



VYSOKÉ UČENÍ TECHNICKÉ V BRNĚ

BRNO UNIVERSITY OF TECHNOLOGY

FAKULTA STROJNÍHO INŽENÝRSTVÍ

FACULTY OF MECHANICAL ENGINEERING

ÚSTAV STROJÍRENSKÉ TECHNOLOGIE

INSTITUTE OF MANUFACTURING TECHNOLOGY

NÁVRH TECHNOLOGIE VÝROBY PŘÍRUBY  
MECHANICKÉ UCPÁVKY

PRODUCTION TECHNOLOGY FOR MECHANICAL SEAL FLANGES

BAKALÁŘSKÁ PRÁCE

BACHELOR'S THESIS

AUTOR PRÁCE

AUTHOR

Patrik Stoklasa

VEDOUCÍ PRÁCE

SUPERVISOR

Ing. Oskar Zemčík, Ph.D.

BRNO 2022

# Zadání bakalářské práce

Ústav: Ústav strojírenské technologie  
Student: **Patrik Stoklasa**  
Studijní program: Strojírnoství  
Studijní obor: Základy strojního inženýrství  
Vedoucí práce: **Ing. Oskar Zemčík, Ph.D.**  
Akademický rok: 2021/22

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:

## Návrh technologie výroby příruby mechanické ucpávky

### Stručná charakteristika problematiky úkolu:

Autor navrhne výrobní technologii pro přírubu mechanické ucpávky. Součástí práce bude jak rozbor stávající technologie, tak návrh variantního technologického postupu, volba strojního a materiálového vybavení. Autor v závěru práce zhodnotí navrženou technologii z technického i ekonomického hlediska, případně navrhne další doporučení do budoucna.

### Cíle bakalářské práce:

- rešerše zvolené problematiky
- rozbor stávající technologie
- návrh vlastní variantní technologie
- technicko ekonomické zhodnocení

### Seznam doporučené literatury:

BILÍK, O., VRABEC M. Technologie obrábění s využitím CAD/CAM systémů. Ostrava: Vysoká škola báňská-Technická univ., 2002, 128 s. ISBN 80-248-0034-9.

GRZESIK, W. Advanced machining processes of metallic materials: modelling and applications. 1. vyd. Oxford: Elsevier, 2008, 446 s. ISBN 9780080445342.

CHANG, T.-Ch., R. WYSK a H.-P. WANG. Computer-Aided Manufacturing. 3. vyd. New Jersey: Prentice Hall, 2005, 684 s. ISBN 0-13-142919-1.

KAFKA, J. a M. VRABEC. Technologie obrábění. Praha: ČVUT, 2006, 120 s. ISBN 80-01-01355-3.

Termín odevzdání bakalářské práce je stanoven časovým plánem akademického roku 2021/22

V Brně, dne

L. S.

---

Ing. Jan Zouhar, Ph.D.  
ředitel ústavu

---

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

## **ABSTRAKT**

Práce se zabývá stávajícím výrobním technologickým postupem příruby mechanické ucpávky, který obsahuje rozbor veškerého nástrojového a materiálového vybavení, samotný postup se zvolenými reznými podmínkami a měřicími pomůckami. Následně je zde charakterizována variantní technologie výroby, kde jsou popsány a vysvětleny aplikované změny za účelem dosažení nižších nákladů z ekonomického hlediska. Obě tyto varianty jsou nakonec srovnány a vyhodnoceny.

### **Klíčová slova**

příruba, mechanická ucpávka, CNC stroj, technologický postup, obrábění, nástroje

## **ABSTRACT**

The bachelor thesis deals with the current technological process of the mechanical seal flange production. It contains an analysis of all tool and material equipment, the process itself and it describes selected cutting conditions and measuring aids. Variant production of technology is also characterized here, where the applied changes are described and explained in order to achieve lower costs from an economic point of view. Both variants are finally compared and evaluated.

### **Key words**

flange, mechanical seal, CNC machine, technological process, machining, tools

---

## **BIBLIOGRAFICKÁ CITACE**

STOKLASA, Patrik. *Návrh technologie výroby příruby mechanické ucpávky* [online]. Brno, 2022 [cit. 2022-02-21]. Dostupné z: <https://www.vutbr.cz/studenti/zav-prace/detail/140023>. Bakalářská práce. Vysoké učení technické v Brně, Fakulta strojního inženýrství, Ústav strojírenské technologie. Vedoucí práce Oskar Zemčík.

---

## PROHLÁŠENÍ

Prohlašuji, že jsem bakalářskou práci na téma Návrh technologie výroby příruby mechanické ucpávky vypracoval samostatně s využitím uvedené literatury a podkladů, na základě konzultací a pod vedením vedoucího práce.

---

místo, datum

---

Patrik Stoklasa

---

## PODĚKOVÁNÍ

Děkuji tímto vedoucímu práce Ing. Oskaru Zemčíkovi, Ph.D. z VUT v Brně za cenné připomínky a rady, které mi poskytl při vypracování bakalářské práce. Zároveň bych chtěl poděkovat mé rodině za podporu po celou dobu studia.

---

**OBSAH**

ÚVOD .....	9
1 SPECIFIKACE SOUČÁSTÍ .....	10
1.1 Základní specifikace příruby .....	10
1.2 Základní specifikace mechanické ucpávky .....	11
1.3 Funkční popis .....	12
2 TECHNOLOGIČNOST KONSTRUKCE PŘÍRUBY .....	15
2.1 Tvar součásti .....	15
2.2 Jakost povrchu .....	15
2.3 Montáž výrobku .....	15
2.4 Materiál příruby .....	16
2.5 Polotovar příruby .....	16
3 NÁVRH TECHNOLOGIE VÝROBY .....	18
3.1 Výrobní stroj .....	18
3.2 Upnutí obrobku .....	19
3.3 Volba nástrojů .....	21
3.3.1 Nástroje pro hrubovací operace .....	23
3.3.2 Nástroje pro dokončovací operace .....	27
3.3.3 Nástroje pro frézovací operace .....	28
3.3.4 Nástroje pro vrtání .....	32
3.3.5 Nástroje pro řezání závitů .....	35
3.4 Měřicí pomůcky .....	37
3.5 Technologický postup .....	39
4 NÁVRH VARIANTNÍ TECHNOLOGIE VÝROBY .....	43
4.1 Změna polotovaru .....	43
4.2 Změny v použitých nástrojích .....	43
4.3 Nový technologický postup .....	46
5 TECHNICKO-EKONOMICKÉ ZHODNOCENÍ .....	50
5.1 Výrobní časy .....	50
5.2 Výpočet normy spotřeby materiálu pro původní postup .....	52
5.3 Výpočet normy spotřeby materiálu pro variantní postup .....	54
5.4 Náklady na materiál .....	55
5.5 Náklady na nástroje .....	56
ZÁVĚR .....	59
SEZNAM POUŽITÝCH ZDROJŮ .....	60
SEZNAM POUŽITÝCH SYMBOLŮ A ZKRATEK .....	62
SEZNAM PŘÍLOH .....	64



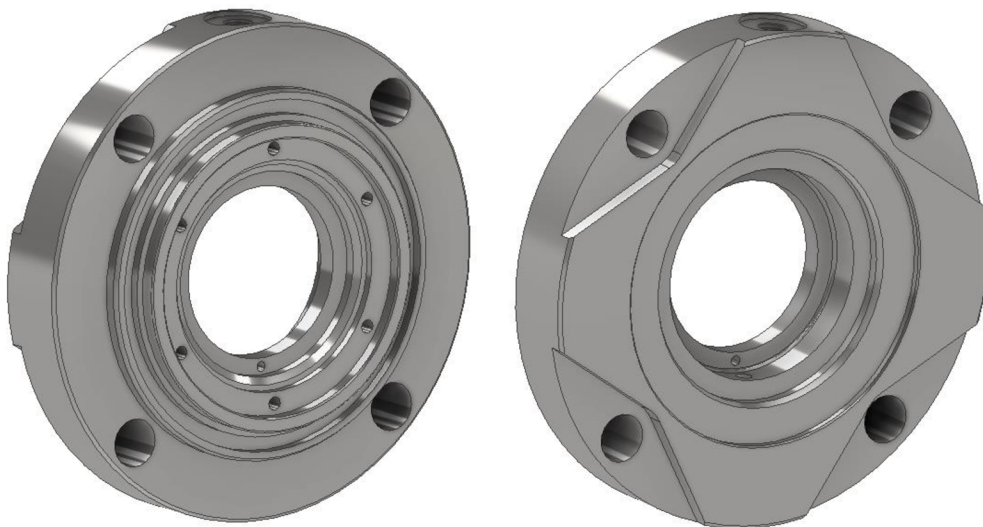
## ÚVOD

Bakalářská práce se zabývá technologickým postupem pro výrobu příruby, která je součástí sestavy mechanické ucpávky. Práce probíhala ve spolupráci s firmou, která se pohybuje v průmyslové oblasti těsnění, kde hlavním cílem práce je rozebrání stávající technologie výroby, která dále zahrnuje popsání veškerého nástrojového a materiálového vybavení společně s aplikovanými řeznými podmínkami. Součástí práce je nadále také návrh variantního postupu, ve kterém jsou blíže objasněny jednotlivé aplikované změny, ať už v nástrojovém vybavení, změně polotovaru, nebo případně v kompletním způsobu výroby jednotlivých technologických prvků.

První kapitola je věnována teoretickému základu ohledně fungování a principu mechanické ucpávky současně s přírubou. Nadále je zde objasněna funkce už konkrétní příruby zároveň s popisem a vysvětlením jednotlivých jejích ploch. Konkrétněji se přírubě věnuje Kapitola 2, kde je charakterizována z hlediska technologičnosti konstrukce.

Následně se práce věnuje už samotné technologii výroby příruby, která je zhotovena na CNC obráběcím centru MAZAK INTEGRAX i-200S na dvě upnutí. V Kapitole 3 je popsáno veškeré nástrojové vybavení, měřicí pomůcky a technologický postup s použitými řeznými podmínkami. Kapitola 4 obsahuje variantní řešení technologického návrhu, kde jsou blíže specifikovány jednotlivé aplikované změny oproti firemnímu postupu.

V poslední kapitole dochází ke srovnání obou postupů z technicko-ekonomického hlediska. Konkrétně se zde porovnávají jednotlivé výrobní časy, spotřeba a náklady na materiál, celkové finanční výdaje na VBD a nástroje pro určitou sériovost výroby. Práce je zakončena závěrem se zhodnocením výsledků společně s doporučeními do budoucna.



Obr. 1 Model příruby.

## 1 SPECIFIKACE SOUČÁSTÍ

Kapitola se zabývá teorií ohledně příruby a mechanické ucpávky. Jsou zde uvedeny obecné informace, ale také využití a rozdělení těchto komponent. Dále se kapitola zabývá konkrétní přírubou, to znamená jejím účelem a zařazením v sestavě s mechanickou ucpávkou. Je zde také znázorněn její model společně se znázorněním a popisem funkcí jednotlivých ploch.

### 1.1 Základní specifikace příruby

Příruba je zařízení prstencového tvaru, které se především užívá jako část spoje v potrubním systému. Jedná se o preferovanou alternativu ke svařovaným spojům, kvůli snadné montáži a demontáži. Z tohoto důvodu je velice snadné provést údržbu, kontrolu nebo výměnu různých součástí. Jsou upřednostňovány před závitovým spojem, jelikož u závitového spoje na velkém průměru je obtížné zabránit úniku kapaliny. Tento typ spojení se tedy především užívá u připojení potrubí k armaturám, ventilům, mechanickým zařízením, nebo k jakékoliv jiné integrální součásti v potrubní konfiguraci. [1]

Příruby byly navrženy tak, aby mohly být využity v mnoha aplikacích. Každá z nich má své specifické vlastnosti a konkrétní typ by měl být vybírán s uvažováním, aby vyhovoval určitým požadavkům na funkčnost. Mezi základní typy patří například [1]:

- příruby ploché,
- krkové,
- zaslepovací,
- točné,
- závitové,
- atypické.

Základní typ příruby je zobrazen viz obr. 2 [2]:



Obr. 2 Normalizovaný typ příruby [2].

## 1.2 Základní specifikace mechanické ucpávky

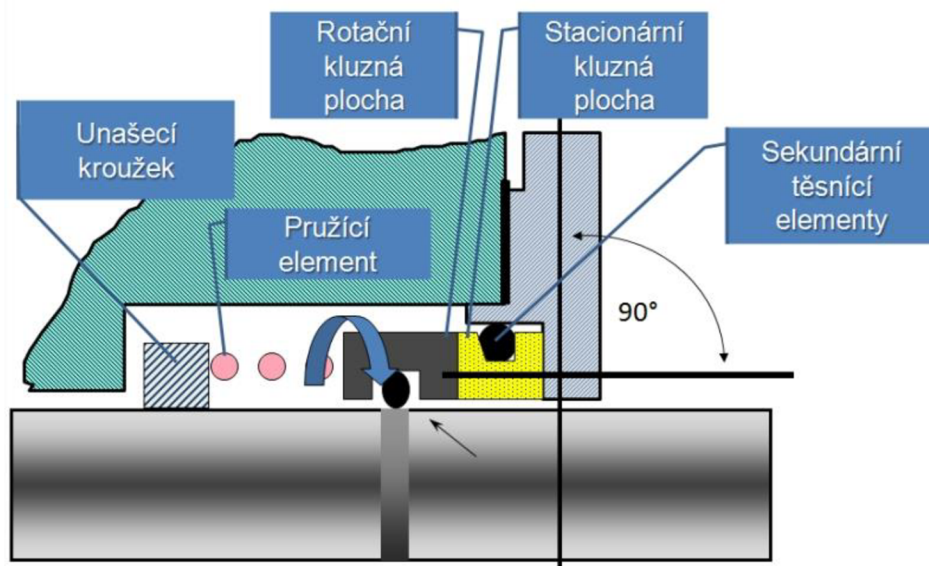
Mechanická ucpávka je zařízení, které zabraňuje nekontrolovanému úniku kapaliny přes oblast, ve které je umístěna hřídel. Mnoho průmyslových odvětví zpracovává nebezpečné kapaliny, proto spolehlivý mechanismus těsnění hřídele je zvláště důležitý. Právě závada mechanických ucpávek představuje velkou část poruch strojních zařízení ve zpracovatelském průmyslu. [3]

Všechny mechanické ucpávky obsahují tři základní skupiny částí. První a nejdůležitější skupinou jsou takzvané plochy. Dělí se na stacionární a rotační plochu. Rotační plocha je připevněna ke hřídeli a společně s ním koná otáčivý pohyb. Naopak stacionární těsnicí plocha je pevně spojena se skříní zařízení pomocí ucpávkového kroužku. [4]

Další skupina součástí jsou sekundární těsnicí prvky, mezi které se řadí [4]:

- klínový kroužek – umístěný pod rotační plochou,
- o-kroužek – nacházející se na stacionární ploše,
- těsnění ucpávkového kroužku.

Třetí skupinou komponent jsou těsnicí hardware, zahrnující pružiny, držák pružin a těsnicí kroužek. Pružiny zde zajišťují to, aby těsnicí plochy zůstaly v kontaktu během jakéhokoli axiálního pohybu, který je důsledkem běžného opotřebení těsnicích ploch nebo jejich vychýlení. Část těchto komponent je zobrazena na obr. 3. [4; 5]

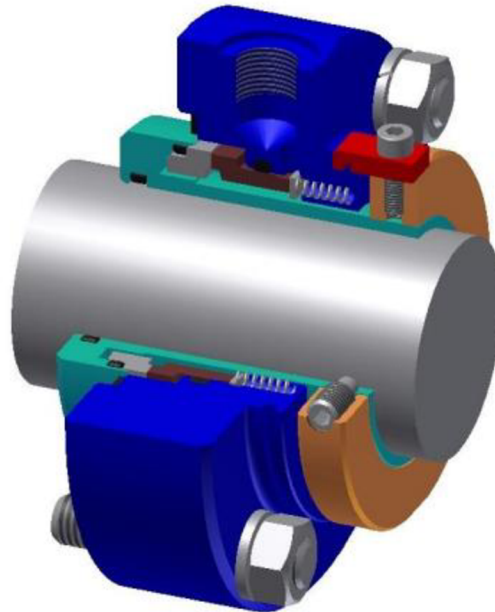


Obr. 3 Základní části mechanické ucpávky [5].

Hlavní těsnicí účinek u mechanické ucpávky je zajištěn na její dosedové ploše rotační a stacionární části. To je dosaženo použitím dvou plochých, lapovaných povrchů. Únik je dále minimalizován zároveň jejich třecím kontaktem. Další možnost úniku kapaliny je podél hřídele pod rotační plochou. To je zajištěno užitím o-kroužku. Další místa, kde se nacházejí těsnicí kroužky, jsou mezi skříní a ucpávkou, a naposledy mezi ucpávkovým kroužkem a stacionární plochou. [4]

### 1.3 Funkční popis

Konkrétní příruba je určena pro kazetovou (cartridge) mechanickou ucpávku typu DISC, která je vhodná pro utěsnění agresivních médií. Tento typ mechanické ucpávky společně s přírubou a dalšími součástmi je zobrazen na obr. 4. Jde o odlehčený typ MU, jejíž použití nezávisí na smyslu otáčení hřídele. Obsahuje sadu vinutých pružin, které jsou uloženy mimo těsnící médium. [6]



Obr. 4 Mechanická ucpávka typu DISC [6].

Limitní provozní parametry mechanické ucpávky [6]:

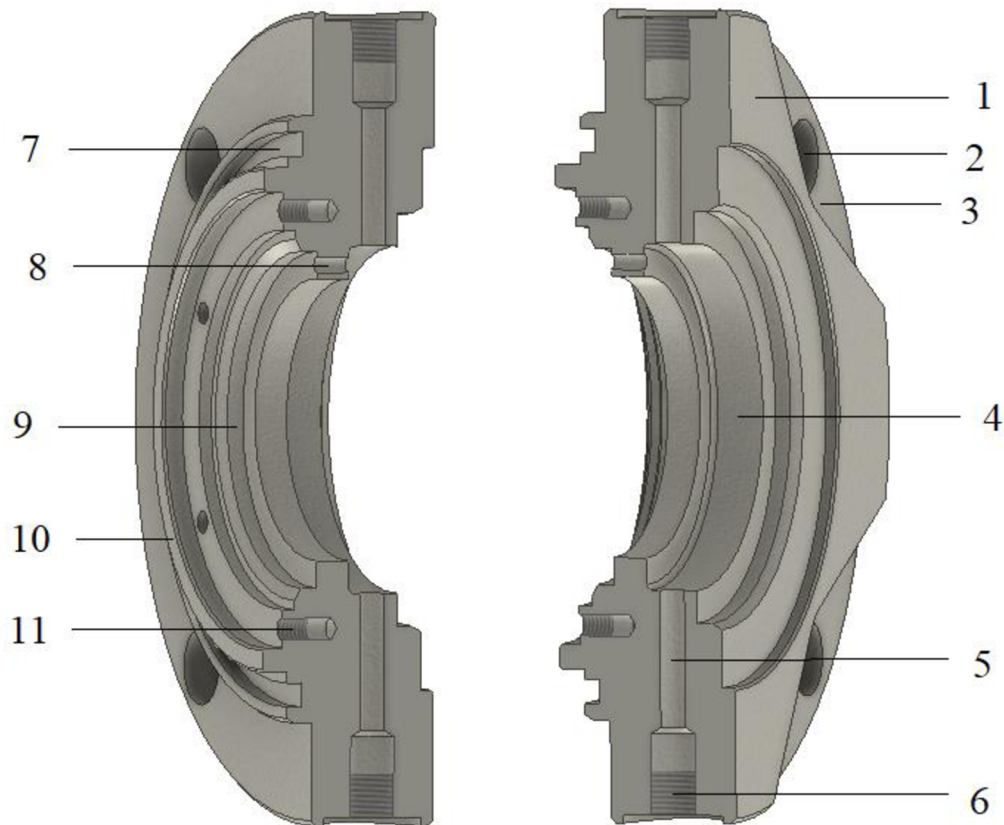
- pracovní tlak – až 2,5 MPa,
- pracovní teplota – do 200 °C,
- rychlost – 25 m/s.

Příruba zde slouží jako skříň (tmavě modrá komponenta – obr. 4), do které budou umístěné, případně na ni budou nasedat jednotlivé prvky. Mezi tyto součásti patří [6]:

- mechanická ucpávka DIS,
- unášecí pouzdro,
- unášecí kroužek,
- šroub a stavěcí šroub,
- příložka,
- o-kroužek,
- kolík,
- keramický a hliníkový kroužek.

Příruba pro MU je vyráběna na CNC obráběcím stroji, kde jsou využity základní metody třískového obrábění, především soustružení, frézování, vrtání, závitování, upichování, zápichování. Všechny tyto operace jsou prováděny na jednom vybraném CNC stroji na dvě upnutí. Největší průměr příruby je  $D = 150$  mm, nejmenší potom  $d = 52$  mm a celková šířka 35 mm. Vnitřní část dále obsahuje několik dalších osazení s úkosy, zaobleními, díry se závitů nebo

otvor pro kolík. Vnější část je opět tvořena několika průměry, kde na největším je vyfrézovaná 5 mm hluboká kontura okolo čtyř děr o průměru 14,5 mm. Jednotlivé průměry mají svůj funkční charakter s patřičnými drsnostmi a tolerancemi. Na vnější ploše se nacházejí další dvě průchozí díry se závitem a zahloubením. Na čelní ploše je potom zhotoven zápich. Jednotlivé plochy jsou zobrazeny na obr. 5 a samotná výkresová dokumentace příruby potom viz Příloha 1.



Obr. 5 Model příruby s odkazem jednotlivých ploch.

- 1) Čelní plocha příruby
- 2) Díry  $4 \times \text{Ø}14,5$  na průměru 130 mm,
  - jsou určeny pro šrouby na přichycení.
- 3) Frézovaná plocha na čele
  - 5 mm hluboká vyfrézovaná plocha na čele příruby slouží jako odlehčení, a zároveň jako prostor pro snadnější přístup pro klíč, kterým pracovník utahuje šrouby.
- 4) Prostor pro keramický kroužek
  - obsahuje  $30^\circ$  zkosení a pro jednotlivé průměry jsou předepsány tolerance –  $\text{Ø}64 \text{ H}11$ ,  $\text{Ø}76 \text{ H}8$ .
- 5) Díra  $\text{Ø}5$ 
  - tzv. díra průplachová, která slouží pro přívod chladicí kapaliny ke keramickému kroužku.

