

VYŠŠÍ ODBORNÁ ŠKOLA, STŘEDNÍ ŠKOLA,  
CENTRUM ODBORNÉ PŘÍPRAVY



## ABSOLVENTSKÁ PRÁCE

Přípravky – průběh zpracování a výroby

Sezimovo Ústí, 2015

Autor: Lukáš Kovanda



## ZADÁNÍ ABSOLVENTSKÉ PRÁCE

Student: **Lukáš Kovanda**  
Obor studia: 26-41-N/01 Elektrotechnika – mechatronické systémy  
Název práce: **Přípravky – průběh zpracování a výroby**  
Anglický název práce: **Preparations – process of processing and production**

### Zásady pro vypracování:

1. Popište možnosti zpracování technické dokumentace při výrobě přípravků. Zpracování rozdělte na část CAD a CAM. Uveďte výhody tohoto zpracování.
2. Popište výrobu přípravků a jejich kompletní zpracování od polotovaru po hotovou součást na konkrétním výrobku.
3. Popište druhy měření hotových součástí a konečnou úpravu součástí pro zákazníka.
4. Absolventskou práci vypracujte problémově ve struktuře odpovídající vědecké práci.

### Doporučená literatura:

[1] TOMEK, G. Řízení výroby. 2. Vyd. Praha: Grada, 2000, 407 s. ISBN 80-716-9955-1.

Vedoucí práce: Ing. Václav Šedivý, VOŠ, SŠ, COP, Sezimovo Ústí  
Odborný konzultant práce: Ing. Stanislav Kovanda, Yamazaki Mazak Central Europe s.r.o.  
Oponent práce: Ing. Jiří Roubal, Ph.D., VOŠ, SŠ, COP, Sezimovo Ústí

Datum zadání absolventské práce: **1. 9. 2014**

Datum odevzdání absolventské práce: **30. 9. 2015**

.....  
Ing. Václav Šedivý  
(vedoucí práce)



V Sezimově Ústí dne 1. 9. 2014

.....  
Ing. František Kamlach  
(ředitel školy)

## Prohlášení

Prohlašuji, že jsem svou absolventskou práci vypracoval samostatně a použil jsem pouze podklady (literaturu, projekty, SW atd.) uvedené v příloženém seznamu.

V Sezimově Ústí dne 5.5.2015

Kouanda  
podpis

## Poděkování

Děkuji především vedoucímu absolventské práce Ing. Václavu Šedivému za jeho vedení. Velké poděkování patří Ing. Josefu Machačovi za cenné rady a velkou pomoc při tvorbě absolventské práce. Děkuji také svému otci Ing. Stanislavu Kovandovi za poskytnuté materiály od firmy Yamazaki Mazak. Poděkování také patří Ivanu Šedivcovi z firmy Yamazaki Mazak za umožnění přístupu a setkání s konstruktéry firmy, která si nepřeje být jmenována a ve které vznikla praktická část absolventské práce. Děkuji rodičům a svým blízkým za podporu při studiu.

## Anotace

Tato absolventská práce se zabývá průběhem a zpracováním upínacích přípravků tak, jak probíhá v běžné technické praxi. Je zde popsán konvenční způsob upínání, který je nezbytný k praktické části této absolventské práce. Tato práce popisuje výrobu konkrétních upínacích přípravků. Jsou zde popsány jednotlivé formáty technické dokumentace, technologický postup, samostatné řešení upínacích přípravků a konečná úprava hotové součásti pro zákazníka.

**Klíčová slova:** upínací přípravek, obrobek, polotovar, soustruh, frézka, sklíčidlo, svěrák, pneumatické upínání, hydraulické upínání, magnetické upínání, 2D formát, 3D, formát, technická dokumentace, technologický postup.

## Annotation

This graduation thesis deals with the process of clamps and their processing as it occurs in common engineering practice. A conventional clamping method is described, which is essential for the practical part of this graduation thesis. This paper gives an account of the production of specific clamps. Particular technical documentation formats, technological process, individual clamping solutions and finishing of the finished part for a customer are defined here.

**Key words:** workpiece, lathe, milling machine, chuck, clamp, pneumatic clamping, hydraulic clamping, magnetic clamping, 2D format, 3D format, technical documentation, technological process.

# Obsah

Seznam obrázků	vii
Seznam tabulek	viii
<b>1 Úvod</b>	<b>1</b>
<b>2 Konvenční způsoby upínání</b>	<b>3</b>
2.1 Požadavky na upínání . . . . .	3
2.1.1 Mechanické upínací prvky . . . . .	5
2.1.2 Magnetické upínání . . . . .	7
2.1.3 Hydraulické upínání . . . . .	8
2.1.4 Pneumatické upínání . . . . .	9
<b>3 Požadavky pro tvorbu přípravků v technické praxi</b>	<b>11</b>
3.1 Poptávka ze strany zákazníka . . . . .	11
3.2 Požadavky ze strany dodavatele . . . . .	12
<b>4 Realizace konkrétního upínacího přípravku</b>	<b>14</b>
4.1 Technická dokumentace a technologický postup . . . . .	14
4.1.1 Výběr stroje . . . . .	18
4.2 Výroba upínacího přípravku . . . . .	19
4.2.1 Výroba upínacího přípravku . . . . .	20
4.2.2 Měření hotových součástí . . . . .	23
4.2.3 Konečné očištění obrobku a apretace . . . . .	25
<b>5 Závěr</b>	<b>27</b>
<b>Literatura</b>	<b>28</b>

<b>A</b>	<b>Obsah přiloženého DVD</b>	<b>I</b>
<b>B</b>	<b>Použitý software</b>	<b>II</b>
<b>C</b>	<b>Časový plán absolventské práce</b>	<b>III</b>

