ***Oddělení třísky:***

Tento cyklus byl použit pro zarovnání čel, hrubování a dokončování přední části na průměr 8 mm, dále byl cyklus použit na hrubování a dokončování největšího průměru 34 mm. Pro hrubování byly voleny parametry nástroj, posuv, řezná rychlost, šířka záběru ostří, přídavek na dokončení na průměr a čelo, počáteční a konečná vzdálenost v ose x, vzdálenost v ose z a sražení hrany. Při dokončování byly voleny stejné parametry kromě přídavku.

#### ***Vrtání soustředné:***

Tento cyklus byl použit pro vrtání středících důlků a vrtání díry pro závit. Pro vrtání středících důlku byly voleny parametry nástroj, posuv, otáčky, hloubka řezu. Při vrtání díry pro závit byly zvoleny stejné parametry jako při vrtání středících důlků, a navíc bylo použito odstranění třísky, kdy bylo nastaveno vyjetí vrtáku po vyvrtání 6 mm. Tento cyklus byl navíc ještě použit pro sražení hrany díry pro závit, kdy byl jako nástroj použit středící vrták, který byl vyosen o 1,5 mm v ose x.

#### ***Závit podélný:***

Cyklus byl použit pro řezání vnějšího závitu M8. Pro tento cyklus byly voleny parametry nástroj, rozteč závitu, otáčky, počet třísek, délka, dále byl nastaven degresivní úběr, kdy si stroj dle počtu třísek rozpočítá průřez třísky, tak aby byl v každém záběru odebrán stejný průřez třísky. Následně byl volen počet dokončovacích třísek a jejich hloubka.

#### ***Kontura:***

Tento cyklus byl použit pro hrubování a dokončování zbytku součásti včetně zápichů a sražených hran. Kontura byla sestavována podle výkresu součásti. Pro hrubování byly voleny parametry nástroj, posuv, řezná rychlost a jelikož se nezačínalo od začátku součásti, tak byly voleny souřadnice startovní pozice v ose x a z. Dále byla volena šířka záběru ostří, sražení hrany a přídavek na dokončení na průměr a čelo. Pro dokončení byly voleny opět stejné parametry jako pro hrubování, kromě přídavků. Navíc bylo povoleno podřezání, kvůli zhotovení zápichů. Pro hrubování podřezání nebylo povoleno, kvůli geometrii hrubovací VBD, která neumožňovala tvar zápichu zhotovit.

#### ***Vrtání závitu soustředné:***

Poslední cyklus byl použit pro zhotovení vnitřního závitu M10. Pro cyklus byly voleny parametry nástroj, otáčky, počet záběru, hloubka. Odstranění a dělení třísky nebylo využito.

Vygenerovaný NC kód je přiložen v **příloze č. 6**

## 4.2 Výroba součásti

Výroba součásti proběhla ve školní dílně VUT v Brně na fakultě strojního inženýrství, ústavu strojírenské technologie.

Výroba probíhala dle možností dílny, tudíž nebylo přesně postupováno podle sestaveného výrobního postupu. Nejprve byl vybrán polotovar o požadovaném průměru 36 mm. Po vybrání polotovaru následovalo soustružení součásti. Pro soustružení byl zvoleno CNC soustružnické centrum SP 280 Y.

Polotovar byl upnut do sklíčidla za průměr 36 mm a vysunut na délku 140 mm.



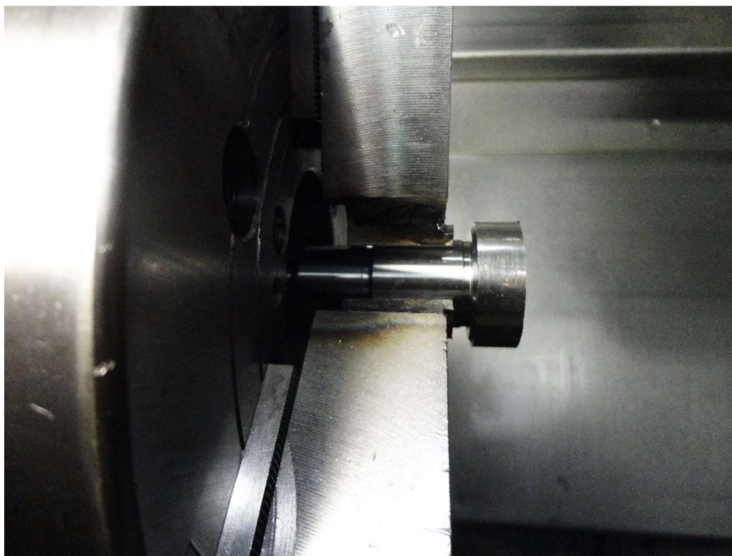
Obr. Upnutí polotovaru.

První operací bylo zarovnání čela. Následně proběhlo hrubování přední části součásti na průměr 8 mm v délce 22 mm s přidavkem na dokončení. Tento postup byl zvolen z toho důvodu, že součást nebyla opřena protihrotem, což není z hlediska tuhosti soustavy stroj-nástroj-obrobek zcela vhodné, tudíž aby bylo možné zhotovit závit o požadované jakosti postupovalo se tímto způsobem. Pro hrubování byla použita VBD tvaru C. Po vyhrubování následovalo dokončení na průměr 8 mm. Pro dokončování byla použita VBD tvaru V. Další operací bylo soustružení závitu M8-6g, kdy byla použita VBD pro vnější metrické závity tvaru T. Po zhotovení závitu následovalo vyhrubování zbytku součásti, až po konec průměru 26 mm. Po vyhrubování následovalo dokončení, včetně zhotovení zápichů G2,5x0,3 a sražení hran.



Obr. Součást po obrobení z jedné strany.