## 6) Závít M10×1,5

- závít pro rychlospojku určenou pro spojení hadice a díry, pomocí které je zde přiváděna chladící kapalina.

## 7) Čelní zápich

- určen pro gumový o-kroužek 98×3,5, kde jeho hloubka je  $3\pm 0,1$  s jakostí povrchu – Ra 1,6  $\mu\text{m}$ .

## 8) Díra Ø3 H7 na průměru 57 mm

- jedná se o díru pro kolík, který slouží k aretaci příruby vůči ostatním komponentům sestavy.

## 9) Prostor pro uhlíkový kroužek

- zde se jedná o prostor pro uhlíkový kroužek (může být použit i například keramický kroužek), kde jednotlivé osazení a tolerance jsou tomu uzpůsobeny – 60° zkosení, Ø62 H11.

## 10) Čelní plocha příruby

- kde vnější průměr má hodnotu Ø93 h7 a zároveň je zde předepsaná zpřísněná jakost povrchu – Ra 1,6  $\mu\text{m}$ .

## 11) Díry 6×Ø4,2 se závitem M5x0,8

- díry na průměru 77 mm, do kterých budou vloženy pružiny, které napomáhají těsnicímu účinku mechanické ucpávky.

## 2 TECHNOLOGIČNOST KONSTRUKCE PŘÍRUBY

Tato kapitola rozebírá přírubu z hlediska technologičnosti konstrukce. Je to souhrn informací technologicko-ekonomického charakteru, který má zajistit optimální funkčnost výrobku, spolehlivost výrobku, nadále také jeho požadovanou životnost a musí respektovat efektivitu výroby. Je popsána několika následujícími kritérii [7].

### 2.1 Tvar součásti

U příruby z výkresové dokumentace je patrné, že nejmenší vnitřní průměr je 52 mm. Pro jeho dosažení je nejdříve díra o průměru 40 mm vrtána jako průchozí, aby zde docházelo ke snadnějšímu odvodu třísek. Třísky se zde nebudou hromadit a taktéž zde nedojde k zahřívání a k vyššímu namáhání nástroje. Při soustružení vnitřní válcové plochy zajíždí hrubovací nůž do hloubky 41 mm. Je to proto, aby nedošlo k vytvoření tzv. víčka na přírubě, které by mohlo při oddělení poškodit samotný obrobek nebo destičku. Součást obsahuje při dokončení vnitřní válcové plochy u variantního postupu přídavek 0,3 mm na obrábění u průměru 52 mm. Je to voleno proto, aby při dokončení válcových ploch u obrábění z druhé strany nemuselo dojít k dopojení, což má za následek usnadnění výroby a ušetření času. Na přírubě se nachází dvě díry z průměru, kde nejdříve dojde ke zhotovení díry  $\varnothing 8,9$ , a poté se vyvrtá díra o průměru 5 milimetrů. Tento postup se provádí za účelem prodloužení životnosti vrtáků. Pokud by to bylo opačně, vrták  $\varnothing 8,9$  by byl více namáhán na obvodu a vrták  $\varnothing 5$  by zbytečně vrtal pracovním posuvem navíc 16,5 mm. Příruba obsahuje dále kruhové kapsy, které jsou u variantního technologického postupu zhotoveny 8 mm frézou po vyvrtání děr z průměru, aby se fréza mohla zanořit do prostoru vrtané díry, což má za následek ušetření její čelní řezné plochy. Další výhodou je, že kruhová kapsa je na hloubce vyfrézována na jeden záběr, jelikož se může zanořit do plné hloubky – 1,5 mm. Příruba obsahuje dva závity M10×1,5 a M5×0,8, které jsou vyhotoveny na CNC stroji pomocí závitníků. Pro dosažení závitu s vyšší jakostí a pevností je u závitu M10×1,5 použit tvářecí závitník. Tenká stěna mezi závitem M5×0,8 a vnitřní plochou díry nedovoluje využít tvářecí závitník při zhotovení, jelikož by mohlo dojít k vytlačení materiálu a byla by tak narušena funkce vnitřní plochy, která je určena pro keramický kroužek. Je zde tedy využit závitník řezný. Příruba obsahuje několik tolerovaných ploch společně s předepsanými jakostmi povrchu. Hlavní technologická základna je dle výkresové dokumentace připsána na  $\varnothing 112$ , kde jsou k ní vztaženy geometrické tolerance kolmosti čelního zápichu, a dále potom házení na rozměrech:  $\varnothing 76$  H8,  $\varnothing 70$ , kde přijdou keramické a uhlíkové kroužky.

### 2.2 Jakost povrchu

Předepsaná drsnost povrchu by neměla být více než nezbytně nutná pro správnou funkci výrobku. Dle výkresové dokumentace jsou zpřísněné jakosti povrchu předepsány na ploše čelního zápichu a na rozměru  $\varnothing 93$  h7 v hodnotě  $R_a = 1,6 \mu\text{m}$ . Čelní zápich zde je určen pro těsnící kroužek 98×3,5, kde samotná hodnota jakosti povrchu je doporučena jeho výrobcem. Při zhotovení není potřeba dalších strojů (např. brusky), ale obou drsností lze dosáhnout přímo na vybraném CNC stroji při volbě vhodných nástrojů a řezných podmínek. To samé platí s drsnostmi  $R_a = 3,2 \mu\text{m}$ .

### 2.3 Montáž výrobku

Díra  $\varnothing 3$  H7 na průměru 57 mm je určena pro kolík, pomocí kterého je příruba aretována vůči sestavě při montáži. Další prvek, který usnadňuje proces montáže příruby do sestavy s mechanickou ucpávkou je vyfrézovaná 5 mm plocha na čele příruby. Tento prostor je zde utvořen pro snadnější přístup klíče na utahování šroubů a zároveň slouží jako odlehčení příruby. Tato kontura nemá tedy výraznější funkční charakter a šla by navrhnout i jiným způsobem, kde

by mohly být změněny rozměrové charakteristiky nebo tvar vybrání. Při těchto změnách by mohla být urychlena výroba, případně zmenšena hmotnost příruby.

## 2.4 Materiál příruby

Materiálem příruby je nerezová ocel s označením 1.4301 se sníženým obsahem uhlíku, kde jednotlivé hmotnostní složení zobrazuje tab. 1. Tento typ oceli je zvolen především, jelikož se používá pro konstrukční díly s mírným zatížením, což platí pro vyráběnou přírubu. Ocel je taktéž odolná proti vodě, vodní páře, vlhkosti vzduchu, jedlým kyselinám a slabým organickým i anorganickým kyselinám. To jsou všechno prostředí, ve kterých se daná příruba používá, a proto z hlediska oblasti provozu je tento materiál pro ni vhodný. Dále je také důležité, aby materiál byl dobře obrobitelný. Ocel 1.4301 disponuje vyšší houževnatostí s mechanickými vlastnostmi [8]:

- mez kluzu:  $R_{p0,2} \geq 190 \text{ MPa}$ ,
- mez pevnosti v tahu: 500–700 MPa,

a proto je při obrábění třeba volit správné řezné podmínky. Naopak se jedná o nejvíce rozšířenou a používanou korozivzdornou ocel na trhu a není tedy žádný problém s její dostupností a pořízením. Zde jsou další možné oblasti využití [9]:

- průmyslové odvětví,
- potravinářský a farmaceutický průmysl,
- ropný průmysl,
- konstrukce nádrží,
- automobilový průmysl.

Tab. 1 Hmotnostní složení nerezové oceli [8].

C (%)	Cr (%)	Mn (%)	N (%)	Ni (%)	P (%)	S (%)	Si (%)	Fe
0–0,07	17,5–19,5	0–2	0–0,1	8–10,5	0–0,045	0–0,015	0–1	zbytek

Jako jiná varianta materiálu by se dala použít ocel s označením 1.4541, která se uplatňuje ve stejných oblastech jako ocel 1.4301, tzn. v chemickém a potravinářském průmyslu. Disponuje podobnými mechanickými vlastnostmi, kde navíc je tato ocel lépe obrobitelná, ovšem její pořizovací cena je vyšší než u původního materiálu. Popřípadě se dají použít materiály 1.4571, 1.4404, které jsou taktéž běžně užívány pro příruby.

## 2.5 Polotovar příruby

Polotovar je výchozí materiál o určitých rozměrech, který je vhodně připravený pro výrobu dané součásti. Při jeho výběru se hledí především na ekonomické hledisko, proto by se měl co nejvíce rozměrově a tvarově podobat již hotové součásti. Při hodnocení polotovaru musí jeho provedení splňovat tyto následující parametry [7]:

- vynaložená práce na výrobu má být přiměřená,
- spotřeba materiálu má být minimální,
- přídavky na obrábění mají být přiměřené vzhledem k funkčnosti obráběných ploch.

Nejčastěji využívanými polotovary při výrobě strojírenských součástí jsou například tyče (hutní materiál tažený nebo válcovaný). Dále potom výkovky a výlisky z oceli, nezelezných kovů nebo plastů, svařence, odlitky, výstřižky z plechů nebo polotovary zhotovené práškovou metalurgií. [7]



---

U samotné volby polotovaru bylo zvažováno několik možností, co se týče velikosti jeho rozměrů a samotném zpracování. Firma dlouhodobě spolupracuje se společností Valbruna CE s.r.o., se kterou má kladné zkušenosti z hlediska kvality materiálů, širokého sortimentu a rychlé komunikace společně s dodáním. Při volbě rozměrů polotovaru se především vycházelo z výkresové dokumentace, kde největší průměr má hodnotu 150 mm a šířka 35 mm. Z katalogu od výrobce lze brát v úvahu pouze rozměry o velikostech 150 a 160 mm. Dále se nabízí možnosti, jestli jednotlivé polotovary budou dodány už nařezané dodavatelem, nebo tato operace proběhne přímo ve firmě na pásové pile.

Ve firemním postupu je příruba zhotovena z kruhové tyče DIN 1013 válcované za tepla. Tento typ výrobního procesu je levnější oproti válcování za studena, protože vyžaduje menšího množství zpracování. Dále takto zhotovená ocel je vhodná pro projekty, které vyžadují větší pevnost. Naopak není doporučeno její využití pro součásti s vyššími nároky na přesnost, jelikož při ochlazení dochází k mírnému zmenšení oceli. Z těchto kritérií je patrné, že ocel vyhotovená tímto procesem je vhodná a cenově výhodná k použití pro přírubu, oproti tyčím válcovaným za studena.

Konkrétně byla zvolena tyč o velikosti průměru 160 mm, což je nejbližší vyšší rozměr polotovaru. Šířka polotovaru je 40 mm, protože je potřeba 5 mm délky materiálu, za který je obrobek upnut do čelistí. Materiál je nařezán přímo u dodavatele. Je tomu proto, jelikož firma nedisponuje pásovou pilou a jednotlivé pracoviště tomu nejsou uzpůsobeny – nebyla by tak dodržena bezpečnost výroby, jelikož u zvedání a přesunu takto dlouhých těžkých kusů jsou zapotřebí jeřáby, které nejsou k dispozici. Taktéž by bylo zapotřebí obsluhu u pásové pily zaplatit a zároveň by doprava od dodavatele byla dražší. Z těchto důvodů je tedy jednodušší si nechat materiál nařezat u dodavatele.

Standartně bývají objednávány tyče o průměrech 160 mm a délkách 40 mm. Cena materiálu 1.4301 vychází na 135,- Kč/kg společně s řezem 400,- Kč/ks. V Kapitole 4.1 je navrženo variantní řešení polotovaru a následně v Kapitole 5.4 jsou oba způsoby srovnány a vyhodnoceny.

## 3 NÁVRH TECHNOLOGIE VÝROBY

### 3.1 Výrobní stroj

Volba stroje je podstatným bodem výrobního postupu a výroby samotné součásti. Při výběru konkrétního typu obráběcího stroje se vychází z těchto požadavků [7]:

- druh a způsob obrábění (soustružení, vrtání, frézování, hrubování, obrábění na čisto atd.),
- tvarová složitost,
- požadavky na jakost výroby (přesnost tvarů, rozměrů atd.),
- požadavky na údržbu a spolehlivost výrobního zařízení,
- sériovost výroby.

Dále je důležité, aby vybraný stroj měl dostatečnou tuhost, přesnost, vhodnou konstrukci, software a nástrojové vybavení. Ze strojového parku firmy, kde je příruba vyráběna, je vybrán MAZAK INTEGREX i-200S, na kterém budou realizovány téměř všechny operace výroby, tzn. veškeré soustružení, frézování, vrtání atd. CNC obráběcí centrum je zobrazeno na obr. 6.



Obr. 6 CNC obráběcí stroj – Mazak INTEGREX i-200S [10].

Jedná se o 5osé soustružnické obráběcí centrum s přídavným frézováním od společnosti Yamazaki Mazak Corporation s.r.o. se sídlem v japonském Oguchi. INTEGREX i-200S patří do páté generace víceúčelových strojů MAZAK. Tyto stroje se vyznačují vysokou přesností a zároveň vysokou obráběcí plochou pro středně velké až velké, složité komponenty. Frézovací vřetena jsou monitorována na teplo, vibrace a posunutí jako preventivní opatření prostřednictvím modulu Intelligent Performance Spindle (IPS). Dále obsahují moderní programovací software s názvem Mazatrol SmoothX. Tento programovací systém je vysoce flexibilní a současně také graficky přehledný. Obsahuje důležitou technologii, jako například IPM (Intelligent Pocket Milling), kde se jedná o inteligentní frézování kapes, které je schopno automaticky generovat dráhu nástroje pro udržení konstantního úhlu záběru ostří, což má za

následek rovnoměrného zatížení nástroje a optimalizované řezné podmínky i pro obtížně obrobitelné materiály [10].

Výrobce tento stroj doporučuje používat pro méně tvrdé materiály, kde alternativou pro výrobu tvrdších materiálů se dá použít MAZAK INTEGREGEX i-300S, který lze být rozšířen o druhé sklíčidlo k upínání obrobků a revolverovou hlavu pro hrubování.

Kapacita zásobníku u tohoto stroje je 72 nástrojů. Frézovací vřeteno poskytuje výkon 22 kW, 12 000 ot/min a rozsah otáčení osy B o 240 stupňů [10]. Příloha č. 3 obsahuje jeho další technické údaje.

### 3.2 Upnutí obrobku

Upnutí obrobku musí být spolehlivé, mělo by vykazovat dostatečnou tuhost a zároveň by mělo zajišťovat jednoznačnou polohu obrobku vzhledem k funkčním částem obráběcího stroje [11]. Konkrétní příruba se vyrábí na dvě upnutí, kde se nejprve polotovar upne za průměr 160 mm do sklíčidla Kitagawa B-210 (obr. 7). Jedná se o 254 mm tříčelist'ové sklíčidlo s 75 mm průchozí dírou a maximálními otáčkami  $n = 4200 \text{ min}^{-1}$ . Další technické údaje o tomto sklíčidle jsou znázorněny v tabulce č. 2. [12]

Tab. 2 Tabulka s technickými údaji Sklíčidla Kitagawa B-210 [12].

Rozsah upnutí	Zdvih čelistí	Max. upínací síla	Max. tažná ovládací síla	Ozubení základní čelisti	Max. tlak
[mm]	[mm na průměru]	[kN]	[kN]	[mm, °]	[MPa]
31–254	8,8	111	43	1,5×60	2,7



Obr. 7 Tříčelist'ové sklíčidlo Kitagawa B-210 [12].

Sklíčidlo je nadále osazeno tvrdými čelistmi Schunk SZAJ 25-3 (obr. 8). Jsou to hrubovací čelisti pro upínání za vnější průměr s vroubkovým ozubením 1,5×60° a šířkou drážky 16 mm (další technické údaje jsou vypsány v tabulce č. 3). Je důležité čelisti souměrně upnout do drážek sklíčidla. Dále jsou zde našroubovány dorazy AB 206 M6 o délce 20 mm (obr. 9), aby mohl být obrobek upnut za požadovanou délku – 5 mm. [13]

Tab. 3 Tabulka technických informací pro tvrdé čelisti Schunk SZAJ 25-3 [13].

Šířka	Výška	Upínací hloubka	Závit zarážky obrobku	Rozestup otvorů	Šrouby	Materiál
[mm]	[mm]	[mm]	-	[mm]	-	-
40	58	25	M6	30	M12	Ocel 16MnCr5



Obr. 8 Tvrdé hrubovací čelisti SZAJ 25-3 [13].



Obr. 9 Doraz AB 206 M6 [13].

Po zhotovení první strany příruby se obrobek uchytí do měkkých čelistí značky Schunk FR-AL 130 (obr. 10), ve kterých je součást dokončena. Jsou to měkké nastavbové čelisti z hliníku AlZnMgCu1,5, které mohou být flexibilně protočeny na požadovaný upínací průměr. Je zde tedy potřeba vysoustružení pomocného průměru, za který je součást uchopena. [13]



Obr. 10 Měkké čelisti Schunk FR-AL 130 [13].

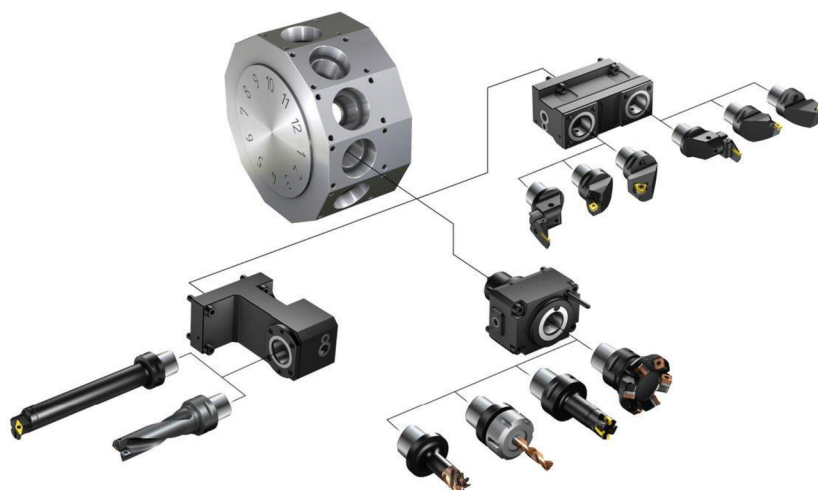
### 3.3 Volba nástrojů

Všechny typy nástrojů byly voleny především s ohledem na vybavení a zkušenostech firmy s různými dodavateli, ale také z ekonomického a technologického hlediska. Vrtáky, závitníky a frézy byly vybrány hlavně z katalogu firmy Seco Tools s.r.o. Nástroje pro soustružnické operace společně s vyměnitelnými břitovými destičkami ze slinutých karbidů jsou od firmy Sandvik Coromant. V Příloze č. 2 je znázorněna ukázka nástroje v katalogu Seco Tools.

U volby nástroje a startovních řezných podmínek je jednou z nejdůležitějších věcí správná identifikace obráběného materiálu. Obráběným materiálem je korozivzdorná ocel třídy 17, která spadá dle normy ISO 513 do skupiny Modrá P. Tato klasifikace označuje obrábění materiálů tvořících dlouhou třísku – oceli, oceli na odlitky, temperované litiny. Podle této informace budou voleny následné vyměnitelné břitové destičky. Podskupiny se potom označují dvoumístnými čísly, které vyjadřují houževnatost obráběných materiálů a jejich odolnost vůči otěru. Například označení P10 udává, že řezné materiály jsou uvažovány pro obrábění oceli s nízkou houževnatostí. Naopak P40 reprezentuje obrábění s vysokými požadavky na houževnatost. [11; 14]

Dále u volby nástrojů je důležité, aby korespondoval systém upínání u stroje a nástroje. Jelikož zvolený CNC stroj disponuje systémem upínání nástrojů Coromant Capto, je třeba vybírat ty nástroje, které taktéž tuto technologii využívají. Konkrétně je potřeba vybírat velikost C6. Tento způsob upínání nástrojů je vyvíjen švédskou firmou Sandvik Coromant. Jedná se o modulární rychlovýměnnou nástrojovou koncepci, která umožňuje zkrácení časů na seřízení a výměny nástroje, což přináší podstatné zvýšení využití stroje. Dále tento systém je schopen přenášet velké kroutící momenty, má vysokou ohybovou tuhost a samostředící konstrukci. Coromant Capto lze využít pro všechny typy obráběcích strojů a stejné nástroje lze tak používat v celém závodě, čímž umožňuje omezení nástrojového inventáře na minimum. Systém Coromant Capto je zobrazen na obr. 11. Mezi další výhody například potom patří [15]:

- minimální skladové zásoby nástrojů,
- vysoká základní stabilita a přesnost,
- flexibilita a značná modularita.



Obr. 11 Zobrazení upínacího systému Coromant Capto [15].

Všechny zvolené nástroje jsou přehledně uspořádané do Nástrojového listu (tab. 4,5) a zároveň jednotlivě popsány a zobrazeny. Nástrojový list nadále obsahuje označení všech pozic, které souhlasí s technologickým postupem, uveden je zde také základní popis obráběcí operace, označení jednotlivých částí nože a naposledy také výrobce.

Tab. 4 Nástrojový list, 1. strana [13; 15; 16; 17].