# Seznam obrázků

2.1	Upínací přípravek s upínací deskou – převzato z (DILLINGER, J. and kol.)	4
2.2	Tříbodové upnutí (ustavení) – převzato z (DILLINGER, J. and kol.) . . .	5
2.3	Upínání pomocí upínky – převzato z (DILLINGER, J. and kol.) . . . . .	5
2.4	Nastavitelné upnutí – převzato z (DILLINGER, J. and kol.) . . . . .	6
2.5	Podložky a stavitelné podpěry – převzato z (DILLINGER, J. and kol.) .	6
2.6	Magnetické upínání – převzato z (DILLINGER, J. and kol.) . . . . .	7
2.7	Upínací deska s výkyvnými pólovými nástavci – převzato (DILLINGER, J.)	8
2.8	Tlakový hydraulický agregát – převzato z (DILLINGER, J. and kol.) . .	8
2.9	Hydraulické upínací válce – převzato z (DILLINGER, J. and kol.) . . . .	9
2.10	Pneumatické upnutí obrobku – převzato z (DILLINGER, J. and kol.) . .	10
4.1	Technický výkres obrobku . . . . .	15
4.2	Stroj – Mazak Variaxis E-630 – převzato z (Sales team headquarters) . . .	18
4.3	Vnitřní část stroje – převzato z (Sales team headquarters) . . . . .	19
4.4	3D model hotové součásti . . . . .	20
4.5	Upínací přípravek 1 . . . . .	21
4.6	Upínací přípravek 1 s upnutým obrobkem . . . . .	21
4.7	Upínací přípravek 2 . . . . .	22
4.8	Upínací přípravek 2 s upnutým obrobkem . . . . .	22
4.9	Laserová sonda Renishaw NC4 – převzato z <a href="http://www.renishaw.cz/">http://www.renishaw.cz/</a> .	23
4.10	Obrobková sonda Renishaw RMP40 – převzato z <a href="http://www.renishaw.cz/">http://www.renishaw.cz/</a>	24
4.11	Portálový měřicí stroj Zeiss Contura – převzato z <a href="http://www.zeiss.cz/">http://www.zeiss.cz/</a>	24
4.12	Myčka hotových součástí . . . . .	25
4.13	Myčka hotových součástí . . . . .	26



# Seznam tabulek

4.1	Technologický postup první upnutí . . . . .	16
4.2	Technologický postup druhé upnutí . . . . .	17

# Kapitola 1

## Úvod

Mnohá průmyslová odvětví jsou dnes závislá na strojním obrábění. Jednou z nejdůležitějších činností při obrábění je upínání obrobků. Rozdíl mezi správně a špatně zvoleným způsobem upnutí může určit rozdíl mezi finanční ztrátou nebo ziskem. Pro upínání obrobků se často využívá upínacích přípravků, které umožňují upnout dílce nestandardních tvarů. Počátek upínání, ze kterého vychází upínací přípravky, lze nalézt již v dobách průmyslové revoluce. V této době započal rozvoj a výroba obráběcích strojů. Upínání bylo jen dalším krokem ke zkvalitnění, zpřesnění, náročnosti atd. výroby (COROMANT, 1997).



Před upnutím polotovaru je důležité správně zvolit vhodný typ upnutí. Pořizovací ceny jednotlivých druhů upínacích soustav jsou v dnešní době velmi vysoké. Upínání výrobků vychází ze dvou základních způsobů opracování na soustruhu nebo frézce. Soustruh je jedním ze základních strojů používaných pro obrábění. Na tomto stroji se jedná o obrábění rotačních součástí. Obrobek se otáčí okolo své osy a je obráběn v ose x a y. Jako základní upínací segment se zde využívá sklíčidlo. Druhým ze základních obráběcích strojů je frézka. U tohoto typu stroje jde o obrábění plochých a skříňových součástí. Obrobek je pevně upnut a obrábění probíhá v osách x, y a z. Jako základní upínací segment se využívá svěrák.

Ve strojírenské praxi nastávají případy, kdy využití základních prvků upínání, jako je svěrák nebo sklíčidlo, je nedostačující. Polotovar buď není upnut dostatečně pevně, aby mohl být kvalitně obroben, nebo je při upnutí zdeformován. V takové situaci najdou své uplatnění upínací přípravky. Ty je možné použít také pro přenášení obrobků na jiný stroj. Při montáži na konkrétní pozici pomáhají ke správnému umístění. U těžkých obrobků

tvoří upínací přípravky nosný bod, za který je možno s obrobkem manipulovat.

**Cílem** této práce je vytvořit dokument, který popisuje použití přípravků pro upínání polotovarů pro strojní obrábění. Práce obsahuje popis použití přípravků od zadání obrobku, který má být upnut až po výrobu upínacích přípravků. Celá práce je demonstrována na postupu strojní výroby konkrétního obrobku.

**Struktura** této práce, která je napsána v  $\text{L}^{\text{A}}\text{T}_{\text{E}}\text{X} 2_{\epsilon}$ <sup>1</sup> (SCHENK, C., 2009), je následující. Kapitola 2 obsahuje konvenční způsoby upínání, které se běžně využívají ve strojírenské praxi. V kapitole 3 jsou popsány závazky, které vůči sobě má zákazník s dodavatelem. V kapitole 4 je popsána výroba upínacích přípravků tak, jak probíhala při reálné výrobě v technické praxi. V příloze A je uveden obsah příloženého DVD.

---

<sup>1</sup> $\text{L}^{\text{A}}\text{T}_{\text{E}}\text{X} 2_{\epsilon}$  je rozšíření systému  $\text{L}^{\text{A}}\text{T}_{\text{E}}\text{X}$ , což je kolekce maker pro  $\text{T}_{\text{E}}\text{X}$ .  $\text{T}_{\text{E}}\text{X}$  je ochranná známka American Mathematical Society.

