

# **Návrh technologického postupu pro prvek přímého chlazení obráběcího stroje**

Jiří Dočkal

---

Bakalářská práce  
2016



Univerzita Tomáše Bati ve Zlíně  
Fakulta technologická

---

Univerzita Tomáše Bati ve Zlíně  
Fakulta technologická  
Ústav výrobního inženýrství  
akademický rok: 2015/2016

## **ZADÁNÍ BAKALÁŘSKÉ PRÁCE**

(PROJEKTU, UMĚLECKÉHO DÍLA, UMĚLECKÉHO VÝKONU)

Jméno a příjmení: **Jiří Dočkal**  
Osobní číslo: **T14586**  
Studijní program: **B3909 Procesní inženýrství**  
Studijní obor: **Technologická zařízení**  
Forma studia: **kombinovaná**

Téma práce: **Návrh technologického postupu pro prvek přímého chlazení obráběcího stroje**

Zásady pro vypracování:

- 1. Teoretická studie na dané téma**
- 2. Volba materiálu a polotovaru pro prvek přímého chlazení obráběcího stroje**
- 3. Sestavení technologického postupu pro daný prvek**
- 4. Kapacitní propočet potřebného počtu břitových destiček pro sérii 50 000 ks.**

Rozsah bakalářské práce:

Rozsah příloh:

Forma zpracování bakalářské práce: **tištěná/elektronická**

Seznam odborné literatury:

**Dle doporučení vedoucího práce.**

Vedoucí bakalářské práce:

**Ing. Martin Bednařík, Ph.D.**

Ústav výrobního inženýrství

Datum zadání bakalářské práce:

**8. ledna 2016**

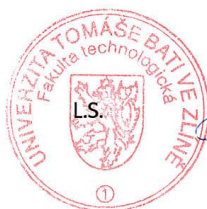
Termín odevzdání bakalářské práce:

**20. května 2016**

Ve Zlíně dne 3. února 2016



doc. Ing. František Buňka, Ph.D.  
*děkan*



prof. Ing. Berenika Hausnerová, Ph.D.  
*ředitel ústavu*

## PROHLÁŠENÍ

Prohlašuji, že

- beru na vědomí, že odevzdáním diplomové/bakalářské práce souhlasím se zveřejněním své práce podle zákona č. 111/1998 Sb. o vysokých školách a o změně a doplnění dalších zákonů (zákon o vysokých školách), ve znění pozdějších právních předpisů, bez ohledu na výsledek obhajoby <sup>1)</sup>;
- beru na vědomí, že diplomová/bakalářská práce bude uložena v elektronické podobě v univerzitním informačním systému dostupná k nahlédnutí, že jeden výtisk diplomové/bakalářské práce bude uložen na příslušném ústavu Fakulty technologické UTB ve Zlíně a jeden výtisk bude uložen u vedoucího práce;
- byl/a jsem seznámen/a s tím, že na moji diplomovou/bakalářskou práci se plně vztahuje zákon č. 121/2000 Sb. o právu autorském, o právech souvisejících s právem autorským a o změně některých zákonů (autorský zákon) ve znění pozdějších právních předpisů, zejm. § 35 odst. 3 <sup>2)</sup>;
- beru na vědomí, že podle § 60 <sup>3)</sup> odst. 1 autorského zákona má UTB ve Zlíně právo na uzavření licenční smlouvy o užití školního díla v rozsahu § 12 odst. 4 autorského zákona;
- beru na vědomí, že podle § 60 <sup>3)</sup> odst. 2 a 3 mohu užít své dílo – diplomovou/bakalářskou práci nebo poskytnout licenci k jejímu využití jen s předchozím písemným souhlasem Univerzity Tomáše Bati ve Zlíně, která je oprávněna v takovém případě ode mne požadovat přiměřený příspěvek na úhradu nákladů, které byly Univerzitou Tomáše Bati ve Zlíně na vytvoření díla vynaloženy (až do jejich skutečné výše);
- beru na vědomí, že pokud bylo k vypracování diplomové/bakalářské práce využito softwaru poskytnutého Univerzitou Tomáše Bati ve Zlíně nebo jinými subjekty pouze ke studijním a výzkumným účelům (tedy pouze k nekomerčnímu využití), nelze výsledky diplomové/bakalářské práce využít ke komerčním účelům;
- beru na vědomí, že pokud je výstupem diplomové/bakalářské práce jakýkoliv softwarový produkt, považují se za součást práce rovněž i zdrojové kódy, popř. soubory, ze kterých se projekt skládá. Neodevzdání této součásti může být důvodem k neobhájení práce.

Ve Zlíně 20.5.2016



<sup>1)</sup> zákon č. 111/1998 Sb. o vysokých školách a o změně a doplnění dalších zákonů (zákon o vysokých školách), ve znění pozdějších právních předpisů, § 47 Zveřejňování závěrečných prací:

(1) Vysoká škola nevydělečně zveřejňuje disertační, diplomové, bakalářské a rigorózní práce, u kterých proběhla obhajoba, včetně posudků oponentů a výsledku obhajoby prostřednictvím databáze kvalifikačních prací, kterou spravuje. Způsob zveřejnění stanoví vnitřní předpis vysoké školy.

(2) Disertační, diplomové, bakalářské a rigorózní práce odevzdané uchazečem k obhajobě musí být též nejméně pět pracovních dnů před konáním obhajoby zveřejněny k nahlížení veřejnosti v místě určeném vnitřním předpisem vysoké školy nebo není-li tak určeno, v místě pracoviště vysoké školy, kde se má konat obhajoba práce. Každý si může ze zveřejněné práce pořizovat na své náklady výpisy, opisy nebo rozmnoženiny.

(3) Platí, že odevzdáním práce autor souhlasí se zveřejněním své práce podle tohoto zákona, bez ohledu na výsledek obhajoby.

<sup>2)</sup> zákon č. 121/2000 Sb. o právu autorském, o právech souvisejících s právem autorským a o změně některých zákonů (autorský zákon) ve znění pozdějších právních předpisů, § 35 odst. 3:

(3) Do práva autorského také nezahnuje škola nebo školské či vzdělávací zařízení, užije-li nikoli za účelem přímého nebo nepřímého hospodářského nebo obchodního prospěchu k výuce nebo k vlastní potřebě dílo vytvořené žákem nebo studentem ke splnění školních nebo studijních povinností vyplývajících z jeho právního vztahu ke škole nebo školskému či vzdělávacímu zařízení (školní dílo).

<sup>3)</sup> zákon č. 121/2000 Sb. o právu autorském, o právech souvisejících s právem autorským a o změně některých zákonů (autorský zákon) ve znění pozdějších právních předpisů, § 60 Školní dílo:

(1) Škola nebo školské či vzdělávací zařízení mají za obvyklých podmínek právo na uzavření licenční smlouvy o užití školního díla (§ 35 odst. 3). Odpírá-li autor takového díla udělit svolení bez vážného důvodu, mohou se tyto osoby domáhat nahrazení chybějícího projevu jeho vůle u soudu. Ustanovení § 35 odst. 3 zůstává nedotčeno.

(2) Není-li sjednáno jinak, může autor školního díla své dílo užít či poskytnout jinému licenci, není-li to v rozporu s oprávněnými zájmy školy nebo školského či vzdělávacího zařízení.

(3) Škola nebo školské či vzdělávací zařízení jsou oprávněny požadovat, aby jim autor školního díla z výdělku jím dosaženého v souvislosti s užitím díla či poskytnutím licence podle odstavce 2 přiměřeně přispěl na úhradu nákladů, které na vytvoření díla vynaložily, a to podle okolností až do jejich skutečné výše; přitom se přihlídí k výši výdělku dosaženého školou nebo školským či vzdělávacím zařízením z užití školního díla podle odstavce 1.

## **ABSTRAKT**

DOČKAL, J. Návrh technologického postupu pro prvek přímého chlazení obráběcího stroje. Bakalářská práce. Zlín: Univerzita Tomáše Bati ve Zlíně, 2016.

Cílem této bakalářské práce je návrh technologického postupu prvku přímého chlazení obráběcího stroje. Teoretická část pojednává o základních parametrech technologické dokumentace. V praktické části jsou teoretické poznatky aplikovány na technologický postup pro zadaný díl, přičemž primárně se jedná o rotační třískové obrábění. V závěru práce je kapacitní propočet a cenové vyhodnocení.

### **Klíčová slova:**

Technologický postup, volba nástroje, kapacitní propočet.

## **ABSTRACT**

The aim of this bachelor thesis is to design technological process of direct cooling element of machine tool. The theoretical part discusses the basic parameters of technological documentation. In the practical part theoretical knowledge is applied to the technological process for the specified part, while primarily a rotary machining. In conclusion is the capacity calculation and price evaluation.

### **Keywords:**

Technological process, toolselection, capacity calculation.

Zde bych rád poděkoval Ing. Martinovi Bednařikovi za odborný dohled, připomínky a rady při vedení této bakalářské práce. Dále bych rád poděkoval své přítelkyni a rodině, která mě podporovala po celou dobu studia.

Prohlašuji, že odevzdaná verze bakalářské/diplomové práce a verze elektronická nahraná do IS/STAG jsou totožné.

# OBSAH

<b>ÚVOD.....</b>	<b>10</b>
<b>TEORETICKÁ ČÁST.....</b>	<b>11</b>
<b>1 CÍLE BAKALÁŘSKÉ PRÁCE .....</b>	<b>12</b>
<b>2 TECHNOLOGICKÁ DOKUMENTACE.....</b>	<b>13</b>
2.1 DRUHY TECHNOLOGICKÝCH DOKUMENTŮ.....	13
2.2 ČLENĚNÍ TECHNOLOGICKÉHO POSTUPU .....	14
<b>3 NÁVRH TECHNOLOGICKÉHO POSTUPU .....</b>	<b>15</b>
3.1 SLED OPERACÍ .....	15
3.2 VOLBA ZÁKLADEN .....	16
3.3 VOLBA STROJŮ .....	17
3.4 VOLBA NÁSTROJE – TRÍSKOVÉ OBRÁBĚNÍ.....	21
3.5 URČOVÁNÍ STROJNÍCH ČASŮ .....	26
<b>PRAKTICKÁ ČÁST .....</b>	<b>28</b>
<b>4 NÁVRH STROJŮ A NÁSTROJŮ, VOLBA MATERIÁLU A POLOTOVARU .....</b>	<b>29</b>
4.1 STROJE .....	29
4.2 NÁSTROJE A UPÍNACÍ HLAVY .....	29
4.3 NÁVRH MATERIÁLU.....	30
4.4 NÁVRH POLOTOVARU .....	31
4.5 SPOTŘEBA MATERIÁLU .....	31
4.5.1 Rozměry polotovaru .....	31
4.5.2 Norma spotřeby materiálu pro jeden kus .....	31
4.5.3 Norma spotřeby materiálu pro sérii 50 000 ks .....	35
<b>5 DOKUMENTACE.....</b>	<b>39</b>
5.1 TECHNOLOGICKÝ POSTUP .....	39
5.2 NÁVODKY .....	42
<b>6 KAPACITNÍ PROPOČET PRO OPERACI SOUSTRUŽENÍ .....</b>	<b>46</b>
6.1 POTŘEBNÝ POČET STROJŮ V DÍLNĚ .....	46
6.2 POTŘEBNÝ POČET VÝROBNÍCH DĚLNÍKŮ .....	46
6.3 SPOTŘEBA ENERGIE .....	47
6.3.1 Spotřeba energie strojním vybavením.....	47
6.3.2 Spotřeba energie ostatního vybavení a potřeb.....	48
6.3.3 Celková cena energií .....	48



6.4	SPOTŘEBA NÁŘADÍ .....	48
6.5	PŘIBLIŽNÝ POČET POTŘEBNÝCH PŘEPRAVNÍCH BEDEN .....	49
6.6	MINIMÁLNÍ PROSTOR HALY .....	49
<b>7</b>	<b>ZÁVĚR.....</b>	<b>50</b>
	<b>SEZNAM POUŽITÉ LITERATURY.....</b>	<b>51</b>
	<b>SEZNAM POUŽITÝCH SYMBOLŮ A ZKRATEK.....</b>	<b>52</b>
	<b>SEZNAM OBRÁZKŮ .....</b>	<b>54</b>
	<b>SEZNAM TABULEK.....</b>	<b>55</b>
	<b>PŘÍLOHA.....</b>	<b>56</b>

## ÚVOD

V technické praxi je kromě výkresové dokumentace často zapotřebí technologická dokumentace. Tyto podklady slouží ke zpřesnění a opakovatelnosti práce. Dalším přínosem takových dokumentů je detailní rozpis pracovních úkonů a rozpisy času. Ve velko-sériových výroбах, například v automobilovém průmyslu, jsou tyto postupy řešeny detailně a každá ušetřená vteřina je ve výsledku, v závislosti na počtu kusů, nezanedbatelnou časovou úsporou. Další výhodou těchto technických dokumentů je zjednodušení administrativy a zdokonalení skladového hospodářství v rámci využití štihlé výroby.

## **I. TEORETICKÁ ČÁST**

## 1 CÍLE BAKALÁŘSKÉ PRÁCE

Cílem této práce je seznámení se základními pojmy rozvíjejícími technologickou dokumentaci na jednotlivé dokumenty jako technologický postup, návodka, rozpiska aj. Po přečtení těchto teoretických informací by měl každý mít představu o tom, jaký dokument potřebuje vytvořit, aby dále rozvíjel technickou dokumentaci. Dále je v teoretické části popsána problematika obrábění. Jsou zde vysvětleny základní způsoby obrábění, jako je soustružení, frézování aj. Před tvorbou jakékoliv technologické dokumentace je potřeba si určit technické možnosti pracoviště, kde budou dokumenty aplikovány. Na základě toho lze jednoduše vymežit, jak rozsáhlou dokumentaci je třeba vytvořit.