Číslo listu: 1		<b>NÁSTROJOVÝ LIST</b>			Datum: 10. 5. 2022
		Stroj: MAZAK INTEGRAX i-200		Číslo výkresu: DI3-0213	
Pozice	Popis	Část	Označení	Výrobce	
P1	Hrubovací nůž pro vnější obrábění	Řezná jednotka VBD	C6-DWLN 45065-08 WNMG 08 04 08-MF 1125	Sandvik Coromant	
P2	Hrubovací nůž pro vnitřní obrábění	Upínač Hlavička VBD	C6-570-3C 32 159 570-DCLNL-32-12-L CNMG 12 04 08-MF 1125	Sandvik Coromant	
P3	Nůž pro čelní zápich	Řezná jednotka Planžeta VBD	C6-570-32-RF 570-32R123G18B090B N123G1-0300-0003-TF 1125	Sandvik Coromant	
P4	Dokončovací nůž pro vnější operace	Řezná jednotka VBD	C6-SVJBR-45065-16HP VBGT110302R-F	Sandvik C. Kyocera	
P5	Dokončovací nůž pro vnitřní plochy	Řezná jednotka VBD	C6-SVQBR-22120-16HP VBGT110302L-F	Sandvik C. Kyocera	
P6	Fréza s VBD	Řezná jednotka Držák VBD	R217/220.21-LP06 C6-391.5820-10075 LNKT050420PPTN4-M06	Seco Tools	
P7	Monolitní fréza	Fréza Upínač	JS754100E2C.0Z4A-HXT C6-391.5603-10080	Seco Tools	
P8	Vrták s VBD	Řezná jednotka VBD obvodová VBD středová	SD523-40-120-C6 SCGX11T308-P1 T250D SPGX12T3-C1 T400D	Seco Tools	
P9	Monolitní vrták	Vrták Upínač	SD_DRILL_8.9MM_3XD Shrinkfit C6-391.5603-10080	Seco Tools	
P10	Monolitní vrták	Vrták Upínač	SD_DRILL_5.0MM_8XD_A Shrinkfit C6-391.5603-06080	Seco Tools	

Tab. 5 Nástrojový list, 2. strana.

Číslo listu: 2		<b>NÁSTROJOVÝ LIST</b>			Datum: 10. 5. 2022
		Stroj: MAZAK INTEGREGX i-200		Číslo výkresu: DI3-0213	
Pozice	Popis	Část	Označení	Výrobce	
P11	Monolitní vrták	Vrták Kleština	SD_DRILL_14.0MM_3XD CC ER 25 Ø14-15	Seco Tools Schunk	
P12	Monolitní vrták	Vrták Upínač	SD_DRILL_3.0MM_5XD_A Shrinkfit C6-391.5603-06080	Seco Tools	
P13	Monolitní vrták	Vrták Upínač	SD_DRILL_4.2MM_3XD Shrinkfit C6-391.5603-06080	Seco Tools	
P14	Tvářecí závitník	Závitník Kleština	MF-M10X1.50ISO6HX-XE-V053 CC ER 25 Ø9-10	Seco Tools Schunk	
P15	Řezný závitník	Závitník Kleština	MTH-V011 M5x0,8 CC ER 25 Ø5-6	Seco Tools Schunk	
P16	Středící vrták	Hlavička  Držák Upínač	MP10-10006C90Z2-M03 F40M MP10-10055-010.00 C6-391.5603-10080	Seco Tools	

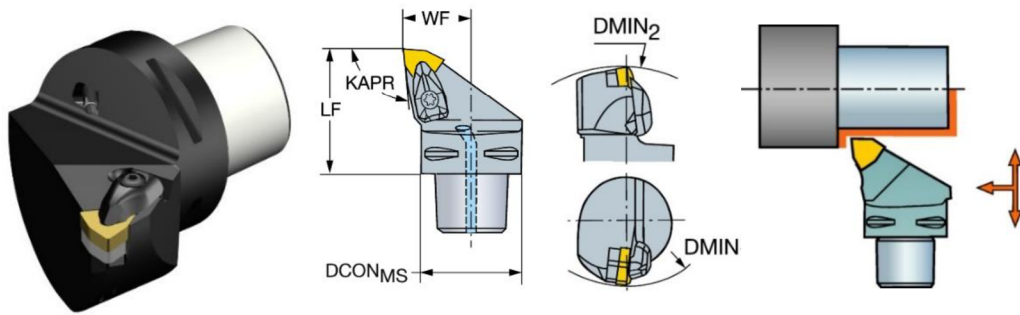
### 3.3.1 Nástroje pro hrubovací operace

Orovnání čela a soustružení vnějších válcových ploch

Pro tyto operace je vybrán nástroj s označením C6-DWLNR-45065-08 (obr. 12), který se používá pro soustružení čelních rovinných a vnějších válcových ploch. Další informace ohledně nástroje se nacházejí v tabulce č. 6. Pro tento nástroj je nadále zvolena destička s označením WNMG 08 04 08-MF 1125 (obr. 13) a PVD povlakem TiAlN+TiAlN. Její rozměry a vlastnosti jsou popsány v tabulce č 7. [15]

Tab. 6 Rozměry a vlastnosti nástroje C6-DWLNR-45065-08 [15].

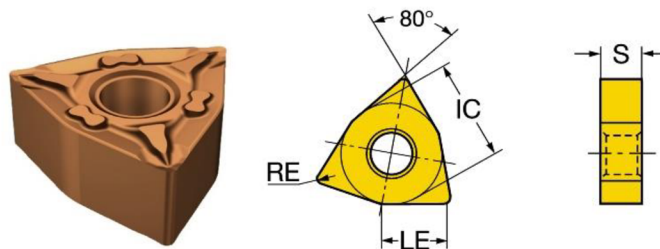
Funkční šířka (WF)	Úhel břitu nástroje (KAPR)	Funkční délka (LF)	Spojovací průměr (DCON)	Minimální průměr otvoru (DMIN1)	Minimální průměr otvoru (DMIN2)	Kód typu upnutí	$\gamma_0$	$\lambda_s$
[mm]	[°]	[mm]	[mm]	[mm]	[mm]	-	[°]	[°]
45	95	65	63	110	190	D	-6	-6



Obr. 12 Nástroj C6-DWLN-45065-08 [15].

Tab. 7 Parametry WNMG 08 04 08-MF 1125.

Poloměr rohu (RE)	Účinná délka břitu (LE)	Průměr vepsané kružnice (IC)	Tloušťka destičky (S)	$a_p$	$f$	$v_c$
[mm]	[mm]	[mm]	[mm]	[mm]	[mm]	[m/min]
0,794	7,887	12,7	4,762	0,1–1,5	0,1–0,4	205–95



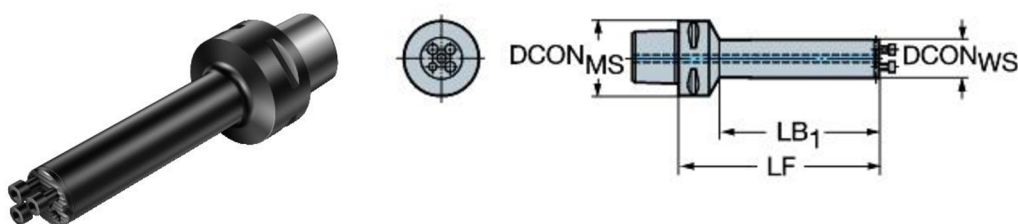
Obr. 13 Výměnná břitová destička WNMG 08 04 08-MF 1125 [15].

### Soustružení vnitřních válcových ploch

Pro soustružení těchto ploch je zvolen antivibrační nástroj s označením C6-570-3C 32 159 (obr. 14), který zaručuje zachování produktivity a dodržení přísných tolerancí. Další informace jsou vypsány v tabulce č. 8. Dále je nástroj opatřen hlavičkou 570-DCLNL-32-12-L (obr. 15), která je určena pro soustružení vnitřních válcových ploch, kde její další parametry jsou znázorněny v tabulce č. 9. V hlavičce je potom upnuta destička CNMG 12 04 08-MF 1125 (obr. 16, tab. 10) s PVD povlakem TiAlN+TiAlN. [15]

Tab. 8 Parametry antivibračního držáku C6-570-3C 32 159 [15].

Délka tělesa (LB1)	Funkční délka (LF)	Spojovací průměr (DCON)	Orientace	Průměr tělesa
[mm]	[mm]	[mm]	-	[mm]
129,8	159	32/63	N	32

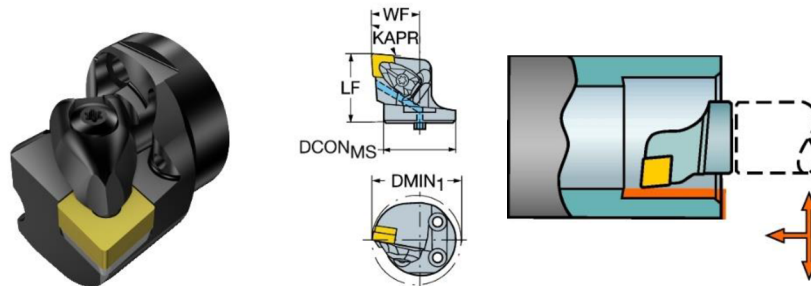


Obr. 14 Vibrační držák C6-570-3C 32 159 [15].



Tab. 9 Parametry hlavičky 570-DCLNL-32-12-L [15].

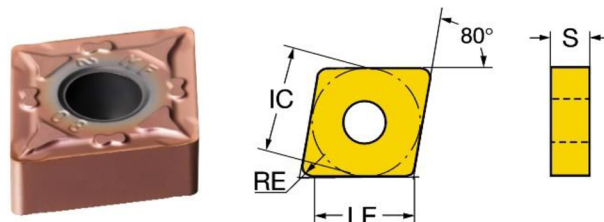
Funkční šířka (WF)	Úhel břítu nástroje (KAPR)	Funkční délka (LF)	Spojovací průměr (DCON)	Minimální průměr otvoru (DMIN1)	Kód typu upnutí	$\gamma_0$	$\lambda_s$
[mm]	[°]	[mm]	[mm]	[mm]	-	[°]	[°]
22	95	38	32	40	D	-6	-9



Obr. 15 Hlavička 570-DCLNL-32-12-L [15].

Tab. 10 Parametry výměnné břitové destičky typu CNMG 12 04 08-MF 1125 [15].

Poloměr rohu (RE)	Účinná délka břítu (LE)	Průměr vepsané kružnice (IC)	Tloušťka destičky (S)	$a_p$	$f$	$v_c$
[mm]	[mm]	[mm]	[mm]	[mm]	[mm]	[m/min]
0,794	12,096	12,7	4,762	0,15–1,5	0,1–0,4	205–95



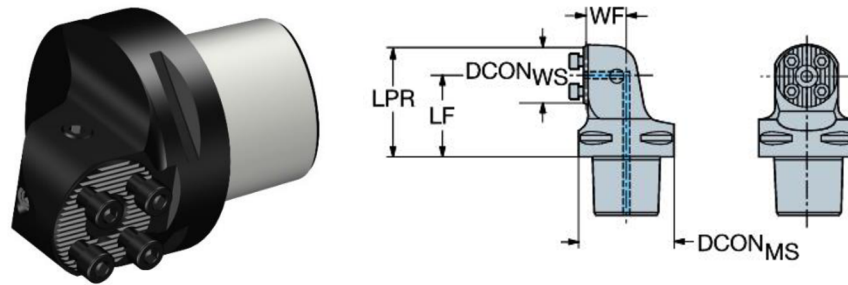
Obr. 16 VBD CNMG 12 04 08-MF 1125 [15].

### Soustružení čelního zápichu

Pro vyhotovení čelního zápichu je vybrán nástroj s označením C6-570-32-RF (obr. 17, tab. 11) s planžetou 570-32R123G18B090B, která je určena pro čelní zapichování na rozmezí průměru axiální drážky – 160–90 mm. Planžeta je znázorněna na obrázku č. 18 a její další charakteristiky jsou vypsány v tabulce č. 12. Dále je zde upnuta destička N123G1-0300-0003-TF 1125 s PVD povlakem TiAlN (obr. č. 19, tab. 13). Pro dokončení čelního zápichu je použit stejný nástroj a výměnitelná břitová destička. [15]

Tab. 11 Nástroj C6-570-32-RF [15].

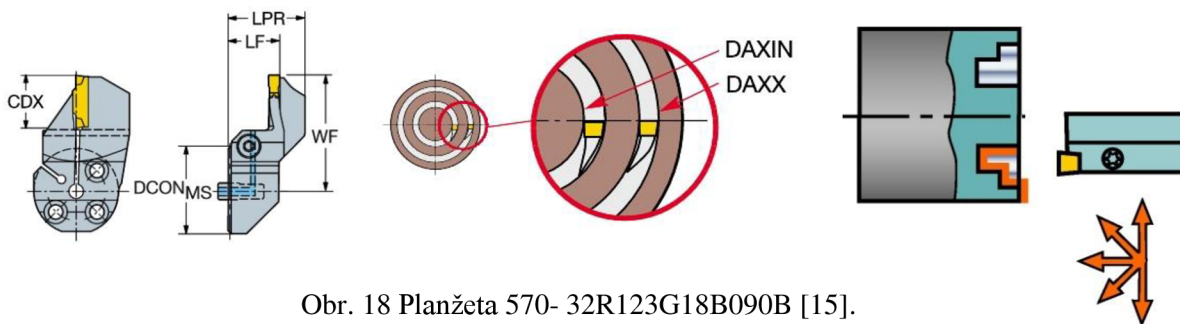
Délka tělesa (LPR)	Funkční délka (LF)	Spojovací průměr (DCON)	Funkční šířka (WF)	Orientace
[mm]	[mm]	[mm]	[mm]	-
54,8	38,5	32/63	31	R



Obr. 17 Nástroj C6-570-32-RF [15].

Tab. 12 Parametry planžety 570- 32R123G18B090B [15].

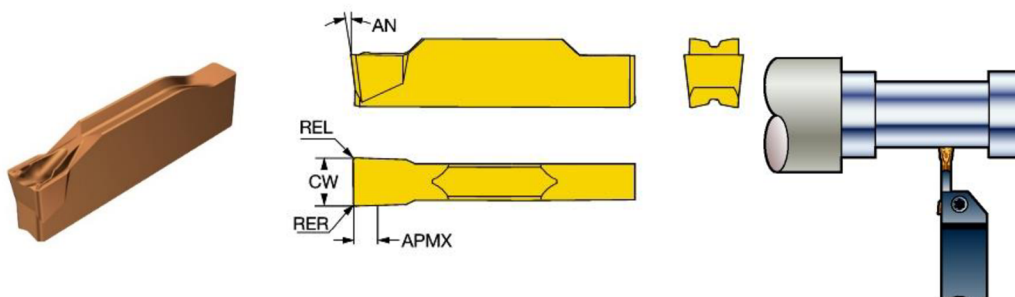
Maximální hloubka řezu (CDX)	Max. vnější průměr axiální drážky (DAXX)	Spojovací průměr (DCON)	Min. vnitřní průměr axiální drážky (DAXIN)	Orientace
[mm]	[mm]	[mm]	[mm]	-
18	160	32	90	R



Obr. 18 Planžeta 570- 32R123G18B090B [15].

Tab. 13 Parametry destičky N123G1-0300-0003-TF 1125 [15].

Hlavní úhel hřbetu (AN)	Poloměr rohu vlevo (REL)	Šířka řezu (CW)	Poloměr rohu vpravo (RER)	f	v <sub>c</sub>
[°]	[mm]	[mm]	[mm]	[mm]	[m/min]
7	0,3	3	0,3	0,04–0,23	285–175



Obr. 19 Destička N123G1-0300-0003-TF 1125 [15].

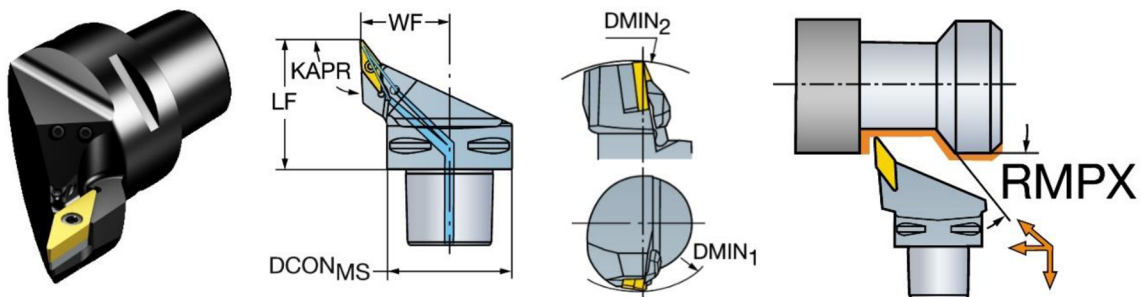
### 3.3.2 Nástroje pro dokončovací operace

Dokončení čelní rovinné a vnější válcové plochy.

Pro tyto operace je použit nástroj s názvem C6-SVJBR-45065-16HP (obr. 20), který je určený pro dokončovací operace a je schopen soustružit vnější rovinné, válcové i zkosené plochy. V tabulce č. 14 jsou vypsané další parametry daného nástroje. Do nástroje je upnuta vyměnitelná břitová destička VBGT110302R-F (obr. 21, tab. 15), která je taktéž vhodná pro dokončovací operace. [15; 17]

Tab. 14 Parametry nástroje C6-SVJBR-45065-16HP [15].

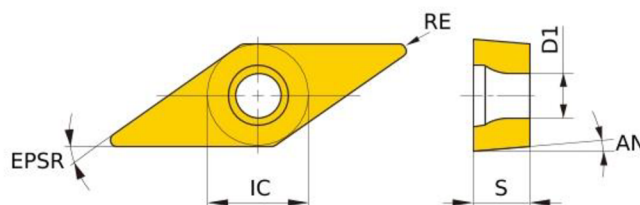
Funkční šířka (WF)	Úhel břitu nástroje (KAPR)	Funkční délka (LF)	Spojovací průměr (DCON)	Minimální průměr otvoru (DMIN2)	Kód typu upnutí	$\gamma_0$	$\lambda_s$
[mm]	[°]	[mm]	[mm]	[mm]	-	[°]	[°]
45	93	65	63	200	D	0	0



Obr. 20 Nástroj C6-SVJBR-45065-16HP [15].

Tab. 15 Parametry vyměnitelné břitové destičky VBGT110302R-F [17].

Poloměr rohu (RE)	Účinná délka břitu (LE)	Průměr vepsané kružnice (IC)	Tloušťka destičky (S)	Průměr otvoru (D1)
[mm]	[mm]	[mm]	[mm]	[mm]
0,2	3	6,35	3,18	2,85



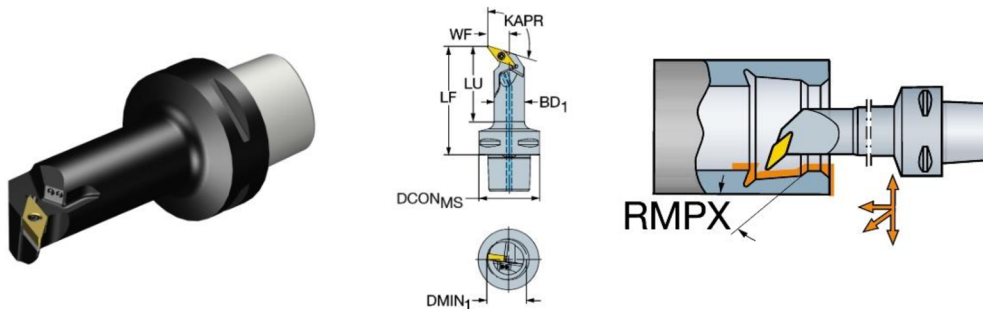
Obr. 21 Vyměnitelná břitová destička VBGT110302R-F [17].

Dokončení vnitřní válcové plochy

Pro dokončení této plochy je vybrán nástroj s označením C6-SVQBR-22120-16HP (obr. 22), který je vhodný pro soustružení vnitřních válcových, rovinných a zkosených ploch. Další informace ohledně tohoto nástroje jsou znázorněny v tabulce č. 16. Do nástroje je následně upnuta destička VBGT110302L-F (obr. 23, tab. 17). [15; 17]

Tab. 16 Parametry nástroje C6-SVQBR-22120-16HP [15].

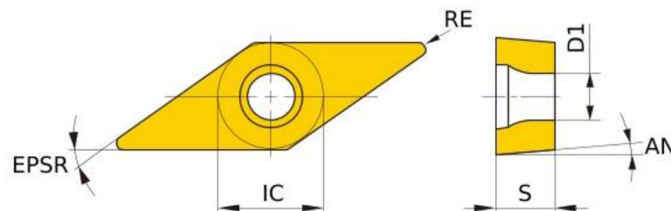
Funkční šířka (WF)	Úhel břitu nástroje (KAPR)	Funkční délka (LF)	Spojovací průměr (DCON)	Minimální průměr otvoru (DMIN1)	Použitelná délka (LU)	$\gamma_0$	$\lambda_s$
[mm]	[°]	[mm]	[mm]	[mm]	[mm]	[°]	[°]
22	107,5	120	63	40	94	0	-10,852



Obr. 22 Nástroj C6-SVQBR-22120-16HP [15].

Tab. 17 Břitová destička VBGT110302L-F [17].

Poloměr rohu (RE)	Účinná délka břitu (LE)	Průměr vepsané kružnice (IC)	Tloušťka destičky (S)	Průměr otvoru (D1)
[mm]	[mm]	[mm]	[mm]	[mm]
0,2	3	6,35	3,18	2,85



Obr. 23 Břitová destička VBGT110302L-F [17].

### 3.3.3 Nástroje pro frézovací operace

#### Frézování čelní plochy

Pro zhotovení této plochy je použita fréza R217/220.21-LP06 (obr. 24). Tato fréza je schopna obrábět vysokým posuvem a zajišťuje větší úběr materiálu, než je tomu u běžné metody. Další informace jsou sepsány v tabulce č. 18. Do nástroje jsou upnuty čtyři břitové destičky LNKT050420PPTN4-M06 (obr. 25, tab. 19) s PVD povlakem. Jako upínač je potom použit C6-391.5820-10075 (obr. 26, tab. 20). Jedná se o upínač s technologií Seco-Capto, který disponuje otvorem pro chlazení a je vhodný pro operace s dlouhým vyložem. [16]

Tab. 18 Nástroj R217/220.21-LP06. [16]

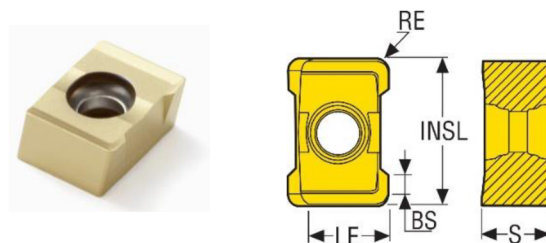
Velikost závitu (TDZ)	Průměr stykové plochy (DCSFMS)	Funkční délka (LF)	Obráběcí průměr (DC)	Maximální obráběný průměr (DCX)
-	[mm]	[mm]	[mm]	[°]
M10	18,5	28	11,5	20



Obr. 24 Nástroj R217/220.21-LP06 [16].

