

**VŠB – Technická univerzita Ostrava**

**Fakulta strojní**

**Katedra obrábění, montáže a strojírenské metrologie**

**Optimalizace výrobního procesu  
tenkostěnných korozivzdorných pouzder**

**Optimization of the Manufacturing Process  
Thin-walled Stainless Steel sleeves**

Student:

Michal Kurek

Vedoucí bakalářské práce:

Ing. Václav Musil

## Zadání bakalářské práce

Student: **Michal Kurek**

Studijní program: B2341 Strojírenství

Studijní obor: 2303R002 Strojírenská technologie

Téma: **Optimalizace výrobního procesu tenkostěnných korozivzdorných  
pouzder**  
**Optimization of the Manufacturing Process Thin-walled Stainless Steel  
Sleeves**

Jazyk vypracování: čeština

Zásady pro vypracování:

1. Úvod.
2. Teoretický rozbor výroby korozivzdorných pouzder.
3. Návrh řešení dané problematiky.
4. Technicko-ekonomické zhodnocení.
5. Závěr.

Seznam doporučené odborné literatury:

ŠTUPLA, Miloslav. CNC obrábecí stroje a jejich programování. Praha: BEN -technická literatura, 2006. ISBN 978-80-7300-207-7.

BRYCHTA, Josef; SADÍLEK Marek; ČEP Robert; PETRŮ Jana. Progresivní metody v obrábění: studijní opora. Vyd. 1. Ostrava: VŠB - TU Ostrava. 2011. ISBN 978-80-248-2513-7.

NESLUŠAN, Miroslav. Experimentálne metódy v trieskovom obrábaní. Žilina: Žilinská univerzita v Žiline, 2007. ISBN 978-80-8070-711-8.

HAVRILA, Michal; Jozef ZAJAC; Josef BRYCHTA; Jozef JURKO. Top trendy v obrábaní. I. část – Obráběné materiály. Žilina: Media/ST, s.r.o. Žilina, 2006. ISBN 80-968954-2-7.


PERNIKÁŘ, Jiří; Josef VAČKÁŘ a Miroslav TYKAL. Jakost a metrologie. Brno: CERM, 2001. Učební texty vysokých škol. ISBN 80-214-1997-0.

Formální náležitosti a rozsah bakalářské práce stanoví pokyny pro vypracování zveřejněné na webových stránkách fakulty.


Vedoucí bakalářské práce: **Ing. Václav Musil**

Datum zadání: 21.12.2018

Datum odevzdání: 20.05.2019

  
doc. Ing. et Ing. Mgr. Jana Petrů, Ph.D.  
vedoucí katedry



  
prof. Ing. Ivo Hlavatý, Ph.D.  
děkan fakulty

Místopřísežné prohlášení studenta

Prohlašuji, že jsem celou bakalářskou práci včetně příloh vypracoval samostatně pod vedením vedoucího bakalářské práce a uvedl jsem všechny použité podklady a literaturu.

V Ostravě dne 20. května 2019.



.....

Podpis studenta

Prohlášení spolupracující osoby

Souhlasím se zveřejněním této bakalářské práce dle požadavků čl. 6, odst. 9 Studijního a zkušebního řádu pro studium v bakalářských studijních programech VŠB-TU Ostrava.

Spolupracující firma: S.CH.W. Service s.r.o., Hlavní 73, 788 33 Hanušovice

Jméno a příjmení oprávněné osoby: Pavel Schwarzer

V Ostravě dne 20. května 2019.

 S.CH.W. SERVICE, s.r.o.  
Hlavní 73  
788 33 Hanušovice  
IČO: 277 66 641  
DIČ: CZ27766641 -1

.....  
Podpis oprávněné osoby

Prohlašuji, že:

- jsem si vědom, že na tuto moji závěrečnou bakalářskou práci se plně vztahuje zákon č.121/2000 Sb. Zákon o právu autorském, o právech souvisejících s právem autorským a o změně některých zákonů (dále jen Autorský zákon), zejména § 35 (Užití díla v rámci občanských či náboženských obřadů nebo v rámci úředních akcí pořádaných orgány veřejné správy, v rámci školních představení a užití díla školního) a § 60 (Školní dílo),
- beru na vědomí, že Vysoká škola báňská – Technická univerzita Ostrava (dále jen „VŠB-TUO“) má právo užit tuto závěrečnou bakalářskou práci nekomerčně ke své vnitřní potřebě (§ 35 odst. 3 Autorského zákona),
- bude-li požadován, jeden výtisk této bakalářské práce bude uložen u vedoucího práce,
- s VŠB-TUO, v případě zájmu z její strany, uzavřu licenční smlouvu s oprávněním užit dílo v rozsahu § 12 odst. 4 Autorského zákona,
- užit toto své dílo, nebo poskytnout licenci k jejímu využití, mohu jen se souhlasem VŠB-TUO, která je oprávněna v takovém případě ode mne požadovat přiměřený příspěvek na úhradu nákladů, které byly VŠB-TUO na vytvoření díla vynaloženy (až do jejich skutečné výše),
- beru na vědomí, že – podle zákona č. 111/1998 Sb., o vysokých školách a o změně a doplnění dalších zákonů (zákon o vysokých školách), ve znění pozdějších předpisů – že tato bakalářská práce bude před obhajobou zveřejněna na pracovišti vedoucího práce, a v elektronické podobě uložena a po obhajobě zveřejněna v ústřední knihovně VŠB-TUO, a to bez ohledu na výsledek její obhajoby.

V Ostravě dne 20. května 2019.

.....  


Podpis autora práce

Jméno a příjmení autora práce:

Michal Kurek

Adresa trvalého pobytu autora práce:

Na Holbě 285, Hanušovice

## Poděkování

Rád bych poděkoval panu Ing. Václavovi Musilovi za odborné vedení při zpracování této práce a panu Ing. Romanu Havrilovi a Petru Crhovi z firmy S.CH.W. Service za věcné připomínky a cenné rady.

Bakalářská práce byla vypracována v rámci projektu: „Moderní a produktivní obrábění a metrologie“, reg. č. „SP2019/60“. Specifického výzkumu financovaného Ministerstvem školství, mládeže a tělovýchovy České republiky.

## **Anotace bakalářské práce**

KUREK, Michal. *Optimalizace výrobního procesu tenkostěnných korozivzdorných pouzder: bakalářská práce*. Ostrava: VŠB – Technická univerzita Ostrava, Fakulta strojní, Katedra obrábění, montáže a strojní metrologie, 2019, 62 s. Vedoucí práce: Ing. Václav Musil.

Bakalářská práce se zabývá návrhem a optimalizací výrobního postupu tenkostěnných pouzder z korozivzdorné oceli. Hlavním úkolem je dosáhnout požadované kvality obrobků. Práce teoreticky analyzuje vstupy ovlivňující proces výroby a optimalizaci řezných podmínek. Praktická část se věnuje volbě materiálu, strojů a nástrojů. Závěr práce obsahuje výrobní postupy a technicko-ekonomické zhodnocení navržených postupů.

## **Klíčová slova**

Optimalizace, výrobní postup, korozivzdorná ocel, pouzdra, kvalita.

## **Annotation of the bachelor thesis**

KUREK, Michal. *Optimization of manufacturing process thin-walled stainless steel sleeves: Bachelor thesis*. Ostrava VŠB – Technical University of Ostrava, Faculty of Mechanical Engineering, Department of Machining, Assembly and Engineering Metrology, 2018, 62 s. Thesis head: Ing. Václav Musil.

Bachelor thesis deals with proposal and optimization of manufacturing process of thin-walled sleeves made from stainless steel. Main objective is manage of required quality of workpieces. Thesis theoretically analyzes inputs which influence the process of manufacturing and optimization of cutting conditions. Practical part is dedicated to selecting of material, machines and tools. Conclusion of thesis contains manufacturing processes and technical-economic evaluation of proposed processes.

## **Keywords**

Optimization, manufacturing process, stainless steel, sleeves, quality.

## Obsah

Seznam použitých zkratek .....	9
Úvod.....	10
2 Teoretický rozbor výroby korozivzdorných pouzder .....	11
2.1 Charakter výroby.....	11
2.1.1 Obecný popis problému .....	11
2.1.2 S.CH.W. Service .....	11
2.1.3 John Crane .....	12
2.2 Korozivzdorná pouzdra.....	12
2.2.1 Funkce a použití.....	12
2.2.2 Typy pouzder .....	14
2.2.3 Kontrola .....	14
2.3 Obrábění korozivzdorných ocelí .....	16
2.3.1 Technologie obrábění .....	16
2.3.2 Korozivzdorné oceli.....	17
2.3.3 Obrobitelnost .....	18
2.3.4 Nástroje.....	18
2.3.5 Řezné prostředí .....	20
2.4 Analýza optimalizace výroby.....	21
2.3.6 Vymezení cílů práce .....	21
2.3.7 Prověření optimalizace řezných podmínek.....	22
2.3.8 Výrobní postup .....	24
3 Návrh řešení dané problematiky .....	25
3.1 Volba materiálu.....	25
3.2 Volba strojů.....	26
3.3 Volba nástrojů .....	29
3.3.1 Dělení materiálu.....	30



3.3.2	Vnější hrubování.....	30
3.3.3	Vnější dokončování .....	32
3.3.4	Vnitřní hrubování.....	34
3.3.5	Vnitřní dokončování .....	35
3.3.6	Zapichování a upichování.....	37
3.3.7	Vrtání a frézování .....	41
3.4	Kontrola rozměrů .....	42
3.5	Výpočet strojních časů .....	44
3.6	Původní postupy výroby .....	45
3.7	Výrobní postup pro menší pouzdra.....	50
3.8	Výrobní postup pro větší pouzdra.....	53
4	Technicko-ekonomické zhodnocení .....	56
	Seznam použité literatury.....	58
	Seznam tabulek .....	60
	Seznam příloh.....	62

## Seznam použitých zkratk

CNC	Computer Numerical Control
PVD	Physical Vapour Deposition
CVD	Chemical Vapour Deposition
MTCVD	Middle Temperature Chemical Vapour Deposition
$R_p$ [N·mm <sup>-2</sup> ]	Mez kluzu
$R_m$ [N·mm <sup>-2</sup> ]	Mez pevnosti v tahu
A5 [%]	Tažnost
HB [-]	Tvrdost podle Brinella
T [min]	Trvanlivost nástroje
$c_T$ [-]	Konstanta (řádově 10 <sup>9</sup> ÷10 <sup>13</sup> )
$v_c$ [m·min <sup>-1</sup> ]	Řezná rychlost
$m$ [-]	Exponent (míra závislosti řezné rychlosti na trvanlivosti)
$c_v$ [-]	Konstanta ( $c_v = c_T^{1/m}$ )
$c_{vT}$ [-]	Konstanta
$v_{cT}$ [m·min <sup>-1</sup> ]	Řezná rychlost při konstantní trvanlivosti
$x_v$ [-]	Exponent, vyjadřující vliv hloubky řezu
$y_v$ [-]	Exponent, vyjadřující vliv hloubky řezu
$f$ [mm]	Posuv na otáčku

## Úvod

Optimalizace výrobního postupu je hledání nejefektivnějších výrobních procesů k docílení požadované kvality výrobků a nízkých výrobních nákladů. Proces obrábění kovů je ovlivněn mnoha technologickými i ekonomickými faktory, které omezují možnosti výrobního podniku.

Práce se v úvodu první části zabývá představením zkoumaných tenkostěnných pouzder a firem, které figurují jako zadavatel a vykonavatel zakázky. Následně je určena funkce pouzder po následné montáži do sestavy. Tato funkce a prostředí, ve kterém jsou pouzdra použity, dále ovlivňují volbu materiálu obrobku, tvorbu výrobních postupů a rozsah zkoušek. Následně první část obsahuje teoretický rozbor jednotlivých vstupů a jejich vliv na proces obrábění. V závěru se první část věnuje možnostem optimalizace výrobního postupu a řezných podmínek, na kterých závisí výrobní časy jednotlivých operací.

V praktické části se práce zabývá volbou a optimalizací technologického zázemí výroby pouzder. Před výrobou pouzder byl určen materiál s odlišným chemickým složením a byla provedena volba strojů pro obrábění polotovaru. Velká pozornost je v praktické části věnována volbě nástrojových držáků a vhodných břitových destiček s ohledem na technologičnost i ekonomičnost nástroje. Konec práce je věnován navrženým výrobním postupům společně s výpočtem jednotkových strojních časů a technicko-ekonomickému zhodnocení práce.

## **2 Teoretický rozbor výroby korozivzdorných pouzder**

### **2.1 Charakter výroby**

#### **2.1.1 Obecný popis problému**

Předmětem práce je série tenkostěnných korozivzdorných pouzder vyráběných firmou S.CH.W Service, s.r.o. Hanušovice. Firma do nedávné doby vyráběla pouze několik druhů těchto typů pouzder, ale následně začala s výrobou dalších průměrů pouzder. Po rozšíření série výrobků se stávající způsob výroby stal nedostatečný a finančně velmi náročný. Pouzdra jsou dodávána společnosti John Crane, která je dále montuje do zařízení spojených s dopravou kapalných i sypkých hmot. Zařízení jsou při provozu vystavena různým agresivním vlivům, proto je nutná vhodná volba materiálu pouzder s ohledem na jeho odolnost proti agresivním vnějším vlivům, stálost při obrábění a cenu. Pouzdra jsou rotačního charakteru, a proto byla výroba realizována na soustruzích. Jelikož se jedná o kusovou výrobu, bylo hlavním cílem optimalizovat technologický postup výroby, abychom dosáhli požadované kvality obrobků.

#### **2.1.2 S.CH.W. Service**

Firma započala svou historii v roce 1994 jako podpůrná dílna pro automobilové závody. Po postupném rozšiřování výrobních technologií se firma začala orientovat pouze na výrobu strojních součástí a v roce 2006 začala působit pod názvem S.CH.W. Service, s.r.o., ale dále se částečně angažuje v podpoře automobilových závodů. Firma se zabývá komplexním CNC obráběním především korozivzdorných, konstrukčních ocelí. Hlavní část výroby se zabývá kusovou výrobou pouzder, přírub, hřídelí, matic a čepů. Firma je dodavatelem pro české ale i mezinárodní společnosti.<sup>1</sup>

S.CH.W. Service, s.r.o. disponuje řízenými soustruhy značky MORI SEIKI a Hyundai a frézovacími stroji DMG MORI ecoMill 50 a Hyundai SPT – V550D. Soustruhy jsou osazeny revolverovými hlavami s možností využití poháněných nástrojů. Výroba na obráběcích centrech je z převážné části realizována pomocí vyměnitelných břitových destiček ze slinutých karbidů. Každé pracoviště má k dispozici vlastní kontrolní místo pro měření obrobků, společné stanoviště pro kontrolu drsnosti povrchu a při kontrole kvality využívají měřicí pracoviště s kontrolovaným prostředím a kalibrovanými měřicími přístroji.<sup>1</sup>

### **2.1.3 John Crane**

John Crane je mezinárodní společnost s více než stoletou historií, která se zabývá vývojem, konstrukcí a prodejem zařízení a jejich součástí v celé škále průmyslových odvětví pro které je stěžejní přeprava a skladování kapalných a sypkých hmot. Tyto hmoty mívají silné chemické a mechanické účinky na materiály s nimiž přijdou do kontaktu. Hlavními odvětvími, kterými se zabývají je vodohospodářství a těžba nerostných surovin, jejich přeprava a následné skladování a zpracování. Nejčastějšími artikly jsou např.: čerpadla, ventily, filtrační zařízení a mechanická těsnění. Společnost se zabývá i opravami, servisy a odbornou pomocí při montáži a provozu zařízení.<sup>2</sup>

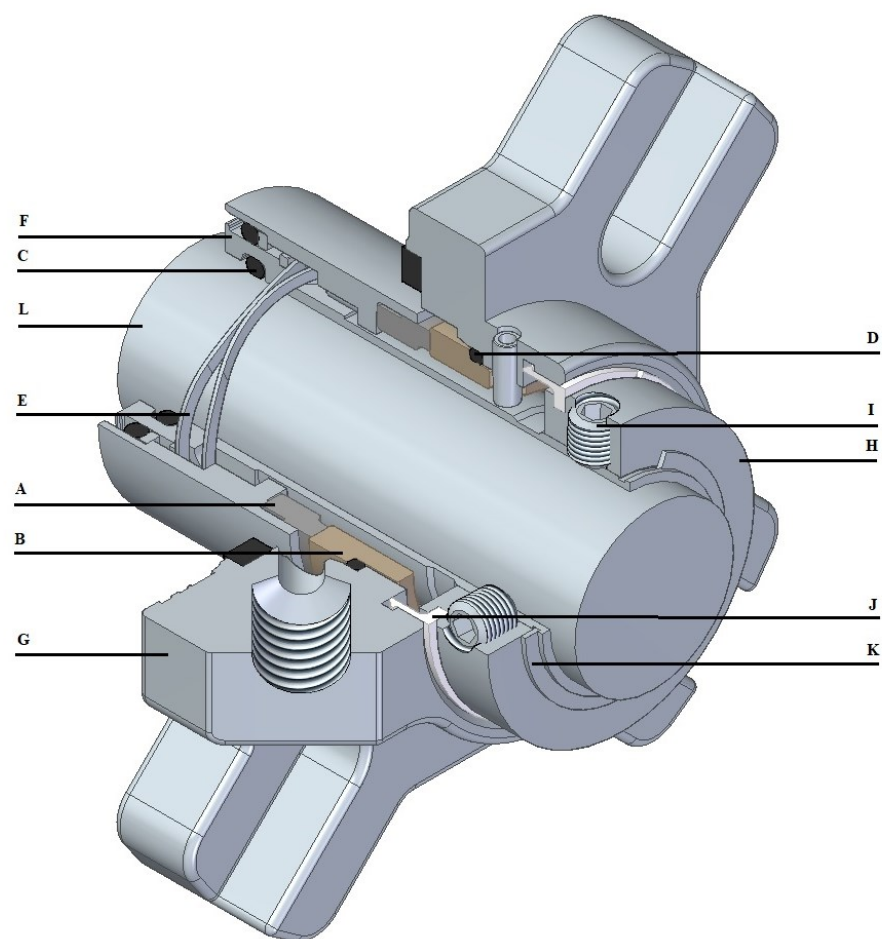
## **2.2 Korozivzdorná pouzdra**

### **2.2.1 Funkce a použití**

Pouzdra jsou součástí jednoduchých a dvojitých kompaktních tlakových kazetových těsnění. Kazetové těsnění série 4600 je kompletní a cenově dostupný způsob řešení těsnění pro průmyslové využití při čerpání kapalin různého charakteru. Kazetová těsnění splňují všechny klíčové normy průmyslových čerpadel a jsou navržena tak, aby umožňovala použití v rozličných zařízeních s rotujícím hřídelem. Zkoumaná pouzdra slouží jako komponent oddělující hřídel od ostatních součástí kazetového těsnění. Umístění pouzdra v sestavě je zobrazeno na obrázku 2.1 označený písmenem F.<sup>2</sup>