V praktické části je navrhnout technologický postup s návodkami a spočítán v závislosti na omezeném strojním vybavení. Jsou zde navrženy potřebné nástroje a spočítány výrobní časy. K technologickému postupu je dále přiřazen generel propočtu potřebných prostorů pro samotnou výrobu. Dále je vypočítáno, kolik bude pro výrobu potřeba nástrojů, počet pracovníků a strojů. Takové vstupní propočty jsou většinou použity při propočtu nákladů a stanovení samotné ceny vyráběných dílů při návrhu ceny zakázky.

---

## 2 TECHNOLOGICKÁ DOKUMENTACE

### 2.1 Druhy technologických dokumentů

Technologická dokumentace představuje závazný předpis pro výrobu dílce a má stejnou váhu jako výkresová dokumentace. Určuje, jakým způsobem bude vyroben dílec, předepisuje veškeré pomůcky a zařízení potřebná pro výrobu a dále určuje potřebný čas pro veškeré operace. Technologická dokumentace obsahuje dle složitosti procesu několik dokumentů.

Technologická dokumentace se podle odborné literatury [1] rozděluje na základní a pomocné dokumenty. Základní dokumenty představují všechny dokumenty, které jsou potřeba pro samotnou výrobu. Pomocné dokumenty obsahují všechny podklady pro přípravné práce a samotnou realizaci technologických procesů.

Součástí technologické dokumentace mohou být zejména [1]:

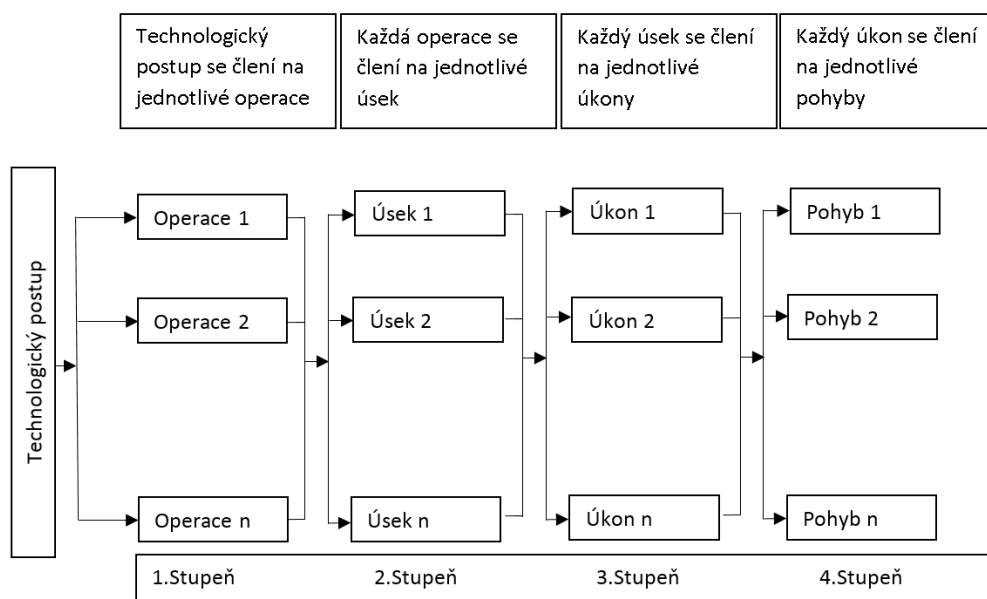
- technologické postupy – určují formou časové posloupnosti postup výroby a podmínky pro výrobu výrobku,
- doplňkové náčrty – jedná se o obrazovou dokumentaci, která pro znázornění doplňuje technologický postup,
- materiálové listy – představují dokument obsahující rozpis potřebného materiálu pro výrobek,
- rozpisky výrobní, montážní – se používají pro zpracování montážních či výrobních technologických procesů,
- soupisky – slouží ke stanovení technologického průběhu při výrobě nebo vnitropodnikovou opravu neshodných kusů,
- normovací listy – slouží jako dokument určující časovou náročnost pro výrobek,
- seznamy nářadí – představují dokument, kde je určeno veškeré strojní nářadí a veškeré vybavení potřebné k předepsanému úkonu,
- návodky – jsou dokumenty popisující průběh výroby a oprav ve správné technologické posloupnosti,
- kontrolní listy – jsou určeny pro ucelenou kontrolu dílů dle předepsaného klíče.

## 2.2 Členění technologického postupu

U technologických postupů je nutné dodržovat vysoké nároky na úplnost, komplexnost a kvalitu výrobního procesu. Technologický postup se člení dle náročnosti výroby a sériovosti do několika podskupin, kterými jsou [1]:

- operace,
- úsek,
- úkon,
- pohyb.

Příklad technologického postupu a členění podskupin pro velkosériovou výrobu je zachycen na obr. 1. V praxi se v rámci malosériové výroby se zpravidla technologický postup člení pouze na úseky a operace.



Obr. 1 Příklad technologického postupu a členění podskupin pro velkosériovou výrobu [1]

### 3 NÁVRH TECHNOLOGICKÉHO POSTUPU

Návrh technologického postupu tvoří základní technologický dokument. Ve své podstatě určuje výrobní zařízení, nástroje a pomůcky. Dále přesně definuje způsoby výroby dílce.

Požadavky kladené na technologický postup jsou [1]:

- splnění funkčních požadavků, vyplývajících z výkresové dokumentace, norem a základních technologických podmínek,
- vyrábět s minimálními náklady a minimální pracností,
- maximálně využít vlastní kapacity.

#### 3.1 Sled operací

Technologický postup by měl obsahovat následující sled operací, jejichž posloupnost by měla být dodržována [1]:

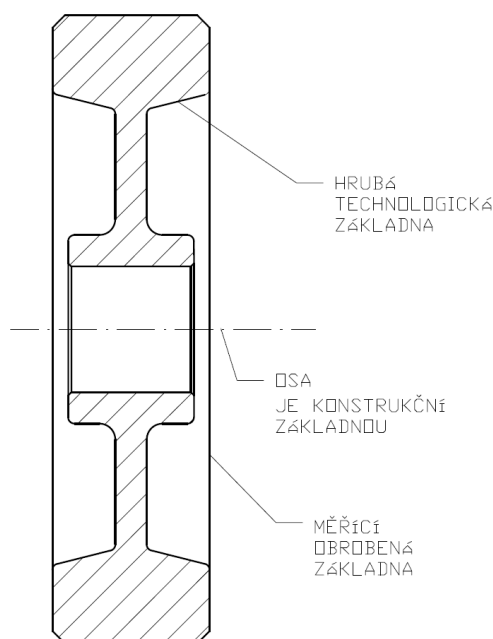
- volba a zhotovení polotovaru – dělení polotovarových tyčí, kování, odlévání, lisování,
- úprava polotovaru (rovnání, žihání aj.),
- zhotovení technologických základen (např. zarovnání čel),
- hrubovací operace,
- tepelné zpracování,
- poločisté obrábění,
- obrábění tvarových ploch,
- chemicko-tepelné zpracování,
- odstranění cementačních přísad,
- tepelné zpracování,
- úprava technologické základny (např. tvorba středících důlků),
- čisté obrábění,
- úprava povrchu (zinkování, chromování aj.),
- zvláštní operace (vyvažování),
- dokončovací operace (např. u velmi přesných funkčních ploch),
- konečná kontrola,

- konzervace,
- skladování.

### 3.2 Volba základen

Prvním krokem při určování technologického postupu je správné určení základen. Určují se tak, aby splňovaly veškeré požadavky na konečný výrobek v otázkách přesnosti rozměrů, tvaru a integrity povrchu. V dalším kroku má základna závislost na druhu technologií, které budou použity.

Samotná základna je část výrobku určující polohu dílce při ustavování do obráběcího stroje. V případě úplného obrábění výrobku se volí základna s nejmenším přídavkem. Příklad volby vhodné základny je znázorněn na obr. 2.



Obr. 2 Příklad volby základny

Z hlediska používání se základny dělí na [1]:

- konstrukční – většinou jde o osy nebo plochy, určující polohu dílce při jeho výrobě,
- montážní – jde o plochy, které se při montáži spojují s dalšími výrobky,
- technologické – jde o plochy výrobku určující polohu při jeho upínání do stroje nebo přípravku,
- měřicí – jde o plochy, od kterých se měří základní rozměry výrobku.

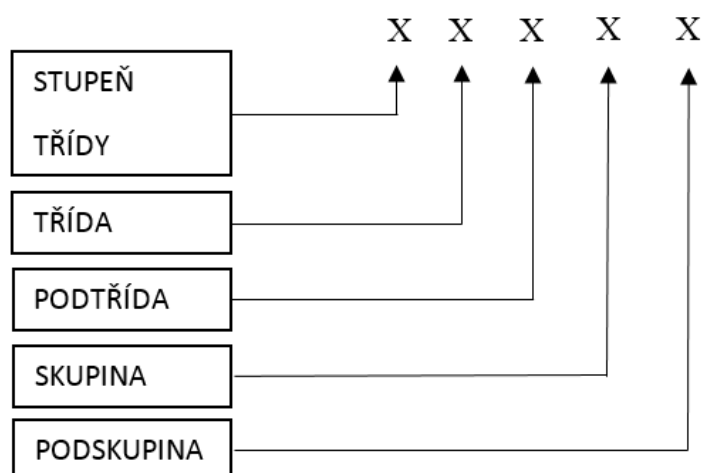


### 3.3 Volba strojů

Základními kritérii, pro výběr způsobu obrábění a z toho vyplývající volby patřičného stroje, jsou závislost tvaru a rozměr obráběných ploch. Dalšími kritérii je obrobitelnost voleného materiálu, dostupné vybavení a schopnost obsluhy pro dané operace.

Při výběru stroje můžeme využít třídících znaků, což je pětimístné číslo určující zařazení stroje v třídíku výrobních strojů a zařízení ve strojírenství. Obsah jednotlivých číslic je následující:

- první číslice neboli **Stupeň třídy** – nabývá hodnot 0-8 a určuje zařazení dle technické úrovně stroje,
- druhá číslice neboli **Třída** – nabývá hodnot 1-9 a určuje druh zařízení,
- třetí číslice neboli **Podtřída** – nabývá hodnot 1-9 a specifikuje blíže zařazení ve třídě,
- čtvrtá číslice neboli **Skupina** – nabývá hodnot 1-9 a označuje základní rozdělení skupiny strojů a zařízení,
- pátá číslice neboli **Podskupina** – nabývá hodnot 1-9 a rozděluje skupinu podle parametrů nebo funkčních vlastností stroje, zařízení.



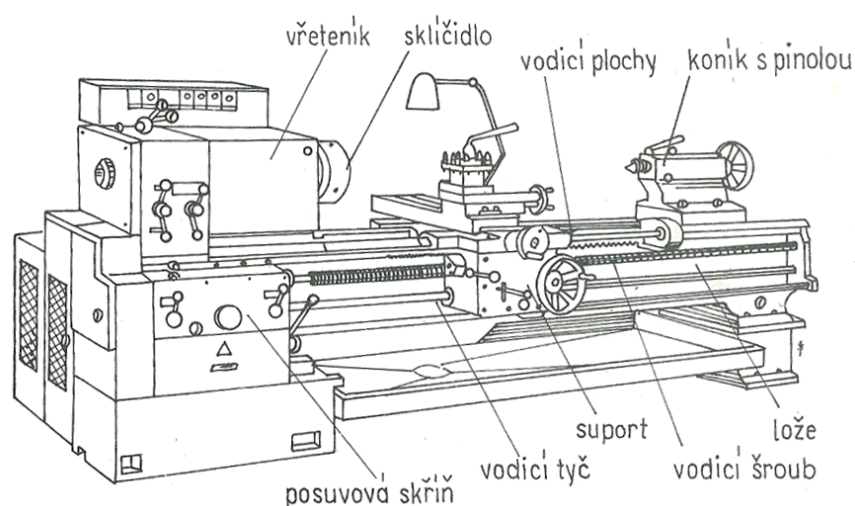
Obr. 3 Třídíček znaků [1]

- ***Stroje – soustružení***

Základním strojem pro soustružení je univerzální soustruh. Základní operace možné na soustruzích jsou obrábění vnějších a vnitřních rozměrů, vrtání děr, vyhrubování a vyztužování děr. Dále je možné používat soustruh pro dělení materiálu.

Nejčastěji vyskytující soustruhy v technické praxi jsou [4]:

- hrotové soustruhy,
- čelní soustruhy
- svislé karuselové,
- revolverové,
- poloautomatické,
- automatické,
- číslicově řízené.