Po obrobení z jedné strany bylo nutné vyměnit čelisti, aby součást mohla být upnuta za požadovaný průměr. Po výměně čelistí byla součást upnuta za průměr 26 mm a odsazena od čela největšího průměru. Následně bylo zarovnáno čelo. Po zarovnání čela následovalo hrubování a dokončení průměru 34 mm, včetně sražení hrany. Poté byl navrtán středící důlek, vyvrtána díra pro vnitřní závit, a nakonec byl zhotoven samotný závit M10-6H.



Obr. Upnutí součásti z druhé strany.

Po obrobení součásti následovalo kalení. Teplota pece byla nastavena na 850°C. Ochlazování probíhalo v oleji.



Obr. Součást po kalení.

Po kalení bylo nutné součást okartáčovat a odmastit od oleje.





Obr. Součást po okartáčování.

Poslední operací pro výrobu součásti bylo broušení. Součást byla upnuta za největší průměr pomocí unášecího srdce a opřena o hrot z druhé strany. Následně byly nabroušeny jednotlivé průměry.



Obr. Broušení součásti

## ZÁVĚR

V bakalářské práci byla rozebrána sestava přípravku navržená pro vrtání součástí viz obr. 1.1. Při konstrukci přípravku byl brán zřetel na dva hlavní parametry. Prvním parametrem bylo zajištění co nejpřesnějšího ustavení obrobku vůči nástroji. Druhým parametrem bylo zajištění rychlé a jednoduché výměny obrobku. U jednotlivých součástí sestavy byla popsána jejich funkce ve vrtacím přípravku.

Dále byla vybrána jedna ze součástí přípravku pro výrobu prototypu. Vybranou součástí byl upínací trn. Pro součást byly vypracovány tři konstrukční varianty. Při návrhu variant bylo řešeno spojení upínacího trnu spolu se zadní upínací deskou. Hlavním kritériem při návrhu variant bylo zajištění kolmosti osy vrtané součásti vůči vrtacím pouzdrům. Dalším kritériem, na které byl brán ohled byla složitost výroby. Jednotlivé varianty byly zhodnoceny v podkapitole 1.3.4. Po zhodnocení variant dle výše uvedených kritérií byla zvolena varianta č. 1. V této variantě je spojení upínacího trnu a zadní upínací desky realizováno nalisováním upínacího trnu do upínací desky, za použití uložení se zaručeným přesahem H7/p6. Volba tohoto uložení pro spojení součásti upínací trn a zadní upínací desky poskytuje nejpřesnější zajištění polohy osy vrtané součásti vůči osám vrtacích pouzder. Dále varianta č. 1 poskytovala lepší využití materiálu než varianta č. 2, u které bylo použito stejného typu uložení pro spojení zmiňovaných součástí.

Po volbě varianty následoval návrh výrobního postupu. Zvoleným materiálem pro výrobu byla ocel C45E. Tento materiál byl zvolen zejména proto, že je vhodný pro zušlechťování a povrchové kalení. Jedním z požadavků pro vyráběnou součást je odolnost proti opotřebení, které je způsobené častou výměnou obrobku, je tedy nutné součást tepelně zpracovat pro navýšení tvrdosti. Dále byly vybrány stroje, nástroje a měřidla pro výrobu součástí. Pro soustružení kontury součásti byla vybrána VBD tvaru D, která umožňuje zhotovení požadovaného tvaru, zejména zápichů tvaru G. Použití VBD tvaru D poskytuje jistou úsporu za nástroje, kdy není potřeba použití dokončovací VBD, jelikož zvolená VBD je schopna vyrobít všechny požadované tvary součástí, při dodržení předepsané jakosti povrchu. Po soustružení následovalo tepelné zpracování, pro zajištění potřebného navýšení tvrdosti součásti. Požadovaná tvrdost byla předepsána na  $55^{+4}_0$  HRC. Po tepelném zpracování následovalo broušení jednotlivých průměrů na požadované tolerance, kdy bylo použito radiálního broušení.