# Kapitola 2

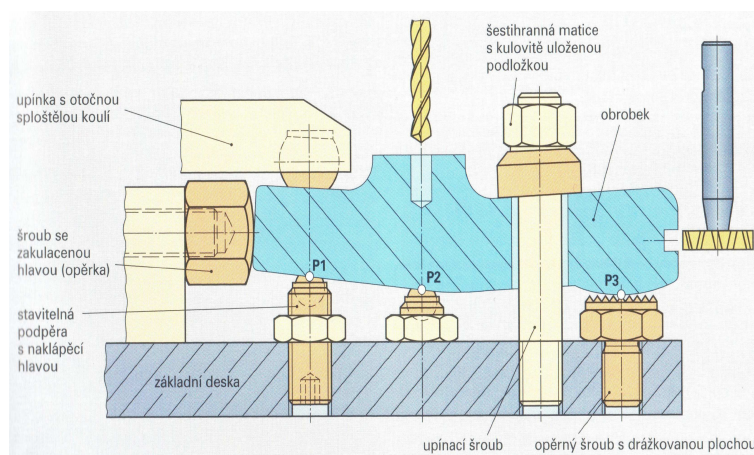
## Konvenční způsoby upínání

Při výrobě různých zařízení obráběcí, stavební, dopravní stroje, automobilový průmysl, výrobky spotřebního průmyslu apod. je potřeba řešit mnoho problémových úkolů. Jedním z nich je upínání polotovarů-dílů při manipulaci, výrobě a montáži. Polotovary a následně vyráběné součástky jsou velice rozmanitého tvaru, a proto je potřeba individuální přístup k řešení upínání. Někdy stačí použití standardních upínacích prostředků, dá se říci univerzálních, jindy je potřeba použít speciálních upínacích prostředků. Samostatnou kapitolu představují manipulační a vatací prostředky. Teoretický základ konvenčních způsobů upínání je důležitý pro vhodné určení upínacího mechanismu. V technické praxi se upínací přípravek sestavuje pro obrábění konkrétního obrobku např. pro automobilový průmysl. Pro určení správného druhu upínací soustavy je potřeba znát velké množství specifických informací o konkrétním obrobku. Jedná se například o velikost obrobku, přesnost obrábění atd. S přesností obrábění jsou spojeny požadavky na upnutí, rychlost upnutí atd. Rychlost upnutí je důležitá zejména v sériové výrobě, kde ke zhotovení jednoho kusu obrobku může být využito více obráběcích strojů. Kapitola obsahuje způsoby, které jsou standardně používány při upínání obrobků na obráběcích strojích.

### 2.1 Požadavky na upínání

Při sériové výrobě musí přípravek viz obr. 2.1 zajistit, aby upnutí polotovaru bylo vždy stejné vzhledem k obráběcímu stroji. Přípravek musí upínat polotovar i při měření a případné montáži dalších dílů. Přednosti využití přípravků:

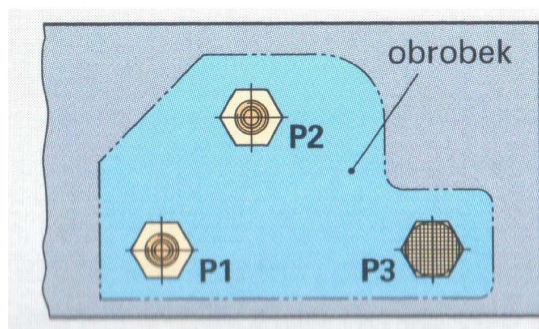
- Zkrácení výrobních časů,
- Zlepšení opakované přesnosti,
- Zkrácení vedlejších časů při upínání a vyrovnávání na stole stroje,
- Vynechání pomocných prací jako orýsování a důlčkování.



Obrázek 2.1: Upínací přípravek s upínací deskou – převzato z (DILLINGER, J. and kol.)

Tříbodové upnutí je požadováno u každého hrubého polotovaru, jedná se o tři body, které neleží na přímce. Tyto upínací body by měly ležet co nejdále od sebe. Díky upnutí třemi body je jednoznačně určena poloha a přítlak tělesa k opěrkám a obrobek není deformován viz obr. 2.2. Požadavky na upínací přípravky pro obráběcí stroje:

- Bezpečné upnutí obrobku,
- Pevné upnutí neovlivňující tvar obrobku,
- Opakovatelná přesnost upnutí,
- Snadná výměna upínacích prvků,
- Univerzálnost a opakovatelnost použití upínacích prvků,
- Jednoduchá, rychlá a bezpečná manipulace s obrobkem,
- Nízké náklady na zhotovení.

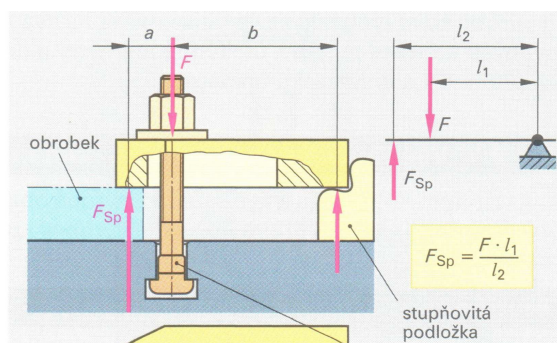


Obrázek 2.2: Tříbodové upnutí (ustavení) – převzato z (DILLINGER, J. and kol.)

Upínací prvky přenášejí upínací síly čtyřmi způsoby: mechanicky, hydraulicky, pneumaticky a elektromagneticky (DILLINGER, J. a KOL., 2007).

### 2.1.1 Mechanické upínací prvky

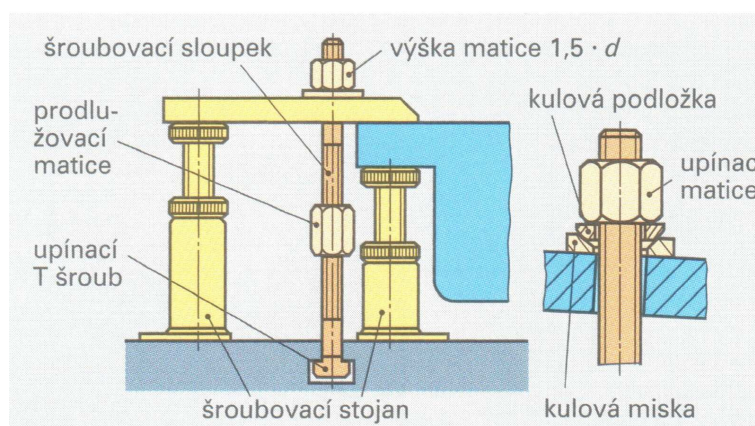
Jedná se o nejčastěji využívanou skupinu upínání. Mechanické upínací prvky tvoří šrouby, kloubové páky, upínací vačky, excentry (výstředníky). Výhody využití mechanických upínacích prvků jsou velké upínací síly a samosvornost mechanismů. Nevýhody použití mechanického upínání jsou: časová náročnost upínání, nestejně upínací síly, nebezpečí přílišného utažení. Upínací šrouby, upínky a upínací podložky se nejčastěji upínají na stroje, jejichž pracovní plochu tvoří stůl s T drážkami a upnutí se provádí pomocí T šroubů (mohou být také použity šrouby s šestihrannou hlavou), matic podložek a upínek (DILLINGER, J. a KOL., 2007).