Tab. 19 Parametry břitové destičky LNKT050420PPTN4-M06 [16].

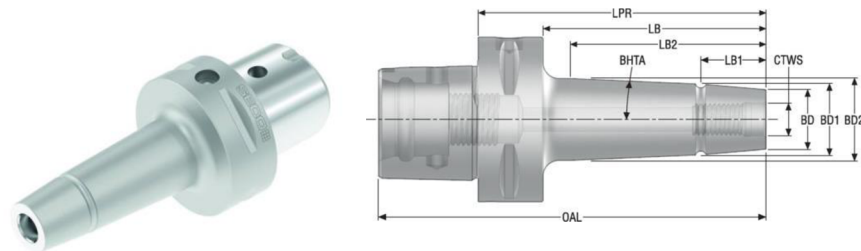
Poloměr rohu (RE)	Délka hladicího břitu (BS)	Délka destičky (INSL)	Tloušťka destičky (S)	Úhel hlavního břitu nástroje	Účinná délka břitu (LE)	$f_z$	$v_c$
[mm]	[mm]	[mm]	[mm]	[°]	[mm]	[mm]	[m/min]
2	0,8	10	4,7	0	5	0,4–2,02	220–125



Obr. 25 Břitová destička LNKT050420PPTN4-M06 [16].

Tab. 20 Parametry upínačec C6-391.5820-10075 [16].

Průměr tělesa (BD)	Úhel kužele (BHTA)	Délka tělesa (LB)	Vyčnívající délka (LPR)	Celková délka (OAL)	Připojení – strana obrobku (CTWS)	Průměr tělesa 1 (BD1)	Délka tělesa 1 (LB1)
[mm]	[°]	[mm]	[mm]	[mm]	-	[mm]	[mm]
18,5	4,1	50	75	113	M10	19,7	15



Obr. 26 Upínač C6-391.5820-10075 [16].

Frézování kruhových kapes o průměru 20 mm a čelních děr o průměru 14,5 mm

Pro tyto operace je vybrána fréza JS754 o průměru 10 mm (obr. 27), která je určena pro výrobu dílů ve velkých sériích a pro procesy, kde je cílem zkrácení délky cyklů. Je zde přítomné dvojité jádro, nerovnoměrná zubová rozteč a HXT povlak. Další informace jsou vypsány v tabulce číslo 21. Jako upínač je zde vybrán Seco-Capto Shrinkfit, typ DIN, C6-391.5603-10080 (obr. 28). Je vhodný pro tepelné upínání s vysokými upínacími silami a s vysokou přesností, kde jeho další parametry jsou v tabulce č. 22. [16]

Tab. 21 Parametry frézy JS754100E2C.0Z4A-HXT [16].

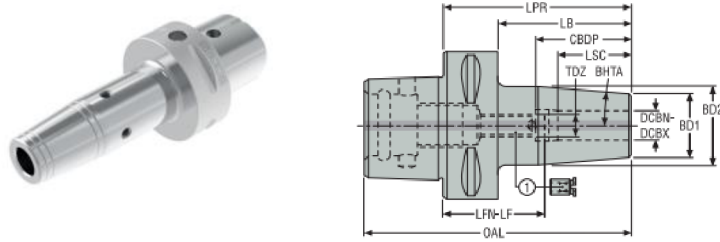
Řezný průměr (DC)	Délka krčku (LN)	Celková délka (OAL)	Max. hloubka řezu (APMXS)	Průměr krčku (DN)	Šířka sražení rohu (CHW)	Průměr stopky (DMM)
[mm]	[mm]	[mm]	[mm]	[mm]	[mm]	[mm]
10	29	72	20	9,5	0,125	10



Obr. 27 Fréza JS754100E2C.0Z4A-HXT [16].

Tab. 22 Parametry upínače C6-391.5603-10080 [16].

Průměr tělesa (BD)	Úhel kužele (BHTA)	Délka tělesa (LB)	Vyčnívající délka (LPR)	Celková délka (OAL)	Průměr centrálního otvoru (DCB)	Průměr tělesa 1 (BD1)	Průměr tělesa 2 (BD2)
[mm]	[°]	[mm]	[mm]	[mm]	[mm]	[mm]	[mm]
18,5	4,5	55	80	118	10	24	32



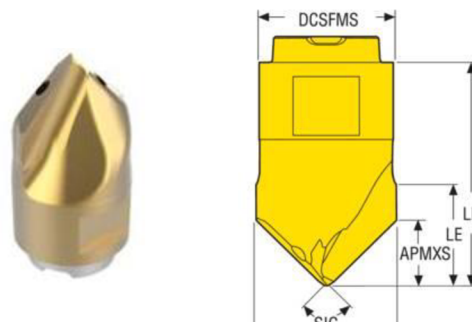
Obr. 28 Upínač C6-391.5603-10080 [16].

Sražení díry o průměru 8,9 mm

Pro sražení díry o průměru je použit středící vrták s hlavičkou MP10-10006C90Z2-M03 F40M (obr. 29), kde její další technické parametry vypsány v tab. č. 23 Jako držák je zde zvolen MP10-10055-010.00 (obr. 30, tab. 24) a upínač C6-391.5603-10080 (obr. 28, tab. 22). [16]

Tab. 23 Parametry hlavičky MP10-10006C90Z2-M03 F40M [16].

Max. hloubka řezu (APMXS)	Obráběcí průměr (DC)	Průměr stykové plochy (DCSFMS)	Efektivní délka břitu (LE)	Funkční délka (LF)	Vrcholový úhel (SIG)
[mm]	[mm]	[mm]	[mm]	[mm]	[°]
4,6	10	9,6	7,1	16	90



Obr. 29 Hlavička MP10-10006C90Z2-M03 F40M [16].

Tab. 24 Parametry držáku MP10-10055-010.00 [16].

Průměr stopky (DMM)	Styčný průměr ze strany obrobku (DCSFWS)	Funkční délka (LF)	Vyčnívající délka (LPR)	Celková délka (OAL)	Úhel kužele (BHTA)
[mm]	[mm]	[mm]	[mm]	[mm]	[°]
10	9,8	10	15	55	0



Obr. 30 MP10-10055-010.00 [16].

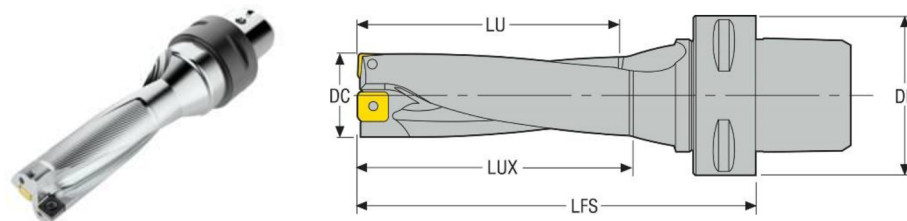
### 3.3.4 Nástroje pro vrtání

Vrtání z čela do plného materiálu

Při čelním vrtání je použit vrták SD523-40-120-C6 (obr. 31) o průměru 40 mm. Jedná se o vrták do plného materiálu s vyměnitelnými břitovými destičkami, disponuje vysokou tuhostí, která umožňuje dosahovat vysoké produktivity a schopností pracovat v nestabilních podmínkách. Rozměrové charakteristiky jsou znázorněny v tabulce č. 25. Obvodová břitová destička je použita SCGX11T308-P1 T250D (obr. 32, tab. 26), středová potom SPGX12T3-C1 T400D (obr. 33, tab. 27). [16]

Tab. 25 Parametry vrtáku SD523-40-120-C6 [16].

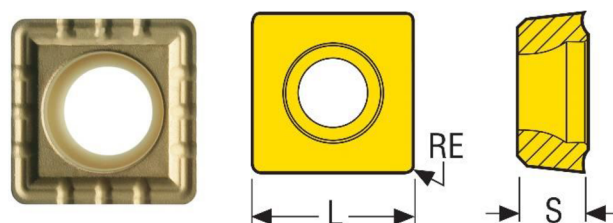
Průměr příruby (DF)	Obráběcí průměr (DC)	Využitelná délka (LU)	Max. využitelná délka (LUX)	Sekundární funkční délka (LFS)	Úhel nastavení ostří nástroje (KAPR)
[mm]	[mm]	[mm]	[mm]	[mm]	[°]
63	40	120	125	168	88



Obr. 31 Vrták SD523-40-120-C6 [16].

Tab. 26 Parametry obvodové destičky SCGX11T308-P1 T250D [16].

Poloměr rohu (RE)	Teoretická délka břitu (L)	Průměr vepsané kružnice (IC)	Tloušťka destičky (S)	Hlavní úhel hřbetu (AN)	f	v <sub>c</sub>
[mm]	[mm]	[mm]	[mm]	[°]	[mm]	[m/min]
0,8	11,51	11,51	3,97	7	0,165–0,256	106–128

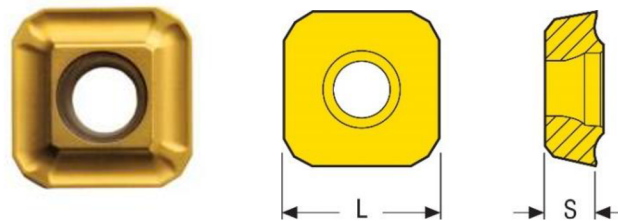


Obr. 32 Obvodová destička SCGX11T308-P1 T250D [16].



Tab. 27 Parametry středové destičky SPGX12T3-C1 T400D [16].

Vrcholový úhel destičky (EPSR)	Teoretická délka břitu (L)	Průměr vepsané kružnice (IC)	Tloušťka destičky (S)	Hlavní úhel hřbetu (AN)	f	$v_c$
[°]	[mm]	[mm]	[mm]	[°]	[mm]	[m/min]
90	12,7	12,7	3,97	11	0,165–0,256	106–128



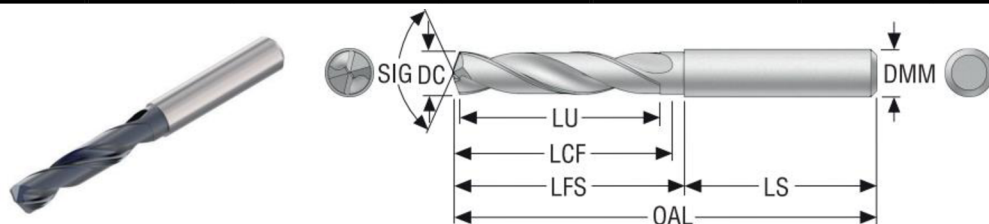
Obr. 33 Středová destička SPGX12T3-C1 T400D [16].

#### Vrtání děr z průměru pro závit M10x1,5

Pro tuto operaci je použit monolitní karbidový vrták SD\_DRILL\_8.9MM\_3XD (obr. 34) od firmy SECO Tools s.r.o. s víceúčelovou 4fazetkovou geometrií špičky a povlakem TiAlN s vysokou odolností proti opotřebení, což zabezpečuje dlouhou životnost nástroje. Jednotlivé rozměry jsou znázorněny v tabulce č. 28. Dále je potom zvolen upínač typu Shrinkfit C6-391.5603-10080 (obr. 28). Jedná se o tepelně smrštelný upínač nástrojů vhodný pro přenos vysokých točivých momentů, kde jeho další technické parametry jsou vypsány v tabulce č. 22. [16]

Tab. 28 Parametry vrtáku SD\_DRILL\_8.9MM\_3XD [16].

Řezný průměr (DC)	Činná délka (LU)	Celková délka (OAL)	Vedlejší funkční délka (LFS)	Délka stopky (LS)	Délka drážky pro odvod třísky (LCF)	Průměr stopky (DMM)	Úhel špičky
[mm]	[mm]	[mm]	[mm]	[mm]	[mm]	[mm]	[°]
8,9	35	89	49	40	47	10	140



Obr. 34 Vrták SD\_DRILL\_8.9MM\_3XD.

#### Vrtání průplachových děr

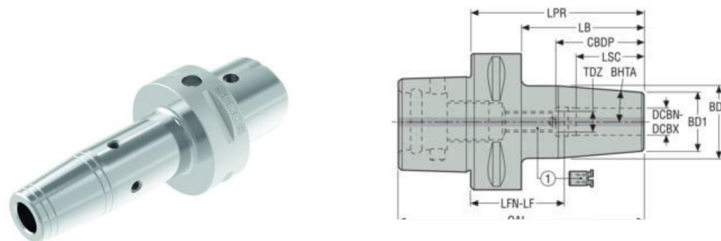
Pro vrtání děr o průměru 5 mm je zvolen monolitní karbidový vrták SD\_DRILL\_5.0MM\_8XD\_A značky SECO Tools s.r.o. (obr. 34) s vnitřním chlazením, válcovou stopkou DIN 6537A a povlakem TiAlN. Jeho další parametry jsou zobrazeny v tabulce č. 29. Pro tento typ vrtáku je vybrán upínač Seco-Capto Shrinkfit C6-391.5603-06080 (obr. 35, tab. 30). [16]

Tab. 29 Parametry vrtáku SD\_DRILL\_5.0MM\_8XD\_A [16].

Řezný průměr (DC)	Činná délka (LU)	Celková délka (OAL)	Vedlejší funkční délka (LFS)	Délka stopky (LS)	Délka drážky pro odvod třísky (LCF)	Průměr stopky (DMM)	Úhel špičky
[mm]	[mm]	[mm]	[mm]	[mm]	[mm]	[mm]	[°]
5	48	97	61	36	57	6	140

Tab. 30 Specifikace upínače C6-391.5603-06080 [16].

Hloubka centrálního otvoru (CBDP)	Úhel kužele (BHTA)	Délka tělesa (LB)	Vyčnívající délka (LPR)	Celková délka (OAL)	Průměr centrálního otvoru (DCB)	Průměr tělesa 1 (BD1)	Průměr tělesa 2 (BD2)
[mm]	[°]	[mm]	[mm]	[mm]	[mm]	[mm]	[mm]
37,5	4,5	55	80	118	6	21	27



Obr. 35 Upínač C6-391.5603-06080 [16].

Vrtání děr z čela o průměru 14,5 mm

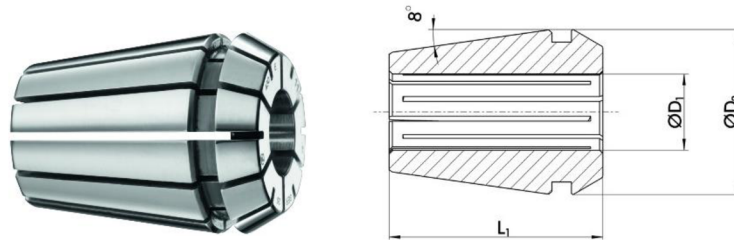
Pro vrtání těchto děr je zvolen monolitní vrták o průměru 14 mm SD\_DRILL\_14.0MM\_3XD (obr. 34) s povlakem TiAlN, kde jeho další vlastnosti jsou v tabulce č. 31. Jako upínač je použito kleštinové upínací sklíčidlo ER s kleštinou CC ER 25 Ø14-15 (obr. 36, tab. 32). [16; 13]

Tab. 31 Parametry vrtáku SD\_DRILL\_14.0MM\_3XD [16].

Řezný průměr (DC)	Činná délka (LU)	Celková délka (OAL)	Vedlejší funkční délka (LFS)	Délka stopky (LS)	Délka drážky pro odvod třísky (LCF)	Průměr stopky (DMM)	Úhel špičky
[mm]	[mm]	[mm]	[mm]	[mm]	[mm]	[mm]	[°]
14	43	107	62	45	60	14	140

Tab. 32 Parametry kleštiny CC ER 25 Ø14-15 [13].

Pro upínací průměr	Průměr D2	Průměr D3	Délka L1	Přesnost obvodové házivosti
[mm]	[mm]	[mm]	[mm]	[mm]
14-15	25	26	34	≤ 0,005



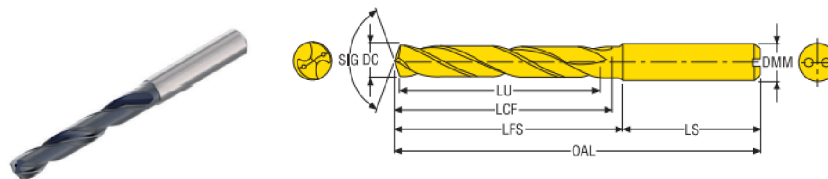
Obr. 36 Kleština CC ER 25 Ø14-15 [13].

### Vrtání díry Ø3 H7

Pro tuto operaci je použit karbidový monolitní vrták SD\_DRILL\_3.0MM\_5XD\_A (obr. 37, tab. 33) s povlakem TiAlN. Jako upínač je použit Seco-Capto Shrinkfit C6-391.5603-06080 (obr. 35). [16]

Tab. 33 Specifikace vrtáku SD\_DRILL\_3.0MM\_5XD\_A [16].

Řezný průměr (DC)	Činná délka (LU)	Celková délka (OAL)	Vedlejší funkční délka (LFS)	Délka stopky (LS)	Délka drážky pro odvod třísky (LCF)	Průměr stopky (DMM)	Úhel špičky
[mm]	[mm]	[mm]	[mm]	[mm]	[mm]	[mm]	[°]
3	23	66	30	36	28	6	140



Obr. 37 Vrták SD\_DRILL\_3.0MM\_5XD\_A [16].

### Vrtání děr o průměru 4,2 mm

Pro vrtání čelních děr Ø4,2 mm je zvolen vrták SD\_DRILL\_4.2MM\_3XD od firmy Seco Tools (obr. 37) s povlakem TiAlN, kde jeho další údaje jsou znázorněné v tabulce č. 34. Opět je zde použit tepelný upínač Shrinkfit C6-391.5603-06080 (obr. 35). [16]

Tab. 34 Parametry vrtáku SD\_DRILL\_4.2MM\_3XD [16].

Řezný průměr (DC)	Činná délka (LU)	Celková délka (OAL)	Vedlejší funkční délka (LFS)	Délka stopky (LS)	Délka drážky pro odvod třísky (LCF)	Průměr stopky (DMM)	Úhel špičky
[mm]	[mm]	[mm]	[mm]	[mm]	[mm]	[mm]	[°]
4,2	17	66	30	36	24	6	140

### 3.3.5 Nástroje pro řezání závitů

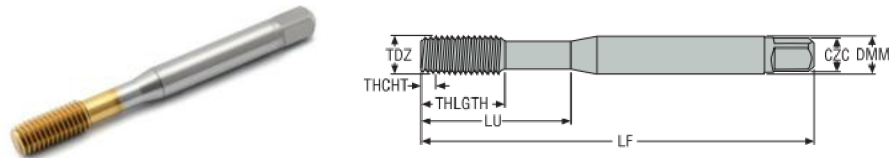
#### Řezání závitů M10x1,5

Pro řezání závitů M10x1,5 je použit tvářecí závitník MF-M10X1.50ISO6HX-XE-V053 (obr. 38) s TiN povlakem. U tvářecího závitníku nedochází ke tvorbě třísky, tudíž nehrozí ani k ucpaní otvoru, což má za následek eliminaci poškození tvářecího závitníku i vytvořeného závitu. Další jeho výhodou je, že závit je vytvořen s větší jakostí a pevností. Tvářecí závitníky nemůžou být ovšem použity u všech materiálů. V tabulce č. 35 jsou znázorněny jeho

rozměrové parametry. Jako upínač je zde použito kleštinové upínací sklíčidlo ER s kleštinou CC ER 25 Ø9–10 (obr. 36, tab. 36). [16; 13]

Tab. 35 Parametry tvářecího závitníku MF-M10X1.50ISO6HX-XE-V053 [16].

Velikost závitů (TDZ)	Stoupání	Průměr stopky (DMM)	Celková délka (LF)	Funkční délka (LU)	Délka závitové části (THLGTH)
-	[mm]	[mm]	[mm]	[mm]	[mm]
M10	1,5	10	100	39	20



Obr. 38 Tvářecí závitník MF-M10X1.50ISO6HX-XE-V053 [16].

Tab. 36 Parametry CC ER 25 Ø9–10 [13].

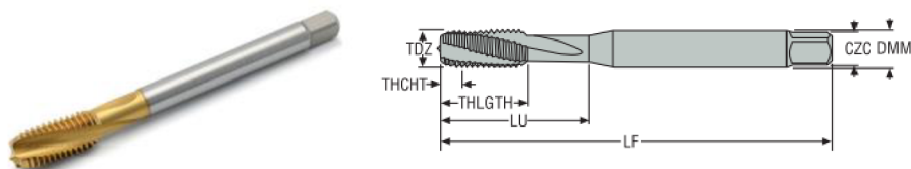
Pro upínací průměr	Průměr D2	Průměr D3	Délka L1	Přesnost obvodové házivosti
[mm]	[mm]	[mm]	[mm]	[mm]
9–10	25	26	34	≤ 0,005

### Řezání závitů M5x0,8

Pro tuto operaci je zvolen řezný závitník MTH-V011 M5x0,8 (obr. 39), kde jeho rozměrové informace jsou v tabulce č. 37. Jako upínač je vybráno kleštinové upínací sklíčidlo s kleštinou typu CC ER 25 Ø5–6 (obr. 36, tab. 38). [16; 13]

Tab. 37 Parametry řezného závitníku MTH-V011 M5x0,8 [16].

Velikost závitů (TDZ)	Stoupání	Průměr stopky (DMM)	Celková délka (LF)	Funkční délka (LU)	Délka závitové části (THLGTH)
-	[mm]	[mm]	[mm]	[mm]	[mm]
M5	0,8	6	70	25	13



Obr. 39 Řezný závitník MTH-V011 M5x0,8 [16].

Tab. 38 Parametry CC ER 25 Ø5–6 [13].