Nejčastějším použitím kazetových těsnění je montáž na kapalinová čerpadla a další mechanická zařízení rotačního charakteru k nim připojená. Nejčastěji jsou to ANSI/DIN čerpadla, čerpadla s úzkým připojením a vertikální čerpadla, ale jejich využití je univerzální. Typické aplikace těsnění řady 4600 jsou:<sup>2</sup>

- voda a odpadní voda,
- vláknina a papír,
- výroba elektřiny,
- chemický a farmaceutický průmysl,
- potraviny a nápoje,
- těžba,
- výroba oceli.<sup>2</sup>



**Obrázek 2.1 – Schéma kazetového těsnění<sup>2</sup>**

- A – přední kroužek/primární kroužek osa y,
- B – sedlo/kroužek pro kroužek
- C – dynamický o-kroužek,
- D – statický o-kroužek,
- E – proti-ucpávací vlnová pružina,
- F – pouzdro,
- G – ucpávka,
- H – objímka,
- I – stavěcí šrouby,
- J – středový distanční kroužek,
- K – pojistný kroužek,
- L – hřídel.<sup>2</sup>

### **2.2.2 Typy pouzder**

Univerzálnost použití kazetových těsnění je možná díky možnosti jejich konstrukce v různých velikostech pro velké množství různých druhů čerpadel. Firma S.CH.W. Service v dnešní době vyrábí širokou škálu korozivzdorných pouzder zakomponovaných do těchto těsnění. Rozdělení pouzder se řídí velikostmi kazetových těsnění, do nichž jsou montovány. Druhy těsnění a zároveň pouzder se označují číselnou řadou od 0240 do 0700 a jsou blíže rozepsány v tabulce v příloze č.1. Pouzdra mají totožnou geometrii, ale liší se pouze v rozměrech závisících na průměru uloženého hřídele. Z hlediska použité technologie a vytvořených technologických postupů jsme rozdělili řadu pouzder na dvě skupiny podle velikosti. První je skupina menších průměrů pouzder s označením 0240 až 0480 a druhá skupina představuje větší pouzdra s označením 0500 až 0700. Výrobní postup navržený pro menší pouzdra byl aplikován na pouzdrě 0250 a postup pro větší pouzdra byl aplikován na pouzdrě 0550.

### **2.2.3 Kontrola**

Výrobce pro výrobu a následnou kontrolu rozměrů využívá výkresovou dokumentaci (viz příloha č. 1) dodanou společností John Crane. Vzhledem k rotačnímu pohybu probíhajícímu v kazetových těsněních a vzhledem k požadavkům kladeným na nepropustnost je nezbytné, aby těsnění a jejich komponenty prošly určitou kontrolou a několika zkouškami ještě před jejich uvedením do provozu.

Při výrobě pouzder je důležitá kontrola, kterou po zásadních operacích provádí již operátor, aby se případný vadný kus odhalil co nejdříve, anebo aby mohly být individuálně upraveny řezné podmínky jednotlivých operací. Před odesláním pouzder k popisu probíhá další kontrola jakosti v kontrolovaném prostředí, které eliminuje chyby měření prováděných při výrobě způsobených např.: výkyvy teplot ve výrobní hale při přemístování polotovarů do a z výrobní haly, nebo odvozu odpadového materiálu. Firma John Crane vyžaduje 100 % kontrolu všech rozměrů měřitelných ve firmě S.CH.W. Service. Dále vyžadují, aby obrobené plochy vnitřních drážek nejevily žádné známky poškození vzniklé vibracemi nástroje a aby byly obrobky zbavené veškerých ostřin. Obrobky určené ke kontrole jakosti musí zůstat na měřicím pracovišti 24 hodin kvůli vyrovnání teplot obrobku a laboratorního prostředí (20 °C). Po obrábění, při kontrole jakosti, při popisu i při balení a expedici probíhá vizuální kontrola každého kusu jestli nejsou obrobené plochy poškrábány, nebo jinak mechanicky poškozeny.

Jakmile pouzdra projdou kontrolou jakosti ve firmě, pokračují k popisovacímu stroji Propen P5000, kde jsou opatřeny kódem. P5000 používá k popisu mikroúderovou technologii. Velikost znaků se pohybuje 0,5-80 mm po krocích 0,1 mm na ploše 100x120 mm. Pohyb značícího hrotu o frekvenci 50-60 Hz probíhá pomocí elektromagnetismu. Popis vyražený na vnější stranu pouzdra obsahuje informace o materiálu, velikost těsnění do kterého se montuje naše pouzdro, číslo a řádek objednávky, počet kusů v objednávce a pořadové číslo pouzdra v objednávce. Stroj je ovládán externí klávesnicí.



**Obrázek 2.2 – Popisovací stroj Propen P5000**

Firma John Crane po převzetí pouzder provede vlastní kontrolu jakosti dále montuje tato pouzdra do sestavy. V dalším kroku podrobí smontovaná kazetová pouzdra řadě zátěžových testů, aby ověřili požadované vlastnosti. Zkoušky probíhají na předem určených čerpadlech a získané výsledky se vzájemně dají porovnat. Hlavními parametry zkoušek jsou tlak a teplota kapaliny v systému a rychlost otáčení uloženého hřídele. Při testech se dále sleduje, zda kapalina neprolíná ven z dopravního systému, sleduje se vnikání částic do tělesa kazetového těsnění, nebo vznik nežádoucích částic mezi pouzdrem a hřídelem z důvodu opotřebení jednoho z těles. V případě nedostatečné kruhovitosti pouzdra by se tato chyba mohla projevit lokálním zvýšením teploty a následným oddělením částic.<sup>2</sup>



Zátěžové parametry kazetových pouzder:

- max. tlak: až 15 bar,
- provozní teplota: -30 °C až 130 °C,
- rychlost otáčení hřídele:  $\leq 3600$  ot/min.



**Obrázek 2.3 – Zátěžový test na čerpadle Durco Mark III<sup>2</sup>**

## **2.3 Obrábění korozivzdorných ocelí**

### **2.3.1 Technologie obrábění**

Obrábění třískovou metodou je proces přeměny polotovaru na požadovaný tvar a rozměry odebráním materiálu z povrchové vrstvy, který odchází od obrobku v podobě třísky. Základní rozdělení těchto procesů je na ruční a strojní obrábění. Mezi ruční metody řadíme např.: pilování, řezání a škrabání. Strojní metody obrábění dále dělíme podle charakteristických znaků na obrábění nástroji s definovanou a nedefinovanou geometrií, nekonvenční metody obrábění a úpravy obrobků. Největší poměr výrobních procesů ve firmě S.CH.W. Service se uskutečňuje pomocí strojního obrábění nástroji s definovanou geometrií (soustružení, frézování, vrtání), konkrétně pomocí vyměnitelných břitových destiček ze slinutých karbidů. Jeden z kroků výrobního procesu je i broušení spadající pod obrábění nástroji s nedefinovanou geometrií.<sup>7</sup>

Nejdůležitější metoda obrábění při výrobě korozivzdorných pouzder je soustružení, kde je hlavní řezný pohyb vykonáván rotací obrobku a vedlejší posuvový pohyb je konán nástrojem. Při frézování obvykle vykonává hlavní řezný pohyb nástroj a vedlejší obrobek a u vrtání vykonává obvykle oba pohyby nástroj. Před samotným obráběním je důležité určit

řezné podmínky pro každý nástroj použitý ve výrobním procesu. Základní řezné podmínky jsou řezná rychlost ( $v_c$ ), rychlost posuvu ( $v_f$ ) a tloušťka obráběné vrstvy ( $a_p$ ).<sup>7</sup>

### 2.3.2 Korozivzdorné oceli

Korozivzdorné oceli patří do skupiny konstrukčních kovových materiálů, které se vyznačují obsahem Cr přibližně od 12 % do 30 % a velmi nízkým obsahem P a S. Dalšími významnými legujícími prvky jsou Ni, Mn, Mo. Odolnost ocelí proti korozi zaručuje hlavně chrom, který na povrchu vytvoří souvislý ochranný film oxidu chromu. Hlavní oblastí použití korozivzdorných ocelí je chemický průmysl vyžadující vysokou korozní odolnost proti působení silných chemických sloučenin. Korozivzdorné oceli jsou dále ceněny pro jejich schopnost zachovat si mechanické vlastnosti při vysokých i nízkých teplotách, a proto najde své uplatnění i v potravinářském a automobilovém průmyslu a ve stavebnictví.<sup>3</sup>

Vhodnou volbou korozivzdorných materiálů můžeme docílit vyšších parametrů provozu, lepší provozní spolehlivosti a životnosti nástrojů. Při volbě vhodné oceli je nutné charakterizovat provozní prostředí a technologické parametry, stanovit korozní podmínky, vzít v úvahu mechanické a fyzikální vlastnosti oceli a stanovit životnost zařízení a bezpečnost provozu.<sup>3</sup>

Korozivzdorné oceli se podle mikrostruktury dělí na:

- martenzitické korozivzdorné oceli,
- feritické korozivzdorné oceli,
- austenitické korozivzdorné oceli,
- duplexní korozivzdorné oceli,
- precipitačně vytvrzené korozivzdorné oceli.<sup>3</sup>

Každý typ korozivzdorné oceli má svoje specifické vlastnosti a korozní odolnost v konkrétním prostředí. Korozní odolnost korozivzdorných ocelí závisí na jejich schopnosti pasivovat svůj povrch. Pasivace závisí na přítomnosti dostatečného množství oxidačního činidla. Pokud dojde k narušení pasivity, nebo pasivní vrstva není homogenní, může dojít ke vzniku lokálních druhů koroze, které jsou společně s korozním praskáním při napětí nejnebezpečnější pro korozivzdorné oceli.<sup>3</sup>

### 2.3.3 Obrobitelnost

Obrobitelnost lze definovat jako schopnost daného konkrétního materiálu být opracován některou z metod obrábění. Je to relativní vlastnost materiálu, proto je zkoumaný materiál porovnáván s jiným materiálem, který je obráběn stejným nástrojem při stejných pracovních podmínkách. Tyto vlastnosti mají vliv na průběh procesu řezání a na ekonomické a kvalitativní výsledky procesu. Jelikož je při určování obrobitelnosti nutné použít stejný nástroj, je s obrobitelností úzce spjatá vlastnost nástroje zvaná řezivost. Řada kritérií obrobitelnosti jsou zároveň i kritéria řezivosti. Obrobitelnost i řezivost rozdělujeme na:<sup>4</sup>

- **absolutní** – která je charakterizována funkčním vztahem a parametry, nebo velikostí veličiny charakterizující obrobitelnost (řezivost),
- **relativní** – která je charakterizována bezrozměrným číslem udávajícím poměr velikostí určité veličiny stanovené pro zkoumaný materiál i pro referenční materiál.<sup>4</sup>

Srovnávací kritéria při určování obrobitelnosti (řezivosti) bývají nejčastěji teplota řezání, utváření třísky, velikost řezných sil, jakost povrchu obráběných ploch, nebo velikost řezné rychlosti při stanovené trvanlivosti  $v_T$  (obvykle 15, 30 nebo 45 minut).<sup>4</sup>

### 2.3.4 Nástroje

Materiály řezných nástrojů zásadním způsobem ovlivňují produktivitu, náklady na výrobu a kvalitu výroby. Nástroje jsou při obrábění vystaveny silnému mechanickému a tepelnému namáhání, což vede k otupování břitu nebo destrukci nástroje. Řezný materiál musí být tvrdší než obráběný z důvodu snadného vniknutí břitu nástroje do materiálu obrobku a efektivního oddělování třísky. Na řezné materiály jsou kladeny požadavky, které zajišťují odolnost nástrojů proti opotřebení, či poškození při procesu řezání, vysokou řezivost a kvalitu obrobeného povrchu. V souvislosti s tím lze hovořit o trvanlivosti a životnosti nástroje. Další vlastností nástroje je řezivost.<sup>6</sup>

Trvanlivost je součet čistých časů do opotřebení nástroje, kdy za použití tohoto nástroje dokážeme u obrobku dodržet požadovaný tvar, rozměry a kvalitu povrchu po celou dobu jeho trvanlivosti. Životnost nástroje je součet všech jeho trvanlivostí až do vyřazení nástroje. U vyměnitelných břitových destiček končí životnost po opotřebení všech jejich břitů.<sup>6</sup>

Řezivost je vlastnost nástroje, kterou lze definovat jako schopnost efektivním způsobem odebírat třísku z obráběného materiálu. Tato vlastnost závisí na mechanických a fyzikálních vlastnostech řezného materiálu a na metodě obrábění, řezných podmínkách, řezném prostředí, geometrii nástroje, atd. Řezivost závisí i na obráběném materiálu, a to hlavně na jeho mechanických vlastnostech.<sup>6</sup>

U nástrojů s definovanou geometrií břitu se běžně používá následující rozdělení pro řezné materiály:

- uhlíkové oceli,
- rychlořezné oceli,
- slinuté karbidy,
- Cermety,
- řezná keramika,
- kubický nitrid boru,
- polykrystalický diamant.<sup>6</sup>

Materiály pro výrobu řezných nástrojů se vyvíjejí v závislosti na velkém množství nových konstrukčních materiálů, které vyžadují při obrábění kvalitnější a odolnější řezné materiály. Materiály s vyšší houževnatostí se hodí spíše k vysokým posuvům, pro těžké hrubovací operace a přerušovaný řez, a naopak u tvrdších materiálů je vhodné volit vyšší řezné rychlosti.

V závislosti na druhu obráběného materiálu se řezné materiály rozdělují do šesti hlavních aplikačních skupin dle ISO 513:2002. Identifikačním znakem každé hlavní skupiny je písmeno a barva označení. Rozdělení hlavních aplikačních skupin je:<sup>6</sup>

- P (modrá barva),
- M (žlutá barva),
- K (červená barva),
- N (zelená barva),
- S (hnědá barva),
- H (šedá barva).