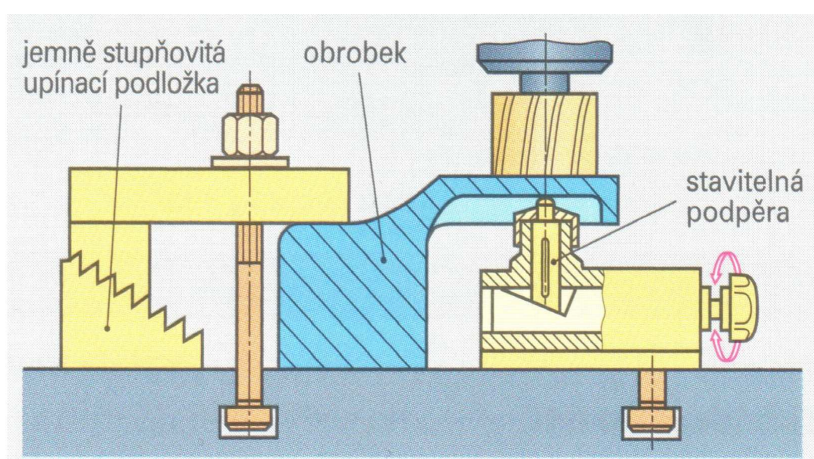
Obrázek 2.3: Upínání pomocí upínky – převzato z (DILLINGER, J. and kol.)

Upínka v tomto případě působí jako jednoramenná páka. Čím blíže k obrobku tím působí větší silou viz obr. 2.3.

Nastavitelné a podpěrné prvky mohou být využity k podepření obrobku nebo k podepření podložky, která přes upínací šroub přitlačuje obrobek k pracovnímu stolu stroje. Podepření obrobku pomocí nastavitelných prvků je využíváno především u slabých částí obrobku, aby nedošlo k prohnutí při obrábění viz obr. 2.4 a obr. 2.5 (DILLINGER, J. a kol., 2007).



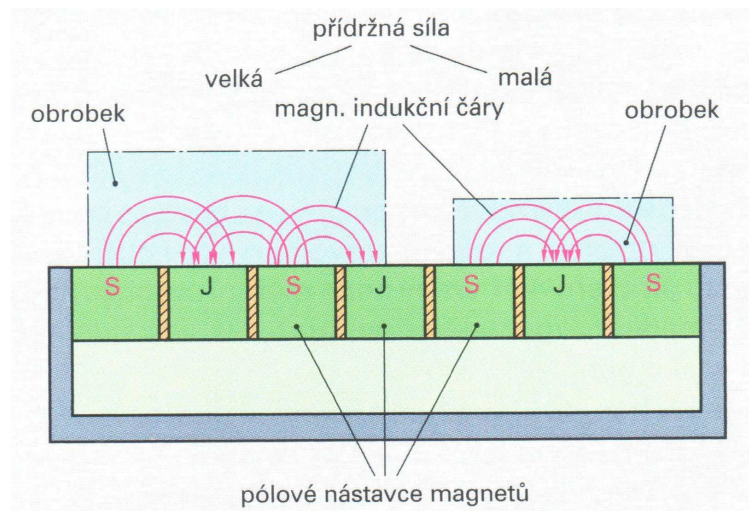
Obrázek 2.4: Nastavitelné upnutí – převzato z (DILLINGER, J. and kol.)



Obrázek 2.5: Podložky a stavitelné podpěry – převzato z (DILLINGER, J. and kol.)

### 2.1.2 Magnetické upínání

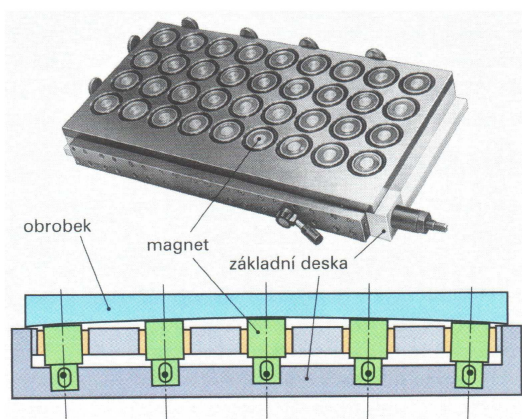
Magnetické upínací desky patří mezi hojně využívané způsoby upínání. Velkou výhodou magnetického upínání je možnost opracování polotovaru z pěti stran, a to při jednom upnutí. Na magnetické upínací desky je možno upínat feromagnetické díly, které mají rovinnou plochu. Po přiložení obrobku na magnetickou upínací desku je pomocí obsluhy daného stroje vyslán elektrický impulz do vinutí elektromagnetu pro přidržení obrobku. Pro uvolnění obrobku je potřeba odmagnetovací impulz, který zruší remanentní magnetismus. Remanentní magnetismus je dostatečně silný k pevnému udržení obrobku. Elektromagnetem a obrobkem neprochází elektrický proud a na obrobku nedochází k jeho zahřívání. Zbytečné vedlejší zahřívání obrobku je nežádoucí z důvodu přesnosti a kvality obrábění. Obrobky, které byly magnetickým upnutím zmagnetovány, musí být odmagnetovány (DILLINGER, J. a KOL., 2007).