Pro upínací průměr	Průměr D2	Průměr D3	Délka L1	Přesnost obvodové házivosti
[mm]	[mm]	[mm]	[mm]	[mm]
5–6	25	26	34	≤ 0,005

### 3.4 Měřicí pomůcky

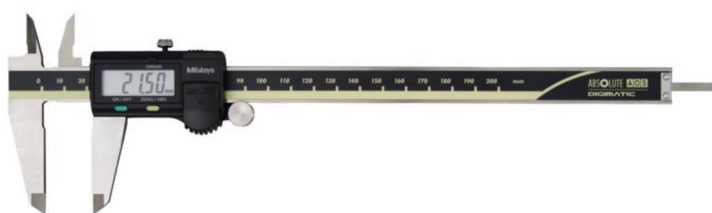
Mimo samotných nástrojů pro zhotovení příruby je také zapotřebí zkontrolování předepsaných rozměrů a dalších prvků součásti. To je provedeno pomocí stanovených měřících pomůcek, které jsou přehledně uspořádány v Listu měřících nástrojů (tab. 39) a nadále také popsány a zobrazeny.

Tab. 39 List měřících nástrojů [18; 19; 20].

Číslo listu: 1	LIST MĚŘÍCÍCH POMŮCEK		Datum: 10. 5. 2022
	Stroj: MAZAK INTEGREX i-200		Číslo výkresu: DI3-0213
Pozice	Popis	Označení	Výrobce
M1	Digitální měřítko	Digital ABS AOS Caliper, OD Carb. Jaws	Mitutoyo
M2	Třmenový mikrometr Nastavovací měrka	IP65 75–100 INSIZE 100 mm	Mitutoyo M&B Calibr
M3	Třídotekový dutinoměr Nastavovací ocelový kroužek	Holtest – 62–75 mm Steel, 62 mm	Mitutoyo Mitutoyo
M4	Třídotekový dutinoměr Nastavovací ocelový kroužek	Holtest – 75–88 mm Steel, 80 mm	Mitutoyo Mitutoyo
M5	Mezní válečkový kalibr	INSIZE 3H7	M&B Calibr
M6	Mezní závitový kalibr	Mezní závitový kalibr M5×0,8	Hoffmann Group
M7	Mezní závitový kalibr	Mezní závitový kalibr M5×1,5	Hoffmann Group

Posuvné měřítko Digital ABS AOS Caliper, OD Carb. Jaws (obr. 40)

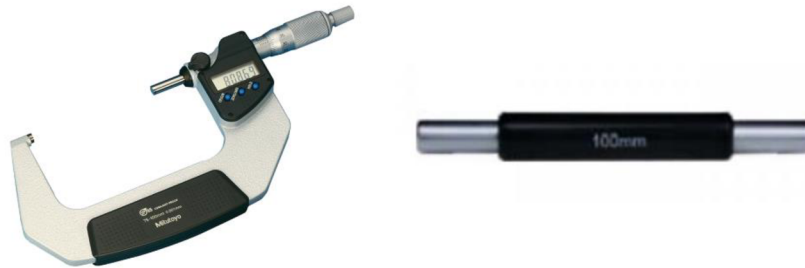
Pomocí digitálního posuvového měřítka od firmy Mitutoyo jsou zkontrolovány všeobecné rozměry příruby. Rozsah vybraného měřítka je 0–200 mm. [18]



Obr. 40 Digitální posuvové měřítko [18].

DIGIMATIC Třmenový mikrometr IP65 75-100 (obr. 41)

Tento třmenový mikrometr od firmy Mitutoyo je použit pro měření vnějšího rozměru –  $\varnothing 93$  h7. Vyznačuje se vysokou přesností. Jako příslušenství pro mikrometr je zde použita Nastavovací měrka INSIZE 100 mm (obr. 41) s přesností 0,003 mm od firmy M&B Calibr. [18; 19]



Obr. 41 Třmenový mikrometr IP65 75-100 s nastavovací měrkou INSIZE 100 mm [18].

Přesný třídotekový dutinoměr Holtest – 62–75 mm, 75–88 mm (obr. 42)

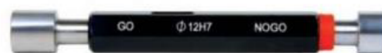
Tyto dutinoměry od firmy Mitutoyo jsou využity pro zkontrolování vnitřních rozměrů –  $\varnothing 62$  H11,  $\varnothing 64$  H11,  $\varnothing 76$  H8. Jde o vysoce odolný nástroj vůči opotřebení a umožňuje stabilní měření s přesností 0,005 mm a automatickým vystředěním. Dále pro správné naměření pomocí dutinoměru je potřeba použít Nastavovací ocelový kroužek Steel od firmy Mitutoyo pro průměry 62 a 80 mm (obr. 42). Před použitím je důležité mít správně zkalibrované měřidlo. [18]



Obr. 42 Třídotekový dutinoměr Holtest s nastavovacím kroužkem Steel [18].

Mezní válečkový kalibr 3H7

Pro kontrolu díry  $\varnothing 3$  H7 určenou pro kolík, je použit mezní válečkový kalibr INSIZE 3H7 od firmy M&B Calibr. (obr. 43). Kde červená strana na pomůcce je zmetková část. [19]



Obr. 43 Mezní válečkový kalibr INSIZE 3H7 [19].

Mezní závitový kalibr M5×0,8 a M10×1,5

Pro zkontrolování závitů jsou využity mezní závitové kalibry od firmy Hoffmann Group, které se užívají pro metrické závitové ISO a pravotočivé DIN13 (obr. 44). Červená strana je opět zmetková část. [20]



Obr. 44 Závitový kalibr [20].

### 3.5 Technologický postup

V této kapitole je sepsán technologický postup pro obráběnou součást. Jedná se o doklad technologického postupu, který určuje způsob výroby daného dílce. Je zde předepsáno výrobní zařízení, pomůcky, text operace a podmínky, kterých má být při provádění jednotlivých operací dosaženo. V technologickém postupu mají být splněny funkční požadavky, které jsou dány technickým výkresem nebo normami. Dále je potřeba vyrábět s vynaložením minimální pracnosti a s minimálními náklady na výrobu. Také je důležité využít kapacity navrhovaného výrobního zařízení. [14] Technologický postup s řeznými podmínkami je zobrazen viz tabulky č. 40, 41, 42.

Při volbě řezných podmínek se musí vycházet z nutnosti dodržení hned několika zásad. Řezné podmínky by měly zajistit splnění kvalitativních a kvantitativních požadavků na obráběný dílec. Dále je také důležité, aby nebyla překročena řezivost samotného nástroje a také při obrábění na čisto nesmí být překročena limitní hodnota posuvu, daná požadovanou drsností povrchu. Řezné parametry se musí také nacházet v mezích přípustných intervalů. [14]

Při výběru konkrétních hodnot řezných podmínek je vycházeno z katalogů firem, které obsahují předepsané hodnoty intervalů pro zvolenou vyměnitelnou břitovou destičku. Některé katalogy také obsahují funkci samotného výpočtu řezných podmínek při dosazení konkrétních vstupů (např. obráběný materiál). Dále je také důležité brát v potaz výkonové možnosti stroje a také zohledňovat řezné podmínky u ploch, které mají předepsanou zpřísněnou jakost povrchu. V tomto případě se jedná o plochu u čelního zápichu zhotovovanou nástrojem s označením P3, kde  $R_a = 1,6 \mu\text{m}$ . Druhá plocha s touto drsností povrchu je na průměru 97 mm.

V průběhu výroby prvního kusu dochází ke kontrole jednotlivých rozměrů výše uvedenými měřicími pomůckami. U přesných rozměrů je potřebné zadat na daných nástrojích takzvané korekce, které zajišťují úpravu dráhy nástroje v závislosti na jeho průměru tak, aby byly dodrženy požadované rozměry výrobku.

Tab. 40 Technologický postup, první strana.

Číslo listu: 1		<b>TECHNOLOGICKÝ POSTUP</b>				Datum: 10. 5. 2022	
		Název součásti: PŘÍRUBA				Číslo výkresu: DI3-0213	
Polotovár: Ø160×40 mm			Materiál: 1.4301				
Číslo operace	Název, označení stroje, zařízení, pracoviště:	Popis práce v operaci:	$v_c$ [m/min]	$f$ [mm]	$a_p$	Výrobní nástroje, pomůcky:	
1/1	MAZAK INTEGREX i-200S	Upnout polotovár do sklíčidla za Ø160 za délku 5 mm.  Vrtat z čela díru Ø40 skrz celý materiál na jeden záběr.	50	0,05		P8	
	MAZAK INTEGREX i-200S	Orovnat čelo z Ø161 na Ø39 v hloubce 4 mm s hloubkou přísuvu 1 mm. Přídavek pro dokončení čelní rovinné plochy nechat 0,1 mm.  Hrubovat vnější válcovou plochu z Ø160 na Ø150 při hloubce třísky 2 mm s přídavkem na průměru 0,6 mm do délky 30 mm.	130  140	0,2  0,25	1  2	P1  P1	
	MAZAK INTEGREX i-200S	Hrubovat vnitřní válcovou konturu po Ø52 do délky 41 mm s hloubkou přísuvu 2 mm. Nechat přídavky na průměru 0,6 mm a přídavky na délce 0,1 mm.	130	0,22	2	P2	
	MAZAK INTEGREX i-200S	Dokončit čelní rovinnou plochu z průměru Ø151 v hloubce 0,1 mm na Ø99.  Dokončit vnější válcovou plochu do délky 26 mm.	160  160	0,1  0,1		P4  P4	
	MAZAK INTEGREX i-200S	Hrubovat frézou konturu na čelní ploše s přídavkem na průměru frézy 0,5 mm a 0,1 mm na hloubce frézované plochy.  Dokončit konturu sousledným frézováním.	180  180	0,4  0,2	1	P6  P7	
	MAZAK INTEGREX i-200S	Vyvrtat díry 4× Ø14 na roztečném průměru 130 mm do hloubky 23 mm s přísuvem 2 mm. Dokončit frézou na průměr 14,5 mm.	55  150	0,12  0,05		P11  P7	
	MAZAK INTEGREX i-200S	Dokončit vnitřní válcové plochy na Ø52 do délky 26 mm.	160	0,1		P5	
	MAZAK INTEGREX i-200S	Nesousledně frézovat kapsy o Ø20 s hloubkou přísuvu 0,5 mm.	150	0,1		P7	



Tab. 41 Technologický postup, druhá strana.

Číslo listu: 2		<b>TECHNOLOGICKÝ POSTUP</b>			Datum: 10. 5. 2022	
		Název součásti: PŘÍRUBA			Číslo výkresu: DI3-0213	
Polotovár: Ø160×40 mm			Materiál: 1.4301			
Číslo operace	Název, označení stroje, zařízení, pracoviště:	Popis práce v operaci:	$v_c$ [m/min]	$f$ [mm]	$a_p$	Výrobní nástroje, pomůcky:
	MAZAK INTEGREX i-200S	Vrtat díry 2×Ø8,9 do hloubky 16,5 mm s hloubkou přísuvu 2 mm.	55	0,092		P9
		Vrtat díry 2×Ø5. Začít v hloubce 16 mm skrz celý materiál s hloubkou přísuvu 2 mm.	55	0,06		P10
	MAZAK INTEGREX i-200S	Srazit hrany čelní plochy sousledným frézováním a	280	0,07		P16
		díru 2×Ø8,9 do hloubky 4,6 mm.	280	0,07		P16
	MAZAK INTEGREX i-200S	Zhotovit závit 2×M10×1,5 do hloubky 10 mm.	10	1,5		P14
Vrtat díru Ø3 H7 na roztečném průměru 57 mm na jeden záběr do hloubky 9,5 mm. Vrták začíná řezný pohyb v hloubce 16,5 mm.		55	0,043		P12	
MAZAK INTEGREX i-200S	Orýsovat obrobek na průměru 150,6 mm v délce 27 mm do 32 mm v hloubce 0,2 mm při pootočení C osy - 45°.					
2/2	MAZAK INTEGREX i-200S	Vyjmout obrobek z tvrdých čelistí, očistit od třísek a dalších nečistot. Vyměnit tvrdé čelisti za měkké a vysoustružit do nich pomocný průměr 150 mm s hloubkou 20 mm.  Upnout obrobek do měkkých čelistí.				
	MAZAK INTEGREX i-200S	Pomocí pohybu C osy vyrovnat rysku s hrotem rýsovací jehly (tuto hodnotu C osy zvolit, jako 0°).				
	MAZAK INTEGREX i-200S	Orovnat čelo na délku 35 mm s přídavkem 0,1 mm s hloubkou přísuvu 1 mm.	130	0,2	1	P1
		Hrubovat vnější válcovou konturu s přídavkem 0,6 mm na průměru a 0,1 mm na délce do hloubky 12 mm	140	0,25	2	P1
MAZAK INTEGREX i-200S	Hrubovat vnitřní konturu s přídavkem 0,6 mm na průměru a 0,1 mm do hloubky 12 mm.	130	0,22	2	P2	

Tab. 42 Technologický postup, třetí strana.

Číslo listu: 3		<b>TECHNOLOGICKÝ POSTUP</b>			Datum: 10. 5. 2022	
		Název součásti: PŘÍRUBA			Číslo výkresu: DI3-0213	
Polotovary: Ø160×40 mm			Materiál: 1.4301			
Číslo operace	Název, označení stroje, zařízení, pracoviště:	Popis práce v operaci:	$v_c$ [m/min]	$f$ [mm]	$a_p$	Výrobní nástroje, pomůcky:
	MAZAK INTEGREX i-200S	Dokončit čelní rovinné plochy z Ø94 mm na Ø83.	160	0,1		P4
		Dokončit vnější válcové plochy s dopojením na průměru 150 mm.	160	0,1		P4
	MAZAK INTEGREX i-200S	Dokončit vnitřní válcové plochy s dopojením na průměru 52 mm.	160	0,1		P5
		Vrtat díry 6×Ø4,2 do hloubky 11 mm po špičku vrtáku s přísuvem 2 mm.	55	0,048		P13
	MAZAK INTEGREX i-200S	Řezat závity M5×0,8 do hloubky 8 mm.	10	0,8		P15
	MAZAK INTEGREX i-200S	Vyhřubovat čelní zápich s přídávky na obou průměrech 0,6 mm a 0,1 na délce.	90	0,05	0,5	P3
	MAZAK INTEGREX i-200S	Dokončit čelní zápich se zaoblením hran 0,3 mm.	110	0,1		P3
3/3	Ruční opracování	Vyjmout obrobek z čelistí, vyčistit od nečistot, odjehlit všechny neodhrocené hrany.				
4/4	Kontrola	Kontrolovat tvar a rozměry součástí. Kontrolovat rozměry: Ø93, Ø62, Ø64, Ø76. Kontrolovat díru Ø3. Kontrolovat závity M5×0,8 a M10×1,5.				M1 M2, M2, M3, M4 M5 M6, M7

## 4 NÁVRH VARIANTNÍ TECHNOLOGIE VÝROBY

Návrh variantní technologie výroby by měl vylepšit stávající firemní postup zhotovení příruby. Především by mělo být dosaženo kratších pracovních časů a nižších celkových nákladů na vyrobení součástí. Může tomu být docíleno například volbou menšího množství nástrojů nebo případně kompletní změnou způsobu výroby různých technologických prvků. Upraveny mohou být také samotné řezné podmínky. Dále lze být zvolena jiná velikost polotovaru nebo změna dodavatele, který nabízí širší škálu produktů. Naposledy by také mohlo být využito jiné CNC operační centrum.

### 4.1 Změna polotovaru

Jelikož firma Valbruna CE s.r.o. nabízí pro materiál 1.4301 kruhové tyče o průměrech 150 a 160 mm, je u variantního postupu zvolen polotovar o průměru 150 mm a délce 38 mm. Průměr 150 mm je určen, jelikož tyto plochy u příruby nejsou funkční a není tedy potřeba větších hodnot přídavků na obrábění. Dodaný materiál navíc zpravidla neměří 150 mm, ale bývá dodáván výrobcem s několika milimetrovými přídavky (skutečný průměr potom může být 153 mm). Délka je vybrána rozměrově co nejbližší k hotové součásti, kde zároveň to musí být stále vyrobitelné (vhodné k upnutí do čelistí). Polotovary budou řezány rovněž u dodavatele z důvodů, které byly rozebrány v Kapitole 2.5.

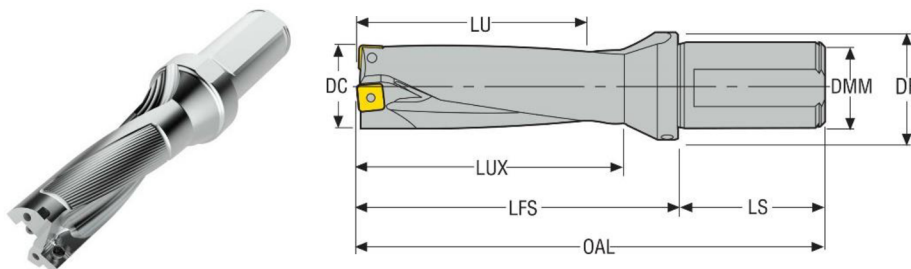
### 4.2 Změny v použitých nástrojích

Změna nástroje P8

Místo hrubovací vrtáku o průměru 40 mm je zde použit vrták SD523-50-150-40R7 (obr. 45) o průměru 50 mm, kde jednotlivé technické parametry jsou vypsány v tabulce č. 43. Tato náhrada je zvolena, jelikož dojde k ušetření výrobního času u hrubování vnitřní válcové plochy, která bude obrobena na menší počet záběrů, což má zároveň za následek menšího opotřebení nástroje. Jako upínač je využit C6-391.27-40085 (obr. 46, tab. 44). Středová vyměnitelná břitová destička je zvolena SPGX1504-C1 T400D (obr. 33, tab. 45) a obvodová potom SCGX150512-P1 T250D (obr. 32, tab. 46). Jsou zde vybrány nové VBD, jelikož ty původní by zde neseděly. [16]

Tab. 43 Parametry vrtáku SD523-50-150-40R7 [16].

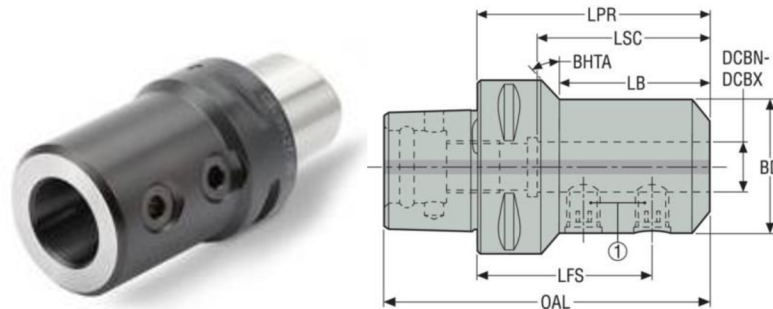
Průměr příruby (DF)	Obráběcí průměr (DC)	Využitelná délka (LU)	Max. využitelná délka (LUX)	Sekundární funkční délka (LFS)	Úhel nastavení ostří nástroje (KAPR)
[mm]	[mm]	[mm]	[mm]	[mm]	[°]
59,4	50	150	155	180	88



Obr. 45 Vrták SD523-50-150-40R7 [16].

Tab. 44 Parametry C6-391.27-40085 [16].

Průměr centrálního otvoru (DCBN)	Upínací délka (LSC)	Délka tělesa (LB)	Vyčnívající délka (LPR)	Celková délka (OAL)	Sekundární funkční délka (LFS)	Průměr tělesa (BD)
[mm]	[mm]	[mm]	[mm]	[mm]	[mm]	[mm]
40	71,5	63	85	123	85	65



Obr. 46 Upínač C6-391.27-40085 [16].

Tab. 45 Parametry destičky SPGX1504-C1 T400D [16].

Vrcholový úhel destičky (EPSR)	Teoretická délka břitu (L)	Průměr vepsané kružnice (IC)	Tloušťka destičky (S)	Hlavní úhel hřbetu (AN)	f	v <sub>c</sub>
[°]	[mm]	[mm]	[mm]	[°]	[mm]	[m/min]
90	11,51	15,88	4,76	11	0,092– 0,143	76–92,8

Tab. 46 Parametry destičky SCGX150512-P1 T250D [16].

Poloměr rohu (RE)	Teoretická délka břitu (L)	Průměr vepsané kružnice (IC)	Tloušťka destičky (S)	Hlavní úhel hřbetu (AN)	f	v <sub>c</sub>
[mm]	[mm]	[mm]	[mm]	[°]	[mm]	[m/min]
1,2	15,88	15,88	5,56	7	0,11– 0,172	76,2– 93

### Změna nástroje P7

V původním technologickém postupu je vybrána fréza o průměru 10 mm, která je zde nahrazena frézou JS754080E2C.0Z4-HXT s průměrem 8 mm (obr. 47). Pomocí této frézy je ve variantním technologickém postupu dokončena pouze stěna na čelní vyfrézované ploše a také zhotoveny kapsy o průměru 20 mm. K aplikaci této změny došlo především v důsledku ušetření výrobního času a trvanlivosti frézy, jelikož kapsy budou zhotoveny 8 mm frézou po vyvrtání děr z průměru, aby se fréza mohla zanořit do prostoru vrtané díry, což má za následek ušetření její čelní rezné plochy. Další výhodou je, že kruhová kapsa je na hloubce vyfrézována na jeden záběr, jelikož se může zanořit do plné hloubky – 1,5 mm. Oproti původnímu technologickému postupu nástroj P7 zde nedokončuje díry Ø14,5. Další technické parametry frézy se nacházejí v tabulce č. 47. Je zde použit upínač Shrinkfit C6-391.5603-08080 (tab. 48, obr. 28). [16]

Tab. 47 Fréza JS754080E2C.0Z4-HXT [16].

Řezný průměr (DC)	Délka krčku (LN)	Celková délka (OAL)	Max. hloubka řezu (APMXS)	Průměr krčku (DN)	Šířka sražení rohu (CHW)	Průměr stopky (DMM)
[mm]	[mm]	[mm]	[mm]	[mm]	[mm]	[mm]
8	25	63	16	7,6	0,1	8



Obr. 47 Fréza JS754080E2C.0Z4-HXT [16].

Tab. 48 Parametry upínače C6-391.5603-08080 [16].