Každá hlavní skupina se dále dělí do aplikačních skupin. Pro lepší určení vhodného nástroje může sloužit i velikost a tvar třísky. K obrábění korozivzdorných austenitických ocelí je nejvhodnější použít materiály z hlavní aplikační skupiny M. Takto označené nástroje jsou obecně vhodné k obrábění materiálů, které tvoří střední a delší třísku. Jelikož mají poměrně vysokou houževnatost, používají se pro těžké hrubovací operace a přerušované řezy.<sup>6</sup>

Slinuté karbidy jsou dvousložkové nebo vícesložkové materiály vyráběné technologií práškové metalurgie. Základní složky těchto materiálů tvoří plnivo, neboli částice karbidů kovů a pojivo nejčastěji v podobě kobaltu. Plnivo může být směsí i několika druhů karbidů. Nejčastěji se používají karbidy wolframu (WC), titanu (TiC), tantalu (TaC) a niobu (NbC). Nástroje ze slinutých karbidů spadající do aplikační skupiny M obsahují většinou směs všech těchto karbidů společně s pojivem. Vlastnosti materiálu se dají upravovat velikostí částic karbidů, poměrem množství plniva a pojiva a technologií výroby. Dalším, dnes velmi rozšířeným, způsobem úpravy vlastností nástrojů je nanášení jednovrstvých i vícevrstvých povlaků. Metody povlakování se obecně rozdělují podle podstaty nanášení povlaků na fyzikální napařování (PVD) a chemické napařování (CVD a MTCVD). Principem povlaků je nanést tenkou vrstvu materiálu s vysokou tvrdostí a odolností proti mechanickému opotřebení a díky tomu je možné takto upravené nástroje použít pro obrábění vyššími řeznými i posuvovými rychlostmi a pro přerušované řezy.<sup>6</sup>

### **2.3.5 Řezné prostředí**

Dalším důležitým faktorem ovlivňujícím kvalitativní, kvantitativní a ekonomické parametry obráběcího procesu je řezné prostředí. Řezné prostředí je vytvářeno přísunem procesního média co nejbližše samotnému místu řezu. Procesní média mohou být tvořena pastami, plyny, mlhami a nejčastěji kapalinami. Na procesní média je kladena řada technologických a několika dalších provozních požadavků z důvodu zajištění co nejlepších parametrů. Firma S.CH.W. Service využívá na svých CNC obráběcích centrech pouze kapalná procesní média. Procesní kapaliny dále dělíme na: vodní roztoky, emulzní kapaliny, zušlechtnuté řezné oleje a syntetické a polysyntetické kapaliny.<sup>6</sup>

Technologické požadavky kladené na procesní kapaliny přímo ovlivňují samotný proces obrábění a tím pádem i zajišťují kvalitu obrobku. Tyto požadavky zajišťují dobrý chladicí, mazací a čistící účinek procesních kapalin. Při procesu obrábění vzniká teplo, které se z místa řezu odvádí dále do nástroje, třísky, obrobku a procesní kapaliny, která smáčí celou

oblast řezu. Chladicí účinek kapaliny způsobuje snížení teploty řezání, a tím snížení opotřebení a zvýšení trvanlivosti nástroje a má vliv na kvalitu povrchové vrstvy obrobené plochy. Mazací účinek procesních kapalin snižuje tření mezi nástrojem a obrobkem. Tento účinek má také vliv na jakost obrobené plochy a snižuje velikost řezných sil a spotřebu energie. Uplatnění účinku nalezneme u dokončovacích obráběcích operací. Kapaliny také napomáhají dobrému odvodu třísek z místa řezu díky jejich čistícímu účinku.<sup>6</sup>

Provozní požadavky kladené na procesní kapaliny zajišťují ekonomičnost a ekologičnost použití kapalin v procesu obrábění. Procesní kapaliny by měly vykazovat provozní stálost, která zajišťuje stabilní vlastnosti mezi nutnými výměnami kapalin, a přiměřené provozní náklady, které souvisejí s vhodnou volbou procesní kapaliny a s její spotřebou. Při procesu obrábění a jeho přidružených procesech dochází ke kontaktu procesní kapaliny s kovovými předměty a s operátorem stroje. Z tohoto důvodu musí mít ochranný účinek pro kovy a musí být zdravotně nezávadné pro pracovníka. Pro případný únik kapalin do životního prostředí by měli splňovat i ekologickou nezávadnost.<sup>6</sup>

Účinnost procesní kapaliny významně ovlivňuje i způsob přívodu řezné kapaliny do místa řezu. Přívod kapaliny do oblasti místa řezu může být realizován standardním chlazením, tlakovým chlazením, v podobě mlhy, vnitřním chlazením, danou konstrukcí nástroje, nebo přívodem podchlazené kapaliny s teplotou nižší než je teplota okolí.<sup>6</sup>

## **2.4 Analýza optimalizace výroby**

### **2.3.6 Vymezení cílů práce**

Dosavadní postup výroby pouzder ve firmě S.CH.W. Service zahrnoval výrobu pouze několika průměrů pouzder. Výrobní postup zahrnoval výrobu a použití přípravků pro každou velikost pouzdra. Tento postup byl pro firmu vhodný pro svou jednoduchost, jelikož jsou zkušenosti zaměstnanců velice rozličné. Dalším důvodem pro použití přípravků bylo zpevnění obrobku, kterým výrazně snížili výrobu nekvalitních kusů. Rozšíření výroby na celou sérii pouzder vedlo k přehodnocení výrobního postupu a eliminaci použití přípravků. Výroba i skladování velkého množství přípravků by byla pro firmu prostorově i ekonomicky náročná.

Odstranění přípravku z výrobního procesu bylo důvodem k vytvoření a optimalizaci nového nebo nových výrobních postupů, které budou vhodné k výrobě celé série pouzder. Tento krok měl za následek, že při použití stávajícího technologického postupu docházelo

k výrazným odchylkám mimo požadované tolerance některých rozměrů. Hlavním cílem práce bylo vytvořit optimální výrobní postup k dosažení požadované kvality a spolehlivosti výroby korozivzdorných pouzder. Dalším cílem je ekonomické zhodnocení navrženého technologického postupu. Pro navržení a optimalizaci postupů bylo nutné analyzovat vstupy, které mají vliv hlavně na kvalitativní stránku výroby a následně navrhnout jejich optimalizaci. Optimalizace se zabývala především technologickým postupem výroby, dále materiály, nástroji a řeznými podmínkami. Možnosti optimalizace byly ovlivněny možnostmi firmy S.CH.W. Service.

### 2.3.7 Prověření optimalizace řezných podmínek

Výrobní náklady představují významnou část ceny strojírenského produktu. Jedním ze způsobů snížení výrobních nákladů je zavádění technických i technologických inovací ve firmě. Tyto inovace přinášejí vyšší produktivitu práce a tím dochází ke snižování nákladů výroby. Dalším způsobem jak snížit výrobní náklady je optimalizace řezných podmínek a trvanlivosti nástrojů. Základní kritéria pro optimalizaci řezných podmínek jsou nákladové položky vztahující se k výrobě. Do nákladové optimalizace řezných podmínek zasahují ekonomické, technické a časové vstupy a empirické konstanty. Z toho vyplývá, že optimální řezné podmínky a optimální trvanlivost nástroje se budou lišit pro každou situaci individuálně.<sup>6</sup>

Jedna z možností pro optimalizaci řezných podmínek se používá vztah mezi trvanlivostí a řeznou rychlostí tzv. T- $v_c$  závislost, nebo Taylorův vztah. F. W. Taylor zjistil počátkem 20. století, že na trvanlivost nástroje má největší vliv právě řezná rychlost. Vyšší řezná rychlost snižuje výrobní časy a tím i náklady na výrobu, ale zároveň zvyšuje vibrace soustavy a v souvislosti s tím snižuje kvalitu obrobenej plochy. Taylorův vztah se užívá ve tvaru:<sup>6</sup>

$$T = \frac{c_T}{v_c^m} \text{ [min]}$$

(2.1)

kde: T [min] je trvanlivost nástroje

$c_T$  [-] je konstanta (řádově  $10^9 \div 10^{13}$ ),

$v_c$  [m·min<sup>-1</sup>] je řezná rychlost,

$m$  [-] je exponent (míra závislosti řezné rychlosti na trvanlivosti).<sup>6</sup>

Z důvodu neprakticky vysoké hodnoty konstanty  $c_T$  se v praxi častěji využívá tvar:

$$v_c = \frac{c_v}{T^{1/m}}$$

(2.2)

kde  $c_v [-]$  je konstanta ( $c_v = c_T^{1/m}$ ).<sup>6</sup>

T- $v_c$  závislosti se určují pro danou kombinaci řezného nástroje a obráběného materiálu. Zkoušky se provádějí obráběním za konstantních řezných podmínek při alespoň čtyřech řezných rychlostech, při kterých je sledováno opotřebení řezného nástroje, které je dále zanášeno do grafu. S pomocí takto vytvořeného grafu, nebo z jeho zlogaritmované verze se dají získat konstanty  $c_v$  a  $c_T$  nebo exponent  $m$  vyjadřující směrnici přímky vytvořené zlogaritmováním. Základní vzorce pro T- $v_c$  závislosti jsou omezeny šířkou záběru ostří, posuvem na otáčku a opotřebením nástroje, které musí být konstantní po celou dobu zkoušky. Proto se v praxi používají i rozšířené vztahy (2.3) a (2.4) pro T- $v_c$  závislosti, u kterých je méně omezujících podmínek, ale k jejich vyhodnocení je potřeba velké množství zkoušek.<sup>6</sup>

$$v_{cT} = \frac{c_{vT}}{a_p^{x_v} \cdot f^{y_v}}$$

(2.3)

$$v_c = \frac{c_v}{T^{1/m} \cdot a_p^{x_v} \cdot f^{y_v}}$$

(2.4)

kde:  $c_{vT} [-]$  je konstanta,

$v_{cT} [\text{m} \cdot \text{min}^{-1}]$  je řezná rychlost při konstantní trvanlivosti,

$x_v [-]$  je exponent, vyjadřující vliv hloubky řezu,

$y_v [-]$  je exponent, vyjadřující vliv hloubky řezu,

$f [\text{mm}]$  je posuv na otáčku.<sup>6</sup>



### 2.3.8 Výrobní postup

Výrobní proces je soubor činností, při kterých dochází k přetvoření výchozího materiálu na hotový výrobek. Účelné pořadí a počet jednotlivých operací nezbytně nutných pro realizaci výroby se označuje jako výrobní postup. Pokud výrobní postup obsahuje pouze sled technologických činností, nazývá se technologický postup a sled činností pracovníka se nazývá pracovní postup. Výrobní postup by měl obsahovat identifikační údaje, technické, organizační a ekonomické informace.<sup>6</sup>

Hlavním předmětem práce jsou technologické postupy. Technologický postup je organizovaný sled kvalitativních a kvantitativních změn, kterými prochází obrobek při přeměně ve výrobek. Určuje potřebné stroje, nástroje, přípravky a rezné, upínací, pracovní a měřicí podmínky určené pro danou operaci. Podle technologického postupu musí být součástí vyrobitelná s minimálními náklady a musí splňovat požadavky dané technickou dokumentací. Technologické postupy se podle typu a účelu výroby dělí až do čtyř stupňů na jednotlivé operace, úseky, úkony nebo pohyby.<sup>6</sup>

Podrobnost členění postupů závisí především na sériovosti a složitosti procesu a stupni mechanizace a automatizace. Firma S.CH.W. Service se zabývá malosériovým a kusovým druhem výroby. Technologický postup malosériových a kusových druhů výrob se člení pouze na operace a úseky.<sup>6</sup>

K hodnocení ekonomické stránky výrobního procesu a následné kalkulaci ceny výrobku se používá mnoho různých způsobů. Jeden ze způsobů je výpočet skrze optimalizaci rezných podmínek, blíže popsané v podkapitole 2.3.7. Většina z těchto způsobů vyžaduje k výpočtům velké množství vstupů, které je v některých podnicích náročné, nebo nemožné získat. Řešením této situace je zavedení dostatečné a přehledné evidence strukturovaných nákladů. V jiném případě se podniky snaží najít alternativní řešení k výpočtu výrobních nákladů. Ve firmě S.CH.W. Service se při kalkulaci výrobních nákladů nejvýrazněji projevuje hodinová taxa strojů a cena polotovaru. Dalším vstupem jsou režijní náklady, které nelze vyjádřit jako jednicové. Výpočet nákladů na hodinu každého stroje zahrnuje téměř veškeré náklady firmy rozpočítané mezi jednotlivá pracoviště. Výpočty ovšem nezahrnují přímou souvislost s náklady na břitové destičky. Každý výrobní proces se liší i v množství manuální a strojní práce na výrobku. Snižováním podílu manuální práce a zkracováním výrobních časů zlepšujeme ekonomičnost výroby.

### 3 Návrh řešení dané problematiky

#### 3.1 Volba materiálu

Předepsaný materiál pro výrobu korozivzdorných pouzder je austenitická korozivzdorná ocel 1.4404 (dle ČSN 17 349, dle EN ISO X2CrNiMo 17-12-2). Ocel je celkem dobře obrobitelná, lešitelná, nemagnetická, odolná proti mezikrystalické korozi a je vhodná k použití v agresivním prostředí. Každá ocel je dodávána i s certifikátem od výrobce udávající chemické a mechanické složení materiálu. Prvky obsažené v materiálu se mohou vyskytovat v různých rozmezích. Koncentrace prvků (tavba) a s tím spojené mechanické vlastnosti mají vliv na proces obráběcího procesu a na jeho kvalitativní i ekonomickou stránku. Pro výrobu pouzder s použitím přípravku používala firma ocel s chemickým složením popsáním v tabulce 1. a mechanickými vlastnostmi popsány v tabulce 2.

**Tabulka 1. – Chemické složení tavba A:**

Prvek		C	Si	Mn	Cr	Mo	Ni	P	S	N
		[%]								
<b>Rozsah chemického složení pro mat. 1.4404</b>	min.	-	-	-	16,50	2,00	10,00	-	-	-
	max.	0,030	1,00	2,00	18,00	2,50	13,00	0,045	0,030	0,100
<b>Chemické složení tavby</b>		0,010	0,39	1,49	16,90	2,00	10,10	0,028	0,029	0,062

**Tabulka 2. – Mechanické vlastnosti tavba A:**

<b>R<sub>p</sub> 0,2 %</b>	[N·mm <sup>-2</sup> ]	302
<b>R<sub>p</sub> 1 %</b>	[N·mm <sup>-2</sup> ]	358
<b>R<sub>m</sub></b>	[N·mm <sup>-2</sup> ]	608
<b>A5</b>	[%]	51
<b>HB</b>	[-]	185

Při použití stejného technologického postupu jako u výrobního procesu s použitím přípravků docházelo k deformacím a vznikalo velké množství nekvalitních kusů. Jelikož má firma S.CH.W. Service širší sortiment výrobků, odebírá různé druhy materiálů a různé tavby těchto materiálů. Na základě měření několika zkušebních obrobků vytvořených při optimalizaci postupu jsme pro výrobu pouzder zvolili tavbu popsanou v tabulce 3. s mechanickými vlastnostmi v tabulce 4. Tavba materiálu byla vybrána v rámci naskladněných druhů materiálu ve firmě.

**Tabulka 3. – Chemické složení tavba B:**

Prvek	C	Si	Mn	Cr	Mo	Ni	P	S	N
	[%]								
<b>Chemické složení tavby</b>	0,028	0,60	1,74	16,90	2,05	10,08	0,035	0,022	0,070

**Tabulka 4. – Mechanické vlastnosti tavba B:**

<b>R<sub>p</sub> 0,2 %</b>	[N·mm <sup>-2</sup> ]	255
<b>R<sub>p</sub> 1 %</b>	[N·mm <sup>-2</sup> ]	303
<b>R<sub>m</sub></b>	[N·mm <sup>-2</sup> ]	608
<b>A5</b>	[%]	59,2
<b>HB</b>	[-]	171

### 3.2 Volba strojů

#### 3.2.1 Dělení materiálu

Firma S.CH.W. Service odebrává materiál pro výrobu korozivzdorných pouzder v podobě kruhových tyčí tažených za studena o délce 1 m. Materiál se skladuje v oddělené hale, která slouží zároveň jako středisko pro dělení materiálu a sklad některých polotovarů. Pro dělení materiálu na kratší polotovary využívá firma poloautomatickou horizontální pásovou pilu MISSLER DEB 420. Řezná rychlost pily se pohybuje od 10 do 120 min<sup>-1</sup> a pilový pás je poháněn motorem o výkonu 7,5 kW. K nastavení délky polotovaru se na dělicím stanovišti používá svinovací metr a u každého uřezaného kusu se kontroluje délka. Každý druh materiálu má své barevné rozlišení pro lepší orientaci.



**Obrázek 3.1 – pásová pila MISSLER DEB 420**

### 3.2.2 Volba soustruhů

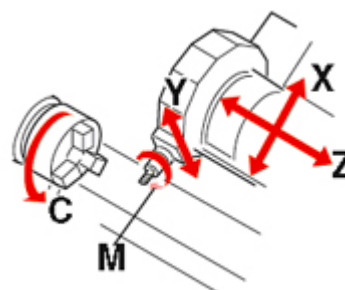
Prvním krokem před samotnou výrobou byla volba obráběcího stroje a vhodná volba nástrojů a materiálu polotovaru. K optimalizaci technologických postupů a následné výrobě korozivzdorných pouzder pro kazetová těsnění byl vybrán řízený soustruh MORI SEIKI NL 3000Y/1250. Soustruh je určený pro soustružení s prodlouženou točnou délkou a s možností upnutí poháněných nástrojů, jako jsou např.: frézy a vrtáky. Jelikož je hlavní vřeteno zároveň i rotorem motoru, je zamezeno vibracím způsobených přenosem rotačního pohybu. Stroj je osazen koníkem a revolverovým tělesem nástrojové hlavy, jejíž součástí je i motor pro poháněné nástroje. Tím došlo ke zjednodušení konstrukce a odstranění mechanických vazeb, čímž se radikálně zmenšily vibrace a ztráty energie převodem. Na revolverovou hlavu je možno připojit až 12 nástrojů. Poháněné nástroje jsou upínány radiálními, axiálními, nebo úhlově nastavitelnými držáky pro nástroje s válcovou stopkou až do průměru 80 mm. Stroj je opatřen vynašečem třísek.<sup>1</sup>



Obrázek 3.2 – MORI SEIKI NL 3000Y/1250<sup>1</sup>

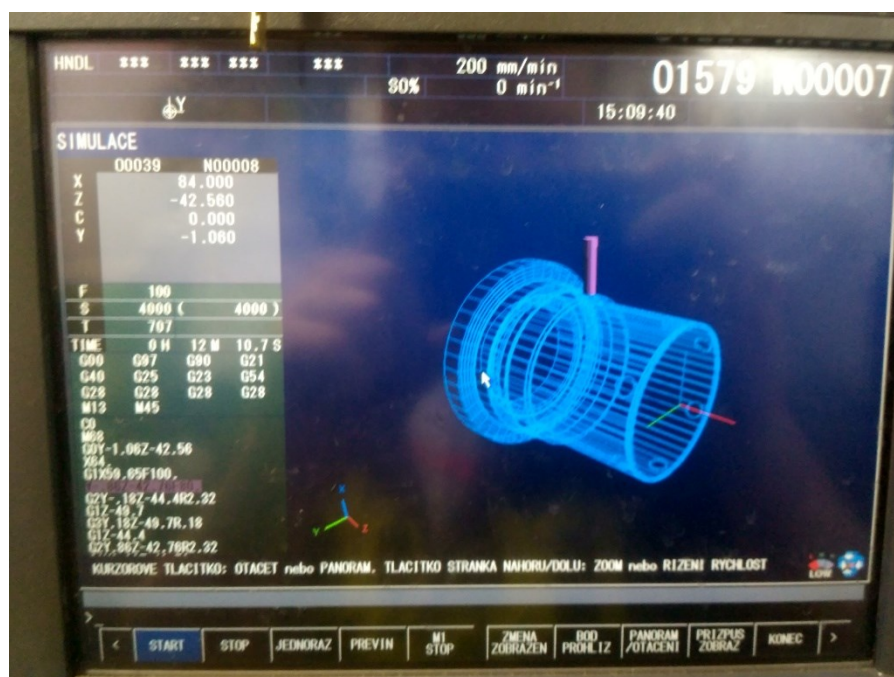
Tabulka 5. – Parametry soustruhu MORI SEIKI:<sup>1</sup>

Max. otáčky vřetene	3000 min <sup>-1</sup>
Max. otáčky hnaných nástrojů	6000 min <sup>-1</sup>
Max. točná délka	1250 mm
Průměr sklíčidla	300 mm
Max. průměr tyče	90 mm
Rozsah osy X	280 mm
Rozsah osy Y	120 mm
Rozsah osy Z	820 mm



Obrázek 3.2 – Osy soustruhu<sup>1</sup>

K programování soustruhu MORI SEIKI NL 3000Y/1250 se využívá operační systém MSX-850 MAPPS II. Systém MAPPS disponuje funkcí detekce kolizí v reálném čase v automatickém i manuálním módu. Pro snadnou komunikaci stroje s počítačem slouží USB rozhraní. Součástí systému je i vlastní paměť 50 MB a slot na paměťovou kartu pro ukládání programů. K vytvoření programu využívá systém dialogové programování a konturování drah nástrojů a knihovnu předem naprogramovaných operací. Tyto vstupy dále převádí na ISO kód, který lze dále upravovat. Grafické rozhraní ulehčuje programování a lze v něm provádět simulace výrobního postupu a tím diagnostikovat předem případné chyby v programu.