Obrázek 2.6: Magnetické upínání – převzato z (DILLINGER, J. and kol.)

Pokud je požadováno magnetické upnutí obrobku, který nemá rovinnou plochu jsou vhodným řešením magnetické upínací desky s magnety umístěnými na kloubu, které se přizpůsobí obrobku viz obr. 2.7 (DILLINGER, J. a KOL., 2007).

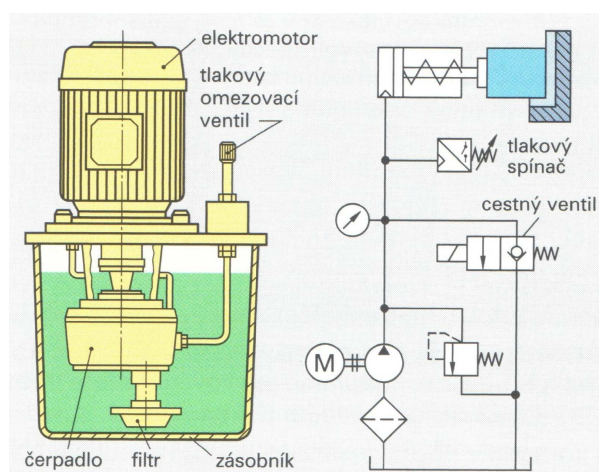




Obrázek 2.7: Upínací deska s výkyvnými pólovými nástavci – převzato (DILLINGER, J.)

### 2.1.3 Hydraulické upínání

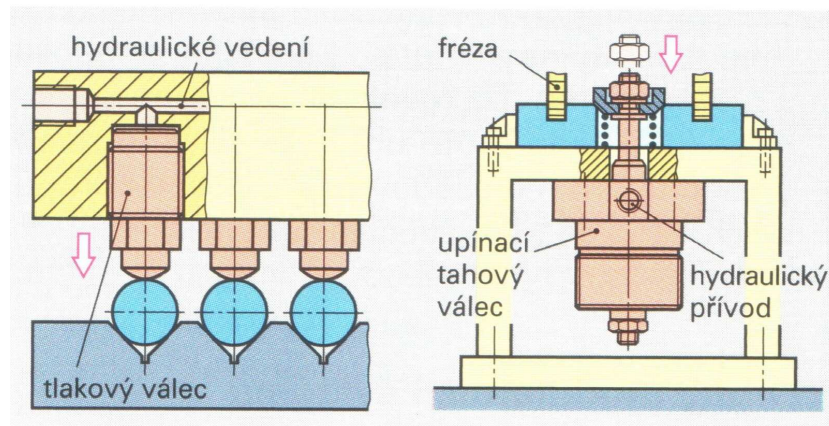
Hydraulické mechanismy se vyznačují největšími upínacími silami, které se pohybují v rozmezí 1,5 až 3 MPa. Je-li požadována vyšší upínací síla, může být upínací tlak vyšší než 3 MPa. Hydraulické upínání je vhodné pro obrábění velkých, těžkých obrobků a obrobků, kde je kladen důraz na pevné upnutí (těžko obrobitelné materiály). Provozní kapalinou hydraulického upínání je olej, který je prakticky nestlačitelný (DILLINGER, J. a kol., 2007).



Obrázek 2.8: Tlakový hydraulický agregát – převzato z (DILLINGER, J. and kol.)

Hydraulické upínání je využíváno u obráběcích strojů, je však finančně nákladné. Obráběcí stroje jsou vybaveny hydraulickými rozvody a hydraulické přípravky jsou zařazeny do hydraulických obvodů obráběcího stroje.

Hydraulický upínací systém se skládá z tlakového hydraulického agregátu, kterým je vybavena většina obráběcích strojů, a upínacích hydraulických válců. Součásti upínacích přípravků se mohou jednoduše namontovat a demontovat podle potřeby. Využití je vhodné v místech vyžadujících individuální přítlak každého obrobku a řídicích ventilů. V místech, kde není přívod stlačeného vzduchu a elektrické energie se využívá ruční pumpa (DILLINGER, J. a KOL., 2007) (KARAFIÁTOVÁ, S. a LANGER, I, 1998).



Obrázek 2.9: Hydraulické upínací válce – převzato z (DILLINGER, J. and kol.)

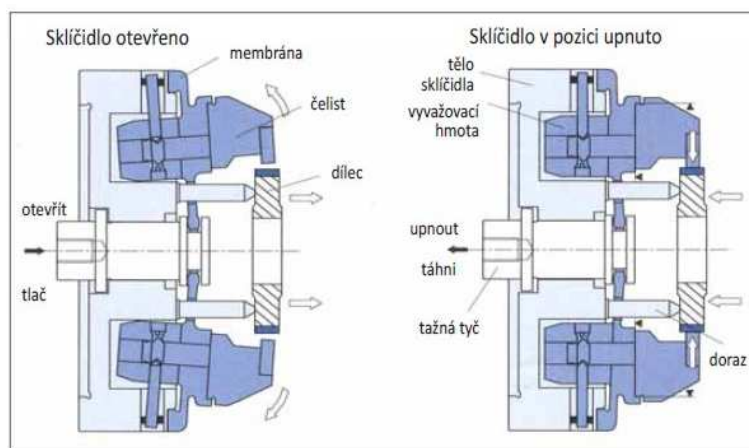
### 2.1.4 Pneumatické upínání

Pneumatické upínání je převážně využíváno v sériové výrobě, protože díky své rychlosti a přesnosti zvyšuje produktivitu práce.

Pneumatické upínací prvky se dělí na dvě části: přetlakové a podtlakové. Přetlakové pracují s tlakem  $p > 0,1$  MPa a podtlakové s tlakem  $p < 0,1$  MPa. U pneumatických upínacích prvků musí být tlak ve vedení po celou dobu upnutí z důvodů nesamosvornosti. Drobnou nevýhodou pneumatických upínacích systémů je stlačitelnost vzduchu. Z tohoto důvodu se pneumatické upínače kombinují se samosvornými pákovými mechanismy. Tlak vzduchu lze pomocí pneumaticko/hydraulických převodníků tlaku převést na tlak oleje, např. tlak vzduchu 0,6 MPa až na tlak oleje 50 MPa. Tato kombinace pneumatického a hydraulického upínání přináší rychle pracující velké upínací síly. Velkou

výhodou pneumatických upínacích systémů je možnost použití v prostorech, kde hrozí nebezpečí výbuchu.