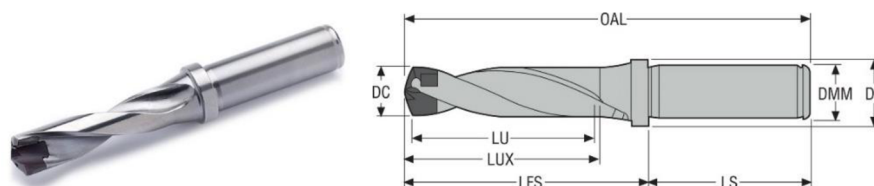
Hloubka centrálního otvoru (CBDP)	Úhel kužele (BHTA)	Délka tělesa (LB)	Vyčnívající délka (LPR)	Celková délka (OAL)	Průměr centrálního otvoru (DCB)	Průměr tělesa 1 (BD1)	Průměr tělesa 2 (BD2)
[mm]	[°]	[mm]	[mm]	[mm]	[mm]	[mm]	[mm]
37,5	4,5	55	80	118	8	21	27

#### Změna nástroje P11

Firemní postup využívá vrtáku SD\_DRILL\_14.0MM\_3XD o průměru 14 mm, kde následně tato díra je dokončena frézou. Tento nástroj je nahrazen korunkovým vrtákem SD403 – R1 (obr. 48), kde jeho další charakteristiky se nacházejí v tabulce číslo 49. Změnou je docíleno zkrácení výrobního času, jelikož díry z čela o průměru 14 mm nemusí být dokončeny monolitní frézou. Jako upínač je zvolena kleština CC ER 25 Ø15–16, a jako korunka SD400-14.50-P (obr. 49, tab. 50) s PVD povlakem. [16; 13]

Tab. 49 Parametry vrtáku SD403 – R1 [16].

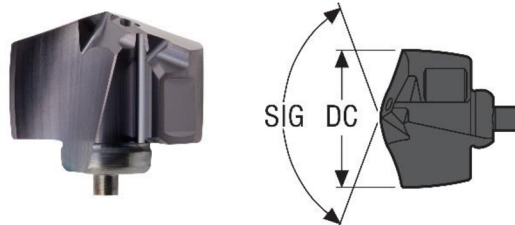
Min. řezný průměr (DC)	Činná délka (LU)	Celková délka (OAL)	Vedlejší funkční délka (LFS)	Délka stopky (LS)	Sekundární funkční délka (LFS)	Průměr stopky (DMM)
[mm]	[mm]	[mm]	[mm]	[mm]	[mm]	[mm]
14	45	116,5	68,5	48	68,5	16



Obr. 48 Korunkový vrták SD403 – R1 [16].

Tab. 50 Parametry korunky SD403 – R1 [16].

Obráběný průměr (DC)	Šířka rohového sražení (CHW)	Úhel rohového sražení (KCH)	Vrcholový úhel (SIG)	f	v <sub>c</sub>
[mm]	[mm]	[°]	[°]	[mm]	[m/min]
14,5	0,145	35	140	0,245–0,381	72,5–155



Obr. 49 Korunka SD403 – R1 [16].

### 4.3 Nový technologický postup

U nového technologického postupu se nacházejí především změny v důsledku volby menších rozměrů polotovaru. Proto zde bude docházet k nižším hrubovacím časům u vnějších a čelních ploch. Je zde vybrán vrták o vyšším průměru 50 mm, a proto u hrubování vnitřní válcové plochy se zkrátí výrobní čas v důsledku menšího počtu záběrů. Změna je také u vyhotovení čelních děr 4×Ø14,5 mm, jelikož jsou vyvrtány přímo korunkovým vrtákem o průměru 14,5 mm, oproti původnímu postupu, kde jsou dokončeny monolitní frézou. Oproti firemní variantě je fréza zvolena o průměru 8 mm a pomocí ní je dokončena čelní stěna vyfrézované kontury společně s vyfrézováním kruhových kapes. Další rozdíl je u způsobu dokončení válcové plochy na průměru 52 mm. Ta oproti původnímu postupu je dokončena při druhém upnutí a nedochází zde tedy k dopojení na daném průměru. To má za následek ušetření výrobního času a zjednodušení výroby. Technologický postup je potom zobrazen v tabulkách č. 51, 52, 53.

Jsou zde důkladně voleny jiné řezné podmínky, aby trvanlivost bříty se prakticky neměnila oproti původnímu technologickému postupu, a zároveň aby docházelo s rychlejším výrobním časům. Z intervalu doporučených hodnot řezných podmínek daných výrobcem jsou tedy voleny u některých výrobních operací vyšší řezné podmínky, kde konkrétní hodnoty jsou konzultovány přímo s obráběči ve firmě, kteří dle praktických zkušeností mají přehled ohledně délkách trvanlivostí nástrojů. Je to proto, jelikož břitové destičky mohou být stavěné na vyšší posuvy a řezné rychlosti. Naopak nižší hodnoty posuvů a řezných rychlostí mohou způsobit vytvoření nárůstků, což zapříčiní vzniku křehkého porušení bříty nástroje.

Tab. 51 Nový technologický postup, první strana.

Číslo listu: 1		<b>TECHNOLOGICKÝ POSTUP</b>				Datum: 16. 5. 2022	
		Název součásti: PŘÍRUBA				Číslo výkresu: DI3-0213	
Polotovár: Ø153×38 mm				Materiál: 1.4301			
Číslo operace	Název, označení stroje, zařízení, pracoviště:	Popis práce v operaci:	$v_c$ [m/min]	$f$ [mm]	$a_p$	Výrobní nástroje, pomůcky:	
1/1	MAZAK INTEGREX i-200S	Upnout polotovár do sklíčidla za Ø153 za délku 5 mm.  Vrtat z čela díru Ø50 skrz celý materiál na jeden záběr.	100	0,1		P8	
	MAZAK INTEGREX i-200S	Orovnat čelo z Ø154 na Ø49 v hloubce 2 mm s hloubkou přísuvu 1 mm. Přídavek pro dokončení čelní rovinné plochy nechat 0,1 mm.	140	0,2	1	P1	
		Hrubovat vnější válcovou plochu z Ø153 na Ø150 při hloubce třísky 2,5 mm s přídavkem na průměru 0,6 mm do délky 30 mm.	170	0,25	2,5	P1	
	MAZAK INTEGREX i-200S	Hrubovat vnitřní válcovou konturu po Ø52 do délky 39 mm s hloubkou přísuvu 2,5 mm. Nechat přídavky na průměrech 0,6 mm a přídavky na délkách 0,1 mm.	170	0,25	2,5	P2	
	MAZAK INTEGREX i-200S	Dokončit čelní rovinnou plochu z průměru Ø151 v hloubce 0,1 mm na Ø99.	160	0,11		P4	
		Dokončit vnější válcovou plochu do délky 26 mm.	160	0,11		P4	
	MAZAK INTEGREX i-200S	Hrubovat frézou konturu na čelní ploše s přídavkem na průměru frézy 0,5 mm a 0,1 mm na hloubce frézované plochy.	180	0,4	1	P6	
		Dokončit stěny frézované kontury a dopojit se na čelní plochu zhotovenou předchozím nástrojem.	130	0,2		P7	
MAZAK INTEGREX i-200S	Vyvrtat díry 4× Ø14,5 na roztečném průměru 130 mm do hloubky 23 mm.	55	0,124		P11		
MAZAK INTEGREX i-200S	Dokončit vnitřní válcové plochy mimo Ø52.	160	0,11		P5		

Tab. 52 Nový technologický postup, druhá strana.

Číslo listu: 2		<b>TECHNOLOGICKÝ POSTUP</b>				Datum: 16. 5. 2022	
		Název součásti: PŘÍRUBA				Číslo výkresu: DI3-0213	
Polotovár: Ø153×38 mm				Materiál: 1.4301			
Číslo operace	Název, označení stroje, zařízení, pracoviště:	Popis práce v operaci:	$v_c$ [m/min]	$f$ [mm]	$a_p$	Výrobní nástroje, pomůcky:	
	MAZAK INTEGREX i-200S	Vrtat díry 2× Ø8,9 do hloubky 16,5 mm s hloubkou přisuvu 4 mm.	55	0,092	4	P9	
		Vrtat díry 2× Ø5. Začít v hloubce 16 mm skrz celý materiál s hloubkou přisuvu 4 mm.	55	0,06	4	P10	
	MAZAK INTEGREX i-200S	Nesousledně frézovat kapsy o Ø20 s hloubkou přisuvu 1,5 mm.	155	0,3		P7	
	MAZAK INTEGREX i-200S	Srazit hrany čelní plochy sousledným frézováním a díru 2×Ø8,9 do hloubky 4,6 mm.	280	0,12		P16	
			280	0,12		P16	
	MAZAK INTEGREX i-200S	Zhotovit závit M10×1,5 do hloubky 12,5 mm.  Vrtat díru Ø3 H7 na roztečném průměru 57 mm na jeden záběr do hloubky 9,5 mm. Vrták začíná řezný pohyb v hloubce 16,5 mm.	10	1,5		P14	
55			0,043		P12		
MAZAK INTEGREX i-200S	Orýsovat obrobek na průměru 150,6 mm v délce 27 mm do 32 mm v hloubce 0,2 mm v - 45°.						
2/2	MAZAK INTEGREX i-200S	Vyjmout obrobek z tvrdých čelistí, očistit od třísek a dalších nečistot. Vyměnit tvrdé čelisti za měkké a vysoustružit do nich pomocný průměr 150 mm s hloubkou 20 mm.  Upnout obrobek do měkkých čelistí.					
	MAZAK INTEGREX i-200S	Pomocí pohybu C osy vyrovnat rysku s hrotem rýsovací jehly (tuto hodnotu C osy zvolit, jako 0°).					
	MAZAK INTEGREX i-200S	Orovnat čelo na délku 35 mm s přídavkem 0,1 mm s hloubkou přisuvu 1 mm.  Hrubovat vnější válcovou konturu s přídavkem 0,6 mm na průměrech a 0,1 mm na délkách do hloubky 9 mm	140	0,2	1	P1	
170			0,25	2,5	P1		



Tab. 53 Nový technologický postup, třetí strana.

Číslo listu: 3		<b>TECHNOLOGICKÝ POSTUP</b>				Datum: 16. 5. 2022	
		Název součásti: PŘÍRUBA				Číslo výkresu: DI3-0213	
Polotovár: Ø153×38 mm				Materiál: 1.4301			
Číslo operace	Název, označení stroje, zařízení, pracoviště:	Popis práce v operaci:	$v_c$ [m/min]	$f$ [min]	$a_p$	Výrobní nástroje, pomůcky:	
	MAZAK INTEGREX i-200S	Hrubovat vnitřní konturu s přídavkem 0,6 mm na průměrech a 0,1 mm na délkách do hloubky 12 mm.	170	0,25	2,5	P2	
	MAZAK INTEGREX i-200S	Dokončit čelní rovinné plochy z Ø94 mm na Ø83.  Dokončit vnější válcové plochy s dopojením na průměru 150 mm.	160 160	0,11 0,11		P4 P4	
	MAZAK INTEGREX i-200S	Dokončit vnitřní válcové plochy do délky 18,5 mm.	160	0,11		P5	
	MAZAK INTEGREX i-200S	Vrtat díry 6×Ø4,2 do hloubky 11 mm po špičku vrtáku s přísuvem 2 mm.	55	0,048	2	P13	
	MAZAK INTEGREX i-200S	Řezat závity M5×0,8 do hloubky 8 mm.	10	0,8		P15	
	MAZAK INTEGREX i-200S	Vyhrubovat čelní zápich s přídavky na obou průměrech 0,6 mm a 0,1 délce.	100	0,05	1	P3	
	MAZAK INTEGREX i-200S	Dokončit čelní zápich se zaoblením hran 0,3 mm.	110	0,1		P3	
3/3	Ruční opracování	Vyjmout obrobek z čelistí, vyčistit od nečistot, odjehlit všechny neodhrocené hrany.					
4/4	Kontrola	Kontrolovat tvar a rozměry součásti. Kontrolovat rozměry: Ø93, Ø62, Ø64, Ø76.  Kontrolovat díru Ø3. Kontrolovat závity M5×0,8 a M10×1,5.				M1 M2, M2, M3, M4 M5 M6, M7	

## 5 TECHNICKO-EKONOMICKÉ ZHODNOCENÍ

V této kapitole se nachází technicko-ekonomické srovnání firemního a následně variantního technologického postupu výroby příruby. Jsou zde stanoveny a také porovnány jednotlivé výrobní časy obou variant. Rozebírají se zde náklady potřebné na vyhotovení příruby – konkrétně cena materiálu, cena VBD a samotný počet VBD a nástrojů pro určitou sérii.

### 5.1 Výrobní časy

V kapitole jsou srovnány výrobní časy pro původní a variantní technologický postup. Tabulka č. 54 zobrazuje výpis hodnot jednotkových strojních časů pro všechny operace konkrétního nástroje. Označení nástrojů se shoduje s označením použitým v nástrojovém listu a v technologických postupech. Jednotkové strojní časy byly získány ze základních vztahů pro podélné a čelní soustružení, vrtání, frézování apod. Ukázkový výpočet pro hrubování vnější válcové plochy pro nástroj P2, kde otáčky obrobku a strojní čas se zjistí ze vztahů [14]:

$$n = \frac{v_c \cdot 10^3}{\pi \cdot D}, \quad (5.1)$$

kde:  $n$  - otáčky obrobku [ $\text{min}^{-1}$ ],  
 $v_c$  - řezná rychlost [ $\text{m} \cdot \text{min}^{-1}$ ],  
 $D$  - obráběný průměr [mm].

$$n = \frac{140 \cdot 10^3}{\pi \cdot 160} = 278,52 \text{ min}^{-1}$$

$$t_{AS} = \frac{l_n + L + l_p}{n \cdot f} \cdot i, \quad (5.2)$$

kde:  $t_{AS}$  - jednotkový strojní čas [min],  
 $l_n$  - délka náběhu [mm],  
 $L$  - délka soustružené plochy [mm],  
 $l_p$  - délka přeběhu [mm],  
 $n$  - otáčky obrobku [ $\text{min}^{-1}$ ],  
 $f$  - posuv obrobku [mm],  
 $i$  - počet záběrů [-].

$$t_{AS} = \frac{1+30+0}{278,52 \cdot 0,25} \cdot 3 = 1,3356 \text{ min}^{-1}$$

Pro získání strojního času u orovnění čelní plochy je nutné použít vzorec pro soustružení při konstantní řezné rychlosti. Ukázkový výpočet pro orovnění čela u nástroje P1 se zjistí ze vztahu [14]:

$$t_{AS} = \frac{\pi \cdot [(D+2 \cdot l_n)^2 - (d-2 \cdot l_p)^2]}{4 \cdot 10^3 \cdot f \cdot v_c} \cdot i, \quad (5.3)$$

kde:  $t_{AS}$  - jednotkový strojní čas [min],  
 $D$  - vnější průměr [mm],  
 $l_n$  - délka náběhu [mm],  
 $d$  - vnitřní průměr [mm],  
 $l_p$  - délka přeběhu [mm],  
 $f$  - posuv obrobku [mm],  
 $v_c$  - řezná rychlost [ $\text{m} \cdot \text{min}^{-1}$ ],  
 $i$  - počet záběrů [-].

$$t_{AS} = \frac{\pi \cdot [(160+2 \cdot 1)^2 - (40-2 \cdot 1)^2]}{4 \cdot 10^3 \cdot 0,2 \cdot 140} \cdot 4 = 2,783 \text{ min}$$

Tab. 54 Jednotkové strojní časy obou výrobních postupů.

Pozice nástroje	Jednotkový strojní čas – $t_{as}$ [min]	
	Původní technologický postup	Variantní technologický postup
P1	7,0350	3,4235
P2	1,6862	0,8220
P3	0,2940	0,2680
P4	2,5602	2,3272
P5	1,3393	1,0337
P6	1,3762	1,3762
P7	2,6105	1,6044
P8	2,0609	0,6280
P9	0,1934	0,1934
P10	0,3189	0,3189
P11	0,6397	0,6412
P12	0,0420	0,0420
P13	0,3599	0,3599
P14	0,0545	0,0545
P15	0,0314	0,0314
P16	0,5230	0,3054
<b>Celkový strojní čas [min]</b>	21,1251	13,4297

Každý druh nutného času se skládá ze tří složek: jednotkového, dávkového, směnového, kde práce se nadále bude zabývat pouze jednotkovým časem. Konkrétně  $t_{A1}$  značí čas provedení pracovních úkonů, které jsou bezprostředně spojené s vykonáním jednotlivé operace, která může být pravidelná u každé jednotky. Jednotkový čas  $t_{A2}$  zahrnuje čas na oddech u namáhavých prací a čas  $t_{A3}$  obsahuje podmienečně nutnou přestávku (např. čekání na ukončení rytmu montážní práce). [7]

Jelikož tyto jednotlivé časy je obtížné získat a spočítat, firma používá tzv. vedlejší čas  $t_{AV}$ , který zahrnuje některé zmíněné operace společně s výměnou, příjezdy a odjezdy nástrojů, ale především úkony ohledně prvního upnutí, následné vyjmutí obrobku po zhotovení první strany, očištění, protočení průměru měkkých čelistí, upnutí obrobku z druhé strany apod. Pro zjištění celkového vedlejšího času se vychází z firemního normativu, kde strojní čas  $t_{AS}$  je vynásoben koeficientem 1,3. Pro vyčíslení hodnoty koeficientu se vychází ze skutečné délky celkového výrobního času příruby v závislosti na celkovém jednotkovém strojním času. Výpočty nebudou zahrnovat časy na přestávky a oddech u náročných prací, čekání na ukončení cyklu při obsluze více strojů, psaní programu apod. Pro srovnání dvou technologických postupů je zároveň zbytečné časy na tyto úkony uvažovat. Tabulka č. 55 ukazuje srovnání všech počítaných časů u původního a variantního technologického postupu. Celkový jednotkový vedlejší čas  $t_{AV}$  je potom získán ze vztahu:

$$t_{AV} = 1,3 \cdot t_{AS}, \quad (5.4)$$

kde:  $t_{AV}$  - jednotkový vedlejší čas [min],  
 $t_{AS}$  - jednotkový strojní čas [min].

$$t_{AV} = 1,3 \cdot 21,1251 = 27,4626 \text{ min}$$

Celkový strojní čas je potom vypočítán jako:

$$t_A = t_{AS} + t_{AV}, \quad (5.5)$$

kde:  $t_A$  - celkový jednotkový čas [min],  
 $t_{AV}$  - jednotkový vedlejší čas [min],  
 $t_{AS}$  - jednotkový strojní čas [min].

$$t_A = 21,1251 + 27,4626 = 48,5877 \text{ min}$$

Tab. 55 Srovnání výrobních časů obou variant.

	Jednotkový strojní čas $t_{AS}$ [min]	Vedlejší strojní čas $t_{AV}$ [min]	Celkový čas $t_A$ [min]
<b>Původní postup</b>	21,1251	19,2238	48,5877
<b>Variantní postup</b>	13,4297	17,4589	30,8886

## 5.2 Výpočet normy spotřeby materiálu pro původní postup

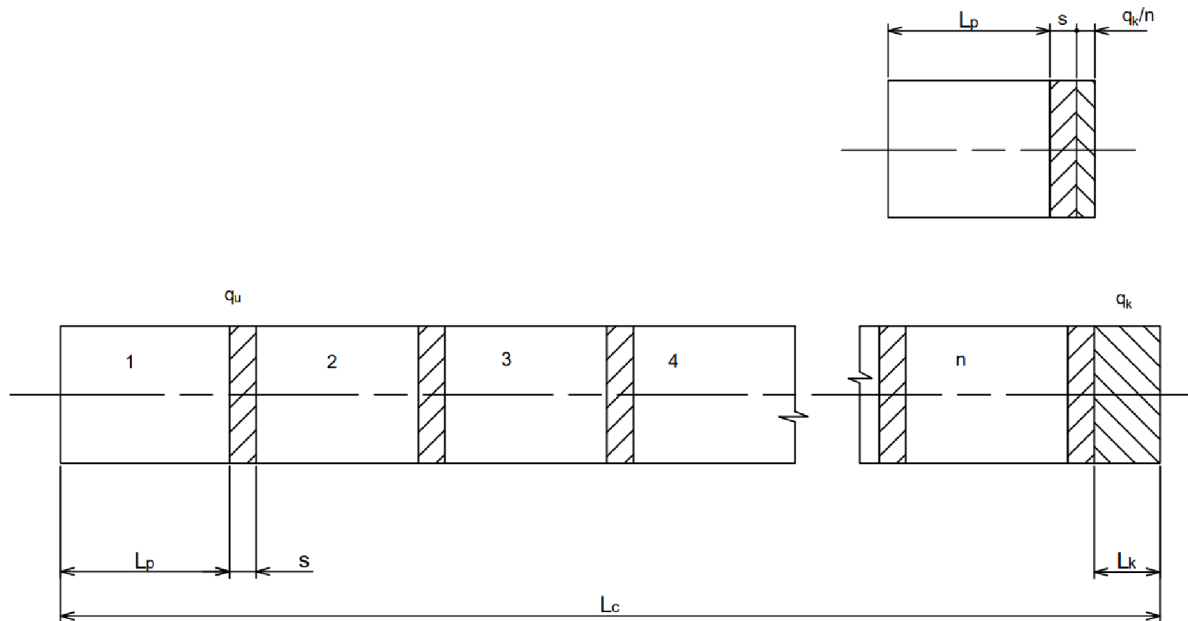
Pro výpočet je potřeba vědět hmotnost hotové součásti, která je zjištěna po jejím zhotovení a vychází na  $Q_0 = 2,671$  kg. Dále je nutno zjištění hmotnosti polotovaru před výrobou, která se vypočítá dle následujícího vztahu:

$$Q_p = \rho \cdot V = \rho \cdot \frac{\pi \cdot D^2}{4} \cdot b, \quad (5.6)$$

kde:  $Q_p$  - hmotnost polotovaru [kg],  
 $\rho$  - hustota oceli [ $\text{kg} \cdot \text{m}^{-3}$ ],  
 $V$  - objem polotovaru [ $\text{m}^3$ ],  
 $D$  - průměr obrobku [m],  
 $b$  - šířka polotovaru [m].

$$Q_p = 7850 \cdot \frac{\pi \cdot 0,16^2}{4} \cdot 0,04 = 6,313 \text{ kg}$$

Na obrázku č. 50 je zobrazeno dělení tyčí se znázorněním jednotlivých počítaných parametrů.



Obr. 50 Ztráty materiálu z přířezu tyče.