## SEZNAM POUŽITÝCH ZDROJŮ

1. ZEMČÍK, Oskar. *Nástroje a přípravky pro obrábění*. Brno: Akademické nakladatelství CERM, 2003. ISBN 80-214-2336-6.
2. SVOBODA, Pavel, Jan BRANDEJS a Jiří DVOŘÁČEK. *Základy konstruování*. 5. vyd. Brno: CERM, s. r. o., 2013. 236 s. ISBN 978-80-7204-839-7.
3. KIPP s.r.o.: *Opěrné nožky se závitovým čepem DIN 6320 (vydání 1971)* [online]. [cit. 2019-05-21]. Dostupné z: <https://www.kipp.cz/cz/cs/Produkty/Ovladaci-prvky-normované-díly/Opěrné-prvky-polohovací-prvky-dorazové-prvky.html>
4. Kipp s.r.o.: *Kola pro ruční ovládání, kliky pro ruční ovládání, ukazatele polohy* [online]. [cit. 2019-05-21]. Dostupné z: <https://www.kipp.cz/cz/cs/Produkty/Ovladaci-prvky-normované-díly/Kola-pro-ruční-ovládání-kliky-pro-ruční-ovládání-ukazatele-polohy.html>
5. ZEMČÍK, Oskar. *Technologická příprava výroby*. Brno: Akademické nakladatelství CERM, 2002. ISBN 80-214-2219-X.
6. SVOBODA, Pavel a Jan BRANDEJS. *Výběry z norem pro konstrukční cvičení*. Vyd. 5. Brno: Akademické nakladatelství CERM, 2013. ISBN 978-80-7204-838-0.
7. Bohdan Bolzano s.r.o.: *Přehled vlastností oceli C45E* [online]. [cit. 2019-05-21]. Dostupné z: <https://www.bolzano.cz/cz/technicka-podpora/technicka-prirucka/tycove-oceli-uhlikove-konstrukcni-a-legovane/oceli-k-zuslechtovani-podle-en-10083-1/prehled-vlastnosti-oceli-c45>
8. Karas pily s.r.o.: *Gravitační pásové pily* [online]. [cit. 2019-05-21]. Dostupné z: <https://www.karas.cz/catalog/pasove-pily-na-kov/pms-pilana/gravitacni-pasove-pily/pilana-pasova-pila-na-kov-pms-170-210-mo-pms170-210mo>
9. KOVOSVIT MAS Machine Tools a.s.: *Soustružnická centra SP Line* [online]. [cit. 2019-05-21]. Dostupné z: <https://www.kovosvit.cz/sp-280-p6.html>
10. LAC s.r.o.: *Pece a sušárny* [online]. [cit. 2019-05-23]. Dostupné z: <https://www.lac.cz/cs/pece-a-susarny>
11. TOS Hostivař s.r.o.: *Produkty* [online]. [cit. 2019-05-23]. Dostupné z: [http://www.toshostivar.cz/ub\\_25\\_cnc](http://www.toshostivar.cz/ub_25_cnc)
12. PILANA METAL s.r.o.: *Bimetalové pilové pásy* [online]. [cit. 2019-05-23]. Dostupné z: [https://www.pilanametal.cz/upload/source/katalogy/pilana\\_katalog\\_2018\\_CZ\\_web.pdf](https://www.pilanametal.cz/upload/source/katalogy/pilana_katalog_2018_CZ_web.pdf)
13. Dormer Pramet s.r.o.: *Ke stažení, katalogy* [online]. [cit. 2019-05-23]. Dostupné z: [https://www.dormerpramet.com/downloads/pramet\\_catalogue\\_2017\\_updated\\_set\\_4\\_cz-ru-pl-sk.pdf](https://www.dormerpramet.com/downloads/pramet_catalogue_2017_updated_set_4_cz-ru-pl-sk.pdf)
14. Dormer Pramet s.r.o.: *Ke stažení, katalogy* [online]. [cit. 2019-05-23]. Dostupné z: [https://www.dormerpramet.com/downloads/dormer\\_catalogue\\_2018\\_updated\\_set\\_4\\_cz-ru-pl-sk.pdf](https://www.dormerpramet.com/downloads/dormer_catalogue_2018_updated_set_4_cz-ru-pl-sk.pdf)

15. *Techcentrum s.r.o.: Kotouče ploché TYROLIT a NORTON* [online]. [cit. 2019-05-23]. Dostupné z: <https://www.prodej Brusiva.cz/kotouc-t1-400x30x127-89a802j5av50-39869-tyrolit>
16. *HOFFMANN GROUP: Měřicí technika* [online]. [cit. 2019-05-23]. Dostupné z: <https://www.hoffmann-group.com/CZ/cs/hot/Měřicí-technika/c/994>
17. *KUBOUŠEK s.r.o.: Přístroje pro měření tvarových odchylek* [online]. [cit. 2019-05-23]. Dostupné z: [www.kubousek.cz/cz/divize-pristroje/mitutoyo/merici-stroje-a-systemy-mitutoyo/pristroje-pro-mereni-tvarovych-odchylek.html](http://www.kubousek.cz/cz/divize-pristroje/mitutoyo/merici-stroje-a-systemy-mitutoyo/pristroje-pro-mereni-tvarovych-odchylek.html)
18. HUMÁR, Anton. *TECHNOLOGIE I: Technologie obrábění - 3. část* [online]. Interaktivní multimediální text pro bakalářský a magisterský studijní program. Brno, 2005 [cit. 2019-05-23]. Dostupné z: [http://ust.fme.vutbr.cz/obrabeni/opory-save/Dokoncovaci\\_a\\_nekonvencni\\_metody\\_obrabeni/TI\\_TO-3.cast.pdf](http://ust.fme.vutbr.cz/obrabeni/opory-save/Dokoncovaci_a_nekonvencni_metody_obrabeni/TI_TO-3.cast.pdf)

## SEZNAM POUŽITÝCH SYMBOLŮ A ZKRATEK

Zkratka	Popis
ČSN	Československá norma
DIN	Německá národní norma
EN	Evropská norma
HB	Tvrдость dle Brinella
HRC	Tvrдость dle Rockwella
ISO	Mezinárodní organizace pro normalizaci
NC	Číslicové řízení
VBD	Vyměnitelná břitová destička