Obr. 4 Základní části soustruhu [4]

Soustruh se skládá z nosného prvku, kterému se říká lože. Na loži jsou uloženy všechny ostatní části a zároveň slouží k odstranění vibrací. Dříve se lože z tohoto důvodu vyrábělo z litiny. V dnešní době se stroje čím dál více odlehčují a využívají se montované konstrukce z profilů. Hlavní pracovní rotační pohyb vykonává vřeteno. Vřeteník je poháněn elektromotorem přes převodovou skříň, která zajišťuje změnu otáček vřeteníku. Obrobek je upínán do skličidla, které je připevněno na vřeteník. Vedlejší pohyb vykonávají suporty, podélný a příčný. Třetím suportem jsou nožové sáně. Do těch je vložena nožová hlava, s kterou se dá otáčet, aby mohly být vyráběny kuželové plochy. Na nožo-

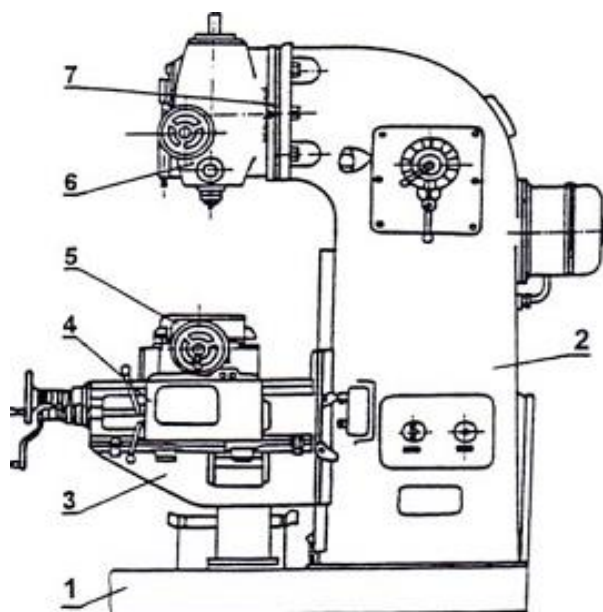
vé hlavě jsou připevněny obráběcí nože nebo nožové držáky. Dalším vybavením je koník, ten slouží k podepření dlouhých výrobků, aby bylo odstraněno prohnutí obráběného profilu. Součástí koníku je pinola, ve které je kuželová díra. Ta umožňuje upevnění hrotu nebo dalších nástrojů jako např. výhrubníků, výstružníků aj.

- ***Stroje – frézování***

Základním strojem pro frézování je svislá nebo vodorovná frézka. Základní operace možné na frézkách je obrábění rovinných, tvarových, šikmých i nepravidelných ploch. Dále se využívá k obrábění drážek a ozubených kol. Frézky je možné používat také pro dělení materiálu.

Nejčastěji se vyskytujícími frézkami v technické praxi jsou [4]:

- konzolové frézky, svislé a vodorovné,
- konzolové univerzální frézky
- stolové frézky,
- rovinné frézky, portálové frézky
- číslicově řízené,
- speciální frézky.



Obr. 5 Základní části konzolové frézky. 1- Základna, 2 - Stojan, 3 - Konzola, 4 - Příčné sáně, 5 - Pracovní stůl, 6 - naklápěcí vřeteník, 7 - Kruhová základna vřeteníku [4]

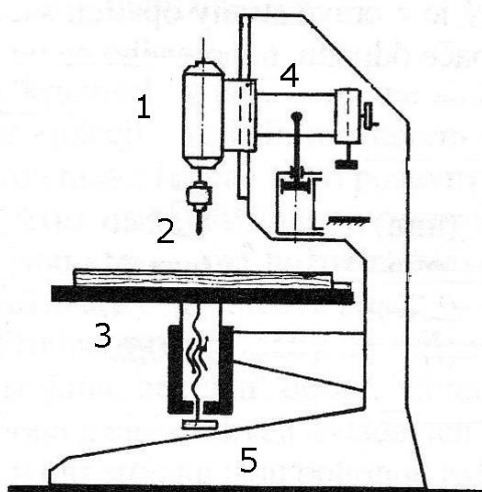
Frézka se skládá z nosného prvku, kterému se říká lože. Na loži jsou uloženy všechny ostatní části a zároveň slouží k odstranění vibrací. Hlavní pracovní rotační pohyb vykonává vřeteník, v kterém je vložen nástroj. Vřeteník je poháněn elektromotorem přes převodovou skříň, která zajišťuje změnu otáček. Obrobek je upnut na stůl a vykonává vedlejší posuvný pohyb ve dvou osách. V dnešní době jsou CNC frézky schopné naklápat samotný pracovní stůl, čímž je získána další osa otáčení. Tato schopnost se využívá při výrobě tvarově složitých dílů např. lopatek turbín.

- ***Stroje – Vrtání a vyvrtávání***

Základním strojem pro vrtání a vyvrtávání je stojanová vrtačka. Mezi základní operace možné na vrtačkách patří výroba děr a zvýšení jakosti děr pomocí vyhrubování a vystružování. Některé druhy vrtaček jsou přizpůsobeny k vrtání podélných otvorů.

Nejčastěji se vyskytujícími vrtačkami v technické praxi jsou:

- sloupové,
- stojanové,
- radiální.



Obr. 6 Základní části stojanové vrtačky, 1 – elektromotor, 2 – vrtací vřeteno, 3 – stůl, 4 – suport, 5 – stojan [4]

Vrtačka se skládá z nosného prvku, kterému se říká základová deska. Hlavní pracovní rotační pohyb vykonává vřeteník, v kterém je vložen nástroj. Vřeteník je poháněn elektromotorem přes převodovou skříň, která zajišťuje změnu otáček. Obrobek je upnut na stůl a vykonává vedlejší posuvný pohyb ve dvou osách, který není součástí samotného obrábění, ale slouží k posunu při výrobě dalšího otvoru.

Po stanovení metody obrábění se volí parametry samotného procesu obrábění. Ten umožňuje vybrat v dané třídě strojů nejvhodnější zařízení.

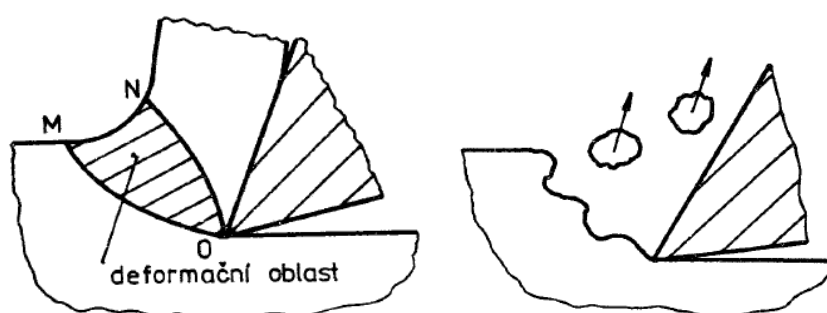
Základními parametry při určování nejvhodnějšího stroje jsou:

- výkon stroje,
- maximální hmotnost obrobku,
- rozsah stroje (posuv výšky, šířky a délky),
- otáčky stroje.

### 3.4 Volba nástroje – třískové obrábění

V technické praxi se obrábění rozděluje na třískové a netřískové. Do třískového se zařazuje primárně soustružení, frézování, vrtání aj. Za netřískové se dají považovat řezání laserem, řezání paprskem, hloubení aj. První dvě zmíněné metody netřískového obrábění jsou nejpoužívanější v technické praxi. Používají si při dělení materiálu a vyřezávání požadovaných tvarů. V této práci je v praktické části pojednáváno o technologickém procesu pro rotační součást, kde je využíváno soustružení a v menší míře frézování. Proto se praktická část této bakalářské práce zaměřuje na třískové obrábění.

Obrábění je technický proces, při kterém vzniká výrobek působením vnější síly za pomoci nástroje. V místě řezu vzniká plastická deformace, která určuje tvar třísky. Levá strana obrázku 7 znázorňuje tvářenou třísku. Pravá část obrázku 7 znázorňuje třísku, která se drolí.



Obr. 7 Tvary třísek při obrábění [2],

Nástroje pro technologické postupy se určují podle:

- metody obrábění (soustružení, frézování, vrtání, hoblování, obrážení a broušení),

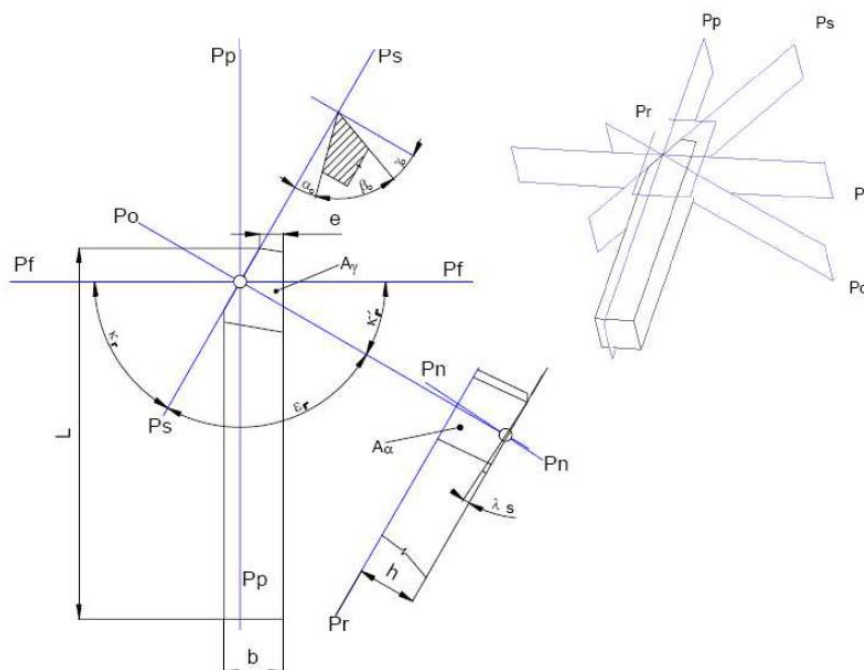
- možnosti strojního vybavení,
- určených ukazatelů (např. maximální výroba, maximální životnost, otáček aj.).

## 1. Soustružení

Jde o nejčastější druh třískového obrábění rotačních součástí. Obrobek je upnut ve sklíčidle a je obráběn rotačním pohybem výrobku. Z toho vyplývá, že hlavní pohyb vykonává obrobek a nůž vykonává pohyb vedlejší. Nejčastěji tak vznikají rotační součásti, závitů nebo kuželové plochy. Při použití speciálních nástrojů (např. tangenciální nůž, prizmatický nůž) vznikají jiné tvary.

### A. Roviny nástroje a nástrojové úhly

Různým vlastnostem obráběných materiálů jsou přizpůsobeny břity řezných nástrojů tak, aby co nejlépe splňovaly svůj účel. Pro práci nástroje jsou nejdůležitější úhly na břitech. Ty svírají úhly čela, hřbetu a ostří. Tyto úhly mají velký vliv na tvorbu třísek a tím pádem na povahu namáhání při obrábění. [3]



Obr. 8 Nástrojové roviny a úhly pravého soustružnického nože:  $A_\gamma$  - Čelo řezné části;  $A_\alpha$  - Hřbet řezné části;  $P_r$  - Nástrojová základní rovina;  $P_f$  - Nástrojová boční rovina;  $P_p$  - Nástrojová zadní rovina;  $P_s$  - Nástrojová rovina ostří;  $P_o$  - Nástrojová rovina ortogonální;  $P_n$  - Normálová rovina;  $\alpha_o$  - Nástrojový ortogonální úhel hřbetu;  $\beta_o$  - Nástrojový ortogonální úhel břitu;  $\gamma_o$  - Nástrojový ortogonální úhel čela;  $\lambda_s$  - Nástrojový úhel sklonu ostří;  $\kappa_r$  - Nástrojový úhel nastavení hlavního ostří;  $\kappa'$  - Nástrojový úhel nastavení vedlejšího ostří;  $\epsilon_r$  - Nástrojový úhel špičky;  $r_\epsilon$  - Poloměr špičky;  $r_n$  - Poloměr zaoblení ostří [3]

## B. Druhy nástrojových nožů

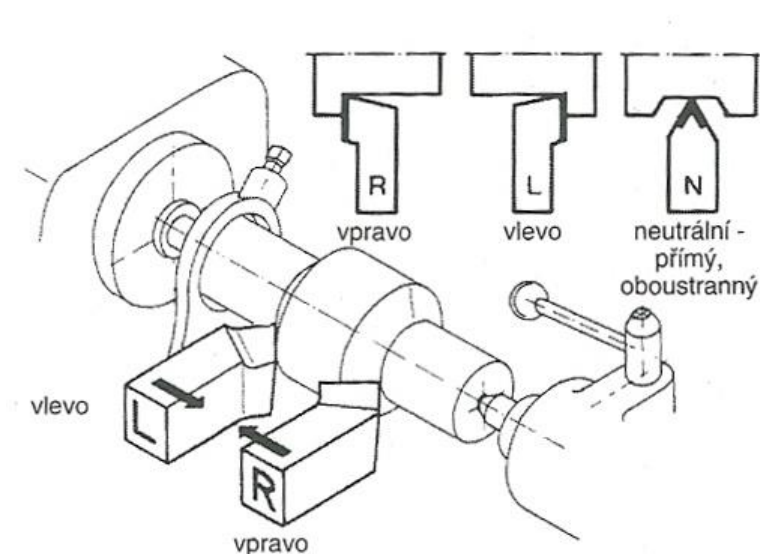
Pro soustružení se využívají jednobřité nástroje. Dají se rozdělit podle několika hledisek.

Podle materiálu:

- nástrojové oceli,
- slinuté karbidy,
- cermety,
- řezná keramika,
- polykrystalický diamant, polykrystalický kubický nitrid boru aj.

Podle směru řezu:

- pravé,
- levé,
- neutrální.