Jako přívod vzduchu se u pneumatických upínacích systémů využívá rozvod na dílně, ten dále vede přes uzavírací ventil, čistič vzduchu, olejovací maznici a regulátor tlaku přes zpětný ventil a rozdělovač tlaku do vzduchového válce (DILLINGER, J. a KOL., 2007) (KARAFIÁTOVÁ, S. a LANGER, I, 1998).



Obrázek 2.10: Pneumatické upnutí obrobku – převzato z (DILLINGER, J. and kol.)

# Kapitola 3

## Požadavky pro tvorbu přípravků v technické praxi

V dnešní době se velmi často stává, že lidé nebo firmy nesplní závazky, které jsou po nich požadovány. Těmto nepříjemným skutečnostem, které v důsledku stojí mnoho času a peněz je třeba předejít. V této kapitole jsou vypsány základní požadavky ze strany zákazníka a požadavky ze strany dodavatele. Bez ujasnění si těchto požadavků je jen těžko možné, při zpracování obrobku a výrobě upínacích přípravků dosáhnout správného výsledku.

### 3.1 Poptávka ze strany zákazníka

Zákazník vypsál výběrové řízení, ve kterém požaduje stroj, který mu umožní obrábět předem dané dílce. Od firmy, která se do výběrového řízení přihlásí, požaduje zákazník následující:

- Návrh na časovou studii,
- Vytipování nástrojů,
- Návrh technologie,
- Návrh upínacího zařízení,
- Celkovou technickou a cenovou nabídku.

## 3.2 Požadavky ze strany dodavatele

Dodavatel, který se účastní výběrového řízení, požaduje pro splnění svých závazků k zákazníkovi od zákazníka tyto podklady.

### Technickou dokumentaci

Technická dokumentace je hlavním požadavkem dodavatele a na jejím základě je možné určit:

- Typ stroje,
- Velikost pracovní plochy stroje,
- Váhu, kterou musí stroj unést,
- Počet cyklů pro výrobu hotové součásti.

Technická dokumentace je požadována ve formátu odpovídajícím normám technické dokumentace. Nejčastěji se jedná o 2D výkres v PDF formátu. Dále může být požadován 3D model polotovaru a hotové součásti.

### Výběr nástrojů

Jedná se o doporučení zákazníka dodavateli, jaké nástroje preferuje. U složitých operací, které nelze zajistit standardními nástroji, doporučuje zákazník dodavatele nástrojů podle svých zkušeností a toto projednává se zadavatelem.

### Způsob výroby

Po zákazníkovi je požadován přesný postup výroby, při kterém může dojít k znovu přehodnocení typu stroje. Na základě přesného postupu výroby je uskutečněn návrh upínacích prvků.

### Způsob upnutí

Upnutí může být realizováno různými způsoby, jednak pomocí konvenčních způsobů upínání nebo pomocí přípravků. Přípravky můžeme rozdělit na rozebíratelné (stavebnice) a nerozebíratelné (jednoúčelové).

Mezi rozebíratelné upínací prvky řadíme stavebnicové přípravky, které jsou vhodné pro zakázkovou výrobu. Při zakázkové výrobě používáme pro každou obráběnou součást jiný způsob upnutí. Výroba upínacích prvků je v takovém případě zdlouhavá a nevhodná.

Nerozebíratelné upínací prvky najdou své uplatnění v sériové výrobě, kde se na jednom upínacím prvku vyrábí velké množství obrobků. Dlouhá příprava upínacího přípravku není v tomto případě nežádoucí. Nerozebíratelné upínací prvky v sériové výrobě dostávají vlastní inventární označení pro případ, že se výroba dané série znovu vrátí na linku.

### **Technologická nabídka a časová studie**

Po vyřešení a ujasnění všech požadavků mezi zákazníkem a dodavatelem vypracuje dodavatel technologický postup na konkrétní stroj, výrobní postup, skupinu nástrojů a způsob upnutí.

# Kapitola 4

## Realizace konkrétního upínacího přípravku

Kapitola obsahuje popis reálně vytvořených a v technické praxi používaných upínacích přípravků. Správnému návrhu upínacích přípravků musí předcházet zpracování detailního technologického postupu. Tímto se zabývá první část této kapitoly. Na základě technologického postupu může být přistoupeno k výběru stroje. Poté, co je schválen stroj, na kterém bude obrobek vyráběn, začíná samotný návrh, simulace a následně výroba upínacích přípravků.

### 4.1 Technická dokumentace a technologický postup

Technickou dokumentaci můžeme rozdělit na tři části: 2D modely, 3D modely a technologický postup. Formát 2D v technické praxi nazýván jako technický výkres řadí se do kategorie CAD (<http://www.cad.cz/>), je základní a zároveň nejdůležitější částí technické dokumentace. Na základě technického výkresu můžeme dále vytvořit technologický postup a 3D model obrobku.