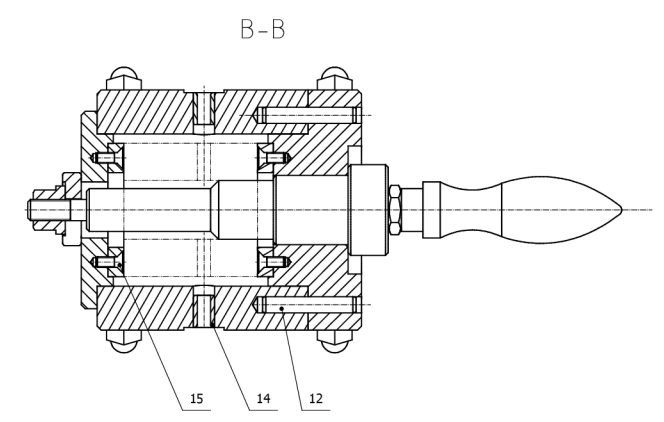
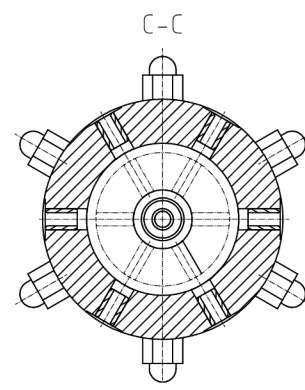
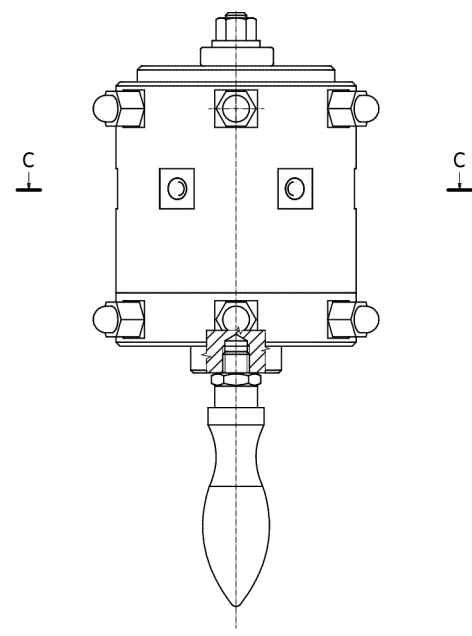
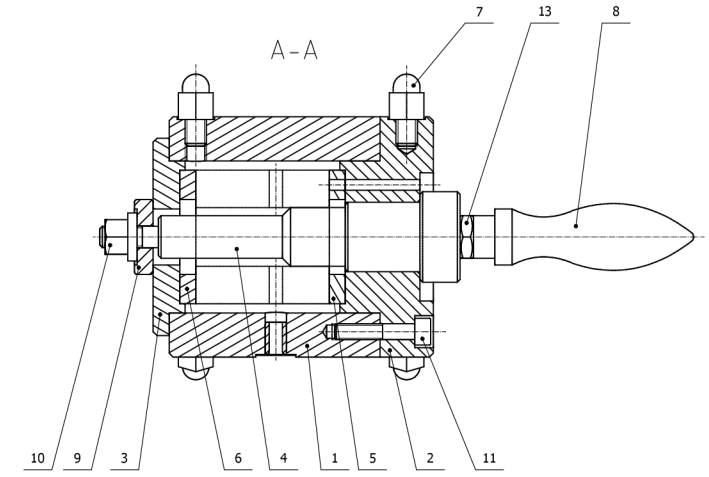
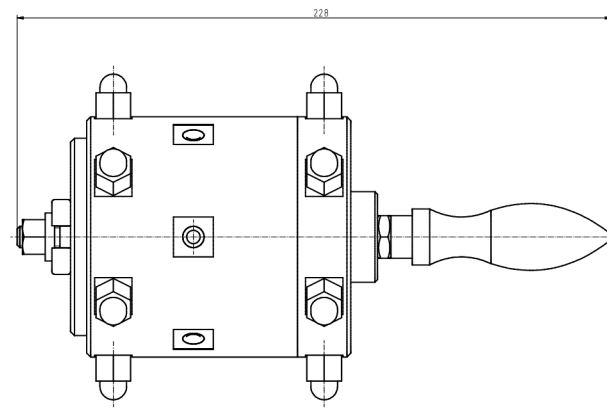
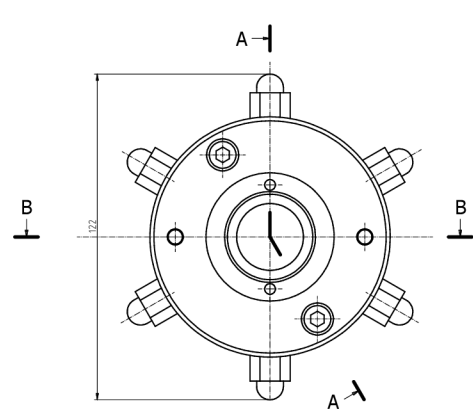
Symbol	Jednotka	Popis
A	[%]	tažnost
R <sub>a</sub>	[μm]	střední aritmetická úchylka profilu
R <sub>c</sub>	[MPa]	Mez kluzu
R <sub>m</sub>	[MPa]	Mez pevnosti
T <sub>MAX</sub>	[°C]	Maximální teplota
a <sub>p</sub>	[mm]	Šířka záběru ostří
d	[mm]	Průměr
f	[mm]	Posuv
f <sub>r</sub>	[mm]	Radiální posuv
l	[mm]	Délka řezné hrany
r <sub>ε</sub>	[mm]	Rádus špičky
s	[mm]	Tloušťka destičky
v <sub>c</sub>	[m.min <sup>-1</sup> ]	Řezná rychlost
v <sub>w</sub>	[m.min <sup>-1</sup> ]	Obvodová rychlost obrobku

**SEZNAM PŘÍLOH**

Příloha 1	Výkres sestavy
Příloha 2	Seznam položek
Příloha 3	Výkres součásti
Příloha 4	Výrobní postup
Příloha 5	Seznam nástrojů a měřidel
Příloha 6	NC program



# Příloha 1




Struktura povrchu:	Trnny:	Měřítko 1:1	Přesnost ISO 2768-mH
			Tolerování ISO 8015
			Proměření CHRANĚNO DLE ISO 10016
Materiál:	Položovar: Druh dokumentu: VÝKRES SESTAVY	Název: VRTACÍ PŘÍPRAVEK	
	Kreslil: JAROŠ LUBOMÍR	Číslo dokumentu: BP-VUT-FSI-01-00	
	Schválil:		
	Datum vydání: 15.2019		