**Obrázek 3.3 – Simulace obrábění v systému MAPPS II**

Jedna z možností optimalizace výrobního procesu je rozložení výroby na několik obráběcích center. Při výrobě menších průměrů pouzder s označením 0240 až 0480 jsme část výroby přesunuli na soustruh s označením Hyundai HiT – 18, který dokáže pracovat za velmi podobných podmínek jako předchozí soustruh MORI SEIKI, dostatečných pro naše potřeby. Hyundai HiT – 18 je univerzální CNC soustruh určený vysoce produktivní práci z tyče i vkládaných obrobků. Zařazením tohoto soustruhu do výrobního procesu jsme docílili výrazného snížení výrobního času, díky snížení času potřebného pro dělení materiálu na jednotlivé polotovary. Další úspora nastala díky omezení časů potřebných na manipulaci s polotovary a na jejich upínání. Pro soustruh Hyundai má firma nastavenou nižší hodinovou sazbu než na soustruh MORI SEIKI, proto došlo i ke snížení výrobních nákladů. Další

snížení výrobních nákladů došlo i díky zmíněnému zkrácení výrobních časů a díky úspoře materiálu, který je jinak nutný k upnutí obrobků. Výhodou rozdělení práce je i zamezení nevýrobních časů v ročním efektivním fondu pracoviště. Soustruh Hyundai používá řídicí systém Sinumeric 840 C od firmy SIEMENS. Revolverová hlava soustruhu může být osazena až 8 nástroji zároveň.



Obrázek 3.4 – Soustruh Hyundai HiT – 18<sup>1</sup>

Tabulka 6. – Parametry soustruhu Hyundai:<sup>1</sup>

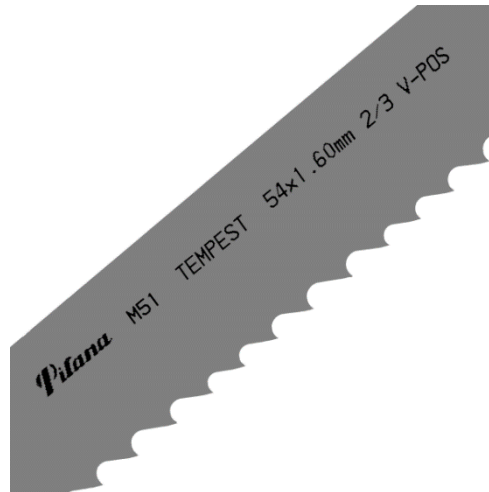
Max. otáčky vřetene	4500 min <sup>-1</sup>
Max. točná délka	500 mm
Průměr sklíčidla	250 mm
Max. průměr tyče	70 mm
Rozsah osy X	180 mm
Rozsah osy Z	510 mm

### 3.3 Volba nástrojů

Důležitým krokem při vytváření a optimalizaci technologického procesu je vhodná volba všech nástrojů použitých pro obrábění a určení jejich řezných podmínek. Vhodná volba nástrojů závisí i na vhodné volbě nástrojových držáků kompatibilních s nástrojovou hlavou stroje. Nástrojové držáky jsme volili dle dostupné technologie firmy a s ohledem na geometrii obrobku, aby nedošlo ke kolizi při obrábění. Geometrie nástrojů i nástrojových držáků dále ovlivňuje postup obrábění. Nástroje použité pro výrobu pouzder jsou vyrobeny ze slinutých karbidů.

### 3.3.1 Dělení materiálu

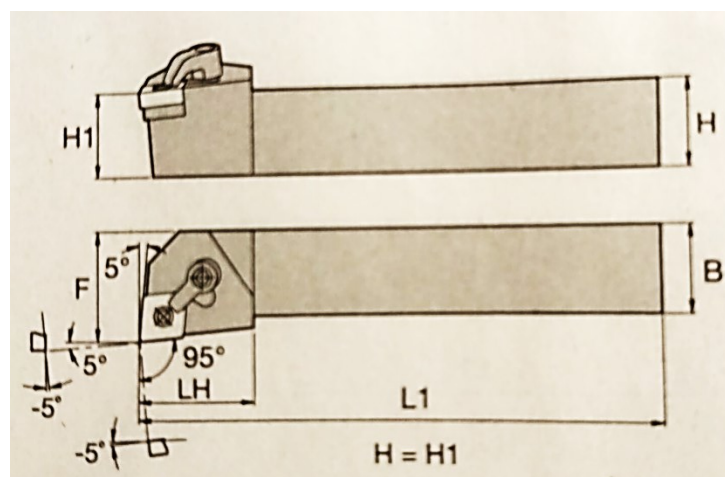
Pro pásovou pili MISSLER DEB 420 je doporučený pilový pás o rozměrech 6200x54x1,6 mm. Zvolený nástroj je pilový pás M51 Tempest 54/1,60 mm 2/3 V-POS vyrobený z rychlořezné oceli M51 a je vhodný k řezání plných polotovarů velkých průřezů z ušlechtilých ocelí, nebo těžkoobrobitelných materiálů.<sup>8</sup>



Obrázek 3.5 – Pilový pás<sup>8</sup>

### 3.3.2 Vnější hrubování

Pro hrubování vnějších rotačních ploch u malých i velkých pouzder byl zvolen pravostranný nástrojový držák MCLNR2525M12 od výrobce Kennametal. Nástroj je používán pro čelní i podélné soustružení.<sup>9</sup>



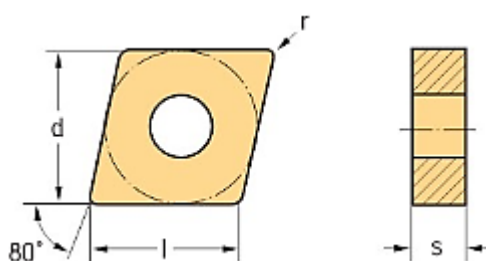
Obrázek 3.6 – Nůž MCLNR2525M12<sup>9</sup>



**Tabulka 7. – Rozměry nože MCLNR2525M12<sup>9</sup>**

H	B	F	L1	LH
[mm]				
25	25	32	150	32

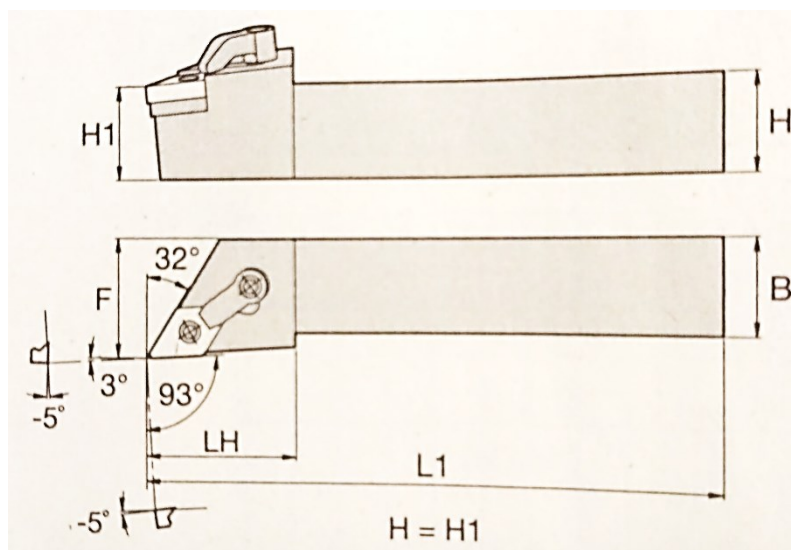
Nástrojový držák MCLNR2525M12 jsme osadili břitovou destičkou od firmy Walter s označením CNMG120404-NM4 WAM30. Hlavní oblast využití těchto destiček je aplikační skupina M, do které spadají austenitické korozivzdorné oceli. Destičky jsme využili jak při hrubování větších i menších pouzder tak i při hrubování vnitřní plochy větších pouzder.<sup>10</sup>

**Obrázek 3.7 – Destička CNMG120404-NM4<sup>13</sup>****Tabulka 8. – Rozměry destičky CNMG120404-NM4<sup>10</sup>**

d	l	s	r
[mm]			
12,7	16,1	4,75	0,4

Po přesunutí části výrobního procesu na stroj Hyundai HiT – 18 jsme zvolili odlišný nástroj, který je vhodný pro vnější hrubovací i dokončovací operace před přesunutím k soustružení na stroji MORI SEIKI. Díra v pouzdech a se na stroji Hyundai obrobila na požadované rozměry dle výkresu, ale vnější strana obrobku se pouze připravila pro další úkony. Pro tento úkon jsme zvolili pravostranný nástrojový držák MDJNR2525M15 od firmy Kennametal.<sup>9</sup>





Obrázek 3.8 – Nůž MDJNR2525M15<sup>9</sup>

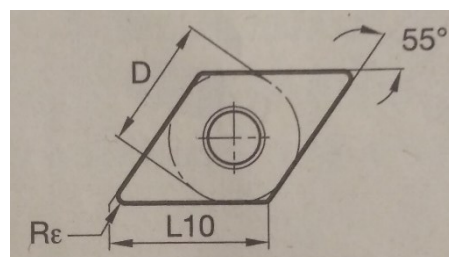
Tabulka 9. – Rozměry nože MDJNR2525M15<sup>9</sup>

H	B	F	L1	LH
[mm]				
25	25	32	150	36

Pro obrábění s nástrojovým držákem MDJNR2525M15 jsme zvolili destičku od výrobce Kennametal s označením DNGG150402LF ze sorty KC5010.<sup>9</sup>

Tabulka 10. – Rozměry destičky DNGG150402LF<sup>9</sup>

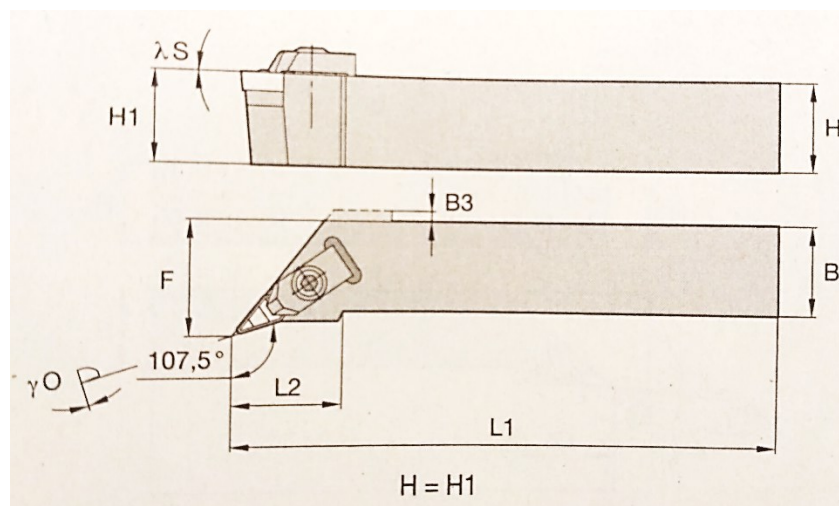
D	L10	R <sub>ε</sub>
[mm]		
12,70	15,50	0,2



Obrázek 3.9 – Destička DNGG150402LF<sup>9</sup>

### 3.3.3 Vnější dokončování

Pro dokončovací operace při soustružení vnějších ploch větších i menších pouzder byl zvolen pravostranný nástrojový držák od firmy NVHBR2525M11 Kennametal. Nástroj je vhodný k čelnímu i podélnému soustružení.<sup>9</sup>

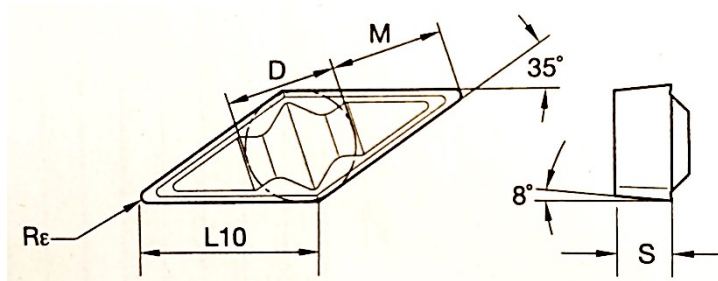


Obrázek 3.10 – Nůž NVHBR2525M11<sup>9</sup>

Tabulka 11. – Rozměry nože NVHBR2525M11<sup>9</sup>

H	B	F	L1	LH	$\lambda S$	$\gamma O$
[mm]					[°]	
25	25	32	150	30	0	0

Pro dokončovací operace s nástrojovým držákem NVHBR2525M11 byly použity vyměnitelné břitové destičky také od firmy Kennametal. Typ břitové destičky byl zvolen VCGR160402. Původně byly pro tyto operace používány destičky ze sorty KCU10, které byly výrobcem určené pro lehce přerušované řezy při dokončovacím obrábění nerezových ocelí. Tato sorta destiček se ukázala jako nedostatečná. Z katalogu firmy Kennametal jsme vybrali sortu destiček KCU25, která je určena také pro dokončovací operace, ale hlavně pro těžké přerušované řezy a je vhodný i pro obrábění žáruvzdorných slitin. Břitové destičky byly použity i pro dokončovací operace vnitřních obráběných ploch větších pouzder.<sup>9</sup>



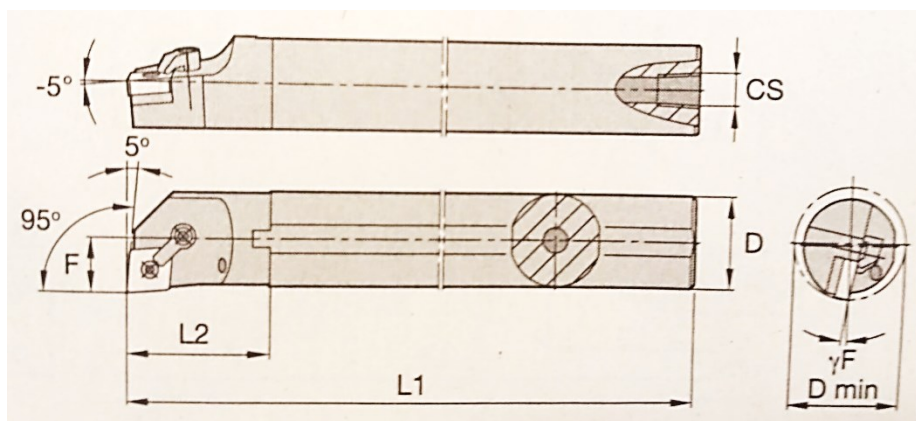
Obrázek 3.11 – Destička VCGR160402<sup>9</sup>

**Tabulka 12. – Rozměry destičky VCGR160402<sup>9</sup>**

D	L10	S	M	R <sub>ε</sub>
[mm]				
9,53	16,61	4,76	10,6	0,2

### 3.3.4 Vnitřní hrubování

Pro vnitřní hrubovací operace u větších pouzder jsme v předvrtaných dírách o  $\varnothing$  46 mm zvolili levostranný nástrojový držák A32SMCLNL12 od firmy Kennametal. Tento držák jsme osadili břitovou destičkou Walter CNMG120404-NM4 stejně jako při hrubování vnějších ploch. Držák disponuje ocelovou stopkou s vnitřním rozvodem chlazení.<sup>9</sup>

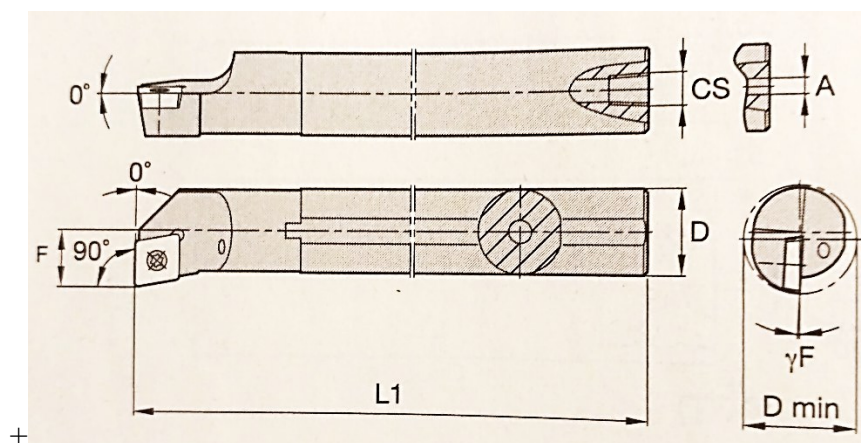


**Obrázek 3.12 – Nůž A32SMCLNL12<sup>9</sup>**

**Tabulka 13. – Rozměry nože A32SMCLNL12<sup>9</sup>**

D	D <sub>min</sub>	F	L <sub>1</sub>	γF
[mm]				[°]
32	40	22	250	-12

Pro hrubování vnitřních ploch u menších pouzder jsme použili levostranný nástrojový držák A16RSCFPL09 od firmy Kennametal vybavený ocelovou stopkou s vnitřním rozvodem chlazení. Zvolený držák osazený břitovou destičkou byl vybrán tak, aby se vlezl do předvrtané díry o  $\varnothing$  23 mm.<sup>9</sup>