Obr. 9 Ukázka nástrojů dle směru řezu [4]

Podle konstrukce:

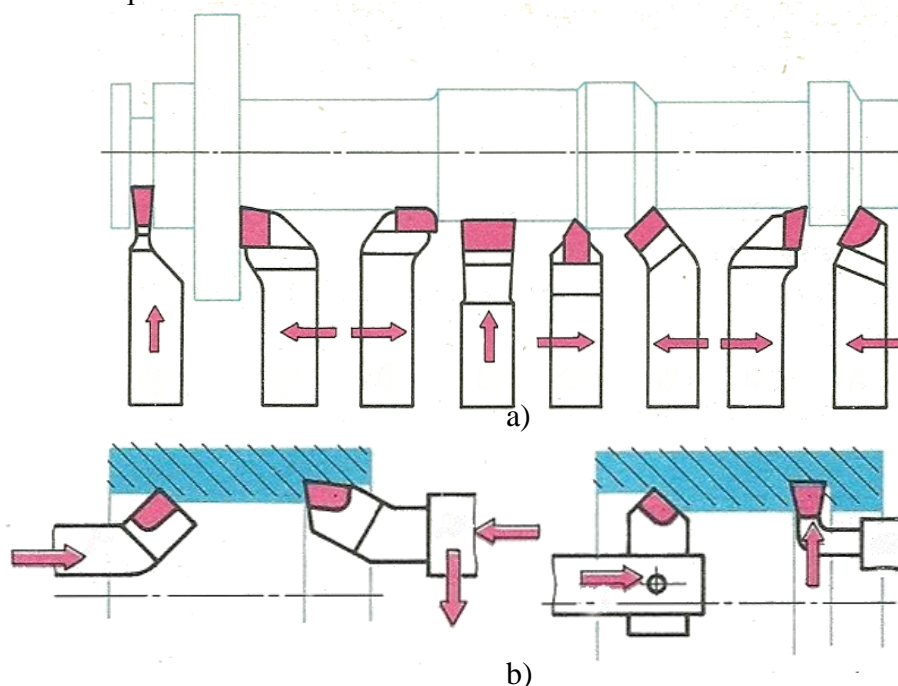
- nože celistvé,
- nože s připájenými břitovými destičkami,
- nože s mechanicky připevněnými vyměnitelnými destičkami.



a) b) c)  
 Obr. 10 Ukázka nástrojů dle konstrukce a) celistvý, b) s pájenou břitovou destičkou, c) s mechanicky připevněnou břitovou destičkou

Podle způsobu obrábění:

- určené pro vnější soustružení,
- určené pro vnitřní soustružení.

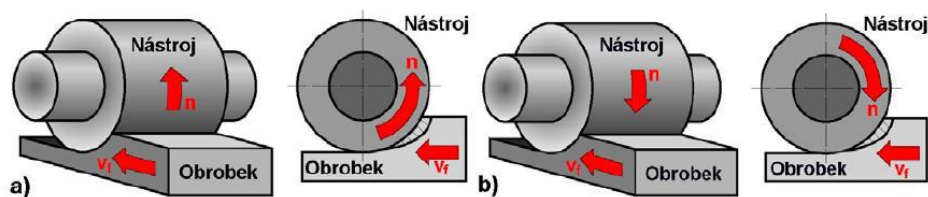


b)  
 Obr. 11 Ukázka nástrojů dle způsobu obrábění[4]

## 2. Frézování

Frézování je další metodou třískového obrábění. Nástroj vykonává hlavní, rotační pohyb a obrobek vedlejší posuvný pohyb. Podle směru otáčení nástroje dělíme frézování na sousledné a nesousledné. Ukázky nesousledného a sousledného frézování jsou zachyceny na obrázku 12.

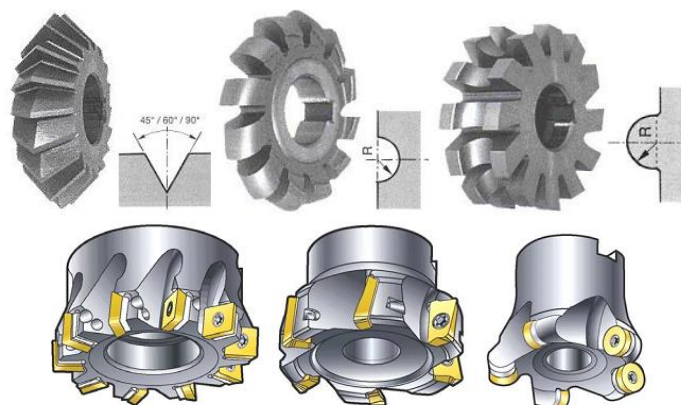




Obr. 12 Ukázka frézování a) nesousledné, b) sousledné.

Nástroje, které se využívají pro frézování se nazývají frézy. Frézy lze rozdělit podle několika hledisek [3]:

- podle účelu – frézy dělíme na válcové určené k obrábění rovinných ploch, frézy drážkovací a frézy kotoučové k obrábění drážek, frézy úhlové, kuželové a zaoblovací k obrábění tvarových ploch atd.,
- podle průběhu břitů – frézy s břitů přímými a šroubovitými,
- podle počtu zubů – frézy jemnozubé a hrubozubé,
- podle smyslu otáčení – frézy pravořezné a levořezné,
- podle počtu dílů – frézy celistvé, dělené, kombinované (sestavné).



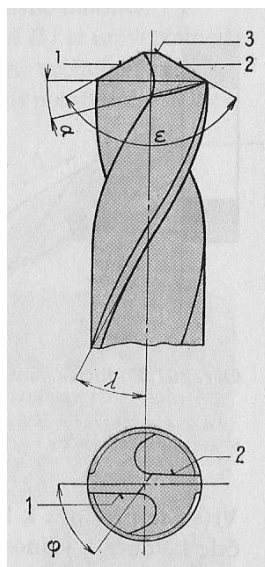
Obr. 13 Ukázka frézovacích nástrojů, nahore celistvé, dole s vyměnitelnými břitovými destičkami

### 3. Vrtání

Vrtání je další metodou třískového obrábění. Touto metodou se vytváří do plného materiálu otvory. Nástroj vykonává hlavní, rotační pohyb. Jedinou výjimkou je výroba děr soustružením, kde se otáčí obrobek.

Nástroje pro vrtáky mají složitou geometrii, protože jak úhel čela, tak úhel hřbetu nejsou podél hlavních břitů v žádné z nejdůležitějších rovin konstantní a při vlastním obrá-

bění se mění i v důsledku změn hodnoty posuvové rychlosti. Pokud je vrták nevhodně naostřen projevuje se to zejména ve zhoršení parametrů výsledné díry.



Obr. 14 Geometrie břitu vrtáku,  $\alpha$ -úhel hřbetu,  $\epsilon$  - vrcholový úhel,  $\lambda$  - úhel sklonu šroubovice,  $\varphi$ - středový úhel, 1 a 2 hlavní ostří, 3 příčné ostří[4]

Základní rozdělení vrtáků podle způsobu obrábění [3]:

- šroubovité vrtáky,
- ploché vrtáky,
- hlavňové vrtáky,
- trepanační jádrové vrtáky,
- středící vrtáky,
- miniaturní vrtáky.

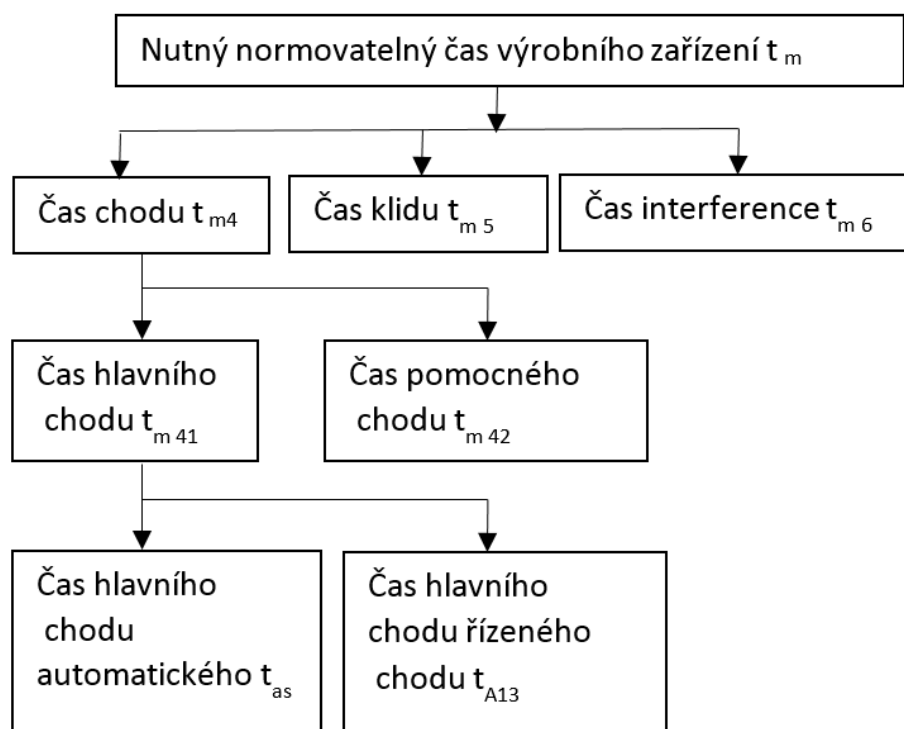
### 3.5 Určování strojních časů

Čas výrobního procesu je jedním ze základních kritérií. Z přiloženého schématu na obr. 15 je patrné rozdělení času na samotný výrobní čas potřebný pro proběhnutí operací. Dále jsou potřebné časy na přípravu, ruční posuvy, údržbu odstávky pro servis aj.

Základní časové úseky je možné rozčlenit na [1]:

- čas výrobního zařízení – čas potřebný pro výrobní zařízení a přestávky v průběhu pracovního procesu,
- čas chodu – doba výrobního cyklu zařízení,

- jednotkový strojní čas – čas, za který splní zařízení hlavní pracovní úkol,
- jednotkový čas ruční – ruční posuvy na zařízení,
- čas klidu – čas vykonávání nevýrobní práce – ustavování kusů, výměna nástrojů aj.
- čas interference – vzniká při obsluze několika strojů.



Obr. 15 Typové schéma třídění výrobního času [1]

## **II. PRAKTICKÁ ČÁST**

## 4 NÁVRH STROJŮ A NÁSTROJŮ, VOLBA MATERIÁLU A POLOTOVARU

### 4.1 Stroje

Strojní vybavení je omezeno na hrotové soustruhy zadavatele zakázky. Ostatní operace budou vykonávány v kooperaci.

Tab. 1 Návrh stroje pro soustružení

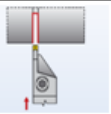
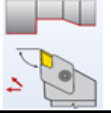
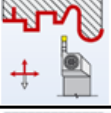
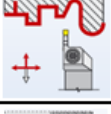
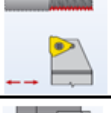
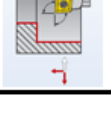
<i>Operace:</i>	<i>soustružení</i>	<i>Stroj:</i>	<i>soustruh CNC</i>
<i>Specifikace výrobce:</i>		<i>Technické parametry:</i>	
<i>Typ stroje:</i>	<i>Univerzální hrotový soustruh</i>	<i>Oběžný průměr nad ložem:</i>	<i>280 mm</i>
<i>Třídící číslo:</i>	<i>41041</i>	<i>Oběžný průměr nad supportem:</i>	<i>140 mm</i>
<i>Výrobce:</i>	<i>SLOVTOS, spol. s r.o.</i>	<i>Vzdálenost mezi hroty:</i>	<i>500 mm</i>
<i>Typ:</i>	<i>S 280 CNC</i>	<i>Max. hmotnost:</i>	<i>60 kg</i>
<i>Rok výroby:</i>	<i>-</i>	<i>Nástrojová hlava:</i>	<i>1 – 4 nástroje</i>
<i>Řídicí systém:</i>	<i>Mikroprog S</i>	<i>Celková váha:</i>	<i>1 100 kg</i>

### 4.2 Nástroje a upínací hlavy

Projektová činnost je zaměřena na hrotové soustruhy, a proto jsou v nástrojovém listu zařazeny jen nástroje týkající se problematiky rotačního soustružení.

V tabulce 2 jsou seřazeny všechny nástroje, které budou potřeba pro návrh technologického postupu. Každý nůž se skládá z nástrojového držáku a břitové destičky. Břitové destičky byly zvoleny z důvodu jednodušší manipulace při výměně nástrojů v závislosti na velikosti série.