## Příloha 2/1

Číslo polož.	Název-označení	Polotovár	Hmot.	J	Množ.
	Výkres-norma/obj. číslo	Materiál			
1.	ULOŽENÍ POUZDER	∅95-84 ČSN EN 10060	2,267		1
	BP-VUT-FSI-01-01	E295			
2.	ZADNÍ UPÍNACÍ DESKA	∅90-40 ČSN EN 10060	1,017		1
	BP-VUT-FSI-01-02	E295			
3.	PŘEDNÍ UPÍNACÍ DESKA	∅90-16 ČSN EN 10060	0,262		1
	BP-VUT-FSI-01-03	E295			
4.	UPÍNACÍ TRN	∅36-137 ČSN EN 10060	0,367		1
	BP-VUT-FSI-01-04	C45			
5.	ZADNÍ KALENÁ PODLOŽKA	∅50-10 ČSN EN 10060	0,060		1
	BP-VUT-FSI-01-05	C45			
6.	PŘEDNÍ KALENÁ PODLOŽKA	∅50-10 ČSN EN 10060	0,062		1
	BP-VUT-FSI-01-05	C45			
7.	OPĚRNÝ ČEP	PODPĚRNÝ ČEP DIN 6320-15-M8	0,019		12
	BP-VUT-FSI-01-06	11SMnPb30			
8.	RUKOJEŤ		0,067		1
	DIN 98				
9.	PODSUVNÁ PODLOŽKA		0,024		1
	DIN 6372				
10.	ŠESTIHRANNÁ MATICE S NÁKRUŽKEM		0,013		1
	DIN 6331 M8-10				
11.	ŠROUB S VÁLCOVOU HLAVOU		0,010		2
	ISO 4762 M6X30-8.8				
12.	VÁLCOVÝ KOLÍK		0,008		2
	ISO 2338 6 h8x35-St				
13.	ŠESTIHRANNÁ MATICE NÍZKÁ		0,006		1
	ISO 4035-M10-05				
14.	VRTACÍ POUZDRO		0,003		6
	DIN 179 A				

Struktura povrchu:	Hrany:	Měřítko:	Přesnost: ISO 2768-mH
			Tolerování: ISO 8015
			Promítání: 

Materiál:	Polotovár:	Hmotnost:	CHRÁNĚNO DLE ISO 16016
-----------	------------	-----------	------------------------

	Druh dokumentu: SEZNAM POLOŽEK	Název:  <b>VRTACÍ PŘÍPRAVEK</b>  Číslo dokumentu: <b>BP-VUT-FSI-01-00</b> List 1/2
	Kreslil: JAROŠ LUBOMÍR	
	Schválil:	
	Datum vydání: 2.3.2019	



Číslo polož.	Název-označení Výkres-norma/obj. číslo	Polotovár Materiál	Hmot.	J	Množ.
15.	ŠROUB SE ZÁPUSTNOU HLAVOU DIN 7991 M4X10-10.9		0,001		4

Struktura povrchu:

Hrany:

Měřítko:

Přesnost: ISO 2768-mH

Tolerování: ISO 8015

Promítání:

Materiál:

Polotovár:

Hmotnost:

CHRÁNĚNO DLE ISO 16016



Druh dokumentu: SEZNAM POLOŽEK

Kreslil: JAROŠ LUBOMÍR

Schválil:

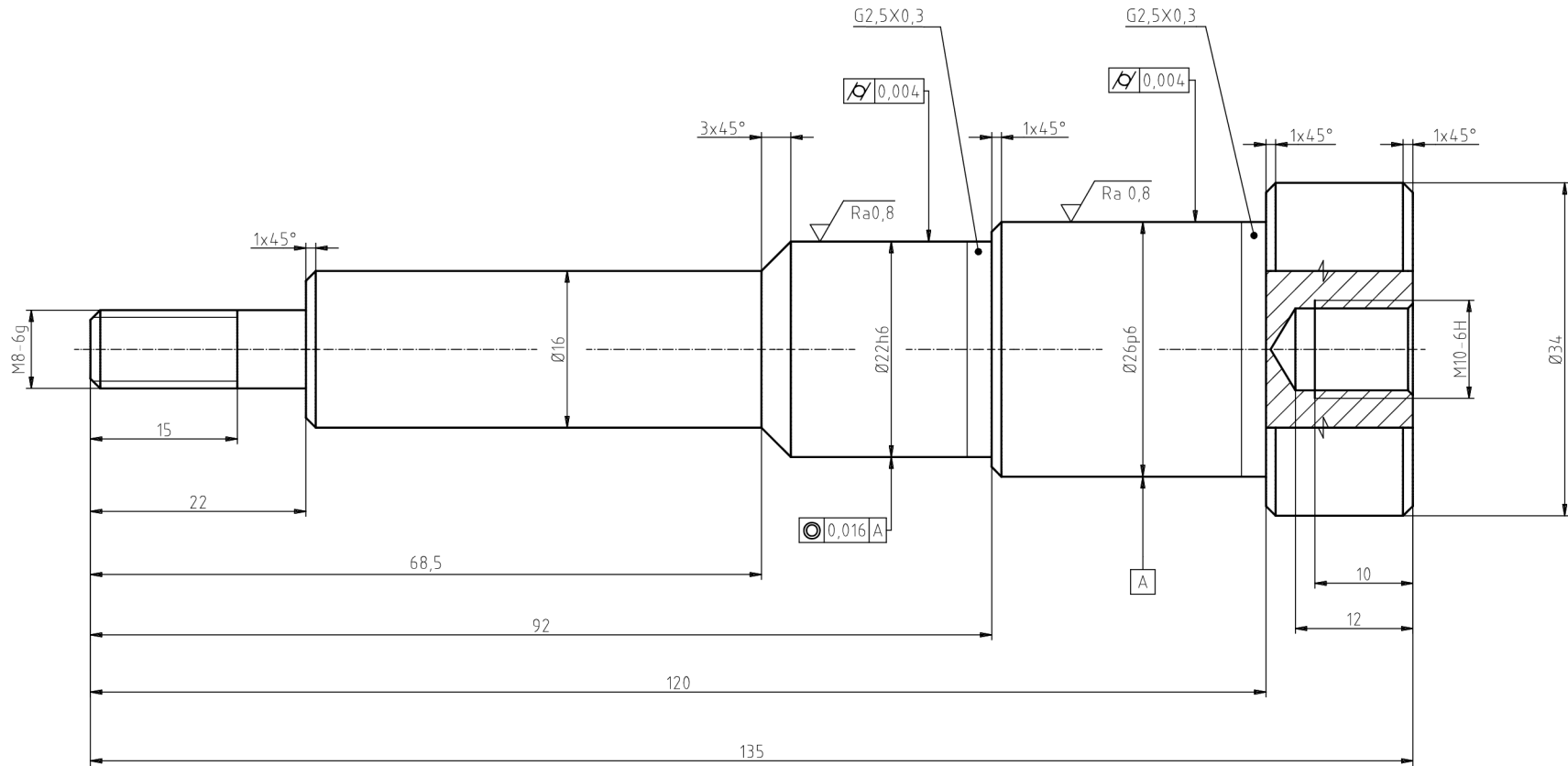
Datum vydání: 2.3.2019

Název:  
VRTACÍ PŘÍPRAVEK

Číslo dokumentu:  
BP-VUT-FSI-01-00



Příloha 3



+4

KALENO A POPUŠTĚNO (55 0) HRC

Struktura povrchu: 	Hrany: 	Měřítko: 2:1	Přesnost: ISO 2768-mH
			Tolerování: ISO 8015
			Promítání:
Materiál: C45	Polotovár: Ø36x137 ČSN EN 10060	Hmotnost: 0,367 kg	CHRÁNĚNO DLE ISO 16016
	Druh dokumentu: Výkres součásti	Název: Upínací trn	
	Kreslil: Jaroš		
	Schválil:	Číslo dokumentu: BP-VUT-FSI-01-04	
	Datum vydání: 1.5.2019		

## Příloha 4/1













Výrobní postup prototypu		Vypracoval: Lubomír Jaroš		Datum: 22.4.2019		Číslo listu: 1		VUT v Brně, FSI, ÚST				
Název celku: Vrtací přípravek		Název součásti: Upínací trn		Číslo výkresu součásti: BP-VUT-FSI-01-04		Polotovar: Ø 36 ČSN EN 10060						
Číslo op. pořadové :	Název, označení stroje, zařízení, pracoviště :	Dílna :	Popis práce v operaci :	Výrobní nástroje, přípravky, měřidla, pomůcky :	Materiál nástroje :	Výrobní podmínky :						
						$v_c/v_w$	$f / f_r / f_z$	$a_p$	$l$	$i$		
						$m \cdot min^{-1} / m \cdot s^{-1}$	$mm / mm \cdot ot^{-1}$	mm	mm	-		
0/0	Pila PMS 170/210 MO	Sklad	Řezat polotovar na délku 137±1	N1	RO	60			40	1		
1/1	Soustružnické centrum SP 280	Obrobna	Upnout za Ø 36 vysunout ze vřetena v délce 40 ± 0,5	N2	SK	260	0,24	1	39	1		
			Zarovnat čelo na délku 136 +0,1	N3	HSS	20	0,045		7	1		
			Navrtat středící důlek A2,5/5,3 v délce 6									
2/2	Soustružnické centrum SP 280	Obrobna	Upnout za Ø 36, vysunout ze vřetena v délce 125 ± 0,5, opřít o hrot	N2	SK	260	0,24	2,3	122	2		
			Hrubovat na Ø27,1 +0,1 v délce 120	N2	SK	260	0,24	2	94	1		
			Hrubovat na Ø23,1 +0,1 v délce 92	N2	SK	260	0,24	1,6	70,5	2		
			Hrubovat na Ø16,8 +0,1 v délce 68,5	N2	SK	260	0,24	2	24	2		
			Hrubovat na Ø8,8 +0,1 v délce 22	N2	SK	285	0,15	0,4	30	1		
			Dokončit na Ø26,3 +0,1 v délce 28	N2	SK	285	0,15	0,15	2,5	1		
			Soustružit zápich G2,5 x 0,3	N2	SK	285	0,15		1,41	1		
			Srazit hranu 1 x 45°	N2	SK	285	0,15	0,4	25,5	1		
			Dokončit na Ø22,3 +0,1 v délce 23,5	N2	SK	285	0,15	0,15	2,5	1		
			Soustružit zápich G2,5 x 0,3	N2	SK	285	0,15		4,24	1		
			Srazit hranu 3 x 45°	N2	SK	285	0,15	0,4	48,5	1		
			Dokončit na Ø16 +0,1 v délce 46,5	N2	SK	285	0,15		1,41	1		
			Srazit hranu 1 x 45°	N2	SK	285	0,15	0,4	24	1		
			Dokončit na Ø8 +0,1 v délce 22	N2	SK	285	0,15		1,41	1		
			Srazit hranu 1 x 45°	N4	SK	135	1,25	0,1	17	5		