Obrázek 3.13 – Nůž A16RSCFPL09<sup>9</sup>

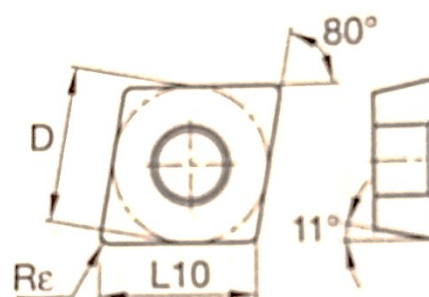
Tabulka 14. – Rozměry nože A16RSCFPL09<sup>9</sup>

D	D <sub>min</sub>	F	L <sub>1</sub>	A	γF
[mm]					[°]
16	20	11	200	4	-4

Pro soustružení s nožem A16RSCFPL09 jsme zvolili břitovou destičku od firmy Kennametal s označením CPMT07T304LF ze sorty KCU10 vhodnou i pro lehce přerušované řezy.<sup>9</sup>

Tabulka 15. – Rozměry destičky CPMT07T304LF<sup>9</sup>

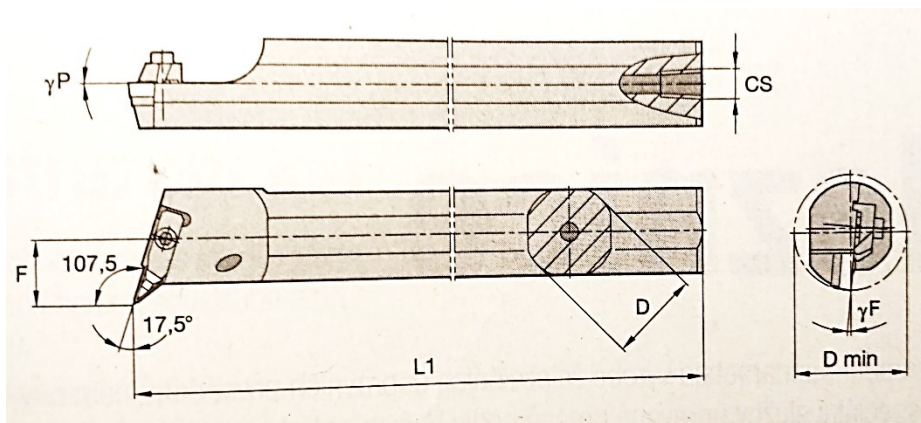
D	L10	R <sub>ε</sub>
[mm]		
9,53	9,67	0,2



Obrázek 3.14 – Destička CPMT07T304LF<sup>12</sup>

### 3.3.5 Vnitřní dokončování

Pro dokončovací obrábění vnitřních ploch větších pouzder jsme zvolili levostranný nástrojový držák A-NVQC 107,5° od firmy Kennametal. Nástrojový držák byl zvolen o stejném průměru jako vnitřní hrubovací nůž pro větší pouzdra. Prívod řezné kapaliny je uskutečněn vnitřním chlazením ve stopce. Pro osazení držáku jsme zvolili stejnou břitovou destičku VCGR160402 stejně jako pro vnější dokončovací operace.<sup>9</sup>

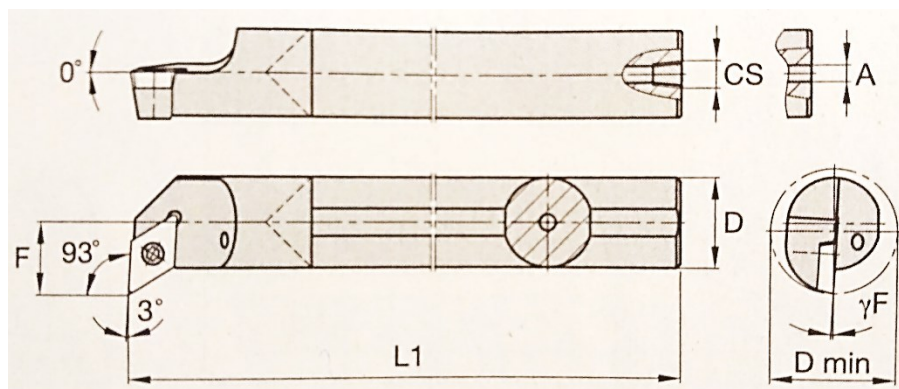


Obrázek 3.15 – Nůž A-NVQC 107,5°<sup>9</sup>

Tabulka 16. – Rozměry nože A-NVQC 107,5°<sup>9</sup>

D	D <sub>min</sub>	F	L <sub>1</sub>	γ <sub>F</sub>	γ <sub>P</sub>
[mm]				[°]	
32	40	22	250	-2	0

Pro dokončovací operace vnitřních ploch u menších pouzder jsme zvolili levostranný nástrojový držák E16RSDUPL07 od firmy Kennametal. Držák disponuje karbidovou stopkou s vnitřním chlazením. Nástroj jsme zvolili podle průměru, který je stejný jako u hrubovacího nože pro menší pouzdra.<sup>12</sup>



Obrázek 3.16 – Nůž E16RSDUPL07°<sup>9</sup>

Tabulka 17. – Rozměry nože E16RSDUPL07°<sup>9</sup>

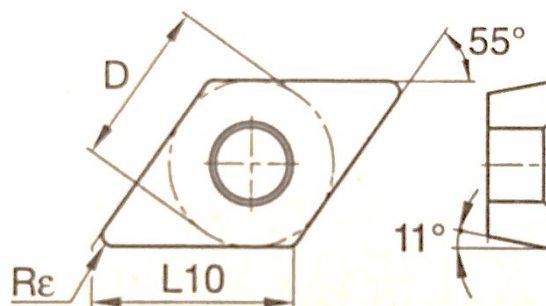
D	D <sub>min</sub>	F	L <sub>1</sub>	A	γ <sub>F</sub>
[mm]					[°]
16	20	11	200	5,5	0



Pro obrábění s nástrojovým držákem jsme zvolili vyměnitelnou břitovou destičku DPMT070204LF ze sorty KCU10 od firmy Kennametal. Destička je vhodná pro lehce přerušované řezy.<sup>9</sup>

**Tabulka 18. – Rozměry destičky DPMT070204LF<sup>9</sup>**

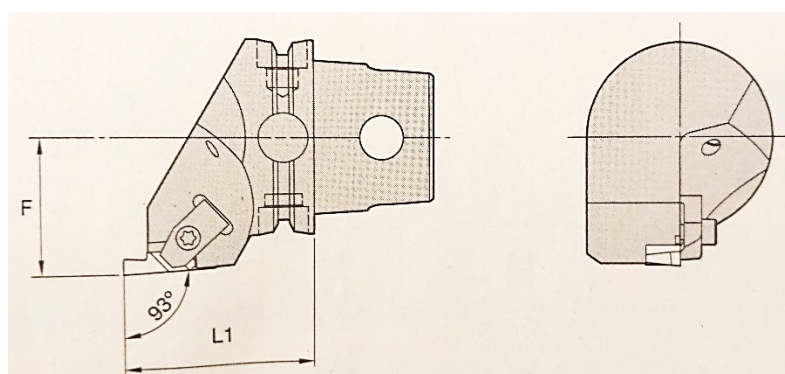
D	L10	R <sub>ε</sub>
[mm]		
9,53	9,67	0,2



**Obrázek 3.17 – destička DPMT070204LF<sup>9</sup>**

### 3.3.6 Zapichování a upichování

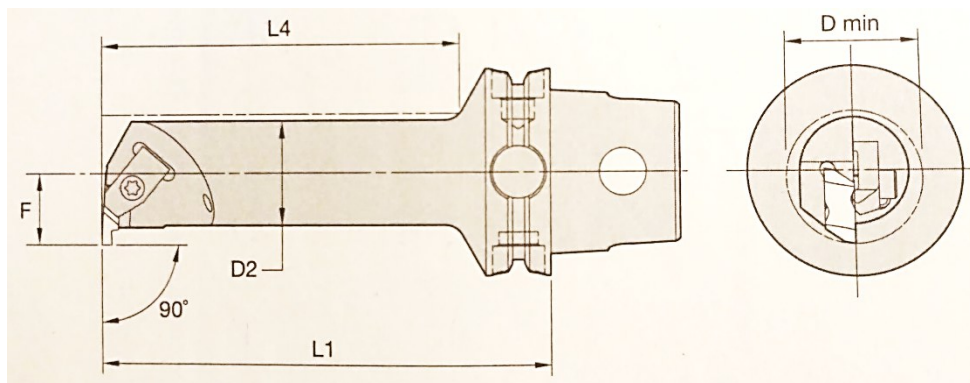
Pro tvorbu drážek na pouzdrech byla potřeba z hlediska použitých výrobních postupů zvolit pravostranný i levostranný zapichovací nůž. K vytvoření vnější drážky u větších i menších pouzder jsme zvolili pravostranný nástrojový držák KM40TSNSR2 od firmy Kennametal vhodný pro zapichování i závitování. Malé rozměry nástrojového držáku (rozměr F = 27 mm a délka L1 = 40 mm) zajišťují jeho stabilitu, eliminují vibrace vzniklé při obrábění a bylo možné použít břitové destičky z levnější sorty při zachování stejné kvality obrobeneho povrchu.<sup>9</sup>



**Obrázek 3.18 – Nůž KM40TSNSR2<sup>9</sup>**

Pro vytvoření vnitřní drážky u menších pouzder byla potřeba vybrat nástrojový držák s dlouhou stopkou, který by se vlezl do vyhrubované díry, ale zároveň by byl dostatečně pevný pro vytvoření dostatečné kvality obrobeneho plochy. Pro hrubování i dokončování

vnitřní drážky jsme zvolili levostranný držák KM40TSS16FNEL2 od firmy Kennametal s vnitřním přívodem chladicí kapaliny.<sup>9</sup>



Obrázek 3.19 – Nůž KM40TSS16FNEL2<sup>9</sup>

Tabulka 19. – Rozměry nože KM40TSS16FNEL2<sup>9</sup>

D2	Dmin	F	L4	L1
[mm]				
16	20	11	56	80

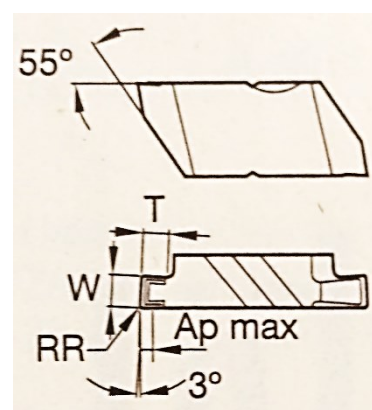
Hlavním parametrem při volbě destičky pro pravostranný zapichovací nůž byla šířka vnější drážky a šířku břitu vyměnitelné destičky jsme zvolili o 0,2 mm menší než je šířka drážky. Držák jsme osadili pravostrannou zapichovací destičkou NG2M080R ze sorty KCU10 s utvařečem třísky. Destičky jsme použili pro hrubování i dokončování drážek.<sup>9</sup>

Tabulka 20. – Rozměry destičky NG2M080R<sup>9</sup>

Velikost	W	Ap max	RR	T
[-]	[mm]			
2	0,80±0,03	0,76	0,09	1,27

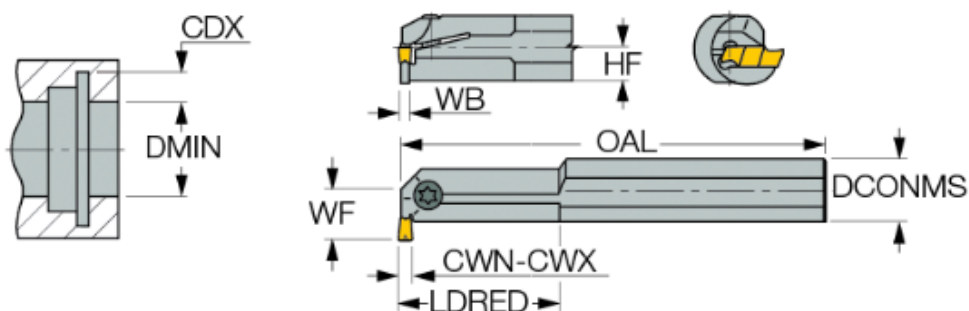
Tabulka 21. – Rozměry destičky NG2M200LK<sup>9</sup>

Velikost	W	Ap max	RR	T
[-]	[mm]			
2	2,00±0,03	1,09	0,19	2,79



Obrázek 3.20 – Destička NG2M080R  
a NG2M200LK<sup>9</sup>

Pro vytvoření vnitřní drážky u větších pouzder jsme zvolili vnitřní levostranný zapichovací nůž od firmy Iscar s označením GHI-L 40-6. Držák jsme zvolili podle velikosti vyhrubované díry a podle zvolené destičky.<sup>11</sup>

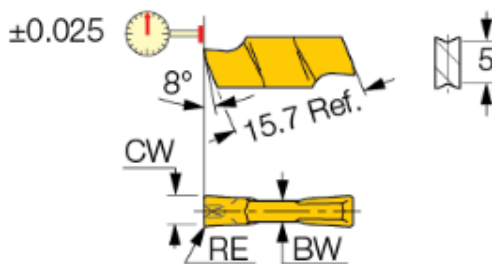


Obrázek 3.21 – Nůž GHI-L 40-6<sup>11</sup>

Tabulka 22. – Rozměry nože GHI-L 40-6<sup>11</sup>

CWN	CWX	DCONMS	DMIN	CDX	OAL	WF	HF	WB
[mm]								
4	6,4	40	49	8	300	28,3	18	3,6

K osazení nástrojového držáku pro vnitřní zapichování u větších pouzder jsme vybrali oboustranně broušenou destičku pro střední hodnoty posuvů s utvařečem typu P od firmy Iscar s označením GIPI 3,00E-0,40. Destičku jsme zvolili tak, aby byla šířka jejího ostří menší než šířka drážky. Destičku jsme použili pro hrubování i dokončování drážky.<sup>11</sup>



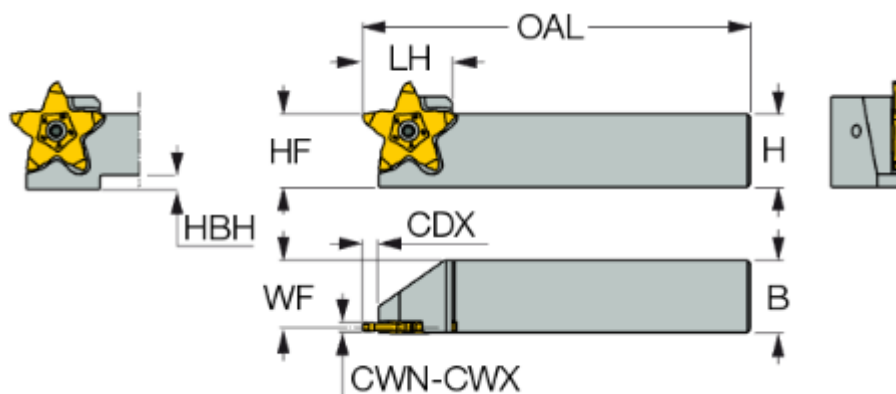
Obrázek 3.22 – Destička GIPI 3,00E0,40<sup>11</sup>

Tabulka 23. – Rozměry destičky GIPI 3,00E-0,40<sup>11</sup>

CW	RE	CWTOL	RETOL	BW	CDX
[mm]					
3	0,4	0,02	0,03	2,4	15,5



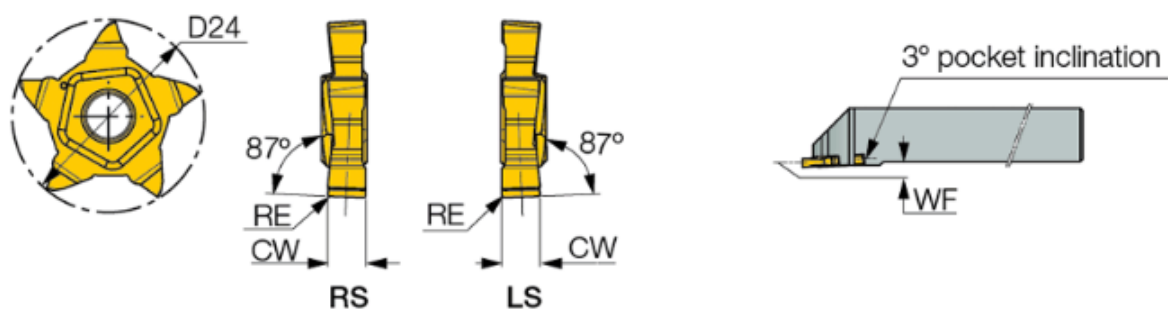
Pro upichování obrobků jsme pro výrobu větších i menších pouzder použili nástrojový systém Pentacut od firmy Iscar. Systém se skládá ze speciálního nástrojového držáku a pětibřité destičky Penta vhodné pro zapichování, upichování a lehké soustružení do boku. Nůž jsme volili tak, abychom mohli upichovat všechny druhy pouzder. Levostranný nástrojový držák má označení PHCL 25-34 a destička má označení PENTA 24N300NF020LS.<sup>11</sup>