#### Formát 2D

Formát 2D je z důvodu kótování, tolerancí a předepsaných norem viz obr. 4.1. zákazník nejčastěji používaným. Na základě studie technické dokumentace a požadované přesnosti bude výroba rozdělena na dvě upnutí. Při prvním upnutí bude obrobena základna obrobku, která vytvoří výchozí rovinu. Při druhém upnutí budou vyvrtány a obrobena





Název	Fusione Scatola 8263 Rostelmash GS400
Číslo	290863002
Váha [kg]	24,29
Materiál	EN-GJS-400-15 UNI EN 1563

Tabulka 4.1: Technologický postup první upnutí

ČÍSLO	NÁSTROJ	HRUBO/ČISTO	POZNÁMKY
10	NŮŽ VNĚ 70 T	H	Soustružení čela $\varnothing 490/240/72/92$ hloubka $32/15/5/1 \times 45^\circ$
20	NŮŽ VNĚ 70 H	Č	Soustružení na čisto: řádek 10 + hloubka 1 mm + $\varnothing 240$ sražení he- rany $1 \times 45^\circ$
30	NŮŽ VNĚ 70F	Č	Soustružení na čisto: hloubka 5 - $2 \times 45^\circ / 15 + 1$
40	NŮŽ VNI 44 A	H	Hrubování: 21,5/12,95 8 hloubka: 55/57/60
50	NŮŽ VNI 44 F	Č	Soustružení na čisto: průměr 21,5/ 12,95/ 8 hloubka: 55 + 0,046/ 60 + 0,046/ 57 zachovat
60	ZPN NŮŽ 70 B	Č	Zápich $\varnothing 68 \pm 0,1$ hloubka: 8
70	VRTÁK 15.1 A	O	Vrtat otvor $\varnothing 15,1/$ výměna vrtáku
80	VRTÁK 6.8 A	O	Vrtat otvor $\varnothing 6,8$ pod závit M8 + kontrola vyosení $\varnothing 6,8$ vůči okénku, mezi dorazy MAX 0,4
90	ST FREZ 16 C	H	Frézovat: $\varnothing 16$ + výměna frézy, frézovat ke konci sražení $\varnothing 55$
100	VRTÁK 5 E	O	Vrtat otvor $\varnothing 6$

Tabulka 4.2: Technologický postup druhé upnutí

STRANA 2			
ČÍSLO	NÁSTROJ	HRUBO/ ČISTO	POZNÁMKY
10	NŮŽ CEL 70 U	H	Soustružení $\varnothing 234/170$ hloubka: 5/36
20	NŮŽ VNI 70 S	H	Soustružení: $\varnothing 83/83,5/80$ Hloubka: 43,25/83/2,65
30	NŮŽ VNI 44 F	Č	Soustružení na čisto: $\varnothing 72+0,1/136\pm 0,1/130,05+0,1$
40	ST FREZ 50 D	H	Frézovat $\varnothing 81+0,1$ na hrubo
50	VRTÁK 12.1 D	O	Vrtat $\varnothing 12,1$ od okraje závitu M14 pod závit
60	VRTÁK 9 B	O	Vrtat $\varnothing 9$ od $\varnothing 11$ pod závit M10
70	VRTÁK 6 A	O	Vrtat $\varnothing 6$ k díře 5 vizuální kontrola vyfoukat špony
80	UHL FR 16 A	O	Frézovat $\varnothing 15$ hloubka 60,85
90	ZÁV 10 B	O	Závit M10x1 (kalibr) výměna závitníku
100	ZÁV 14 A	O	Závit M14 (kalibr) výměna závitníku
110	VRTÁK 16.5 C	O	Vrtat $\varnothing 16,5$
120	VRTÁK 30 A	O	Vrtat $\varnothing 30$ , zahloubení u M18x1,5
130	ZÁV 18 A	O	Závit M18x1,5 (kalibr)
140	UHL FR 47.8 A	H	30° (úhломěr) výměna destiček
150	ST FREZ 63 B	O	Frézovat: $117,25+0,1/83 -0,1$ a $43,25 +0,1/ \varnothing 83,5 +0,22$
160	ZÁV 8 A	O	Závit M8 (kalibr) výměna závitníku
170	ST FREZ 16 A	H	Frézovat: $\varnothing 81 +0,1$ na začátek sražení
180	VV TYC 80 A	Č	Průchozí: $\varnothing 80 -0,006/-0,024$

### 4.1.1 Výběr stroje

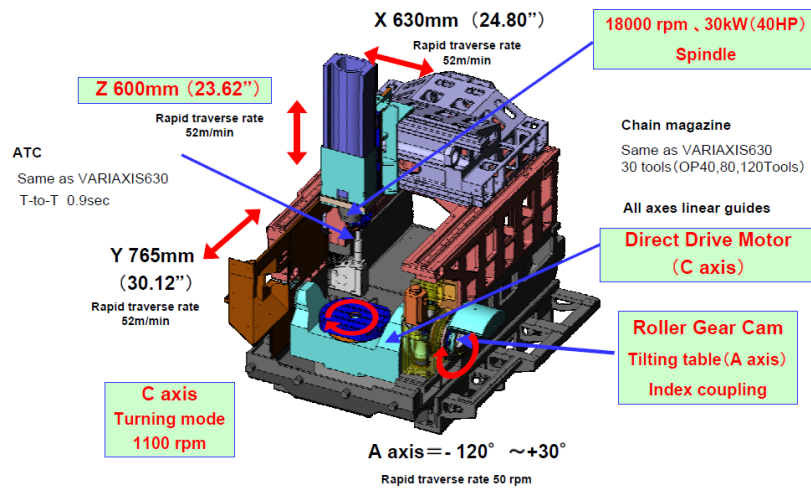
Výběr stroje byl ovlivněn složitostí a přesností obrobku. První způsob opracování byl realizován frézovacím strojem, který neměl soustružnickou osu C. Polotovár byl pevně upnut v přípravku a byla frézována výchozí rovina. Při tomto prvním opracování docházelo k velkému otupení břitů nástroje, protože odlitek byl špatné kvality a tím se ztrácela ekonomičnost výroby.

Jako vhodné řešení se ukázalo použití soustružení, které na jednu stranu klade vyšší nároky na funkce stroje, na druhou stranu zkrátí časy celého výrobnímu procesu a opracovaná plocha bude podle požadavků zákazníka. Současně s tím bude splněna ekonomičnost výroby.