## Příloha 4/2

Výrobní postup prototypu		Vypracoval: Lubomír Jaroš		Datum: 22.4.2019		Číslo listu: 2		VUT v Brně FSI ÚST				
Název celku: Vrtací přípravek		Název součásti: Upínací trn		Číslo výkresu součásti: BP-VUT-FSI-01-04		Polotovar: Ø 36 ČSN EN 10060						
Číslo op. pořadové :	Název, označení stroje, zařízení, pracoviště :	Dílna :	Popis práce v operaci :	Výrobní nástroje, přípravky, měřidla, pomůcky :	Materiál nástroje :	Výrobní podmínky :						
						$v_c/v_w$	$f / f_r/f_z$	$a_p$	$l$	$i$		
						$m \cdot \min^{-1}$	mm	mm	mm	-		
3/3	Soustružnické centrum SP 280	Obrobna	Upnout za Ø 26 , odsadit od čela 8 ±0,5	N2	SK	260	0,24	1	39	1		
			Zarovnat čelo na délku 135 +0,1	N3	HSS	20	0,045		7	1		
			Navrtat středící důlek A2,5/5,3 v délce 6	N2	SK	260	0,24	1,2	18	1		
			Hrubovat na Ø34,8 +0,1 v délce 15	N2	SK	285	0,15	0,4	18	1		
			Dokončit na Ø34 +0,1 v délce 15	N2	SK	285	0,15		1,41	1		
			Srazit hranu 1 x 45°	N5	HSS	26	0,15		14	1		
			Vrtat díru pro závit M10 Ø8,5 -0,1 v délce 12	N6	HSS	9	1,5		12	1		
4/4		Obrobna	Očistit a odmastit									
5/5		Obrobna	Celková kontrola vizuálně	M1								
			Kontrolovat Ø22,Ø26	M2								
			Kontrolovat závit M8 - 6g	M3								
			Kontrolovat závit M10 - 6H									
			Kontrolovat sražení hran vizuálně									
6/6		Obrobna	Očistit a odmastit									
7/7	Kalící pec PKE 12/12 Popouštěcí pec PP20/45	Kalírna	Chránit závit M8,M10									
			Kalit a popustit na (59 -4) HRC									
			Teplota kalení 850±5 °C, kalení do oleje									
			Teplota popouštění 300±5 °C									
8/8		Kalírna	Očistit a odmastit									
9/9	Univerzální hrotová bruska UB 25 CNC	Brusírna	Upnout za Ø 34, opřít o hrot	N7		15	0,005	0,3		1		
			Brousit Ø 26p6	N7		15	0,005	0,3		1		
			Brousit Ø 22h6									
10/10		Brusírna	Očistit a odmastit									
11/11		Brusírna	Celková kontrola vizuálně	M4								
			Kontrolovat Ø26p6, Ø22h6									



## Příloha 5

VUT v Brně FSI ÚST		NÁSTROJOVÝ LIST		DATUM VYDÁNÍ		1.5.2019
Vyhotovil: Lubomír Jaroš			Číslo výkresu součásti: BP-VUT-FSI-01-04			Číslo listu: 1.
Pozice nástroje	Znázornění	Název nástroje	Výrobce	Označení	Držák	Materiál
					VBD	
N1		Pilový pás	Pilana	M42 UNIVERSAL		BIMETAL
N2		Soustružnický nůž vnější	Pramet	SEL 2020 K 16	HSS	
				TN 16EL125M	SK	
N3		Středící vrták A2,5	Pramet	DIN 333 A	HSS	
N4		Závitový nůž vnější	Pramet	SEL 2020 K 16	HSS	
				TN 16EL125M	SK	
N5		Vrták 8,5	Pramet	DIN 345	HSS	
N6		Strojní závitník	Pramet	DIN 371	HSS	
N7		Brousící kotouč	TYROLIT	T1 400x30x127 89A80I5V50	Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	
VUT v Brně FSI ÚST		Měřicí pomůcky		DATUM VYDÁNÍ		1.5.2019
Vyhotovil: Lubomír Jaroš		Operace: Kontrola rozměrů		Číslo výkresu součásti: BP-VUT-FSI-01-04		Číslo listu: 1
Označení v postupu	Znázornění	Název nástroje	Výrobce	Označení/ Norma		
M1		Posuvné měřítko	Garant	DIN 862		
M2		Závitový kalibrační kroužek pro správné rozměry	-	M8		
M3		Mezní závitový kalibr	-	M10		
M4		Digitální třmenový mikrometr	Mitutoyo	DIN 863		
M5		Dílenský kruhoměr	Mitutoyo	RA-10		

## Příloha 6/1

N5

F\_HEAD(349175807,18.5,1.,37.,-200.,1.,1.,12.5,-3.,174.297,399.216,0.3,1350.,6000.,71,0,799,0,-123.,-50.,7,0,6,20.,38.73,20.,1);\*RO\*

N10

F\_ROUGH("pramet-hrub", "", 1,0.18,3,220.,2,0,1,5,18.5,90,1.,90,-0.4,90,0.,90,18.9,91,1.,91,0,0.,0.,0.,0.5,0.,0.,0,90.,90.,0.,1,0.);\*RO\*

N15

F\_ROUGH("pramet-hrub", "", 1,0.25,3,250.,2,0,1,1,18.5,90,0.,90,4.,90,-22.,90,14.5,91,22.,91,0,-1.3,0.,-0.,1.,0.2,0.02,1,90.,90.,0.,1,0.);\*RO\*

N20

F\_ROUGH("FINISHING\_TOOL", "", 1,0.11,3,300.,2,0,2,1,18.5,90,0.,90,3.875,90,-22.,90,14.625,91,22.,91,0,-1.3,0.,-0.,1.,0.2,0.02,1,90.,90.,0.,1,0.);\*RO\*

N25 F\_DRILL("VRTÁK

4.9", "", 1,0.06,3,1000.,1,2,2,0.,90,-5.,90,6.,1.,3.,1.,0.,0.5,0.);\*RO\*

N30 F\_TR\_LON("ZÁVITOVÝ

NŮŽ", "", 1,1.25,0,400.,1,0,3,2,4.,90,-15.,90,1.,90,0.,0.,0.833,28.,0.,10,2.,0.01,0.,0,4,0,1,0.6,0.4429,1,0.0492,0.3979,20,32,100,0.1372,0.,2,0.,1,0.);\*RO\*