Obrázek 3.23 – Nůž PHCL 25-34<sup>11</sup>

Tabulka 24. – Rozměry nože PHCL 25-34<sup>11</sup>

H	HF	B	CWN	CWX	WF	CDX	OAL	LH
[mm]								
25	25	25	1,5	4	23,2	10	135	31



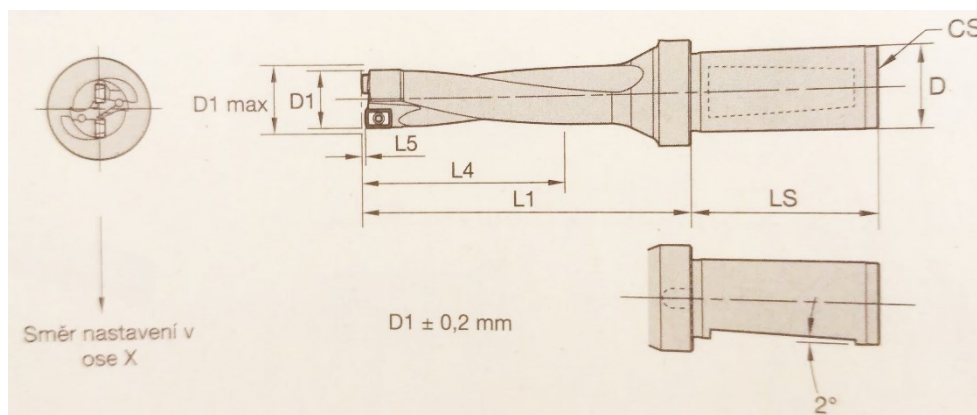
Obrázek 3.24 – Destička PENTA 24N300NF020LS<sup>11</sup>

Tabulka 25. – Rozměry destičky PENTA 24N300NF020LS<sup>11</sup>

CW	RE	CWTOL	CDX	CUTDIA	WF
[mm]					
3	0,2	0,02	6,2	16	0,5

### 3.3.7 Vrtání a frézování

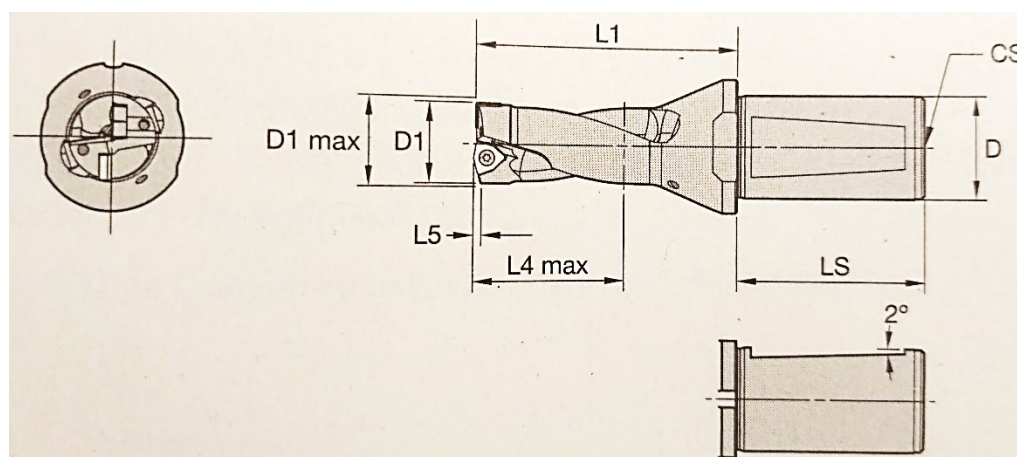
Pro předvrtání děr v pouzdrech jsme zvolili vrtáky od firmy Kennametal s výměnnými břitovými destičkami. Menší pouzdra jsme vrtali vrtákem o průměru 23 mm a větší pouzdra jsme vrtali vrtákem o průměru 46 mm. Vrták o průměru 23 mm má označení DFR230R4WD32M a vrták o průměru 46 mm má označení DFSP460R2WD40M.<sup>12</sup>



Obrázek 3.25 – Vrták DFR230R4WD32M<sup>9</sup>

Tabulka 26. – Rozměry vrtáku DFR230R4WD32M<sup>9</sup>

D1	D1 max	L1	L4 max	L5
[mm]				
23	24	121,6	92	0,8

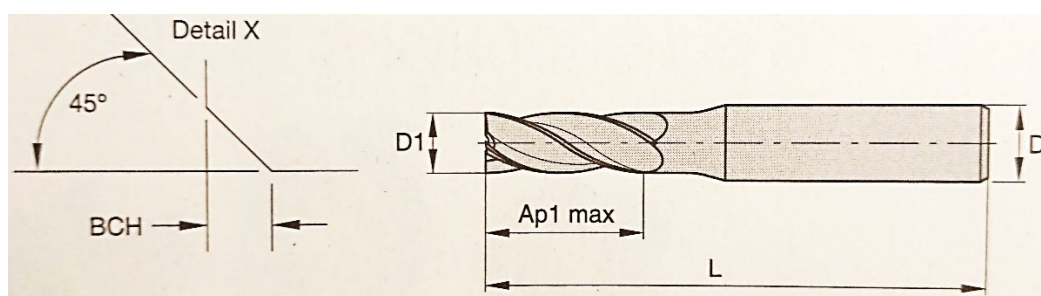


Obrázek 3.26 – Vrták DFSP460R2WD40M<sup>9</sup>

**Tabulka 27. – Rozměry vrtáku DFSP460R2WD40M<sup>9</sup>**

D1	D1 max	L1	L4 max	L5
[mm]				
46	47	140	92	1,5

Pro vytvoření otvorů po obvodu pouzdra využívala dříve firma vrtáky o průměru 6,5 mm a 8,5 mm. Vrtáky byly od firmy Kennametal s vnitřním chlazením. Největší deformace se projevily v oblasti těchto děr, proto jsme zvolili frézu, kterou bychom zároveň mohli využít i při frézování drážek. Zvolili jsme čtyřbřitou zavrtávací stopkovou frézu od výrobce Kennametal o průměru 4 mm. Jedná se o nástroj vhodný pro hrubovací i dokončovací operace s asymetrickou geometrií břitu, která minimalizuje chvění. Označení nástroje je F4AS0400ADL38.<sup>9</sup>

**Obrázek 3.27 – Fréza F4AS0400ADL38<sup>9</sup>****Tabulka 28. – Rozměry frézy F4AS0400ADL38<sup>9</sup>**

D1	D	Ap1 max	L	BCH
[mm]				
4	6	12	55	0,4

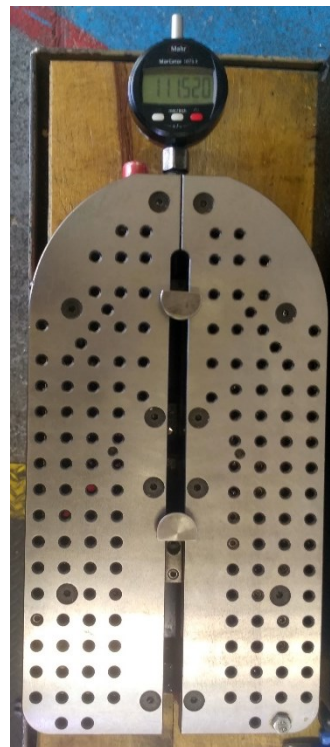
### 3.4 Kontrola rozměrů

Ke kontrole rozměrů obrobků jsme využili normalizovaná měřicí zařízení. Firma disponuje digitálními i analogovými měřidly ke zjištění délek a průměrů. Ke kontrole drsnosti leštěného povrchu jsme použili drsnoměr značky Mitutoyo. Vnitřní průměry pouzder jsme kontrolovali třídotykovými dutinoměry s analogovým noniusem. Velký důraz se klade na rozměr vnitřní drážky a na kvalitu obrobku v drážkách. K měření průměru vnitřní drážky jsme použili posuvné měřítko s prodlouženými dotyky a francouzský stolek s digitálním úchylkoměrem. Před měřením je důležité kalibrovat měřidla. Kalibraci měřidel a nastavení doteků francouzského stolku jsme provedli pomocí koncových měrek a

etalonů. Vnější průměry pouzder jsme kontrolovali digitálními posuvnými měřítky a analogovými mikrometry. Délka pouzder se při výrobě kontrolovala pouze posuvným měřítkem a následně výškoměrem, nebo hloubkoměrem na masivní žulové podložce v kontrolovaném prostředí.



**Obrázek 3.28 – Hloubkoměr a výškoměr**



**Obrázek 3.29 – Francouzský stolek**



**Obrázek 3.30 – Sada dutinoměrů s etalony**



**Obrázek 3.31 – Drsnoměr**

### 3.5 Výpočet strojních časů

K posouzení celkových výrobních časů původních a navržených výrobních postupů bylo třeba určit strojní časy každého kroku obrábění. Výrobní postupy zahrnují použití čelního a podélného soustružení, vrtání a frézování. Pro výpočet jednotkových strojních časů  $t_{AS}$  [min] byl potřebný základní vztah pro výpočet řezné rychlosti (3.1) a matematické vyjádření z tohoto vzorce pro výpočet otáček (3.2).<sup>7</sup>

$$v_c = \frac{\pi \cdot D \cdot n}{1000}$$

(3.1)

kde:  $v_c$  [ $\text{m} \cdot \text{min}^{-1}$ ] je řezná rychlost,

$D$  [mm] je průměr obráběné plochy,

$n$  [ $\text{min}^{-1}$ ] je počet otáček vřetene.<sup>7</sup>

$$n = \frac{1000 \cdot v_c}{\pi \cdot D}$$

(3.2)

Při výpočtu jednotkových strojních časů při podélném soustružení, vrtání a frézování se vychází ze základního vzorce (3.3).

$$t_{AS} = \frac{L}{v_f} = \frac{l + l_n + l_p}{n \cdot f}$$

(3.3)

kde:  $L$  [mm] je dráha nástroje,

$v_f$  [ $\text{mm} \cdot \text{min}^{-1}$ ] je posuv nástroje,

$l$  [mm] je délka soustružené plochy,

$l_n$  [mm] je délka náběhu,

$l_p$  [mm] je délka přeběhu,

$f$  [mm] je posuv na otáčku.<sup>7</sup>

Při výpočtu jednotkových strojních časů pro čelní soustružení se vychází ze vzorce (3.4).

$$t_{AS} = \frac{\pi \left[ (D_{max} + 2l_n)^2 - (D_{min} - 2l_p)^2 \right]}{4000 \cdot v_c \cdot f}$$


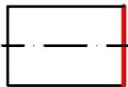
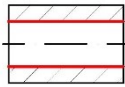
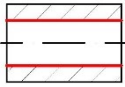
(3.4)

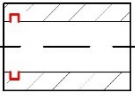
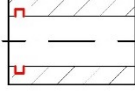
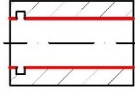
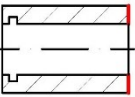

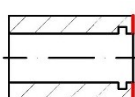
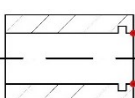
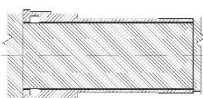
kde:  $D_{max}$  [mm] je průměr obrobku,

$D_{min}$  [mm] je průměr díry v obrobku.<sup>7</sup>

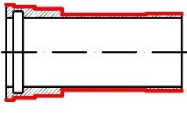
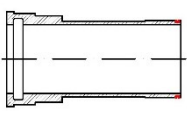
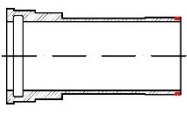
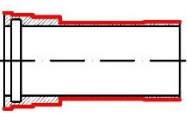
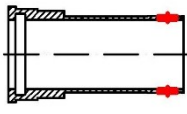
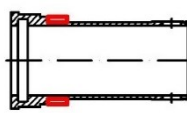
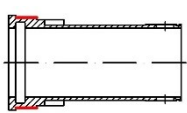
### 3.6 Původní postupy výroby

Tabulka 29. – Původní výrobní postup pro pouzdra 0250-0500

Výrobní postup			VŠB-TUO FS		
Materiál: 17 349, tavba A			Polotovar: $\varnothing$ 45 mm, l = 66 mm		
Č. součásti: 81665281			Velikost těsnění: 0250		
Č. operace; středisko:	Stroj:	Schéma:	Popis operace; nástroje; měřidla:	Řezné podmínky:	Čas [min]:
1 Dělrna	MISSLER DEB 420		Krátit materiál na délku l = 66 mm; posuvné měřítko.		1,300
2.1 Obrobna	MORI SEIKI NL 3000/1250		Upnout polotovar do zakusovacích čelistí.		
2.2 Obrobna	MORI SEIKI NL 3000/1250		Zarovnat čelo na požadovanou délku s přídavkem 0,1 mm; vnější hrubovací nůž.	$v_c = 150 \text{ m} \cdot \text{min}^{-1}$ , $f = 0,2 \text{ mm} \cdot \text{ot}^{-1}$ , $a_p = 2 \text{ mm}$ .	0,062
2.3 Obrobna	MORI SEIKI NL 3000/1250		Vrtat díru do plna; plátkový vrták $\varnothing$ 23 mm.	$1000 \text{ ot} \cdot \text{min}^{-1}$ , $0,1 \text{ mm} \cdot \text{ot}^{-1}$ .	0,700
2.4 Obrobna	MORI SEIKI NL 3000/1250		Soustružit předvrtanou díru na požadovaný průměr s přídavkem 0,2 mm; vnitřní hrubovací nůž.	$v_c = 150 \text{ m} \cdot \text{min}^{-1}$ , $f = 0,2 \text{ mm} \cdot \text{ot}^{-1}$ , $a_p = 1 \text{ mm}$ .	0,169

2.5 Obrobna	MORI SEIKI NL 3000/1250		Hrubovat vnitřní drážku na požadovaný rozměr s přídávkem 0,05 mm; vnitřní zapichovací nůž.	$v_c = 80 \text{ m}\cdot\text{min}^{-1}$ , $f = 0,06 \text{ mm}\cdot\text{ot}^{-1}$ , $a_p = 1 \text{ mm}$ .	0,106
2.6 Obrobna	MORI SEIKI NL 3000/1250		Dokončit vnitřní drážku; vnitřní zapichovací nůž; posuvné měřítko.	$v_c = 60 \text{ ot}\cdot\text{min}^{-1}$ , $f = 0,05 \text{ mm}\cdot\text{ot}^{-1}$ .	2,173
2.7 Obrobna	MORI SEIKI NL 3000/1250		Soustružit vnitřní plochu na požadovaný průměr, srazit hranu; vnitřní dokončovací nůž; posuvné měřítko.	$v_c = 150 \text{ m}\cdot\text{min}^{-1}$ , $f = 0,05 \text{ mm}\cdot\text{ot}^{-1}$ .	0,733
2.7 Obrobna	MORI SEIKI NL 3000/1250		Soustružit čelo na požadovaný rozměr s přídávkem 0,1 mm; vnější hrubovací nůž.	$v_c = 150 \text{ m}\cdot\text{min}^{-1}$ , $f = 0,2 \text{ mm}\cdot\text{ot}^{-1}$ , $a_p = 2 \text{ mm}$ .	0,117
2.8 Obrobna	MORI SEIKI NL 3000/1250		Vyjmout obrobek, otočit, upnout v čelistech		
2.9 Obrobna	MORI SEIKI NL 3000/1250		Zarovnat čelo na požadovanou délku pouzdra s přídávkem 0,1 mm; vnější hrubovací nůž.	$v_c = 150 \text{ m}\cdot\text{min}^{-1}$ , $f = 0,2 \text{ mm}\cdot\text{ot}^{-1}$ , $a_p = 2 \text{ mm}$ .	0,117
2.10 Obrobna	MORI SEIKI NL 3000/1250		Soustružit čelo na požadovaný rozměr, vnější dokončovací nůž.	$v_c = 140 \text{ m}\cdot\text{min}^{-1}$ , $f = 0,05 \text{ mm}\cdot\text{ot}^{-1}$ .	0,500
2.11 Obrobna	MORI SEIKI NL 3000/1250		Srazit vnitřní hranu; vnitřní dokončovací nůž.	$v_c = 150 \text{ m}\cdot\text{min}^{-1}$ , $f = 0,05 \text{ mm}\cdot\text{ot}^{-1}$ .	0,022
2.12 Obrobna	MORI SEIKI NL 3000/1250		Kontrola vnitřních rozměrů a délky pouzdra; posuvné měřítko, francouzský stolek.		
2.13 Obrobna	MORI SEIKI NL 3000/1250		Vyjmout obrobek, upnout přípravek, upnout obrobek na přípravek.		