Tab. 2 Nástroje pro soustružení

		Nástrojový list	Datum:	-	
vyhotovil: Jiří Dočkal		stroj: hrotový soustruh S 280 CNC	číslo výkresu:	1	
pozice	schéma	Název nástroje název držáku materiál	výrobce	značení výrobcem	materiál
T1		VBD upichovací	pramet tools	LCMX 020502 TN	8030
		nožový držák	pramet tools	GLCCR 2020 K2,65	
		univerzální upínač WD/výměnný držák	hoffmann group	WD / 311620 WD	
T2/T3		VBD hrubovací	pramet tools	KNUX 160405ER-72	6630
		nožový držák	pramet tools	CKJNR/P/L 2020 K 16	
		univerzální upínač WD/výměnný držák	hoffmann group	WD / 311620 WD	
T4		VBD zapichovací	pramet tools	LCMX 020502 TN	8030
		nožový držák	pramet tools	GLCCR 2020 K2,65	
		univerzální upínač WD/výměnný držák	hoffmann group	WD / 311620 WD	
T5		VBD	pramet tools	LCMX 020502 TN	8030
		nožový držák	pramet tools	GLCCR 2020 K2,65	
		univerzální upínač WD/výměnný držák	hoffmann group	WD / 311620 WD	
T6		VBD závitový	pramet tools	SER/L-S 2525 M 22-A	8030
		nožový držák	pramet tools	TN 22EN600TR	
		univerzální upínač WD/výměnný držák	hoffmann group	WD / 311620 WD	
T7		VBD vnitřní hrubovací	pramet tools	S08F-SCLCR/L 06	8016
		nožový držák	pramet tools	CCGT 060202F-AL	
		univerzální upínač WD/výměnný držák	hoffmann group	WD / 311620 WD	

### 4.3 Návrh materiálu

Požadavek zákazníka při volbě materiálu omezil výběr na nerezové oceli třídy 17. Z důvodu možnosti použití polotovarových tyčí byla zvolena nerezová ocel 17 246.

Ocel Cr-Ni korozivzdorná. Vhodná pro plechy a pásy, tyče, trubky bezešvé i svařované. Odolává korozi v pasivním a v některých prostředích i v aktivním stavu. Odolává kyselina dusičná (vyjma koncentrované za varu), velmi zředěné kyselina sírová a za přístupu vzduchu i některým silnějším organickým kyselinám (např. octové, citrónové). Velmi dobře odolává atmosférické korozi. Odolnost proti korozi se zvyšuje leštěním povrchu, klesá však zpevněním povrchu při tváření za studena. Ocel je dobře tvárná za tepla i za studena, obrobitelnost je ztížena. Je vhodná na součásti a zařízení v chemickém, potravinářském a kvasném průmyslu pro teploty max. 400 °C, na součásti zimotvorných zařízení (mimo prostředí solanky), zařízení pro zkapalňování vzduchu, chirurgické nástro-

je (mimo nástroje řezné) a na zubní protézy. Ocel je svařitelná elektrickým obloukem nebo plamenem. Bude-li svar vystaven silným korozivním vlivům, je nutno austenitizačně vyžít celou svařovanou součást. [3]

- rozpouštěcí žíhání 1020 až 1070 °C,
- ochlazovat ve vodě,
- nesmí se žít v rozmezí teplot 400 až 900 °C,
- pevnost lze zvýšit pouze tvářením za studena. [3]

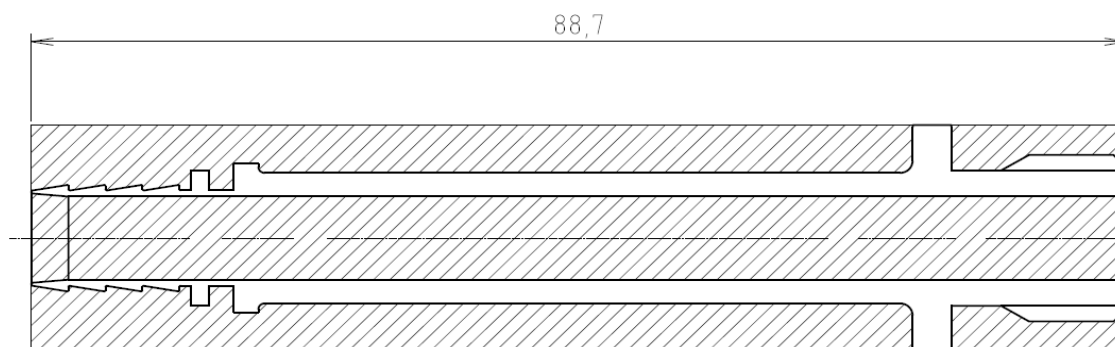
#### 4.4 Návrh polotovaru

Pro součást dle výkresové dokumentace je volen jako polotovar kruhová tyč  $\Phi 20$  o délce 6000 mm. Tyč bude následně přesně upichována a obráběna. Hmotnosti prvků jsou generovány za pomoci programu Autodesk Inventor. [5]

#### 4.5 Spotřeba materiálu

##### 4.5.1 Rozměry polotovaru

Vnější průměr polotovaru je obroben na šestihran. Na délku je stanoven rozměr polotovaru na 88,7 mm, který bude přesně upichován na stanovenou délku.[6]



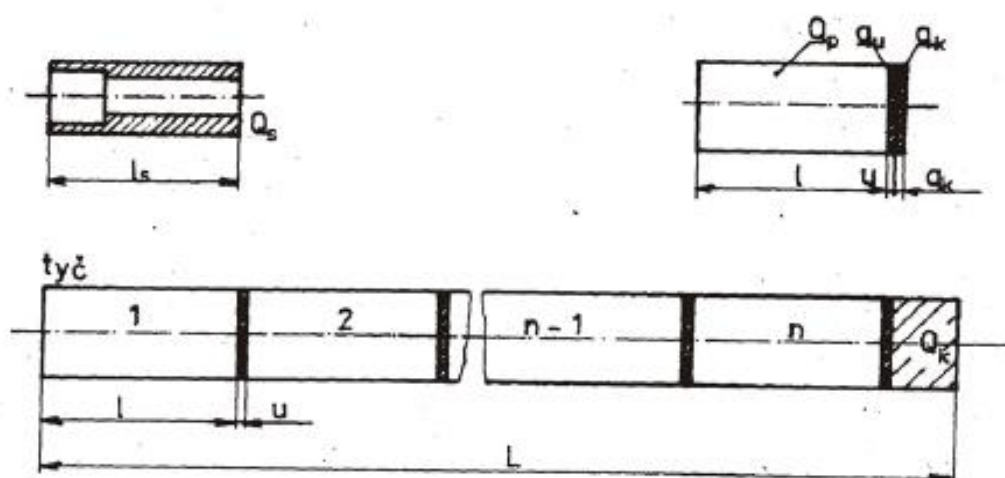
Obr. 16 Spotřeba materiálu

##### 4.5.2 Norma spotřeby materiálu pro jeden kus

Následující tabulka obsahuje základní údaje o polotovaru a obrobku, které byly získány skrze I-vlastnosti v programu Autodesk Inventor.

Tab. 3 Základní parametry polotovaru součásti

Průměr tyče	$D_p$	$\Phi 20 \text{ mm}$
Délka tyče	$L_p$	$6\,000 \text{ mm}$
Hmotnost polotovaru	$Q_p$	$0,240 \text{ kg}$
Váha tyče	$m_t$	$14,778 \text{ kg}$
Délka polotovaru	$l_p$	$88,7 \text{ mm}$
Hmotnost součástky	$Q_s$	$0,048 \text{ Kg}$



Obr. 17 Ztráty při obrábění [6]

- **Ztráty vzniklé při dělení materiálu:**

$$q_{\text{ř}} = \frac{\pi \cdot D_p^2}{4} \cdot s \cdot \rho \cdot 10^{-6} \quad (1)$$

$q_{\text{ř}}$  ..... ztráta vzniklá při dělení materiálu [kg/ks],

$D_p$  ..... průměr polotovaru (přířezu) [mm],

$s$  ..... šířka prořezu [mm],

$\rho$  ..... hustota materiálu [g/cm<sup>3</sup>].

$$q_{\text{ř}} = \frac{\pi \cdot D_p^2}{4} \cdot 2,65 \cdot 7,84 \cdot 10^{-6}$$

$$q_{\text{ř}} = \underline{0,0065 \text{ kg}}$$



Šířka prořezu je závislá na rozměru upichovacího nože. Navrhl jsem nástroj GLCCR 2020 K2,65, LCMX 020502 TN, materiál M20-35 8030. Pro zadaný nástroj je ztráta 0,0065kg na jeden kus obrobku.

- **Ztráta materiálu vzniklá obráběním:**

$$q_o = Q_p - Q_s \quad (2)$$

$q_o$  ..... ztráta materiálu vzniklá obráběním [kg/ks],

$Q_p$  ..... hmotnost polotovaru (přířezu) [kg/ks],

$Q_s$  ..... hmotnost hotové součásti [kg/ks].

$$q_o = 0,240 - 0,048$$

$$q_o = \underline{0,192 \text{ kg/ks}}$$

Od celkové hmotnosti oddělené součásti byla odečtena hmotnost výsledného výrobku, čímž bylo zjištěno celkové množství ztrát materiálu při obrábění. V tomto případě se jedná o 0,192 kg na jeden kus.

- **Počet přířezů z jedné tyče:**

$$P_k = \frac{L_p}{l_p + s} \quad (3)$$

$P_k$  ..... počet přířezů z jedné tyče [ks],

$L_p$  ..... délka tyče [mm],

$l_p$  ..... délka polotovaru (přířezu) [mm],

$s$  ..... šířka prořezu [mm].

$$P_k = \frac{6000}{88,7+2,65}$$

$$P_k = \underline{65,68 \cong 65 \text{ ks/tyč}}$$

Z délky konečného obrobku, ke kterému byla přičtena šířka prořezu, byl určen počet kusů výrobku z jedné tyče. Pro výrobu byly uvažovány polotovarové tyče v délce 6 m.

- **Délka nevyužitého konce tyče:**

$$l_k = L_p - P_k * (l_p + s) \quad (4)$$

$l_k$  ..... délka nevyužitého konce tyče [mm],  
 $L_p$  ..... délka tyče [mm],  
 $P_K$  ..... počet přířezů z 1ks tyče [ks],  
 $l_p$  ..... délka polotovaru (přířezu) [mm],  
 $s$  ..... šířka prořezu [mm].

$$l_k = 6000 - 65 \cdot (88,7 + 2,65)$$

$$l_k = \underline{62,25 \text{ mm}}$$

Při řezání vždy na konci tyče vznikne nevyužitelný odpad. Tato délka je pro každou tyč 62,25 mm.

- **Ztráta materiálu z nevyužitého konce tyče:**

$$q_k = \frac{\pi \cdot D_p^2 \cdot l_k}{4 \cdot P_K} \cdot \rho \cdot 10^{-6} \quad (5)$$

$q_k$  ..... ztráta materiálu z nevyužitého konce tyče [kg/ks],  
 $D_p$  ..... průměr polotovaru (přířezu) [mm],  
 $l_k$  ..... délka nevyužitého konce tyče [mm],  
 $P_K$  ..... počet přířezů z jedné tyče [ks],  
 $\rho$  ..... hustota materiálu [g/cm<sup>3</sup>].

$$q_k = \frac{\pi \cdot 20^2 \cdot 88,7}{4 \cdot 65} \cdot 7,84 \cdot 10^{-6}$$

$$q_k = \underline{0,00336 \text{ kg}}$$

Váha nevyužitého konce tyče je stanovena na 0,00336 kg.

- **Ztráta materiálu na jeden kus:**

$$z_m = q_{\check{r}} + q_o + q_k \quad (6)$$

$z_m$  ..... ztráta materiálu na kus [kg/ks],  
 $q_{\check{r}}$  ..... ztráta vzniklá při dělení materiálu [kg/ks],  
 $q_o$  ..... ztráta materiálu vzniklá obráběním [kg/ks],  
 $q_k$  ..... ztráta materiálu z nevyužitého konce tyče [kg/ks].

$$z_m = 0,0065 + 0,192 + 0,00336$$

$$z_m = \underline{0,2018 \text{ kg/ks}}$$

Celková ztráta materiálu při všech operacích je 0,2018 kg na jeden kus.

- **Hmotnost materiálu:**

$$N_m = Q_s + q_{\check{r}} + q_o + q_k \quad (7)$$

$N_m$  ..... hmotnost materiálu na jeden kus [kg/ks],  
 $Q_s$  ..... hmotnost hotové součásti [kg],  
 $q_{\check{r}}$  ..... ztráta materiálu při dělení tyče [kg/ks],  
 $q_o$  ..... ztráta materiálu při obrábění [kg/ks],  
 $q_k$  ..... ztráta materiálu z nevyužitého konce tyče [kg/ks].

$$N_m = 0,048 + 0,0065 + 0,192 + 0,00336$$

$$N_m = \underline{0,24986 \text{ kg/ks}}$$

Po sečtení všech hmotností byla získána hmotnost materiálu, která je potřebná k výrobě jednoho kusu. V tomto případě je hmotnost potřebného materiálu 0,249 kg na jeden kus.

#### 4.5.3 Norma spotřeby materiálu pro sérii 50 000 ks

- **Celková hmotnost materiálu pro výrobní sérii:**

$$N_m = (Q_s + q_{\check{r}} + q_o + q_k) \cdot v_s \quad (8)$$

$N_m$  ..... hmotnost materiálu na jeden kus [kg/ks],  
 $Q_s$  ..... hmotnost hotové součásti [kg],  
 $q_{\check{r}}$  ..... ztráta materiálu při dělení tyče [kg/ks],  
 $q_o$  ..... ztráta materiálu při obrábění [kg/ks],  
 $q_k$  ..... ztráta materiálu z nevyužitého konce tyče [kg/ks].  
 $v_s$  ..... velikost série [ks].

$$N_m = (0,048 + 0,0065 + 0,192 + 0,00336) \cdot 50\,000$$

$$N_m = \underline{12\,493 \text{ kg}}$$

Celková hmotnost potřebného materiálu je 12 493 kg. Tato váha je potřebná pro zvážení přepravních kapacit při výrobě.