N35 F\_CON("HRIDEL",4,"E\_LAB\_A\_HRIDEL","E\_LAB\_E\_HRIDEL");\*RO\*

N40

F\_ROU\_Z("pramet-hrub", "", 1,0.26,3,1550.,1,0,0,"HRIDEL",,, "2019051412105618", "POLOTOVAR",,, "2019051412105619",323111,0.12,0.,0.,1.35,5,0.25,0.02,0.3,0,0.1,0,1,0.,91,0.,91,120,0.,0.,0.,0.,17.21,-21.7,0.,0.,1,0., "17982223400056915998", "17171751940309714355",0.,1,8.1824,-22.627,0.,1,0.);\*RO\*

N45

F\_ROU\_Z("FINISHING\_TOOL", "", 1,0.13,3,1400.,1,0,0,"HRIDEL",,, "2019051412105920", "POLOTOVAR",,, "",313211,0.12,0.,0.,1.35,5,0.25,0.02,0.3,0,0.1,0,1,0.,91,0.,91,120,0.,0.,0.,0.,6.707,-21.496,0.,0.,1,0., "21427866240068311452", "20462098481207840881",0.,1,18.8081,-120.2929,0.,1,0.);\*RO\*

F\_END(0,1,5);\*RO\*

M30 ;#SM;\*RO\*

E\_LAB\_A\_HRIDEL: ;#SM Z:2

;#7\_\_DlGK contour definition begin - Don't change!;\*GP\*;\*RO\*;\*HD\*

G18 G90 DIAM90;\*GP\*

G0 Z-22 X14 ;\*GP\*

G1 X16 CHR=1 ;\*GP\*

Z-68.5 ;\*GP\*

Z-71.5 X22 ;\*GP\*

Z-89.5 ;\*GP\*

Z-90.071 X21.2 ;\*GP\*

Z-92 RND=.6 ;\*GP\*

X26 CHR=1 ;\*GP\*

Z-117.5 ;\*GP\*

Z-118.071 X25.2 ;\*GP\*

Z-120 RND=.6 ;\*GP\*

X34 CHR=1 ;\*GP\*

Z-121 ;\*GP\*

X37 ;\*GP\*

RET ;\*GP\*

;CON,V64,2,0.0000,4,4,MST:3,2,AX:Z,X,K,I;\*GP\*;\*RO\*;\*HD\*

;S,EX:-22,EY:16,ASE:90;\*GP\*;\*RO\*;\*HD\*

;F,LFASE:1;\*GP\*;\*RO\*;\*HD\*

;LL,EX:-68.5;\*GP\*;\*RO\*;\*HD\*

;LA,EY:22,ASE:135;\*GP\*;\*RO\*;\*HD\*

;LL,EX:-89.5;\*GP\*;\*RO\*;\*HD\*



## Příloha 6/2

```
;LA,EY:21.2,ASE:215;*GP*;*RO*;*HD*
;LL,EX:-92;*GP*;*RO*;*HD*
;R,RROUND:.6;*GP*;*RO*;*HD*
;LU,EY:26;*GP*;*RO*;*HD*
;F,LFASE:1;*GP*;*RO*;*HD*
;LL,EX:-117.5;*GP*;*RO*;*HD*
;LA,EY:25.2,ASE:215;*GP*;*RO*;*HD*
;LL,EX:-120;*GP*;*RO*;*HD*
;R,RROUND:.6;*GP*;*RO*;*HD*
;LU,EY:34;*GP*;*RO*;*HD*
;F,LFASE:1;*GP*;*RO*;*HD*
;LL,EX:-121;*GP*;*RO*;*HD*
;LU,EY:37;*GP*;*RO*;*HD*
;#End contour definition end - Don't change!;*GP*;*RO*;*HD*
E_LAB_E_HRIDEL:

N5
F_HEAD(349175807,18.5,1.,37.,-135.,1.,1.,12.5,-3.,174.297,399.216,0.3,3000.,6000
.,71,0,799,0,-17.,-50.,7,0,6,20.,38.73,20.,1);*RO*
N10
F_ROUGH("pramet-hrub", "", 1,0.18,3,220.,2,0,1,5,18.5,90,1.,90,-0.4,90,0.,90,18.9,
91,1.,91,0,0.,0.,0.,0.5,0.,0.,0,90.,90.,0.,1,0.);*RO*
N45
F_ROUGH("pramet-hrub", "", 1,0.3,3,250.,2,0,1,1,18.5,90,0.,90,17.,90,-16.,90,1.5,9
1,16.,91,0,-1.,0.,-0.,1.,0.2,0.02,1,90.,90.,0.,1,0.);*RO*
N50
F_ROUGH("FINISHING_TOOL", "", 1,0.12,3,300.,2,0,2,1,18.5,90,0.,90,17.,90,-16.,90,1
.5,91,16.,91,0,-1.,0.,-0.,1.,0.2,0.02,1,90.,90.,0.,1,0.);*RO*
N60
F_DRILL("Navrtavak", "", 1,0.06,3,850.,1,2,2,0.,90,-7.,90,6.,1.,3.,1.,0.,0.5,0.);*
RO*
N65 F_DRILL("VRTÁK
4.9", "", 1,0.1,3,500.,1,2,2,0.,90,-15.,90,6.,1.,3.,1.,0.,0.5,0.);*RO*
N70
F_DRILL("Navrtavak", "", 2,0.08,3,850.,1,2,2,-5.7,90,-7.4,90,6.,1.,3.,1.,0.,0.5,0.
);*RO*
N75 F_TAP("ZÁVITNÍK
M10", "", 1,1.5,0,70.,1,2,0,0.,90,-13.,90,0.0591,0.4775,16,93,100,10.,0.,70.);*RO*
F_END(0,1,5);*RO*
M30 ;#SM;*RO*
```