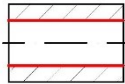
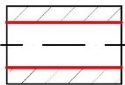




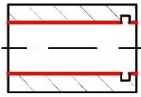
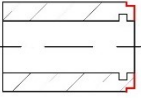
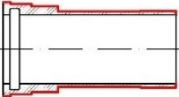
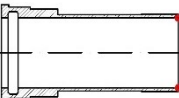

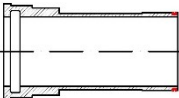
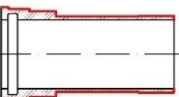

2.14 Obrobna	MORI SEIKI NL 3000/1250		Soustružit vnější plochu na požadované průměry s přídávkem 0,2 mm; vnější hrubovací nůž.	$v_c = 120 \text{ m}\cdot\text{min}^{-1}$ , $f = 0,12 \text{ mm}\cdot\text{ot}^{-1}$ , $a_p = 0,6 \text{ mm}$ .	3,954
2.15 Obrobna	MORI SEIKI NL 3000/1250		Hrubovat vnější drážku dle výkresu s přídávkem 0,05 mm; vnější zapichovací nůž.	$v_c = 50 \text{ m}\cdot\text{min}^{-1}$ , $f = 0,03 \text{ mm}\cdot\text{ot}^{-1}$ .	0,175
2.16 Obrobna	MORI SEIKI NL 3000/1250		Dokončit vnější drážku; vnější zapichovací nůž; posuvné měřítko.	$v_c = 30 \text{ m}\cdot\text{min}^{-1}$ , $f = 0,03 \text{ mm}\cdot\text{ot}^{-1}$ .	0,292
2.17 Obrobna	MORI SEIKI NL 3000/1250		Soustružit vnější plochu na požadované průměry; vnější dokončovací nůž; posuvné měřítko.	$v_c = 140 \text{ m}\cdot\text{min}^{-1}$ , $f = 0,05 \text{ mm}\cdot\text{ot}^{-1}$ .	0,908
2.18 Obrobna	MORI SEIKI NL 3000/1250		Vrtat otvory do plna, 4x po obvodu; vrták $\varnothing 6,5 \text{ mm}$ .	$3820 \text{ ot}\cdot\text{min}^{-1}$ , $100 \text{ mm}\cdot\text{min}^{-1}$ .	$6,98\cdot 10^{-5}$
2.19 Obrobna	MORI SEIKI NL 3000/1250		Frézovat drážky 2x dle výkresu o délce $l = 8 \text{ mm}$ ; fréza $\varnothing 4 \text{ mm}$ .	$2770 \text{ ot}\cdot\text{min}^{-1}$ , $70 \text{ mm}\cdot\text{min}^{-1}$ .	$1,65\cdot 10^{-4}$
2.20 Obrobna	MORI SEIKI NL 3000/1250		Odjehlit, kontrolovat rozměry dle výkresu; dutinoměr, posuvné měřítko, mikrometr.		
3 Brusírna			Leštit $\varnothing 33,040 \text{ mm}$ ; smirkový papír zrnitost 1000, leštící pasta.		
4 Měřicí laboratoř			100 % kontrola všech měřitelných rozměrů, vizuální kontrola; výškoměr, hloubkoměr, posuvné měřítko, mikrometr, dutinoměr, drsnoměr.		

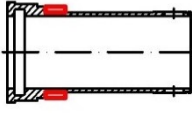
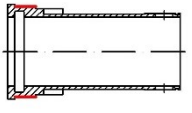


5 Expedice	Propen P5000		Vizuálně kontrolovat povrch, popsat pouzdro, zabalit, expedovat.	
---------------	-----------------	--	---	--

**Tabulka 30. – Původní výrobní postup pro pouzdra 0550-0700**


Výrobní postup			VŠB-TUO FS		
Materiál: 17 349, tavba B			Polotovar: $\varnothing$ 70 mm, l = 68 mm		
Č. součásti: 81665302			Velikost těsnění: 0550		
Č. operace; středisko:	Stroj:	Schéma:	Popis operace; nástroje; měřidla:	Řezné podmínky:	Čas [min]:
1 Dělírna	MISSLER DEB 420		Krátit materiál na délku l = 68 mm; posuvné měřítko.		2,500
2.1 Obrobna	MORI SEIKI NL 3000/1250		Upnout polotovar do zakusovacích čelistí.		
2.2 Obrobna	MORI SEIKI NL 3000/1250		Zarovnat čelo, soustružit vnější plochu na největší daný průměr s přídavkem 0,6 mm v délce 10 mm od čela; vnější hrubovací nůž.	$v_c = 120 \text{ m}\cdot\text{min}^{-1}$ , $f = 0,2 \text{ mm}\cdot\text{ot}^{-1}$ , $a_p = 2 \text{ mm}$ .	0,271
2.3 Obrobna	MORI SEIKI NL 3000/1250		Vrtat díru do plna; plátkový vrták $\varnothing$ 46 mm.	$600 \text{ ot}\cdot\text{min}^{-1}$ , $0,08 \text{ mm}\cdot\text{ot}^{-1}$ .	1,417
2.4 Obrobna	MORI SEIKI NL 3000/1250		Soustružit vnitřní plochu na požadovaný průměr s přídavkem 0,2 mm; vnitřní hrubovací nůž.	$v_c = 120 \text{ m}\cdot\text{min}^{-1}$ , $f = 0,2 \text{ mm}\cdot\text{ot}^{-1}$ , $a_p = 2 \text{ mm}$ .	0,477
2.5 Obrobna	MORI SEIKI NL 3000/1250		Hrubovat vnitřní drážku dle výkresu s přídavkem 0,05 mm; vnitřní zapichovací nůž.	$v_c = 80 \text{ m}\cdot\text{min}^{-1}$ , $f = 0,06 \text{ mm}\cdot\text{ot}^{-1}$ $a_p = 1 \text{ mm}$ .	0,391
2.6 Obrobna	MORI SEIKI NL 3000/1250		Dokončit vnitřní drážku; vnitřní zapichovací nůž; posuvné měřítko.	$v_c = 120 \text{ ot}\cdot\text{min}^{-1}$ , $f = 0,1 \text{ mm}\cdot\text{ot}^{-1}$ .	0,854

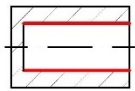
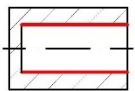
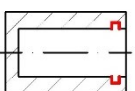
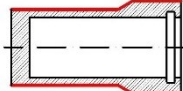
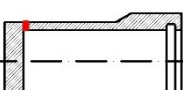

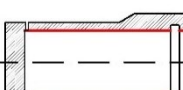

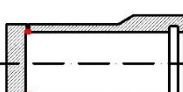
2.7 Obrobna	MORI SEIKI NL 3000/1250		Soustružit vnitřní plochu na požadovaný průměr; vnitřní dokončovací nůž, posuvné měřítko.	$v_c = 120 \text{ m}\cdot\text{min}^{-1}$ , $f = 0,1 \text{ mm}\cdot\text{ot}^{-1}$ .	0,981
2.8 Obrobna	MORI SEIKI NL 3000/1250		Dokončit čelo, soustružit vnější plochu na požadovaný průměr s přídavkem 0,4 mm v délce 5 mm; vnější dokončovací nůž.	$v_c = 140 \text{ m}\cdot\text{min}^{-1}$ , $f = 0,06 \text{ mm}\cdot\text{ot}^{-1}$ .	0,183
2.9 Obrobna	MORI SEIKI NL 3000/1250		Vyjmout obrobek, otočit, upnout za díru.		
2.10 Obrobna	MORI SEIKI NL 3000/1250		Soustružit čelo a vnější plochu na požadované průměry s přídavkem 0,2 mm; vnější hrubovací nůž.	$v_c = 120 \text{ m}\cdot\text{min}^{-1}$ , $f = 0,15 \text{ mm}\cdot\text{ot}^{-1}$ , $a_p = 1,5 \text{ mm}$ .	1,318
2.11 Obrobna	MORI SEIKI NL 3000/1250		Srazit vnitřní hranu; vnitřní dokončovací nůž.	$v_c = 150 \text{ m}\cdot\text{min}^{-1}$ , $f = 0,1 \text{ mm}\cdot\text{ot}^{-1}$ .	$4,04 \cdot 10^{-3}$
2.12 Obrobna	MORI SEIKI NL 3000/1250		Hrubovat vnější drážku dle výkresu s přídavkem 0,05 mm; vnější zapichovací nůž.	$v_c = 60 \text{ m}\cdot\text{min}^{-1}$ , $f = 0,05 \text{ mm}\cdot\text{ot}^{-1}$ .	0,278
2.13 Obrobna	MORI SEIKI NL 3000/1250		Dokončit vnější drážku; vnější zapichovací nůž; posuvné měřítko.	$v_c = 80 \text{ m}\cdot\text{min}^{-1}$ , $f = 0,05 \text{ mm}\cdot\text{ot}^{-1}$ .	0,209
2.14 Obrobna	MORI SEIKI NL 3000/1250		Dokončit čelo a soustružit vnější plochu na požadované rozměry; vnější dokončovací nůž; posuvné měřítko.	$v_c = 150 \text{ m}\cdot\text{min}^{-1}$ , $f = 0,1 \text{ mm}\cdot\text{ot}^{-1}$ .	0,847
2.15 Obrobna	MORI SEIKI NL 3000/1250		Vrtat otvory do plna, 6x po obvodu; vrták $\varnothing 6,5 \text{ mm}$ .; posuvné měřítko.	$3820 \text{ ot}\cdot\text{min}^{-1}$ , $100 \text{ mm}\cdot\text{min}^{-1}$ .	$1,37 \cdot 10^{-4}$

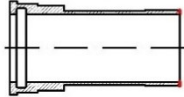
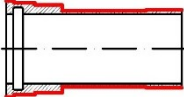


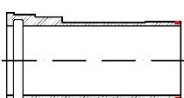
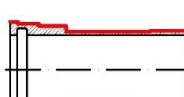
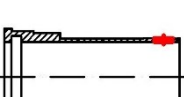
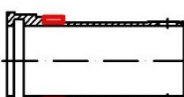
2.16 Obrobna	MORI SEIKI NL 3000/1250		Frézovat drážky 2x dle výkresu o délce $l = 8 \text{ mm}$ ; fréza $\varnothing 4 \text{ mm}$ ; posuvné měřítko.	$2770 \text{ ot}\cdot\text{min}^{-1}$ , $70 \text{ mm}\cdot\text{min}^{-1}$ .	$1,65\cdot 10^{-4}$
2.17 Obrobna	MORI SEIKI NL 3000/1250		Odjehlit, kontrolovat rozměry dle výkresu; dutinoměr, posuvné měřítko, mikrometr, francouzský stolek.		
3 Brusírna			Leštit $\varnothing 63,495 \text{ mm}$ ; smirkový papír zrnitost 1000, leštící pasta.		
4 Měřicí laboratoř			100 % kontrola všech měřitelných rozměrů, vizuální kontrola; výškoměr, hloubkoměr, posuvné měřítko, mikrometr, dutinoměr, drsnoměr.		
5 Expedice	Propen P5000		Vizuálně kontrolovat povrch, popsat pouzdro, zabalit, expedovat; Propen P5000.		

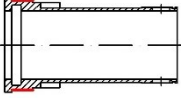
### 3.7 Výrobní postup pro menší pouzdra

Tabulka 31. – Nový výrobní postup pro pouzdra 0250-0500

Výrobní postup		VŠB-TUO FS			
Materiál: 17 349, tavba B		Polotovar: $\varnothing 45 \text{ mm}$ , $l = 1000 \text{ mm}$			
Č. součásti: 81665281		Velikost těsnění: 0250			
Č. operace; středisko:	Stroj:	Schéma:	Popis operace; nástroje; měřidla:	Řezné podmínky:	Čas [min]:
1.1 Obrobna	Hyundai HiT 18		Upnout tyč do sklíčidla, vysunout obrobek o $75 \text{ mm}$ , posuvné měřítko.		
1.2 Obrobna	Hyundai HiT 18		Zarovnat čelo, soustružit vnější plochu na $\varnothing 35,5 \text{ mm}$ ; vnější hrubovací nůž.	$v_c = 150 \text{ m}\cdot\text{min}^{-1}$ , $f = 0,2 \text{ mm}\cdot\text{ot}^{-1}$ , $a_p = 2 \text{ mm}$ .	0,392

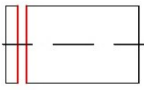
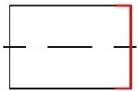
1.3 Obrobna	Hyundai HiT 18		Vrtat díru do hloubky $l = 75$ mm; plátkový vrták $\varnothing 23$ mm.	$1000 \text{ ot}\cdot\text{min}^{-1}$ , $0,1 \text{ mm}\cdot\text{ot}^{-1}$ .	0,750
1.4 Obrobna	Hyundai HiT 18		Soustružit předvrtanou díru na požadovaný průměr s přídavkem 0,2 mm; vnitřní hrubovací nůž.	$v_c = 150 \text{ m}\cdot\text{min}^{-1}$ , $f = 0,2 \text{ mm}\cdot\text{ot}^{-1}$ , $a_p = 1 \text{ mm}$ .	1,985
1.5 Obrobna	Hyundai HiT 18		Hrubovat vnitřní drážku na požadovaný rozměr s přídavkem 0,05 mm; vnitřní zapichovací nůž.	$v_c = 80 \text{ m}\cdot\text{min}^{-1}$ , $f = 0,06 \text{ mm}\cdot\text{ot}^{-1}$ , $a_p = 1 \text{ mm}$ .	0,106
1.6 Obrobna	Hyundai HiT 18		Soustružit vnější plochu na $\varnothing 35,1$ mm v délce 20 mm od čela, zkosení z $\varnothing 35,1$ mm na $\varnothing 29$ mm v délce 6 mm, $\varnothing 29$ mm do konce; vnější hrubovací nůž.	$v_c = 150 \text{ m}\cdot\text{min}^{-1}$ , $f = 0,2 \text{ mm}\cdot\text{ot}^{-1}$ , $a_p = 1 \text{ mm}$ .	1,153
1.7 Obrobna	Hyundai HiT 18		Předpíchnutí ve vzdálenosti 64,4 mm na $\varnothing 26$ mm, vnější zapichovací nůž.	$v_c = 80 \text{ m}\cdot\text{min}^{-1}$ , $f = 0,05 \text{ mm}\cdot\text{ot}^{-1}$ , $a_p = 1 \text{ mm}$ .	$5,3 \cdot 10^{-3}$
1.8 Obrobna	Hyundai HiT 18		Dokončit vnitřní drážku; vnitřní zapichovací nůž; posuvné měřítko.	$v_c = 60 \text{ ot}\cdot\text{min}^{-1}$ , $f = 0,05 \text{ mm}\cdot\text{ot}^{-1}$ , $a_p = 0,1 \text{ mm}$ .	2,173
1.9	Hyundai HiT 18		Soustružit vnitřní plochu na požadovaný průměr; vnitřní dokončovací nůž; posuvné měřítko.	$v_c = 150 \text{ m}\cdot\text{min}^{-1}$ , $f = 0,05 \text{ mm}\cdot\text{ot}^{-1}$ .	0,368
1.10 Obrobna	Hyundai HiT 18		Soustružit čelo, sražení, vnější plochu na požadovaný průměr s přídavkem 0,4 mm v délce 5 mm od čela; vnější dokončovací nůž, posuvné měřítko.	$v_c = 140 \text{ m}\cdot\text{min}^{-1}$ , $f = 0,05 \text{ mm}\cdot\text{ot}^{-1}$ , $a_p = 0,1 \text{ mm}$ .	0,161
1.11 Obrobna	Hyundai HiT 18		Upíchnutí ve vzdálenosti $l = 64,4$ mm na $\varnothing 24$ mm, vnější upichovací nůž.	$v_c = 80 \text{ m}\cdot\text{min}^{-1}$ , $f = 0,05 \text{ mm}\cdot\text{ot}^{-1}$ .	0,012

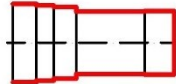

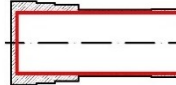
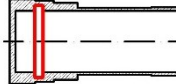

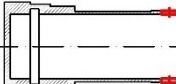
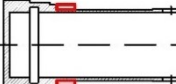
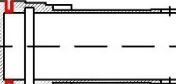
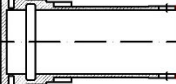
1.12 Obrobna	Hyundai HiT 18		Kontrola vnitřních rozměrů dle výkresu, kontrola délky a vnějších průměrů; dutinomě, posuvné měřítko, francouzský stolek.		
2.1 Obrobna	MORI SEIKI NL 3000/1250		Upnout obrobek za vnitřní průměr.		
2.2 Obrobna	MORI SEIKI NL 3000/1250		Zarovnat čelo na předepsanou délku s přídávkem 0,1 mm pro dokončení; vnější hrubovací nůž; posuvné měřítko.	$v_c = 120 \text{ m}\cdot\text{min}^{-1}$ , $f = 0,15 \text{ mm}\cdot\text{ot}^{-1}$ , $a_p = 1 \text{ mm}$ .	0,028
2.3 Obrobna	MORI SEIKI NL 3000/1250		Soustružit vnější plochu na požadovaný průměr s přídávkem 0,2 mm; vnější hrubovací nůž; posuvné měřítko.	$v_c = 120 \text{ m}\cdot\text{min}^{-1}$ , $f = 0,15 \text{ mm}\cdot\text{ot}^{-1}$ , $a_p = 1 \text{ mm}$ .	0,375
2.4 Obrobna	MORI SEIKI NL 3000/1250		Srazit vnitřní hranu; vnitřní dokončovací nůž.	$v_c = 150 \text{ m}\cdot\text{min}^{-1}$ , $f = 0,1 \text{ mm}\cdot\text{ot}^{-1}$ .	0,022
2.5 Obrobna	MORI SEIKI NL 3000/1250		Hrubovat vnější drážku dle požadovaných rozměrů s přídávkem 0,05 mm; vnější zapichovací nůž.	$v_c = 50 \text{ m}\cdot\text{min}^{-1}$ , $f = 0,03 \text{ mm}\cdot\text{ot}^{-1}$ .	0,175
2.6 Obrobna	MORI SEIKI NL 3000/1250		Dokončit vnější drážku; vnější zapichovací nůž; posuvné měřítko.	$v_c = 30 \text{ m}\cdot\text{min}^{-1}$ , $f = 0,03 \text{ mm}\cdot\text{ot}^{-1}$ .	0,292
2.7 Obrobna	MORI SEIKI NL 3000/1250		Soustružit vnější plochu na požadované průměry; vnější dokončovací nůž; posuvné měřítko.	$v_c = 140 \text{ m}\cdot\text{min}^{-1}$ , $f = 0,05 \text{ mm}\cdot\text{ot}^{-1}$ .	0,908
2.8 Obrobna	MORI SEIKI NL 3000/1250		Frézovat otvory dle výkresu $\varnothing 6,5 \text{ mm}$ , 4x po obvodu, skrz; fréza $\varnothing 4 \text{ mm}$ .	2770 ot, $70 \text{ mm}\cdot\text{min}^{-1}$ .	$6,56 \cdot 10^{-4}$
2.9 Obrobna	MORI SEIKI NL 3000/1250		Frézovat drážky 2x dle výkresu o délce $l = 8 \text{ mm}$ ; fréza $\varnothing 4 \text{ mm}$ .	2770 ot, $70 \text{ mm}\cdot\text{min}^{-1}$ .	$1,65 \cdot 10^{-4}$

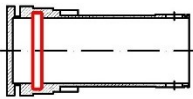
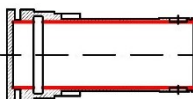
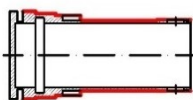
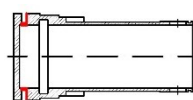
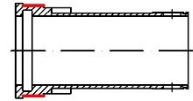
2.9 Obrobna	MORI SEIKI NL 3000/1250		Odjehlit, kontrolovat rozměry dle výkresu; dutinoměr, posuvné měřítko, mikrometr.		
3 Brusírna			Leštit $\varnothing$ 33,040 mm; smirkový papír zrnitost 1000, leštící pasta.		
4 Měřicí laboratoř			100 % kontrola všech měřitelných rozměrů, vizuální kontrola; výškoměr, hloubkoměr, posuvné měřítko, mikrometr, dutinoměr, drsnoměr.		
5 Expedice	Propen P5000		Vizuálně kontrolovat povrch, popsat pouzdro, zabalit, expedovat; Propen P5000.		