- **Celkové ztráty vzniklé při dělení materiálu:**

$$q_{\check{r}c} = q_{\check{r}} \cdot v_s \quad (9)$$

$q_{\check{r}c}$  ..... celková ztráta vzniklá při dělení materiálu [kg]  
 $q_{\check{r}}$  ..... ztráta vzniklá při dělení materiálu [kg/ks],  
 $D_p$  ..... průměr polotovaru (přířezu) [mm],

s ..... šířka prořezu [mm],  
 $\rho$  ..... hustota materiálu [g/cm<sup>3</sup>].  
 $v_s$  ..... velikost série [ks].

$$q_{rc} = 0,0065 * 50\ 000$$

$$q_{rc} = \underline{325\ kg}$$

Ze vztahu pro ztrátu při dělení materiálu pro jeden kus je určena celková ztráta. Celková hmotnost materiálu při dělení je 325 kg. Jedná se o třísky vzniklé z obrábění. Je potřeba s nimi zacházet opatrně, protože hrozí nebezpečí řezného zranění.

- ***Celková ztráta materiálu vzniklá obráběním:***

$$q_{oc} = (Q_p - Q_s) * v_s \quad (10)$$

$q_{oc}$  ..... celková ztráta materiálu vzniklá obráběním [kg],  
 $q_o$  ..... ztráta materiálu vzniklá obráběním [kg/ks],  
 $Q_p$  ..... hmotnost polotovaru (přířezu) [kg/ks],  
 $Q_s$  ..... hmotnost hotové součásti [kg/ks].  
 $v_s$  ..... velikost série [ks].

$$q_{oc} = (0,240 - 0,048) * 50\ 000$$

$$q_{oc} = \underline{9\ 600\ kg}$$

Celková ztráta materiálu je hodnota součtu operací a vstupního materiálu pro celou sérii. V tomto případě jde o 9 600 kg odpadu.

- ***Celkový počet tyčí pro danou sérii:***

$$P_{kc} = \frac{v_c}{P_k} \quad (11)$$

$P_k$  .... počet přířezů z jedné tyče [ks],  
 $P_{kc}$  .... celkový počet tyčí [ks],  
 $v_c$  ..... velikost série [ks].

$$P_{kc} = \frac{50\ 000}{65}$$

$$P_{kc} = \underline{769,23 \cong 770\ tyčí}$$

Pro danou sérii 50 000 kusů byl určen celkový potřebný počet tyčí. Pro tuto sérii je potřeba 770 polotovarových tyčí, které mají délku 6 m.

- **Celková délka tyčí:**

$$L_s = L_t * P_{Kc} \quad (12)$$

$L_s$  ..... celková délka tyčí potřebná pro výrobní sérii [mm],  
 $L_t$  ..... délka tyče [mm],  
 $P_{Kc}$  ..... celkový počet tyčí [ks].

$$L_s = 6000 * 770$$

$$L_s = \underline{4\,620\,000\,mm} = \underline{4\,620\,m}$$

Z výpočtu celkového počtu tyčí byla určena celková délka tyčí. Jde celkem o 4 620 m polotovarové tyče. Tento výpočet je potřebný pro představu potřebného prostoru k uskladnění polotovarů před výrobou.

- **Celková délka nevyužitých tyče:**

$$l_k = [L_p - P_k * (l_p + s)] * P_{Kc} \quad (13)$$

$l_k$  ..... délka nevyužitého konce tyče [mm],  
 $L_p$  ..... délka tyče [mm],  
 $P_k$  ..... počet přířezů z 1ks tyče [ks],  
 $l_p$  ..... délka polotovaru (přířezu) [mm],  
 $s$  ..... šířka prořezu [mm],  
 $P_{Kc}$  ..... celkový počet tyčí [ks].

$$l_k = [6000 - 65 * (88,7 + 2,65)] * 770$$

$$l_k = \underline{47932,5\,mm}$$

Celková délka nevyužitých tyče je 47 932,5 mm. Tyto kousky jsou všechny přibližně stejně dlouhé a je možnost je prodat k dalšímu zpracování nebo odevzdat jako šrot.

- **Celková hmotnost nevyužitých tyče:**

$$q_{kc} = \left[ \frac{\pi * D_p^2 * l_k}{4 * P_{Kc}} * \rho * 10^{-6} \right] * v_s \quad (14)$$

$q_{kc}$  ..... celková ztráta materiálu z nevyužitého konce tyče [kg],  
 $q_k$  ..... ztráta materiálu z nevyužitého konce tyče [kg/ks],  
 $D_p$  ..... průměr polotovaru (přířezu) [mm],  
 $l_k$  ..... délka nevyužitého konce tyče [mm],  
 $P_k$  ..... počet přířezů z jedné tyče [ks],  
 $\rho$  ..... hustota materiálu [g/cm<sup>3</sup>],

$v_s$  ..... velikost série [ks].

$$q_{kc} = \left[ \frac{\pi \cdot 20^2 \cdot 88,7}{4 \cdot 770} * 7,84 * 10^{-6} \right] * 50\,000$$

$$q_{kc} = \underline{14,186 \text{ kg}}$$

Hmotnost nevyužitého konce je 14,186 kg. Výpočet souvisí s předešlým výpočtem celkového rozměru nevyužité tyče.

- ***Celková ztráta materiálu:***

$$z_{sc} = q_{řc} + q_{oc} + q_{kc} \tag{15}$$

$z_{sc}$  ..... celková ztráta materiálu pro výrobní sérii [kg],  
 $q_{řc}$  ..... celkové ztráty vzniklé při dělení materiálu [kg],  
 $q_{oc}$  ..... celkové ztráty vzniklé obráběním materiálu [kg],  
 $q_{kc}$  ..... celková hmotnost materiálu z nevyužitých konců tyčí [kg].

$$z_{sc} = 325 + 9\,600 + 14,186$$

$$z_{sc} = \underline{9939,186 \text{ kg}}$$

Celková ztráta materiálu je 9 939,186 kg. Ve většině jde o odpad, který se dá pouze sešrotovat. Pouze zbytky z tyčí by se daly využít.

## 5 DOKUMENTACE

Podkladem technologické dokumentace jsou:

- technologické postupy,
- návodky.

Všechny výše zmíněné jsou přiloženy.

### 5.1 Technologický postup

Technologický postup je stylisticky upravená tabulka, která obsahuje veškeré technologické informace pro danou operaci a základní parametry pro obsluhu, která se tímto dokumentem musí striktně řídit viz. následující 2 strany.

*Tab. 4 Technologický postup (následující 2 strany)*

TECHNOLOGICKÝ POSTUP				Zpracoval:		Jiří Dočkal		Schválil:																	
				Funkce:		Technická příprava výroby				Funkce:															
				Datum:						Datum:															
Provoz:		Obrobna		Lokalita:		-		Sklad:		-															
Název součásti:				Název podsestavy:				Název sestavy:																	
Číslo výkresu součásti:		BP01-01		Číslo výkresu podsestavy:		BP01-01		Číslo výkresu sestavy:		BP01-01															
Materiál:		17 246		ozměry polotovaru		Ø20x6000		Množství:		50 000 ks															
Číslo operace		Název operace		Číslo pracoviště		Název pracoviště/kooperace		Popis činnosti v operaci		Nástroje, přípravky, měřidla		material		t <sub>AC</sub> [min]		t <sub>BC</sub> [min]		V <sub>c</sub> [m.min <sup>-1</sup> ]		n [min <sup>-1</sup> ]		f [min <sup>-1</sup> ]		a <sub>p</sub> [mm]	
1/1		Dělení materiálu				Kooperace		Dělit materiál délka 88,7 na hotovo		-		-		-		-		-		-		-		-	
2/2		středící dülky				Kooperace		navrtat středící dülky		-		-		-		-		-		-		-		-	
3/3		Soustružení		obrobna		S 280 CNC		upnout do hrotů za středící dülky Soustružit zleva po ø12,5 délka 71,2 Soustružit zleva po ø11,45 délka 18,2 Soustružit zleva po ø9,5 délka 14,7 Soustružit zleva ø11, délky 52, v okrajích soustružit R 0,5 a R1 Soustružit zleva kuželové plochy dle programu zapichovat ø9 soustružit zprava po ø14 délka 12 srazit hranu o 0,15 x 15° srazit hranu 1 x 45° zapichovat na ø11,4 a srazit hrany o 30°		vnější nůž CKJNR/L 2020 K 16 KNUX 160405ER-72 zapichovací nůž GFKR/L 1616 H 02 LCMF 022002-F1 vnější nůž CKJNR/P 2020 K 16 KNUX 160405ER-72 zapichovací nůž GFIR/P 1616 H 04		M10-30 6630 0,023 M20-35 8035 0,008 M10-30 6630 0,001 M20-35		0,222 0,019 0,023 0,029 0,014 0,008 0,030 0,002 0,001 0,033		275 275 275 275 275 125 275 275 125		4379 7006 9219 7962 8758 4423 6256 4379 6256 3492		0,15 0,15 0,15 0,23 0,15 0,12 0,15 0,15 0,15 0,12		1,875 0,55 0,95 0,75 0,25 1,2 1,5 0,15 1 1,3			



TECHNOLOGICKÝ POSTUP				Zpracoval:		Jiří Dočkal		Schválil:						
				Funkce:		Technická příprava výroby				Funkce:				
				Datum:						Datum:				
Provoz:		Obrobna		Lokalita:		-		Sklad:		-				
Název součásti:				Název podsestavy:				Název sestavy:						
Číslo výkresu součásti:		BP01-01		Číslo výkresu podsestavy:		BP01-01		Číslo výkresu sestavy:		BP01-01				
Materiál:		17 246		ozměry polotovaru:		Ø20x6000		Množství:		50 000 ks				
Číslo operace	Název operace	Číslo pracoviště	Název pracoviště/kooperace	Popis činnosti v operaci		Nástroje, přípravky, měřidla	Tarif	t <sub>AC</sub> [min]	t <sub>BC</sub> [min]	V <sub>c</sub> [m.min <sup>-1</sup> ]	n [min <sup>-1</sup> ]	f [mm]	a <sub>p</sub> [mm]	
3/3	soustružení	obrobna	S 280 CNC	soustružit závit M14 x 0,75		LCMF 041604-F	8030							
				závitový nůž				0,007		165	3753	0,75	-	
				SER/P-S 2525 M 22-A		M20-35								
				TN 22EN600TR		8030								
4/4	frézování	kooperace	Navržen stroj dle možností kooperace WHQ 105 CNC	upnout do přípravku		Fréza s 4 reznými hranami	GC1220			225	3583	0,15	1	
				frézovat šestihran SW 19		20x20x104x38								
				vrtat ø7		vrták								
				R846-0700-70-A1A										
5/5	soustružení	obrobna	S 280 CNC	Upnout do sklíčidla za ø 11 dorazit na		vnitřní nůž	M10-20			275	4379	0,15	0,52	
				na čelo plochy mezi ø 20 a ø 11		S08F-SCLCR/L 06								
				srazit hranu na ø 7 o 10° délky 3		CCGT 060202F-AL								8016
6/6	kontrola	expedice	vizuální	Vizuálně kontrolovat postupnost a uplnost všech zadaných operací. Četnost 20%		-	-	0,1	-	-	-	-		
7/7	Expedice	expedice	-	balení kusů do beden po 2 000 ks		-	-	0,1	-	-	-	-		

## 5.2 Návodky

Návodka je stylisticky upravená tabulka, která obsahuje zpřesňující informace pro technologický postup. V návodce jsou obsaženy i strojní časy a otáčky stroje, které jsou spočítány pro jednu operaci. Zbylé časy jsou generovány tabulkovým procesorem viz. tabulka 5.

- **Výpočet strojních otáček**

$$n = \frac{v_c \cdot 1000}{\pi \cdot D} \quad (16)$$

n ..... otáčky [min<sup>-1</sup>],  
 v<sub>c</sub> ..... řezná rychlost [m.min<sup>-1</sup>],  
 D ..... průměr obráběného materiálu [mm].

$$n = \frac{275 \cdot 1000}{\pi \cdot 20} = 4379$$

$$n = 4379 \frac{ot}{min}$$

Výpočet strojních otáček je 4379 ot/min. Tato hodnota udává rychlost otáčení obrobku při obrábění za jednotku času v toto případě za minutu.

- **Výpočet strojního času**

$$L = l_n + l + l_p \quad (17)$$

L ..... délka obráběné plochy [mm],  
 l ..... délka obráběné plochy [mm],  
 l<sub>p</sub> ..... délka přeběhu [mm],  
 l<sub>n</sub> ..... délka náběhu [mm].

$$L = 2 + 71,2 + 0 = 73,2$$

$$L = \underline{73,2 \text{ mm}}$$

Pro určení strojního času bylo potřeba nejprve stanovit délku obráběné plochy, ke které se připočítávaly náběhy a přeběhy. Náběhy a přeběhy jsou vzdálenostní přídatky při obrábění.

---

$$t_{AS1} = \frac{L \cdot i}{n \cdot f} \quad (18)$$

$t_{AS1}$  ..... strojní čas pro operaci 1. [min],

$L$  ..... délka obráběné plochy [mm],

$i$  ..... počet úběrů materiálu [-],

$f$  ..... posuv na otáčku [mm],

$n$  ..... otáčky za minutu [ $\text{min}^{-1}$ ].

$$t_{AS1} = \frac{73,2 \cdot 2}{4379 \cdot 0,15}$$

$$t_{AS1} = \underline{0,222 \text{ min}}$$

Suma všech časů je výsledkem strojního času  $t_{AS}$  viz. následující návodky. Předešlý výpočet strojního času je ukázkou pro jeden z úseků obsažený v této práci. Ostatní úseky jsou spočítány automaticky v následujících návodkách.