Hmotnost 420 mm tyče, která je u dodavatele nařezána na 10 kusů, vychází (vztah 5.6) na 66,29 kg. Zde je potřeba brát v úvahu ztráty vzniklé dělením, které se vypočítají pomocí [7]:

$$q_u = \rho \cdot \frac{\pi \cdot D^2}{4} \cdot s, \quad (5.7)$$

kde:  $q_u$  - ztráty vzniklé dělením materiálu na jednici [kg],  
 $\rho$  - hustota materiálu [ $\text{kg} \cdot \text{m}^{-3}$ ],  
 $D$  - průměr obrobku [m],  
 $s$  - šířka prořezu [m].

$$q_u = 7850 \cdot \frac{\pi \cdot 0,16^2}{4} \cdot 0,9 \cdot 10^{-3} = 0,142 \text{ kg}$$

Dále je potřeba výpočtu délky a hmotnosti nevyužitelného konce tyče, kde délka se vypočítá dle vztahu:

$$L_k = L_c - 10 \cdot (L_p + s), \quad (5.8)$$

kde:  $L_k$  - délka nevyužitelného konce tyče [mm]  
 $L_c$  - celková délka tyče [mm],  
 $L_p$  - délka přířezu [mm],  
 $s$  - šířka prořezu [mm].

$$L_k = 420 - 10 \cdot (40 + 0,9) = 11 \text{ mm}$$

Hmotnost nevyužitelného konce připadajícího na jednici [7]:

$$q_k = \rho \cdot \frac{\pi \cdot D^2}{4 \cdot 10} \cdot L_k, \quad (5.9)$$

kde:  $q_k$  - ztráty vzniklé z nevyužitelného konce tyče připadajícího na jednici [kg],  
 $\rho$  - hustota materiálu [ $\text{kg} \cdot \text{m}^{-3}$ ],  
 $D$  - průměr obrobku [m],  
 $L_k$  - délka nevyužitelného konce tyče [m].

$$q_k = 7850 \cdot \frac{\pi \cdot 0,16^2}{4 \cdot 10} \cdot 0,011 = 0,174 \text{ kg}$$

Dále je nutné spočítat ztráty vzniklé obráběním, které se zjistí ze vztahu [7]:

$$q_o = Q_p - Q_o, \quad (5.10)$$

kde:  $q_o$  - ztráty vzniklé obráběním materiálu [kg],  
 $Q_p$  - hmotnost polotovaru [kg],  
 $Q_o$  - hmotnost hotové součásti [kg].

$$q_o = 6,313 - 2,671 = 3,642 \text{ kg}$$

Celkové ztráty materiálu připadající na jednici [7]:

$$Z_m = q_u + q_k + q_o, \quad (5.11)$$

kde:  $Z_m$  - celkové ztráty materiálu na jednici [kg],  
 $q_u$  - ztráty vzniklé dělením materiálu na jednici [kg],  
 $q_k$  - ztráty vzniklé z nevyužitelného konce tyče připadajícího na jednici [kg],  
 $q_o$  - ztráty vzniklé obráběním materiálu [kg].

$$Z_m = 0,142 + 0,174 + 3,642 = 3,958 \text{ kg}$$

Norma spotřeby materiálu je potom získána ze [7]:

$$N_m = Q_o + Z_m, \quad (5.12)$$

kde:  $N_m$  - norma spotřeby materiálu [kg],  
 $Q_o$  - hmotnost hotové součásti [kg],  
 $Z_m$  - celkové ztráty materiálu na jednici [kg].

$$N_m = 2,617 + 3,958 = 6,575 \text{ kg}$$

Z čisté hmotnosti součásti a normy spotřeby materiálu se stanovuje stupeň (koeficient) využití materiálu [7]:

$$k_m = \frac{Q_o}{N_m}, \quad (5.13)$$

kde:  $k_m$  - stupeň využití materiálu [-],  
 $N_m$  - norma spotřeby materiálu [kg],  
 $Q_o$  - hmotnost hotové součásti [kg].

$$k_m = \frac{2,617}{6,575} = 0,4$$

Stupeň využití materiálu se při obrábění obvykle pohybuje v rozsahu 0,4 až 0,8. Tohle kritérium má potom vliv na pracnost výrobku, pokrokovost použité technologie apod. Přibližuje-li se koeficient využití materiálu  $k_m$  jedné, znamená to, že množství odebraných třísek je malé, tedy obrábění vyžaduje malou spotřebu pracovního času. [7] V tomto případě se koeficient pohybuje na spodní hranici, tudíž je potřeba odebrání vyššího množství materiálu z daného polotovaru, což zhoršuje produktivitu práce a vyžaduje vyšší spotřebu času.

### 5.3 Výpočet normy spotřeby materiálu pro variantní postup

Při nákupu materiálu u dodavatele se poptává tyč dlouhá 400 mm, kde její hmotnost je vypočtena pomocí vztahu (5.6) –  $Q_{cp} = 55,488 \text{ kg}$ . Hmotnost už nařezaného polotovaru potom vyšla (vztah 5.6)  $Q_p = 5,271 \text{ kg}$  a hmotnost výsledné součásti zůstává stejná (Kapitola 5.2) –  $Q_o = 2,671 \text{ kg}$ .

Vypočtení ztráty materiálu dělením pomocí vztahu (5.7):

$$q_u = 7850 \cdot \frac{\pi \cdot 0,15^2}{4} \cdot 0,9 \cdot 10^{-3} = 0,125$$

Dále je potřeba výpočtu délky a hmotnosti nevyužitelného konce tyče, kde délka se vypočítá dle vztahu (5.8):

$$L_k = 400 - 10 \cdot (38 + 0,9) = 11 \text{ mm}$$

Hmotnost nevyužitelného konce připadajícího na jednici (5.9):

$$q_k = 7850 \cdot \frac{\pi \cdot 0,15^2}{4 \cdot 10} \cdot 0,011 = 0,153 \text{ kg}$$

Ztráty vzniklé obráběním se vypočítají pomocí vztahu (5.10):

$$q_o = 5,271 - 2,671 = 2,6 \text{ kg}$$

Celkové ztráty materiálu připadající na jednici (5.11):

$$Z_m = 0,125 + 0,153 + 2,6 = 2,878 \text{ kg}$$

Norma spotřeby materiálu je potom získána ze (5.12):

$$N_m = 2,617 + 2,878 = 5,495 \text{ kg}$$

Stupeň (koeficient) využití materiálu se získá viz vztah (5.13):

$$k_m = \frac{2,617}{5,495} = 0,48$$

Stupeň využití materiálu u nové varianty polotovaru vyšel o něco vyšší než u firemního postupu. Vyšší hodnota  $k_m$  lze být dosažena úpravou velikosti polotovaru, případně zmenšením celkové délky tyče, tzn. zmenšením jejího nevyužitelného konce. V tomto případě už nemohou být více zmenšené rozměry polotovaru a je tedy dosažena nejvyšší možná hodnota  $k_m$ . Ekonomické srovnání původní a progresivní varianty je popsáno v kapitole 5.4.

## 5.4 Náklady na materiál

Jako výchozí polotovar zvolený firmou byla stanovena tyč válcovaná za tepla od firmy Valbruna CE s.r.o. o průměru 160 mm a délce 420 mm, kde cena materiálu 1.4301 vychází na 135,- Kč/kg společně s řezem 400,- Kč/ks. Tyč o délce 420 mm je potom u dodavatele nařezána na 10 kusů. Celková hmotnost tyče byla zjištěna pomocí vztahu (5.6), kde vychází  $Q_p = 66,29 \text{ kg}$ . Cena takové objednávky potom vyšla na:

$$C_{p1} = Q_p \cdot C_m + 10 \cdot C_{r1}, \quad (5.14)$$

kde:  $C_{p1}$  - cena původní objednávky [Kč],  
 $Q_p$  - hmotnost polotovaru [kg],  
 $C_m$  - cena materiálu 1.4301 [Kč],  
 $C_{r1}$  - cena řezu materiálu o průměru 160 mm [Kč].

$$C_{p1} = 66,29 \cdot 135 + 10 \cdot 400 = 12\,949,15,- \text{ Kč}$$

Polotovar pro variantní postup byl zvolen taktéž od firmy Valbruna CE s.r.o., avšak o velikosti průměru 150 mm a délce 400 mm. Nařezání materiálu taktéž proběhne u dodavatele. Cena zde vychází na 135,- Kč/kg s řezem 375,- Kč/kus. Hmotnost polotovaru byla zjištěna pomocí vztahu (5.6), kde  $Q_{p2} = 55,488 \text{ kg}$ . Cena takové objednávky je zjištěna z (5.14):

$$C_{p2} = 55,488 \cdot 135 + 10 \cdot 375 = 11\,240,88,- \text{ Kč}$$

V tabulce číslo 56 je znázorněno srovnání těchto dvou variant. Pokud by firma chtěla ušetřit více financí, mohla by objednat materiál od jiného dodavatele, u kterého by cena vyšla výhodněji, případně objednat tyč, kde délka nevyužitelného konce by byla kratší.

Tab. 56 Srovnání cen materiálu.

Typ varianty	Hmotnost	Série		
		1 kus	10 kusů/týden	500 kusů/rok
	[kg]	[Kč]	[Kč]	[Kč]
Stávající	63,130	1 294,92	12 949,15	647 457,50
Progresivní	55,488	1 124,09	11 240,88	562 044,00

## 5.5 Náklady na nástroje

V této kapitole jsou zpracovány veškeré náklady na VBD, vrtáky a závitníky při sériovosti 10 kusů za týden a 500 kusů za rok. U variantního technologického postupu jsou vybrány stejné břitové destičky, kromě nástroje P8, jelikož je zde zvolen vrták o vyšším průměru a stávající VBD by zde neseďly. To samé platí i pro nástroj P11, kde u nové technologie je použit jiný typ vrtáku s korunkou. Tabulka č. 57 obsahuje parametry použitých nástrojů, počet břitů a pro vrtáky a frézy počet nabroušení, jejich strojní časy v záběru a trvanlivosti. Ty jsou voleny s přihlédnutím k hodnotám z katalogů a zároveň dle konzultací přímo s obráběči ve výrobě (popsáno viz Kapitola 4.3). Například u 8 mm frézy (P7) vychází trvanlivost o 3 minuty vyšší, jelikož je zde navržena technologie výroby, která snižuje opotřebení břitu. Tabulka číslo 58 potom zobrazuje počet potřebného množství jednotlivých destiček, vrtáků a závitníků společně s náklady pro určitou sériovost výroby a zároveň ukazuje, který z obou technologických postupů vyjde cenově výhodněji. Ukázkový výpočet počtu břitových destiček:

$$P = \frac{t_z \cdot s_v}{T \cdot p_b}, \quad (5.15)$$

- kde:  $P$  - počet VBD/vrtáků/frézy apod. [-],  
 $t_z$  - čas v záběru [min],  
 $s_v$  - výrobní série [kusů/týden, kusů/rok],  
 $T$  - trvanlivost VBD/vrtáků/frézy apod. [min],  
 $p_b$  - počet břitů [-].

$$P = \frac{7,035 \cdot 500}{15 \cdot 4} = 58,625 \Rightarrow 59 \text{ destiček}$$



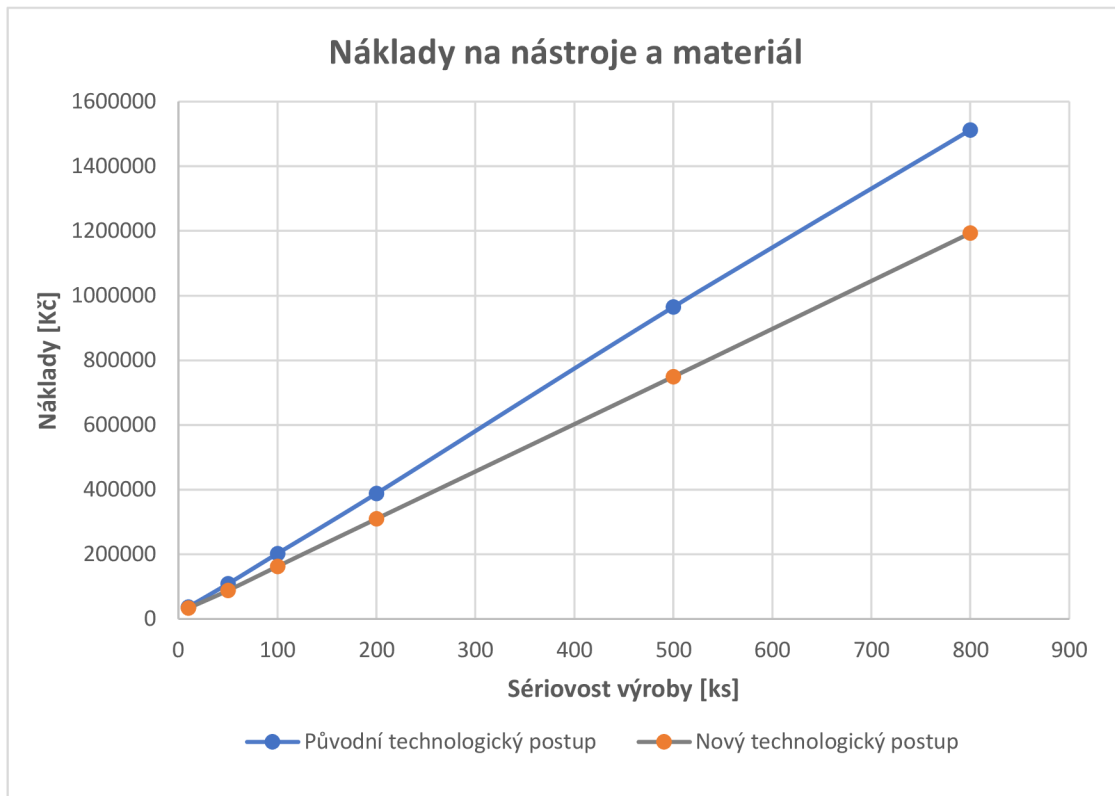
Tab. 57 Parametry VBD, vrtáků, závitníků apod.

Pozice nástroje	Typ	Počet břitů/naostření	Původní postup		Variantní postup	
			Trvanlivost	t <sub>AS</sub>	Trvanlivost	t <sub>AS</sub>
		-	[min]	[min]	[min]	
P1	VBD	4	15	7,0350	17	3,4235
P2	VBD	4	15	1,6862	17	0,8220
P3	VBD	1	15	0,2940	16	0,2680
P4	VBD	4	15	2,5602	17	2,3272
P5	VBD	4	15	1,3393	17	1,0337
P6	VBD	4	15	1,3762	17	1,3762
P7	Fréza	2	20	2,6105	23	1,6044
P8	VBD obvodová	4	15	2,0609	10	0,6280
	VBD středová	4	15	2,0609	10	0,6280
P9	Vrták	2	15	0,1934	15	0,1934
P10	Vrták	2	15	0,3189	15	0,3189
P11	Vrták/korunka	2/2	15	0,6397	15	0,6412
P12	Vrták	1	13	0,0420	13	0,0420
P13	Vrták	1	13	0,3599	13	0,3599
P14	Závitník	1	15	0,0545	15	0,0545
P15	Závitník	1	15	0,0314	15	0,0314
P16	Středící vrták	1	15	0,5230	13	0,3054

Tab. 58 Celkové náklady na nástroje.

Pozice nástroje	Původní technologie [ks]			Variantní technologie [ks]		
	Cena [Kč]	10 kusů/týden	500 kusů/rok	Cena [Kč]	10 kusů/týden	500 kusů/rok
P1	352	2	59	352	1	26
P2	322	1	15	322	1	7
P3	486	1	10	486	1	9
P4	699	1	22	699	1	18
P5	699	1	12	699	1	8
P6	551	1	12	551	1	11
P7	3 073	1	33	1 802	1	18
P8	537	1	18	647	1	8
	585	1	18	647	1	8
P9	1 746	1	4	1 746	1	4
P10	2 860	1	6	2 860	1	6
P11	3 480	1	11	3 061	1	11
P12	1 800	1	2	1 800	1	2
P13	1 242	1	14	1 242	1	14
P14	2 504	1	2	2 504	1	2
P15	1 090	1	2	1 090	1	2
P16	1 536	1	18	1 536	1	12
Celková cena [Kč]	23 562	23 914	300 689	22 044	22 044	187 226

V neposlední řadě je zde přiložen graf (obr. 51), kde jsou znázorněny výše rozebírané náklady na materiál společně s připočtením nákladů na řezné nástroje. Tyto hodnoty byly napočítány pro několik sériovostí výroby pomocí již použitých vztahů (5.14, 5.15). Z grafu jednoznačně vyplývá, že nový technologický postup má menší náklady, co se týče materiálu a spotřebních nástrojů. Z grafu je také patrné, že nová varianta se vyplácí ihned po zavedení oproti původní, kde s rostoucí sériovostí se jejich rozdíl zvyšuje. Tabulka s vypočtenými hodnotami je k dispozici viz Příloha č. 4.



Obr. 51 Graf zobrazující náklady na materiál a nástroje.

---

## ZÁVĚR

V bakalářské práci byl rozebrán firemní a variantní technologický postup, které byly následně srovnány v technicko-ekonomickém zhodnocení. Nově navržený postup obsahuje několik změn, které byly aplikovány za účelem vylepšení stávajícího firemního postupu. Hlavní změna se týká zvolením polotovaru s menšími rozměry. Z výpočtu normy spotřeby materiálu vychází stupeň využití materiálu u progresivního postupu –  $k_m = 0,48$ , čímž dosahuje o několik desetín vyššího čísla, než je tomu u původní varianty. Z toho plyne, že při zhotovení příruby novým technologickým postupem dojde k úběru menšího množství třísek a bude snížena pracnost výroby. Z dosažených výsledků je patrné, že u progresivní varianty pouze vlivem zmenšení rozměrů polotovaru dochází k ušetření 13,19 % na nákladech za materiál, což u 500 takových kusů vychází na 85 413,5,- Kč.

U nového postupu jsou kompletně vyměněny tři nástroje, kvůli čemuž zde dochází k odlišnému vyhotovení jednotlivých technologických prvků. Tyto změny, společně s volbou menších rozměrů polotovaru a jiných řezných podmínek, způsobují zkrácení výrobních časů u zhotovení příruby. Konkrétně použitá progresivní varianta přinesla 36,43% úsporu na celkovém výrobním času. Snížení jednotkových strojních časů u nově navrženého postupu má také za následek menšího množství potřebných VBD, vrtáků, závitníků apod. na určitou sériovost výroby. Náklady na tyto nástroje byly napočítány na sériovost 10 a 500 kusů. U druhé možnosti je dosaženo ušetření těchto nákladů v hodnotě 113 463,- Kč. Je ovšem nutné tuto hodnotu brát s rezervou, jelikož trvanlivosti nástrojů u progresivní varianty byly určovány především z praktických zkušeností pracovníků ve výrobě. Skutečná hodnota se tedy může lišit.

Celkové srovnání těchto cen za materiál společně s připočtením nákladů na řezné nástroje vyhodnocuje graf viz obr. 51. Zde jsou vyobrazeny výdaje pro určité množství vyrobených kusů. Z grafu je patrné, že progresivní varianta se z hlediska těchto řešených nákladů vyplatí již od začátku.

Z výše popsaných charakteristik tedy vyplývá, že nově navržený technologický postup je z ekonomického hlediska výhodnější než ten stávající. Do budoucna je určitá možnost dosažení nižších celkových nákladů na výrobu. Může tomu být docíleno například odběrem materiálu u jiného dodavatele, který ho nabízí s nižší sazbou. Popřípadě přizpůsobit pracoviště ve firmě na řezání materiálu pomocí pásové pily. Zde je ovšem nutné vše důkladně zvážit, zdali se to vyplatí. Je také možnost konstrukčních úprav některých prvků na přírubě. Jelikož vyfrézovaná kontura na čele příruby nemá výraznější funkční charakter, šla by navrhnout i jiným způsobem, například změněním rozměrových charakteristik nebo tvaru vybrání. Při těchto změnách by mohla být urychlena výroba, případně zmenšena hmotnost příruby. Naposledy je také možnost využití jiného CNC stroje, např. MAZAK Integrex i-300S, který je vhodný pro obrábění tvrdších materiálů.