### 3.8 Výrobní postup pro větší pouzdra

Tabulka 32. – Nový výrobní postup pro pouzdra 0550-0700

Výrobní postup			VŠB-TUO FS		
Materiál: 17 349, tavba A			Polotovar: $\varnothing$ 80 mm, l=105 mm		
Č. součásti: 81665302			Velikost těsnění: 0550		
Č. operace; středisko:	Stroj:	Schéma:	Popis operace; nástroje; měřidla:	Řezné podmínky:	Čas [min]:
1 Dělrna	MISSLER DEB 420		Krátit materiál na délku l = 105 mm; svinovací metr.		3,000
2.1 Obrobna	MORI SEIKI NL 3000/1250		Upnout polotovar do zakusovacích čelistí.		
2.2 Obrobna	MORI SEIKI NL 3000/1250		Zarovnat čelo, soustružit obrobek na průměr 78 mm v délce 32 mm; vnější hrubovací nůž.	$v_c = 150 \text{ m} \cdot \text{min}^{-1}$ , $f = 0,2 \text{ mm} \cdot \text{ot}^{-1}$ , $a_p = 2 \text{ mm}$ .	0,298
2.3 Obrobna	MORI SEIKI NL 3000/1250		Vymout obrobek, otočit, upnout.		

2.4 Obrobna	MORI SEIKI NL 3000/1250		Zarovnat čelo a soustružit vnější plochu na požadované průměry s přídavkem 0,2 mm; vnější hrubovací nůž.	$v_c = 120 \text{ m}\cdot\text{min}^{-1}$ , $f = 0,2 \text{ mm}\cdot\text{ot}^{-1}$ , $a_p = 1,5 \text{ mm}$ .	0,637
2.5 Obrobna	MORI SEIKI NL 3000/1250		Vrtat díru do hloubky $l = 75 \text{ mm}$ ; plátkový vrták $\varnothing 46 \text{ mm}$ ; posuvné měřítko	$600 \text{ ot}\cdot\text{min}^{-1}$ , $0,1 \text{ mm}\cdot\text{ot}^{-1}$ .	1,250
2.6 Obrobna	MORI SEIKI NL 3000/1250		Soustružit vnitřní plochu na požadovaný průměr s přídavkem 0,2 mm; vnější hrubovací nůž.	$v_c = 120 \text{ m}\cdot\text{min}^{-1}$ , $f = 0,2 \text{ mm}\cdot\text{ot}^{-1}$ , $a_p = 2 \text{ mm}$ .	0,463
2.7 Obrobna	MORI SEIKI NL 3000/1250		Hrubovat vnitřní drážku dle výkresu s přídavkem 0,05 mm; vnitřní zapichovací nůž.	$v_c = 80 \text{ m}\cdot\text{min}^{-1}$ , $f = 0,06 \text{ mm}\cdot\text{ot}^{-1}$ , $a_p = 1 \text{ mm}$ .	0,391
2.8 Obrobna	MORI SEIKI NL 3000/1250		Hrubovat vnější drážku dle výkresu s přídavkem 0,05 mm; vnější zapichovací nůž.	$v_c = 60 \text{ m}\cdot\text{min}^{-1}$ , $f = 0,05 \text{ mm}\cdot\text{ot}^{-1}$ .	0,278
2.9 Obrobna	MORI SEIKI NL 3000/1250		Frézovat otvory $\varnothing 6,5 \text{ mm}$ , 6x po obvodu, skrz; fréza $\varnothing 4 \text{ mm}$ ; posuvné měřítko.	$2770 \text{ ot}\cdot\text{min}^{-1}$ , $70 \text{ mm}\cdot\text{min}^{-1}$ .	$1,97\cdot 10^{-3}$
2.10 Obrobna	MORI SEIKI NL 3000/1250		Frézovat drážky 2x dle výkresu o délce $l = 7,5 \text{ mm}$ ; fréza $\varnothing 4 \text{ mm}$ ; posuvné měřítko.	$2770 \text{ ot}\cdot\text{min}^{-1}$ , $70 \text{ mm}\cdot\text{min}^{-1}$ .	$1,65\cdot 10^{-4}$
2.11 Obrobna	MORI SEIKI NL 3000/1250		Předpíchnutí ve vzdálenosti 63,6 mm od čela, vnější zapichovací nůž.	$v_c = 80 \text{ m}\cdot\text{min}^{-1}$ , $f = 0,05 \text{ mm}\cdot\text{ot}^{-1}$ , $a_p = 1 \text{ mm}$ .	0,566
2.12 Obrobna	MORI SEIKI NL 3000/1250		Dokončit vnější drážku; vnější zapichovací nůž; posuvné měřítko.	$v_c = 30 \text{ m}\cdot\text{min}^{-1}$ , $f = 0,03 \text{ mm}\cdot\text{ot}^{-1}$	0,602

2.13 Obrobna	MORI SEIKI NL 3000/1250		Dokončit vnitřní drážku; vnitřní zapichovací nůž; posuvné měřítko.	$v_c = 120 \text{ ot} \cdot \text{min}^{-1}$ , $f = 0,1 \text{ mm} \cdot \text{ot}^{-1}$ .	0,854
2.14 Obrobna	MORI SEIKI NL 3000/1250		Soustružit vnitřní plochu od sklíčidla směrem k čelu na požadovaný průměr; vnitřní dokončovací nůž, posuvné měřítko.	$v_c = 120 \text{ m} \cdot \text{min}^{-1}$ , $f = 0,06 \text{ mm} \cdot \text{ot}^{-1}$ , $a_p = 0,1 \text{ mm}$	1,684
2.15 Obrobna	MORI SEIKI NL 3000/1250		Soustružit vnější plochu na požadované průměry; vnější dokončovací nůž; posuvné měřítko.	$v_c = 140 \text{ m} \cdot \text{min}^{-1}$ , $f = 0,05 \text{ mm} \cdot \text{ot}^{-1}$ .	1,948
2.16 Obrobna	MORI SEIKI NL 3000/1250		Upíchnutí na požadovanou délku, vnější upichovací nůž.	$v_c = 60 \text{ m} \cdot \text{min}^{-1}$ , $f = 0,03 \text{ mm} \cdot \text{ot}^{-1}$ .	0,075
2.17 Obrobna	MORI SEIKI NL 3000/1250		Odjehlit, kontrolovat rozměry dle výkresu; dutinoměr, posuvné měřítko, mikrometr, francouzský stolek.		
3 Brusírna			Leštit $\varnothing 63,495 \text{ mm}$ ; smirkový papír zrnitost 1000, leštící pasta.		
4 Měřicí laboratoř			100 % kontrola všech měřitelných rozměrů, vizuální kontrola; výškoměr, hloubkoměr, posuvné měřítko, mikrometr, dutinoměr, drsnoměr.		
5 Expedice	Propen P5000		Vizuálně kontrolovat povrch, popsat pouzdro, zabalit, expedovat; Propen P5000.		



## 4 Technicko-ekonomické zhodnocení

Hlavním cílem práce bylo navržení a aplikace změn ve výrobním postupu tak, aby se docílilo požadované kvality obrobků. Požadovaných výsledků jsme dosáhli změnou materiálu, vhodnou volbou strojů a nástrojů a úpravou řezných podmínek. Navržené výrobní postupy byly dále aplikovány na ostatní typy pouzder, které se liší pouze v rozměrech. Změnou výrobního procesu jsme docílili nejen zvýšení kvality obrobků, ale snížili jsme i náklady na jejich výrobu. Součástí práce byly výpočty jednotkových strojních časů pro operace v původních i navržených výrobních postupech. Tyto časy (viz tabulka 33.) jsou dále porovnány, jelikož mají výrazný vliv na ekonomičnost výrobního procesu.

**Tabulka 33. – Vypočítané jednotkové strojní časy**

	Výrobní čas pouzdra 0250	Výrobní čas pouzdra 0550
	[min]	
Původní postup	11,32	9,73
Navržený postup	8,91	12,05

U menších pouzder jsme docílili snížení výrobního času a ve spojení s přenesením části práce na stroj s nižší hodinovou sazbou jsme docílili výrazného snížení výrobních nákladů. U série větších pouzder se výrobní čas prodloužil, ale navržením výrobního postupu, při kterém vyrobíme součást na jedno upnutí jsme zkrátili čas pro výměnu nástrojů (přibližně 40 minut). Zároveň jsme odstranili potřebu použití a skladování přípravků.

Vynecháním dělicího pracoviště jsme ušetřili výrobní náklady a výrobní čas na jednotlivé pouzdro. K dalšímu snížení nákladů došlo díky nahrazení vrtáku frézou. Tento krok výrazně zvýšil rozměrovou přesnost výrobku a zároveň zkrátit výrobní čas. Pro dokončovací operace jsme se snažili volit destičky s kvalitnější povrchovou úpravou a nástroje s krátkou stopku, kvůli zamezení vibrací při obrábění. Při soustružení tenkostěnných pouzder se osvědčilo dávat větší přídavky na obrábění z důvodu vnitřního pnutí v povrchové vrstvě polotovaru. K dalšímu snížení výrobních nákladů a časů přispěla úprava řezných podmínek. Navrženými postupy jsme tedy zajistili požadovanou kvalitu obrobků a snížili výrobní náklady.

## **Závěr**

Cílem práce bylo prověření stávajících výrobních postupů a navržení nových postupů v rámci možností firmy k docílení požadované kvality obrobků. Navržené výrobní postupy byly realizovány na dvou velikostech pouzder, které zastupují širší skupinu velikostí pouzder. Hlavní požadavek na kvalitu obrobků byl splněn. Optimalizací výrobních postupů jsme docílili i celkového snížení výrobních časů a s tím spojených výrobních nákladů. Vytvořené výrobní postupy a poznatky získané při jejich návrhu jsou dále aplikovatelné na výrobu jiných tenkostěnných součástí z korozivzdorných ocelí ve zkoumané firmě.

## Seznam použité literatury

- [1] S.CH.W. Service – CNC obrábění kovů. [online] Dostupné z: <http://www.schwservice.cz/about.html>
- [2] John Crane | Navrhované produkty, technologie a odborné služby pro globální procesní průmysl. *John Crane | Mechanical Seals, Seal Support Systems, Filtration Systems, Couplings, Packing and Expert Services for Global Process Industries.* [online]. Dostupné z: <https://www.johncrane.com/about/cz/cs>
- [3] *Příručka pro technology – Obrobitelnost nerezových ocelí.* Nejčtenější strojírenský časopis – MM spektrum [online]. Copyright © 2019 www.mmspektrum.com [cit. 10.04.2019]. Dostupné z: <https://www.mmspektrum.com/clanek/prirucka-pro-technology-obrobitelnost-nerezovych-oceli.html>
- [4] HAVRILA, Michal; Jozef ZAJAC; Josef BRYCHTA; Jozef JURKO. *Top trendy v obrábění.* I./VI. část, Obráběné materiály. Žilina: Media/ST, s.r.o. Žilina, 2006. ISBN 80-968954-2-7.
- [5] VASILKO, Karol. *Top trendy v obrábění.* III./VI. Část, Technológia obrábania. Žilina: Media/ST, s.r.o. Žilina, 2006. ISBN 80-968954-2-7.
- [6] *Technologie II.* 1. díl. Ostrava: VŠB – Technická univerzita Ostrava, 2007. ISBN 978-80-248-1641-8. Skripta. Vysoká škola báňská – Technická univerzita Ostrava.
- [7] *Technologie II.* 2. díl. Ostrava: VŠB – Technická univerzita Ostrava, 2008. ISBN 978-80-248-1822-1. Skripta. Vysoká škola báňská – Technická univerzita Ostrava.
- [8] *Pilový pás M51 TEMPEST – Pilanametal – Výroba a prodej pilových pásů a pilových listů.* Pilanametal – Výroba a prodej pilových pásů a pilových listů [online]. Copyright © 2015 [cit. 02.05.2019]. Dostupné z: <https://www.pilanametal.cz/pilovy-pas-m51-tempest.html>
- [9] *Katalog obráběcích nástrojů – Kennametal – JAN HAVELKA, spol. s r.o.* Tradiční dodavatel obráběcích nástrojů Kennametal – JAN HAVELKA, spol. s r.o. [online]. Copyright © [cit. 02.05.2019]. Dostupné z: <https://www.jan-havelka.cz/index.php/katalogy-navody/katalogy-ke-stazeni/category/1-kennametal>

- [10] Western Tool and Supply Co. – *Walter General Catalog 2012* [online]. [cit. 02.05.2019]. Dostupné z: [https://www.westtool.com/customer/wetosu/vendor/catalogs/walter/catalog\\_2012/index.html#26](https://www.westtool.com/customer/wetosu/vendor/catalogs/walter/catalog_2012/index.html#26)
- [11] Iscar – Manufacturer of Metalworking Tools. Copyright © 2015 [cit. 03.05.2019]. Dostupné z: <https://www.iscar.com/index.aspx/countryid/1#>

## Seznam tabulek

Tabulka 1. – Chemické složení tavba A: .....	25
Tabulka 2. – Mechanické vlastnosti tavba A: .....	25
Tabulka 3. – Chemické složení tavba B: .....	26
Tabulka 4. – Mechanické vlastnosti tavba B: .....	26
Tabulka 5. – Parametry soustruhu MORI SEIKI: <sup>1</sup> .....	27
Tabulka 6. – Parametry soustruhu Hyundai: <sup>1</sup> .....	29
Tabulka 7. – Rozměry nože MCLNR2525M12 <sup>9</sup> .....	31
Tabulka 8. – Rozměry destičky CNMG120404-NM4 <sup>10</sup> .....	31
Tabulka 9. – Rozměry nože MDJNR2525M15 <sup>9</sup> .....	32
Tabulka 10. – Rozměry destičky DNGG150402LF <sup>9</sup> .....	32
Tabulka 11. – Rozměry nože NVHBR2525M11 <sup>9</sup> .....	33
Tabulka 12. – Rozměry destičky VCGR160402 <sup>9</sup> .....	34
Tabulka 13. – Rozměry nože A32SMCLNL12 <sup>9</sup> .....	34
Tabulka 14. – Rozměry nože A16RSCFPL09 <sup>9</sup> .....	35
Tabulka 15. – Rozměry destičky CPMT07T304LF <sup>9</sup> .....	35
Tabulka 16. – Rozměry nože A-NVQC 107,5° <sup>9</sup> .....	36
Tabulka 17. – Rozměry nože E16RSDUPL07 <sup>9</sup> .....	36
Tabulka 18. – Rozměry destičky DPMT070204LF <sup>9</sup> .....	37
Tabulka 19. – Rozměry nože KM40TSS16FNEL2 <sup>9</sup> .....	38
Tabulka 20. – Rozměry destičky NG2M080R <sup>9</sup> .....	38
Tabulka 21. – Rozměry destičky NG2M200LK <sup>9</sup> .....	38
Tabulka 22. – Rozměry nože GHI-L 40-6 <sup>11</sup> .....	39
Tabulka 23. – Rozměry destičky GIPI 3,00E-0,40 <sup>11</sup> .....	39
Tabulka 24. – Rozměry nože PHCL 25-34 <sup>11</sup> .....	40
Tabulka 25. – Rozměry destičky PENTA 24N300NF020LS <sup>11</sup> .....	40
Tabulka 26. – Rozměry vrtáku DFR230R4WD32M <sup>9</sup> .....	41

Tabulka 27. – Rozměry vrtáku DFSP460R2WD40M <sup>9</sup> .....	42
Tabulka 28. – Rozměry frézy F4AS0400ADL38 <sup>9</sup> .....	42
Tabulka 29. – Původní výrobní postup pro pouzdra 0250-0500 .....	45
Tabulka 30. – Původní výrobní postup pro pouzdra 0550-0700 .....	48
Tabulka 31. – Nový výrobní postup pro pouzdra 0250-0500.....	50
Tabulka 32. – Nový výrobní postup pro pouzdra 0550-0700.....	53
Tabulka 33. – Vypočítané jednotkové strojní časy.....	56

## **Seznam příloh**

Příloha č. 1 – Neveřejná část bakalářské práce: výkresová dokumentace pouzder