*Tab. 5 Návodky (následující dvě strany)*

OPERAČNÍ NÁVODKA			SOUSTRUŽENÍ							
Zpracoval:	Jiří Dočkal	Funkce:	-	Datum:	-					
Schválil:	-	Funkce:	-	Datum:	-					
Název součásti:	Ventil	Název podsestavy:	-	Název sestavy:	-					
Číslo výkresu součásti:	BP01-01	Číslo výkresu podsestavy:	BP01-01	Číslo výkresu sestavy:	BP01-01					
Stroj:	S 280 CNC	Třídící číslo:	41 041	Číslo pracoviště:	OBROBNA					
Úsek	Nástroj/VBD	i	$v_c$	n	f	$a_p$	d	l	$t_{AS}$	č.o.
		[-]	[mm·min <sup>-1</sup> ]	[min <sup>-1</sup> ]	[mm]	[mm]	[mm]	[mm]	[min]	-
soustružení zleva	vnější nůž	2	275	4379	0,15	1,875	20	71,2	0,222	1
	CKJNR/L 2020 K 16	1	275	7006	0,15	0,55	12,5	18,2	0,019	2
	KNUX 160405ER-72	2	275	9219	0,15	0,95	11,45	14,7	0,023	3
		1	275	7962	0,23	0,75	12,5	52	0,029	4
		1	275	8758	0,15	0,25	9,5	12	0,014	5
zapichování zleva	zapichovací nůž GFKR/P 1616 H 02 LCMF 022002-F1	2	125	4423	0,12	1,2	11,4	2	0,008	6
soustružení zprava	vnější nůž	2	275	6256	0,15	1,5	20	12	0,030	7
	CKJNR/P 2020 K 16	1	275	4379	0,15	0,15	20	0,15	0,002	8
	KNUX 160405ER-72	1	275	6256	0,15	1	14	1	0,001	9
zapichování zprava	zapichovací nůž GFIR/P 1616 H 04 LCMF 041604-F	1	125	3492	0,12	1,3	14	6	0,033	10
soustružení závitů zprava	závitový nůž SER/P-S 2525 M 22-A TN 22EN600TR	1	165	3753	0,75	-	14	8	0,007	11
Σ:								Σ:	0,39	

OPERAČNÍ NÁVODKA			SOUSTRUŽENÍ						
Zpracoval:	Jiří Dočkal	Funkce:	-	Datum:	-				
Schválil:	-	Funkce:		Datum:	-				
Název součásti:	Ventil	Název podsestavy:	-	Název sestavy:	-				
Číslo výkresu součásti:	BP01-01	Číslo výkresu podsestavy:	BP01-01	Číslo výkresu sestavy:	BP01-01				
Stroj:	S 280 CNC	Třídící číslo:	41 041	Číslo pracoviště:	OBROBNA				
Úsek	Nástroj/VBD	i	$v_c$	n	f	$a_p$	d	l	$t_{AS}$
		[-]	[mm. min <sup>-1</sup> ]	[min <sup>-1</sup> ]	[mm]	[mm]	[mm]	[mm]	[min]
	vnitřní nůž	1	275	4379	0,15	0,52	7	3	0,006
	S08F-SCLCR/L 06								
	CCGT 060202F-AL								
Σ:								Σ:	0,006

## 6 KAPACITNÍ PROPOČET PRO OPERACI SOUSTRUŽENÍ

Pro zadanou součást je přibližně vypočítáno využití stroje a počty samotných strojů a navrženo přibližné rozvržení pracovního prostoru v dílně pro efektivní využití.

### 6.1 Potřebný počet strojů v dílně

$$P_{th} = \frac{tk_1 * N}{E_s * 60 * s * k_{pns}} \quad (19)$$

$E_r$  ..... roční fond ručního pracoviště v jedné směně (252 pracovních dní, počet hodin ve směně 7,5 = 1890 hodin/rok) [hod],

$E_s$  ..... roční fond strojního pracoviště (vzhledem k opravám strojního zařízení atd., vypočteme snížením  $E_r$  o 11% = 224 dní rok) [hod],

$k_{pns}$  ..... koeficient překračování norem strojní  $k_{pns} = 1,2$ ,

$tk_1$  ..... strojní čas pro jednu součást,

$s$  ..... směnnost pro danou součást,

$N$  ..... počet kusu v sérii,

$P_{th}$  ..... teoretický potřebný počet strojů,

$P_{ST}$  ..... potřebný počet strojů.

$$P_{th} = \frac{0,366 * 50000}{224 * 60 * 1 * 1,2}$$

$$P_{th} = \underline{\underline{1,13 \cong 2 \text{ stroje}}}$$

Z výpočtu plyne, že bude pro danou součást potřeba dvou strojů. Celý proces bude probíhat v jednosměnném provozu. Při navržení procesu pro dva stroje je z výpočtu patrná jejich využitelnost  $\eta = 56\%$ , což znamená zátěž při zajištění kooperační výroby. Snížení počtu strojů na jeden je možné docílit prodloužením pracovní doby o jednu hodinu denně.

### 6.2 Potřebný počet výrobních dělníků

$$D_{VST} = \frac{tk_1 * N}{E_s * 60 * s * K_{pns}} \quad (20)$$

$E_s$  ..... roční fond strojního pracoviště (vzhledem k opravám strojního zařízení atd., vypočteme snížením  $E_r$  o 11% = 224 dní rok) [hod],  
 $k_{pns}$  ..... koeficient překračování norem strojní  $k_{pns} = 1.2[-]$ ,  
 $tk_1$  ..... strojní čas pro jednu součást [min],  
 $N$  ..... počet kusu v sérii [Ks],  
 $D_{VST}$  ..... potřebný počet dělníků [dělníků].

$$D_{VST} = \frac{0,366 * 50000}{60 * 224 * 1,2}$$

$$D_{VST} = 1,04 \cong \underline{1 \text{ dělník}}$$

Z tohoto výsledku vyplývá, že by bylo potřeba zaměstnat dva výrobní dělníky. Nicméně z důvodu efektivity a počtu strojů je navrženo prodloužení směny o jednu hodinu denně. Z čehož vyplývá, že bude potřeba pouze jeden dělník namísto dvou.

### 6.3 Spotřeba energie

Hala bude osazena strojem s výkonem soustruhu 5,5 kW [7]. V roce 2015 je v pracovním fondu bez servisů a oprav 224 dní, z čehož plyne, že stroje budou pracovat 1 840 hodin v roce při jednosměnném provozu, jak je navrženo. Do počtu hodin je vložena jedna hodina navíc, aby byly splněny předešlé podmínky.

#### 6.3.1 Spotřeba energie strojním vybavením

$$P_c = P_1 * t \tag{21}$$

$P_c$  ..... spotřeba energie strojního vybavení [kW],

$P_1$  ..... výkon přiřazených strojů [kW],

$t$  ..... výrobní čas [hod].

$$P_c = 5,5 * 1840$$

$$P_c = \underline{10120 \text{ kWh}}$$

V energetických potřebách dílny nejsou brány ohledy na odstávky a možné kooperace.

### 6.3.2 Spotřeba energie ostatního vybavení a potřeb

Vytápění haly bude zajištěno sérií 2 závěsných kondenzačních plynových teplovzdušných jednotek, které mají celkový výkon 15 kW viz. [7]

Osvětlení bude zajištěno světly o výkonu 160 W. V hale jich bude dle propozic 12 ks.

### 6.3.3 Celková cena energií

$$c = P_c * c_{kWh} + 15 * Es * c_{kWh} + 0,16 * 12 * Es * c_{kWh} \quad (22)$$

$P_h$  ..... provozní spotřeba elektrické energie v hale [kW],

$c_{kWh}$  ..... cena kWh pro rok 2015 = 3,71 [Kč],

$c$  ..... cena provozu dílny [Kč].

$$c = 10120 * 3,71 + 15 * 224 * 3,71 + 0,16 * 12 * 224 * 3,71$$

$$c = \underline{51\,606\,Kč}$$

Z vypočítaných hodnot všech spotřeb energií je stanovena přibližná cena energií za rok potřebných pro samotnou výrobu.

## 6.4 Spotřeba nářadí

$$VBD = \frac{t_{AST1} * N}{T_{opt} * n_i} \quad (23)$$

VBD ..... počet vyměnitelných destiček [ks],

N ..... velikost serie [ks],

$t_{AST1}$  ..... strojní čas pro nástroj T1 [min<sup>-1</sup>],

$T_{opt}$  ..... strojní čas při optimálních rezných podmínkách [min<sup>-1</sup>],

$N_i$  ..... počet ostří VBD [ks].

$$VBD = \frac{50000 * 0,008}{30 * 1}$$

$$VBD = \underline{12\,Ks}$$

Výpočet 23 stanovuje počet potřebných vyměnitelných břitových destiček. Všechny ostatní vyměnitelné břitové destičky jsou v tabulce 6, v této tabulce jsou zahrnuty i při-



bližné ceny za tyto břitové destičky. Jde jen o orientační ceny, kde není zahrnuta nabízená cena od několika dodavatelů nebo zohlednění slev při daném odběru.

Tab. 6 Potřebný počet VBD a jejich cena

<i>nástroj</i>	<i>potřebný počet VBD</i>	<i>cena destiček</i>
<i>T1</i>	<i>12</i>	<i>2 223,4</i>
<i>T2</i>	<i>247</i>	<i>204 412,8</i>
<i>T3</i>	<i>28</i>	<i>21 735</i>
<i>T4</i>	<i>52</i>	<i>17 766,4</i>
<i>T5</i>	<i>12</i>	<i>5 868,8</i>
<i>T6</i>	<i>10</i>	<i>7 205,8</i>

## 6.5 Přibližný počet potřebných přepravních beden

Byly zvoleny standardní bedny pro polotovary i hotové kusy. Kusy budou v bednách skládány po 2 000 kusech z důvodu nosnosti beden, která je stanovena výrobcem. Z toho plyne, že bude potřeba 25 beden v hale. Pro zvýšení využitelnosti skladovací části haly budou bedny skládány po dvou, z důvodu možné stohovatelnosti.

## 6.6 Minimální prostor haly

Pro všechna pracoviště je potřeba stanovit pracovní plochu, ze které se bude vycházet při návrhu projektu. Celková výrobní plocha se skládá z plochy pro ruční a pro strojní pracoviště.

Pro jedno ruční pracoviště je potřeba přibližně  $f_r=5\text{m}^2$  podlahové plochy. Pro strojní pracoviště je potřeba od  $f_s=6\text{m}^2$  (pro malé stroje) až  $f_s=60\text{m}^2$  i více (pro velké stroje). V mém případě jsou prostory větší u strojních prostor z důvodu možnosti uskladnění příslušenství ke strojům. Ruční pracoviště je zakomponováno do skladovací a expediční části dílny a proto není zcela specifikován její rozsah.

## 7 ZÁVĚR

Cílem této bakalářské práce bylo navrhnout technologický postup prvku přímého chlazení obráběcího stroje. K naplnění tohoto cíle bylo nutné prostudovat odbornou literaturu. Nejprve byl v teoretické části rozvrhnut postup pro tvorbu technologické dokumentace, přičemž hlavní pozornost byla zaměřena na technologický postup a návodky. Dále byly v teoretické části popsány základní východiska třískového obrábění, která jsou potřeba pro určení základních parametrů a strojů pro zadanou úlohu.

V praktické části byl pro zadanou součást vybrán nejvhodnější materiál v dané třídě přesnosti. S hlavním důrazem na funkčnost součásti a obrobiteľnost vybraného materiálu. Z důvodu zvoleného stroje a jednoduchosti ventilu skrze požadovanou přesnost bylo z technologického hlediska vynecháno broušení. Brousit by bylo potřeba, pouze pokud by přenášené médium nesplňovalo zadané parametry.

Prvek přímého chlazení je součástí chlazení agresivním médiem při obrábění. V bakalářské práci byly navrženy tyto díly z nerezové oceli z důvodu nevyhovující životnosti tvarově ekvivalentních plastových dílů. Velikost série byla stanovena ve výši 50 000 kusů, což představuje plynulou výrobu na 3 roky. Po určení velikosti série bylo potřeba vypracovat technologický postup a určit všechny nástroje a stroje. Stroje samotné byly omezeny na existující strojní vybavení. Operace, které nebylo možné provést svépomocí, byly předány do kooperační výroby. Dále byly navrženy všechny řezné podmínky a stanoveny časové intervaly pro potřebné operace.

Po určení těchto základních parametrů byly doplněny vedlejší výpočty. Těmito propočty byl zjištěn potřebný počet nástrojů, vypočítán a navržen potřebný počet dělníků, prostoru pro výrobu a strojů. Z výpočtu vyplývá, že v dílně by bylo zapotřebí dvou strojů. Nicméně bylo zvoleno snížení počtu strojů na jeden prostřednictvím prodloužení pracovní doby o jednu hodinu denně, přičemž stroj bude pracovat 1 840 hodin v roce v rámci jednosměrného provozu. Počet výrobních dělníků byl omezen pouze na jednoho člověka, při prodloužení pracovní doby o jednu hodinu denně, protože při zaměstnání dvou výrobních dělníků by nedošlo k jejich optimálnímu využití.

Dále byly doplněny přibližné náklady na nástroje a spotřebovanou energii pro možnost přibližného návrhu ceny samotného dílu, čímž vznikl co nejkompletnější technický návrh dle zadaných parametrů.