---

## SEZNAM POUŽITÝCH ZDROJŮ

1. Flange Basics. *Pipe Drafting and Design*. 3rd Edition. United States: Elsevier, 2012, s. 56-58. ISBN 0123847001.
  2. *PŘÍRUBY: PŘÍRUBA FLANGE DN50-200* [online]. [cit. 2022-03-10]. Dostupné z: <https://www.gms.cz/priruba-flange-dn50-200>
  3. AFFONSO LUIZ OCTÁVIO AMARAL. Mechanical Seals. *Machinery Failure Analysis Handbook - Sustain Your Operations and Maximize Uptime*. Gulf Publishing Company, 2006, s. 173-176. ISBN 193376208X.
  4. POPE J. EDWARD. Mechanical Seals. *Rules of Thumb for Mechanical Engineers - A Manual of Quick, Accurate Solutions to Everyday Mechanical Engineering Problems*. 1st Edition. Elsevier, 1997, s. 67. ISBN 0884157903.
  5. *Strojírenství: Selhávání mechanických ucpávek v čerpadlech* [online]. [cit. 2022-03-09]. Dostupné z: <https://www.engineering.sk/clanky2/udrzba/5362-selhavani-mechanickych-ucpavek-v-cerpadlech>
  6. *DIMER - your sealing partner: Mechanické ucpávky* [online]. [cit. 2022-05-17]. Dostupné z: [https://www.dimer.cz/tesneni/homepage\\_-1\\_cz.html](https://www.dimer.cz/tesneni/homepage_-1_cz.html)
  7. ZEMČÍK, Oskar. *TECHNOLOGICKÉ PROCESY: část obrábění: UČEBNÍ TEXTY KOMBINOVANÉHO BAKALÁŘSKÉHO STUDIA* [online]. [cit. 2022-03-02]. Dostupné z: <http://ust.fme.vutbr.cz/obrabeni/studijni-opory/TechnProcesy.pdf>
  8. *Přehled materiálů: 1.4301 nerezová ocel* [online]. [cit. 2022-03-09]. Dostupné z: <https://www.kipp.cz/cz/cs/Slu%C5%BEby/P%C5%99ehled-materi%C3%A1l%C5%AF/nerezov%C3%A1-ocel/1-4301-nerezov%C3%A1-ocel.html#>
  9. *Nerezový materiál a zařízení: Nerez 1.4301* [online]. [cit. 2022-05-19]. Dostupné z: <https://www.inerez.cz/1.4301/>
  10. *Mazak: Machines & Technology* [online]. [cit. 2022-05-19]. Dostupné z: <https://www.mazakusa.com/machines/>
  11. KOČMAN, Karel a Jaroslav PROKOP. *Technologie obrábění*. Brno: Akademické nakladatelství CERM, 2001, 270 s. : il. ISBN 80-214-1996-2
  12. *Kitagawa: Průchozí sklíčidla* [online]. [cit. 2022-05-19]. Dostupné z: <https://www.kitagawa.global/cz/products/silova-sklicidla/pruchozi-sklicidla/b-210>
  13. *Schunk: Upínací technika* [online]. [cit. 2022-05-19]. Dostupné z: [https://schunk.com/cz\\_cs/upinaci-technika/category/upinaci-technika/](https://schunk.com/cz_cs/upinaci-technika/category/upinaci-technika/)
  14. KOČMAN, Karel. *Technologické procesy obrábění*. Vyd. 1. Brno: Akademické nakladatelství CERM, 2011, 330 s. : il. ; 26 cm. ISBN 978-80-7204-722-2.
  15. *SANDVIK Coromant: Nástroje* [online]. [cit. 2022-05-19]. Dostupné z: <https://www.sandvik.coromant.com/cs-cz/pages/default.aspx>
  16. *Seco Tools: Produkty* [online]. [cit. 2022-05-19]. Dostupné z: <https://www.secotools.com/?language=cs&action=searchhttps://www.secotools.com/?language=cs&action=search>
  17. *Kyocera: VB/VC/VP* [online]. [cit. 2022-05-19]. Dostupné z: <https://www.kyocera-unimerco.com/Kyocera/metal/turning-tools/turning-inserts/vbvcvp/?page=100>
-

18. *Mitutoyo: Ruční měřidla a systémy přenosu dat* [online]. [cit. 2022-05-19]. Dostupné z: [https://shop.mitutoyo.cz/web/mitutoyo/cs\\_CZ/mitutoyo/01/Small%20Tool%20Instruments%20and%20Data%20Management/index.xhtml](https://shop.mitutoyo.cz/web/mitutoyo/cs_CZ/mitutoyo/01/Small%20Tool%20Instruments%20and%20Data%20Management/index.xhtml)
19. *M&B Calibr: Měřicí technika INSIZE* [online]. [cit. 2022-05-19]. Dostupné z: <https://www.mbcaltbr.cz/merici-technika-insize.html>
20. *Hoffmann Group: Měřicí kalibry a třmenové měřky* [online]. [cit. 2022-05-19]. Dostupné z: <https://www.hoffmann-group.com/CZ/cs/hot/M%C4%9B%C5%99ic%C3%AD-technika/Kalibry/M%C4%9B%C5%99%C3%ADc%C3%AD-kalibry-a-t%C5%99menov%C3%A9-m%C4%9Brky/c/40-10-05-00-0>

## SEZNAM POUŽITÝCH SYMBOLŮ A ZKRATEK

## Symbols

Označení	Legenda	Jednotka
$a_p$	šířka záběru hlavního ostří nástroje	[mm]
$b$	šířka polotovaru	[m]
$C_m$	cena materiálu	[Kč]
$C_p$	cena objednávky	[Kč]
$C_{\bar{r}}$	cena řezu	[Kč]
$D$	průměr	[mm]
$d$	průměr	[mm]
$f$	posuv	[mm]
$f_z$	posuv na zub	[mm]
$i$	počet třísek	[-]
$k_m$	stupeň využití materiálu	[-]
$L$	délka soustružené plochy	[mm]
$L_c$	celková délka tyče	[mm]
$L_k$	délka nevyužitelného konce tyče	[mm]
$L_p$	délka přířezu	[mm]
$l_n$	délka náběhu	[mm]
$l_p$	délka přeběhu	[mm]
$M_i$	pozice měřicí pomůcky	[-]
$N_m$	norma spotřeby materiálu	[kg]
$n$	otáčky	[min <sup>-1</sup> ]
$P$	počet VBD/vrtáků/frézy apod.	[-]
$P_i$	pozice nástroje	[-]
$p_p$	počet břitů	[-]
$Q_{cp}$	celková hmotnost polotovaru	[kg]
$Q_o$	hmotnost hotové součásti	[kg]
$Q_p$	hmotnost polotovaru	[kg]
$q_k$	ztráty vzniklé z nevyužitelného konce tyče připadajícího na jednici	[kg]
$q_o$	ztráty vzniklé obráběním materiálu	[kg]
$q_u$	ztráty vzniklé dělením materiálu na jednici	[kg]
$R_a$	průměrná aritmetická úchylka profilu	[μm]
$R_{p0,2}$	mez kluzu	[MPa]
$s$	šířka prořezu	[mm]
$S_v$	výrobní série	[kusů/týden, kusů/rok]
$T$	trvanlivost VBD/vrtáků/frézy apod.	[min]
$t_{A1}$	čas provedení pracovních úkonů	[min]
$t_{A2}$	čas na oddech u namáhavých prací	[min]
$t_{A3}$	čas podmíněčně nutné přestávky	[min]
$t_{AS}$	jednotkový strojní čas	[min]
$t_{AV}$	jednotkový vedlejší čas	[min]
$t_A$	jednotkový celkový čas	[min]
$t_z$	čas v záběru	[min]
$V$	objem polotovaru	[m <sup>3</sup> ]
$v_c$	řezná rychlost	[m.min <sup>-1</sup> ]
$Z_m$	celkové ztráty materiálu na jednici	[kg]
$\gamma_o$	nástrojový ortogonální úhel čela	[°]

---

$\lambda_s$	nástrojový uhel sklonu hlavního ostří	[°]
$\pi$	Ludolfovo číslo	[-]
$\rho$	hustota	[kg.m <sup>-3</sup> ]

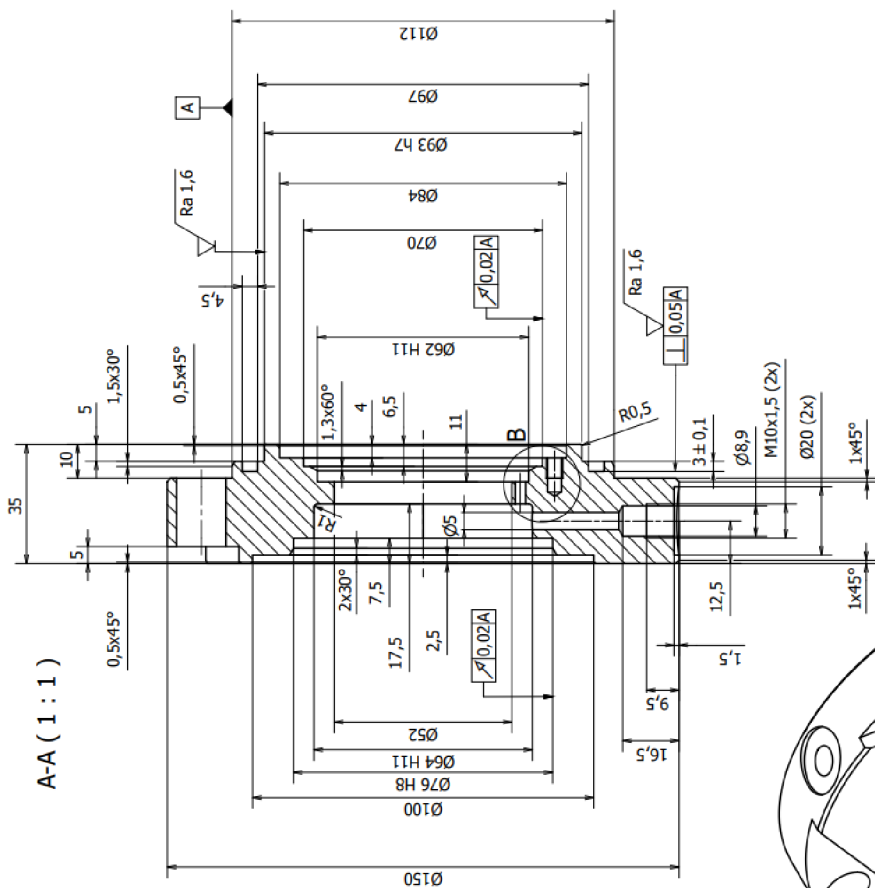
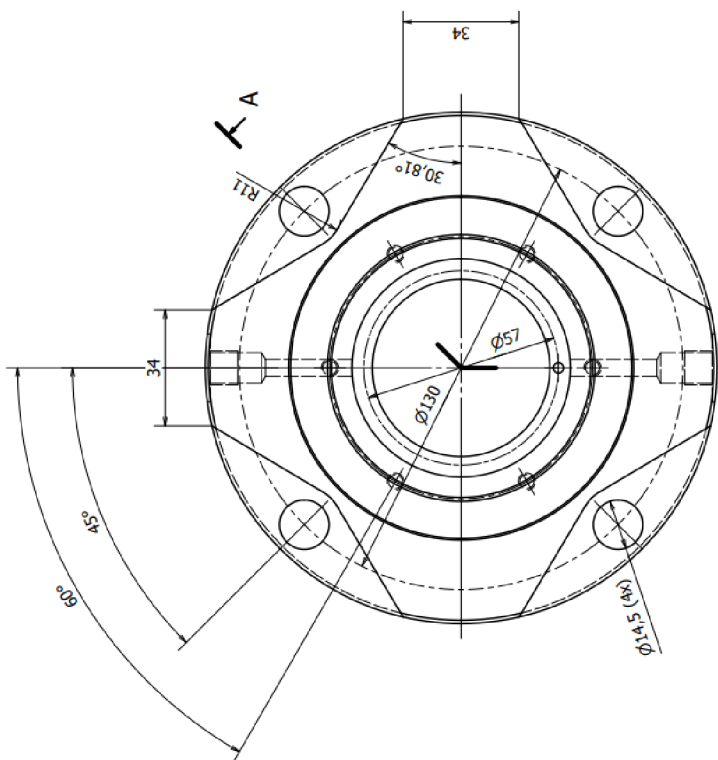
**Zkratky**

Označení	Legenda
CNC	Computer numeric control
DIN	Deutsches Institut für Normung e. V.
IPM	Intelligent Pocket Milling
IPS	Intelligent Performance Spindle
ISO	international organization for standardization
MU	Mechanická ucpávka
PVD	Physical Vapor Deposition
VBD	Vyměnitelná břitová destička

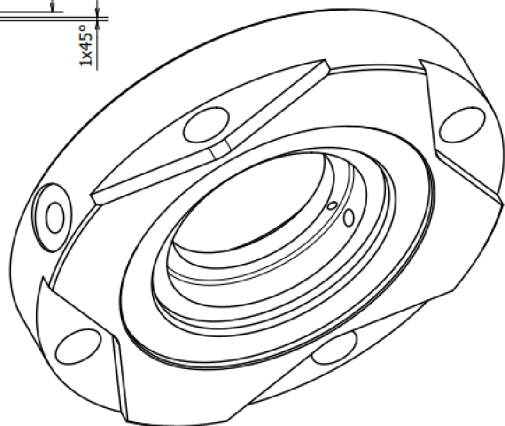
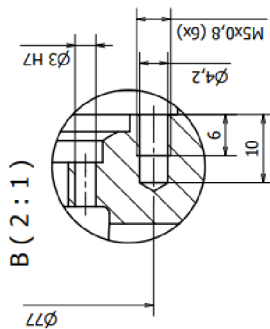
## SEZNAM PŘÍLOH

- Příloha 1 Výkres příruby
- Příloha 2 Technické informace CNC stroje MAZAK INTEGREX i-300S
- Příloha 3 Ukázka vrtáku SD\_DRILL\_8.9MM\_3XD v katalogu Seco Tools
- Příloha 4 Doplnění jednotlivých hodnot pro zhotovení grafu viz obr. 51





F-A



Struktura součásti: Ra 3.2	Hrný: -0.3	Měřítko: 1:1	Přesnost: ISO 2768-mS
Materiál: L 601	Pokřivení: -0.3	Hmotnost: 2.671 kg	Tolerování: ISO 15015
Druh dokumentu: VÝROBNÍ VÝKRES	Kreslit: Přiruba	Číslo dokumentu: D13-0213	Provozní: ČSAD
Kreslit: Přiruba	Schválit: Přiruba	Datum vydání: 15. 5. 2022	Číslo dokumentu: D13-0213
Logo: JUST			List: /

## Ukázka vrtáku SD\_DRILL\_8.9MM\_3XD v katalogu Seco Tools [16]

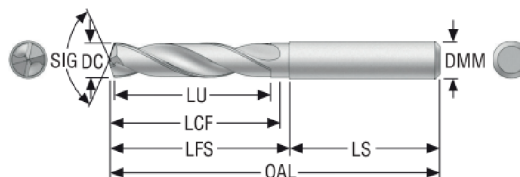
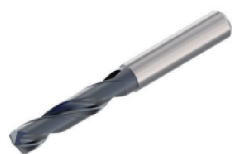
## Vrtání

Seco Universal – všestranné a nákladově efektivní



## SD-1103

Hloubka vrtání ~ 3 x D



- Válcová stopka DIN 6537A
- Tolerance DC m7
- Vnější chlazení
- Řezné podmínky viz str. 142
- Mezirozměry průměrů viz software Custom Design.

Objednací kód	Produktové číslo	DC	LU	OAL	LFS	LS	LCF	DMM	Úhel špičky:	Povlak	Tolerance otvoru
		mm	mm	mm	mm	mm	mm	mm			
SD1103-0300-014-06R1 SD_DRILL_3.0MM_3XD	02898974	3,0 0.118	14,0 0.551	62,0 2.441	26,0 1.024	36,0 1.417	20,0 0.787	6,0 0.236	140°	TiAIN	IT9
SD1103-0310-014-06R1 SD_DRILL_3.1MM_3XD	02898975	3,1 0.122	14,0 0.551	62,0 2.441	26,0 1.024	36,0 1.417	20,0 0.787	6,0 0.236	140°	TiAIN	IT9
SD1103-0873-035-10R1 SD_DRILL_11/32_3XD	02899052	8,731 0.344	35,0 1.378	89,0 3.504	49,0 1.929	40,0 1.575	47,0 1.850	10,0 0.394	140°	TiAIN	IT9
SD1103-0880-035-10R1 SD_DRILL_8.8MM_3XD	02899053	8,8 0.346	35,0 1.378	89,0 3.504	49,0 1.929	40,0 1.575	47,0 1.850	10,0 0.394	140°	TiAIN	IT9
SD1103-0890-035-10R1 SD_DRILL_8.9MM_3XD	02899054	8,9 0.350	35,0 1.378	89,0 3.504	49,0 1.929	40,0 1.575	47,0 1.850	10,0 0.394	140°	TiAIN	IT9
SD1103-0900-035-10R1 SD_DRILL_9.0MM_3XD	02899055	9,0 0.354	35,0 1.378	89,0 3.504	49,0 1.929	40,0 1.575	47,0 1.850	10,0 0.394	140°	TiAIN	IT9
SD1103-0910-035-10R1 SD_DRILL_9.1MM_3XD	02899056	9,1 0.358	35,0 1.378	89,0 3.504	49,0 1.929	40,0 1.575	47,0 1.850	10,0 0.394	140°	TiAIN	IT9

## SD1103 – Ø 3-20 mm / 0.118-0.787 palce

SMG	f										v <sub>c</sub>
	Ø3,00 Ø 0.118	Ø4,00 Ø 0.157	Ø6,00 Ø 0.236	Ø8,00 Ø 0.315	Ø10,00 Ø 0.394	Ø12,00 Ø 0.472	Ø14,00 Ø 0.551	Ø16,00 Ø 0.630	Ø18,00 Ø 0.709	Ø20,00 Ø 0.787	
P1	0,12 0.0048	0,14 0.0055	0,18 0.0070	0,22 0.0085	0,25 0.010	0,28 0.011	0,30 0.012	0,32 0.013	0,34 0.013	0,36 0.014	105 345
	0,12 0.0048	0,14 0.0055	0,18 0.0070	0,22 0.0085	0,26 0.010	0,28 0.011	0,32 0.013	0,34 0.013	0,36 0.014	0,36 0.014	105 345
P3	0,11 0.0044	0,13 0.0050	0,17 0.0065	0,20 0.0080	0,24 0.0095	0,26 0.011	0,28 0.012	0,30 0.013	0,32 0.013	0,34 0.013	90 295
	0,11 0.0044	0,13 0.0050	0,17 0.0065	0,20 0.0080	0,24 0.0095	0,26 0.011	0,28 0.012	0,30 0.012	0,32 0.013	0,34 0.013	80 260
P5	0,11 0.0044	0,13 0.0050	0,16 0.0065	0,20 0.0080	0,24 0.0095	0,26 0.010	0,28 0.011	0,30 0.012	0,32 0.013	0,34 0.013	75 245
	0,11 0.0044	0,13 0.0050	0,16 0.0065	0,20 0.0080	0,24 0.0095	0,26 0.010	0,28 0.011	0,30 0.012	0,32 0.013	0,34 0.013	85 280
P7	0,11 0.0044	0,12 0.0048	0,16 0.0065	0,20 0.0080	0,24 0.0095	0,26 0.010	0,28 0.011	0,30 0.012	0,32 0.013	0,34 0.013	80 260
	0,11 0.0044	0,12 0.0048	0,16 0.0065	0,20 0.0080	0,24 0.0095	0,26 0.010	0,28 0.011	0,30 0.012	0,32 0.013	0,34 0.013	75 245
P8	0,11 0.0044	0,13 0.0050	0,17 0.0065	0,20 0.0080	0,24 0.0095	0,26 0.011	0,28 0.012	0,30 0.013	0,32 0.013	0,34 0.013	75 245
	0,11 0.0044	0,13 0.0050	0,17 0.0065	0,20 0.0080	0,24 0.0095	0,26 0.011	0,28 0.012	0,30 0.013	0,32 0.013	0,34 0.013	75 245
P11	0,11 0.0044	0,12 0.0048	0,16 0.0065	0,20 0.0080	0,24 0.0095	0,26 0.010	0,28 0.011	0,30 0.012	0,32 0.013	0,34 0.013	75 245
	0,11 0.0044	0,12 0.0048	0,16 0.0065	0,20 0.0080	0,24 0.0095	0,26 0.010	0,28 0.011	0,30 0.012	0,32 0.013	0,34 0.013	75 245
P12	0,075 0.0030	0,085 0.0034	0,11 0.0044	0,14 0.0055	0,16 0.0065	0,18 0.0070	0,19 0.0075	0,20 0.0080	0,22 0.0085	0,22 0.0085	46 150
	0,075 0.0030	0,085 0.0034	0,11 0.0044	0,14 0.0055	0,16 0.0065	0,18 0.0070	0,19 0.0075	0,20 0.0080	0,22 0.0085	0,22 0.0085	46 150

Specifikace – MAZAK INTEGREX i-200S		
<b>Kapacita</b>	Maximální průměr obrábění	658 mm
	Maximální délka obrábění	1 011 mm
<b>Hlavní vřeteno</b>	Velikost sklíčidla	20,32 cm
	Maximální rychlost	5 000 ot/min
	Výkon motoru	22 kW
<b>Druhé vřeteno</b>	Velikost sklíčidla	20,32 cm
	Maximální rychlost	5 000 ot/min
	Výkon motoru	19 kW
<b>Frézovací vřeteno</b>	Pojezd v ose B	240°
	Kapacita zásobníku	36
	Maximální rychlost	12 000 ot/min
	Výkon motoru	22 kW
<b>Osy</b>	Posuv – osa X	615 mm
	Posuv – osa Y	260 mm
	Posuv – osa Z	1 077 mm
	Posuv – osa W	1 066 mm

## Doplnění jednotlivých hodnot pro zhotovení grafu viz obr. 51

Celkové množství a ceny VBD, vrtáků, závitníků apod. pro určité sériovosti výroby.

	Sériovost výroby [ks]					
Pozice nástroje	10	50	100	200	500	800
P1	2	6	12	24	59	94
P2	1	2	3	6	15	23
P3	1	1	2	4	10	16
P4	1	3	5	9	22	35
P5	1	1	3	5	12	18
P6	1	1	3	5	12	19
P7	1	4	7	14	33	53
P8	1	2	4	7	18	28
	1	2	4	7	18	28
P9	1	1	1	2	4	6
P10	1	1	2	3	6	9
P11	1	2	3	5	11	18
P12	1	1	1	1	2	3
P13	1	2	3	6	14	23
P14	1	1	1	1	2	3
P15	1	1	1	1	2	2
P16	1	2	4	7	18	28
Celková cena [Kč]	23 914	43 641	72 576	128 811	300 689	475 593
	Sériovost výroby [ks]					
Pozice nástroje	10	50	100	200	500	800
P1	1	3	6	11	26	41
P2	1	1	2	3	7	10
P3	1	1	2	4	9	14
P4	1	2	4	7	18	28
P5	1	1	2	4	8	13
P6	1	2	3	5	11	17
P7	1	2	4	7	18	28
P8	1	1	2	4	8	13
	1	1	2	4	8	13
P9	1	1	1	3	4	6
P10	1	1	2	3	6	9
P11	1	2	3	5	11	18
P12	1	1	1	1	2	3
P13	1	2	3	6	14	23
P14	1	1	1	1	2	3
P15	1	1	1	1	2	2
P16	1	2	3	5	12	19
Celková cena [Kč]	12 959	64 796	129 592	259 184	64 960	1 036 736

Náklady na materiál pro jednotlivé sériovosti výroby.

Sériovost výroby [ks]	Cena [Kč]	
	Původní varianta	Progresivní varianta
10	12 959	11 240
50	64 796	56 204
100	129 592	112 409
200	259 184	224 818
500	647 457	562 045
800	1 036 736	899 272

Celkové náklady za materiál a nástroje pro jednotlivé sériovosti výroby.

Sériovost výroby [ks]	Původní varianta [Kč]	Progresivní varianta [Kč]
10	36 873	33 285
50	108 437	87 843
100	202 168	162 157
200	387 995	309 483
500	948 146	749 271
800	1 512 329	1 193 188