---

## SEZNAM POUŽITÉ LITERATURY

- [1] KOČMAN, K. *Speciální technologie: obrábění*. 3. přeprac. v dopl. vyd., v Akademickém nakladatelství CERM 1. vyd. Brno: Akademické nakladatelství CERM, 2004. ISBN 80-214-2562-8.
- [2] MÁDL, J. *Technologie obrábění*. Vyd. 2., přeprac. V Praze: Nakladatelství ČVUT, 1999. ISBN 978-80-01-03752-2.
- [3] Tumlikovo Metal Cutting Technologies. *Konstrukční oceli. A Druhy fréz*. [online]. [cit. 2012-11-21]. Dostupné z: <http://www.tumlikovo.cz/rubriky/materialy/konstrukcni-oceli/oceli-tridy-17/> a <http://www.tumlikovo.cz/druhy-frez/#>
- [4] ŘASA, Jaroslav a Vladimír GABRIEL. *Strojírenská technologie 3*. 2. vyd. Praha: Scientia, 2005. ISBN 80-7183-337-1.
- [5] LEINVEBER, J. a VÁVRA, P. *Strojnické tabulky: pomocná učebnice pro školy technického zaměření*. 4., dopl. vyd. Úvaly: Albra, 2008. ISBN 978-80-7361-051-7.
- [6] KOČMAN, K. a PERNIKÁŘ, J. *ROČNÍKOVÝ PROJEKT II – obrábění*. Vysoké učení technické v Brně. Brno, 2002. Dostupné z: [http://www.fme.vutbr.cz/opory/pdf/RocnikovyProjekt\\_II-obrabeni.pdf](http://www.fme.vutbr.cz/opory/pdf/RocnikovyProjekt_II-obrabeni.pdf)
- [7] HLAVENKA, B. *Projektování výrobních systémů: Technologické projekty I*. Vyd. 3. Brno: PC-DIR Real, 1999. Učební texty vysokých škol. ISBN 80-214-1472-3.

## SEZNAM POUŽITÝCH SYMBOLŮ A ZKRATEK

- $D$  ... průměr obráběného materiálu [mm],  
 $D_p$  ..... průměr polotovaru (přířezu) [mm],  
 $D_{VST}$  ... potřebný počet dělníků [dělníků],  
 $E_r$  .... Roční fond ručního pracoviště v jedné směně [hod],  
 $E_s$  .... Roční fond strojního pracoviště [hod],  
 $L$  .... Délka obráběné plochy [mm],  
 $L_p$  .... délka tyče [mm],  
 $L_s$  .... celková délka tyčí potřebná pro výrobní sérii [mm],  
 $L_t$  .... délka tyče [mm],  
 $N$  .... Velikost serie [ks],  
 $N_m$  .... hmotnost materiálu na jeden kus [kg/ks],  
 $P_h$  .... Provozní spotřeba elektrické energie v hale [kW],  
 $P_K$  .... počet přířezů z jedné tyče [ks],  
 $P_{Kc}$  .... celkový počet tyčí [ks],  
 $P_{ST}$  ... potřebný počet strojů [ks],  
 $P_{th}$  ... teoretický potřebný počet strojů [ks],  
 $Q_p$  .... hmotnost polotovaru (přířezu) [kg/ks],  
 $Q_s$  .... hmotnost hotové součásti [kg/ks].  
 $T_{opt}$  .... Strojní čas při optimálních řezných podmínkách [ $\text{min}^{-1}$ ],  
 $VBD$  .... Počet vyměnitelných destiček [ks],  
 $c_{kWh}$  .... Cena kWh pro rok 2012 = 4,64 [Kč],  
 $f$  .... Posuv na otáčku [mm],  
 $i$  .... Počet úběrů materiálu [-],  
 $k_{pns}$  .... Koeficient překračování norem strojní [-],  
 $l$  .... délka obráběné plochy [mm],  
 $l_k$  ..... délka nevyužitého konce tyče [mm],  
 $l_n$  ... délka náběhu [mm],  
 $l_p$  ..... délka polotovaru (přířezu) [mm],  
 $n$  ... otáčky za minutu [ $\text{min}^{-1}$ ],  
 $n_i$  ..... počet řezných hram VBD [ks].  
 $q_k$  ..... ztráta materiálu z nevyužitého konce tyče [kg/ks],  
 $q_{kc}$  .... celková hmotnost materiálu z nevyužitých konců tyčí [kg],  
 $q_o$  ..... ztráta materiálu vzniklá obráběním [kg/ks],

---

$q_{oc}$  .... celkové ztráty vzniklé obráběním materiálu [kg],  
 $q_{ř}$  ..... ztráta vzniklá při dělení materiálu [kg/ks],  
 $q_{řc}$  .... celkové ztráty vzniklé při dělení materiálu [kg],  
 $s$  ..... šířka prořezu [mm],  
 $s_d$  .... Směnnost pro danou součást,  
 $t_{AS1}$  .... strojní čas pro operaci 1. [min],  
 $t_{AST1}$ .... Strojní čas pro nástroj T1 [min<sup>-1</sup>],  
 $t_{k1}$  .... Strojní čas pro jednu součást [min],  
 $v_c$  .... Řezná rychlost [m.min<sup>-1</sup>],  
 $v_s$ ..... velikost série [ks],  
 $z_{sc}$  .... celková ztráta materiálu pro výrobní sérii [kg],  
 $\rho$  ..... hustota materiálu [g/cm<sup>3</sup>].

---

## SEZNAM OBRÁZKŮ

<b>OBR. 1</b>	<b>PŘÍKLAD TECHNOLOGICKÉHO POSTUPU A ČLENĚNÍ PODSKUPIN PRO VELKOSÉRIOVOU VÝROBU [1].....</b>	<b>14</b>
<b>OBR. 2</b>	<b>PŘÍKLAD VOLBY ZÁKLADNY .....</b>	<b>16</b>
<b>OBR. 3</b>	<b>TŘÍDNÍK ZNAKŮ [1] .....</b>	<b>17</b>
<b>OBR. 4</b>	<b>ZÁKLADNÍ ČÁSTI SOUSTRUHU [4] .....</b>	<b>18</b>
<b>OBR. 5</b>	<b>ZÁKLADNÍ ČÁSTI KONZOLOVÉ FRÉZKY [4] .....</b>	<b>19</b>
<b>OBR. 6</b>	<b>ZÁKLADNÍ ČÁSTI STOJANOVÉ VRTAČKY [4].....</b>	<b>20</b>
<b>OBR. 7</b>	<b>TVARY TRÍSEK PŘI OBRÁBĚNÍ [2],.....</b>	<b>21</b>
<b>OBR. 8</b>	<b>NÁSTROJOVÉ ROVINY A ÚHLY PRAVÉHO SOUSTRUŽNICKÉHO NOŽE [3].....</b>	<b>22</b>
<b>OBR. 9</b>	<b>UKÁZKA NÁSTROJŮ DLE SMĚRU ŘEZU [4].....</b>	<b>23</b>
<b>OBR. 10</b>	<b>UKÁZKA NÁSTROJŮ DLE KONSTRUKCE .....</b>	<b>24</b>
<b>OBR. 11</b>	<b>UKÁZKA NÁSTROJŮ DLE ZPŮSOBU OBRÁBĚNÍ [4] .....</b>	<b>24</b>
<b>OBR. 12</b>	<b>UKÁZKA FRÉZOVÁNÍ.....</b>	<b>25</b>
<b>OBR. 13</b>	<b>UKÁZKA FRÉZOVACÍCH NÁSTROJŮ .....</b>	<b>25</b>
<b>OBR. 14</b>	<b>GEOMETRIE BŘITU VRTÁKU [4].....</b>	<b>26</b>
<b>OBR. 15</b>	<b>TYPOVÉ SCHÉMA TŘÍDĚNÍ VÝROBNÍHO ČAS [1].....</b>	<b>27</b>
<b>OBR. 16</b>	<b>SPOTŘEBA MATERIÁLU.....</b>	<b>31</b>
<b>OBR. 17</b>	<b>ZTRÁTY PŘI OBRÁBĚNÍ [6].....</b>	<b>32</b>

---

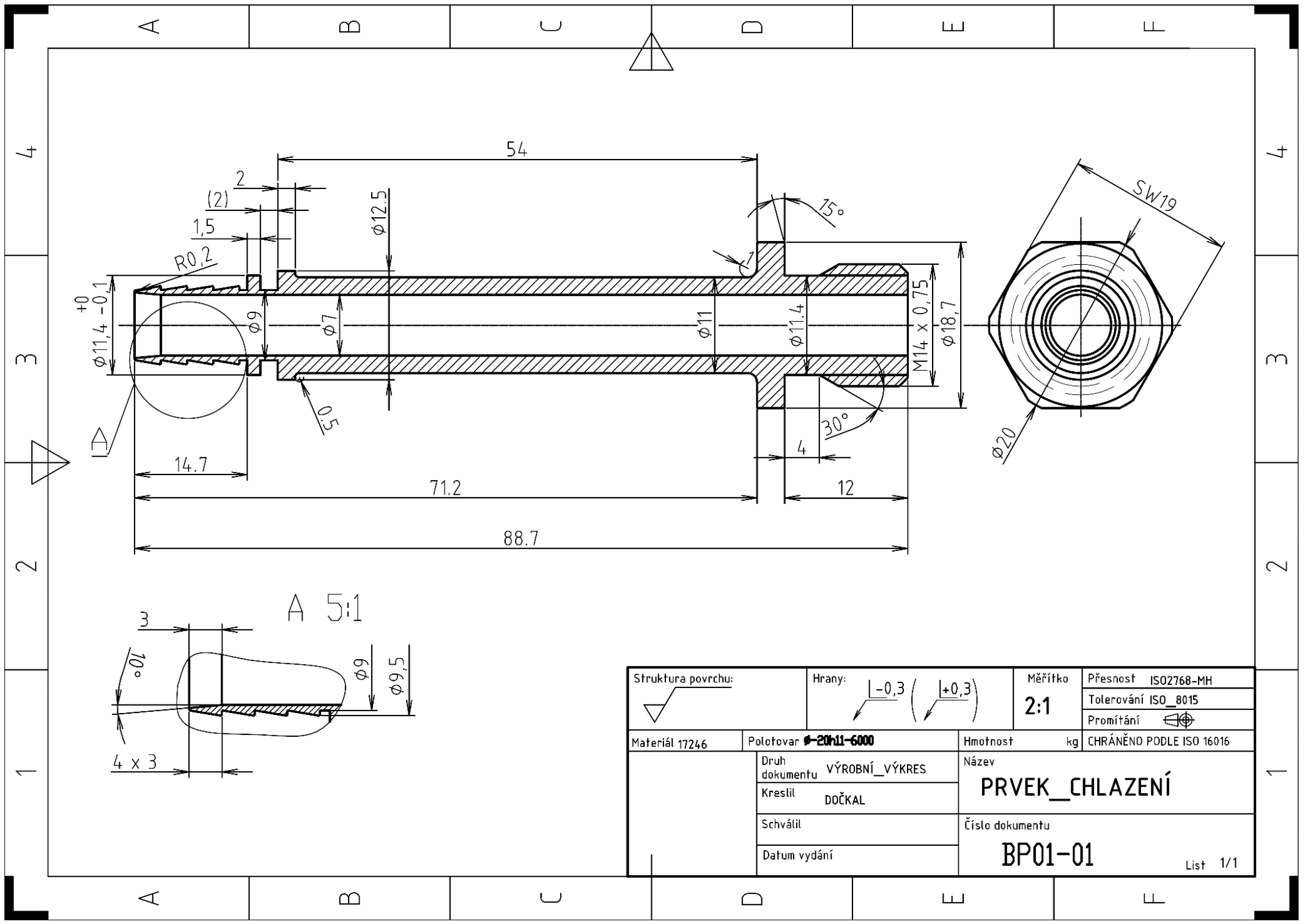
## SEZNAM TABULEK

<i>TAB. 1</i>	<i>NÁVRH STROJE PRO SOUSTRUŽENÍ .....</i>	<i>29</i>
<i>TAB. 2</i>	<i>NÁSTROJE PRO SOUSTRUŽENÍ.....</i>	<i>30</i>
<i>TAB. 3</i>	<i>ZÁKLADNÍ PARAMETRY POLOTOVARU SOUČÁSTI.....</i>	<i>32</i>
<i>TAB. 4</i>	<i>TECHNOLOGICKÝ POSTUP .....</i>	<i>39</i>
<i>TAB. 5</i>	<i>NÁVODKY.....</i>	<i>43</i>
<i>TAB. 6</i>	<i>POTŘEBNÝ POČET VBD A JEJICH CENA.....</i>	<i>49</i>

---

## **PŘÍLOHA: VÝKRES PRVKU PŘÍMÉHO CHLAZENÍ**





Struktura povrchu:		Hrany: $\begin{matrix} \swarrow -0,3 \\ \searrow +0,3 \end{matrix}$		Měřítko <b>2:1</b>	Přesnost ISO2768-MH
Materiál 17246		Polotovár <b>Ø20h11-6000</b>		Tolerování ISO_8015	
Druh dokumentu VÝROBNÍ_VÝKRES		Křesťil DOČKAL		Promítání	
Schválil		Datum vydání		Hmotnost kg	
Název <b>PRVEK_CHLAZENÍ</b>		Číslo dokumentu <b>BP01-01</b>		CHRÁNĚNO PODLE ISO 16016	
				List 1/1	