Požadavky na stroj byly zadány: jako nejvhodnější se ukázalo pětiosé obráběcí centrum od firmy Yamazaki Mazak obr. 4.2 se soustružnickou osou C obr. 4.3 . Jedná se o pětiosé svislé obráběcí centrum firmy MAZAK pro kompletní obrábění malých a středních obrobků umožňující obrábění polotovarů ve tvaru kvádrů z 5 stran. Snižuje množství potřebných upnutí a zvyšuje se tím rozměrová přesnost obrobků. Mnoho složitějších obrobků (např. pětistranné obrábění) vyžaduje zpravidla více upnutí. Při tradičním způsobu je nutné takový obrobek po dokončení obrábění jedné strany odepnout a otočit nebo přemístit na jiné frézovací nebo vyvrtávací centrum a tam obrábění dokončit. Použitím tohoto centra se podstatně zkracuje celkový čas na obrobek, náklady na přípravky, mzdové náklady a manipulační čas (TEAM HEADQUARTERS, 2013).



Obrázek 4.2: Stroj – Mazak Variaxis E-630 – převzato z (Sales team headquarters)



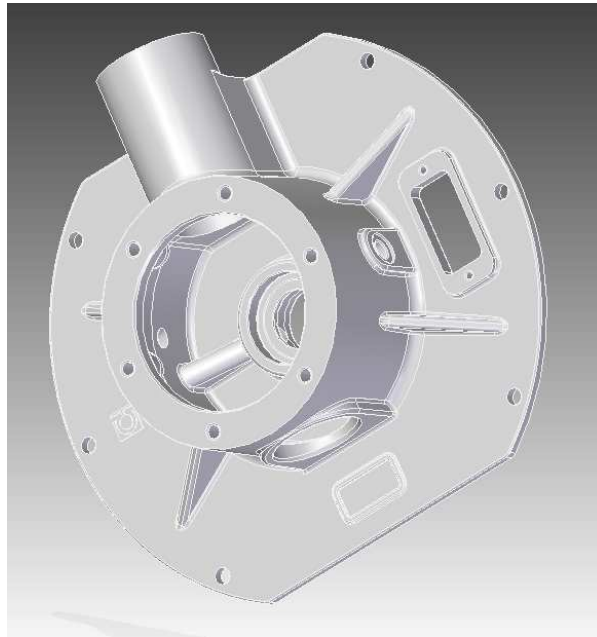
Obrázek 4.3: Vnitřní část stroje – převzato z (Sales team headquarters)

## 4.2 Výroba upínacího přípravku

Pro návrh upínacích přípravků, bylo v tomto případě jasné: že výroba bude rozdělena na dvě upnutí, které operace budou muset být z hlediska přesnosti zhotoveny při jednom upnutí, výběr stroje (zejména kvůli jeho možnostem opracování a velikosti pracovní plochy).

### Formát 3D

3D model obrobku obr. 4.4, který řadíme do kategorie CAM (<http://www.cad.cz/>), je v dnešní době hojně upřednostňován a u výroby upínacích přípravků se bez něho jen stěží obejdeme. K návrhu upínacího přípravku byl také poskytnut model vnitřního prostoru stroje, který byl součástí návrhu pro oba upínací přípravky. Dále se mohlo provést základní měření, které se provádí, aby nedošlo k nabourání stroje a tím ke zničení: upínacího přípravku, nástroje a stroje. Díky těmto dvěma modelům bylo možno provést simulaci dílce plus přípravku v pracovním prostoru na PC, aby se zamezilo kolizním situacím při aplikaci již hotového přípravku na stroji.



Obrázek 4.4: 3D model hotové součásti

### 4.2.1 Výroba upínacího přípravku

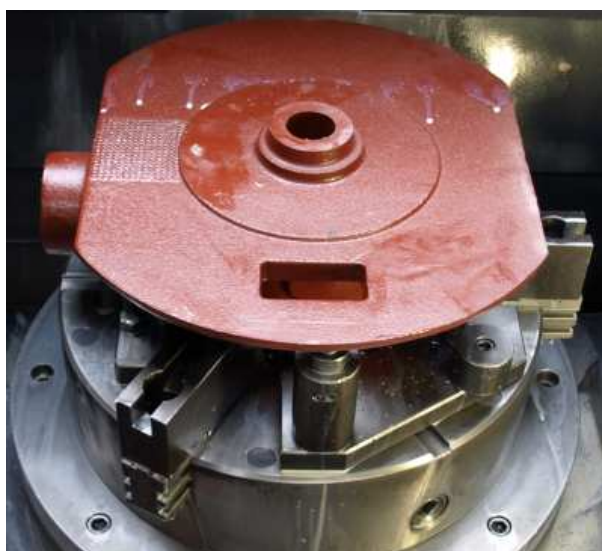
Byla provedena na základě 3D návrhu, na kterém bylo provedeno základní měření, při kterém je možné zjistit fatální chyby, které mohou vést např. ke zničení nástroje, naborání stroje atd. Toto měření se provádí ještě předtím, než dojde k sestavení upínacího přípravku. Po takto provedené analýze vytvoření reálného přípravku je správné hned napoprvé. První sestavení upínacího přípravku a první opracování ukáží, zda je upínací přípravek vhodný ke spuštění výroby. Následně pak mohou být prováděny další úpravy a doladění.

Výroba prvního upínacího přípravku viz obr. 4.5 pro opracování základny obrobku začíná základní deskou. Základní deska je použita z důvodu snadné montáže a demontáže upínacího přípravku na stroji. Na stroji i na upínací desce jsou kalibrické prvky, které zaručí přesnost, při opakovatelné výměně přípravku. Na základní desce je pomocí šroubů upnuto horizontálně položené tříčelistové sklíčidlo. Použitím sklíčidla se docílí přesného upnutí, jelikož obrobek obsahuje rotační prvky. Dalších upínacích prvků je využíváno k podepření tenkých částí polotovaru, aby při upnutí a obrábění nedošlo k poškození obrobku. Všechny šrouby, které slouží k upnutí polotovaru, jsou dotahovány momentovým klíčem. Momentový klíč je použit pro odstranění nesprávného dotažení ze strany obsluhy.

Při slabém dotažení může dojít k znehodnocení polotovaru obráběním v důsledku sil vzniklých při opracování a k následnému uvolnění upnutého polotovaru z přípravku. Při nepřiměřeně silném dotažení polotovaru může dojít k nežádoucí ovalitě rotačních částí a k dalším poškozením, která znehodnotí konečný obrobek.

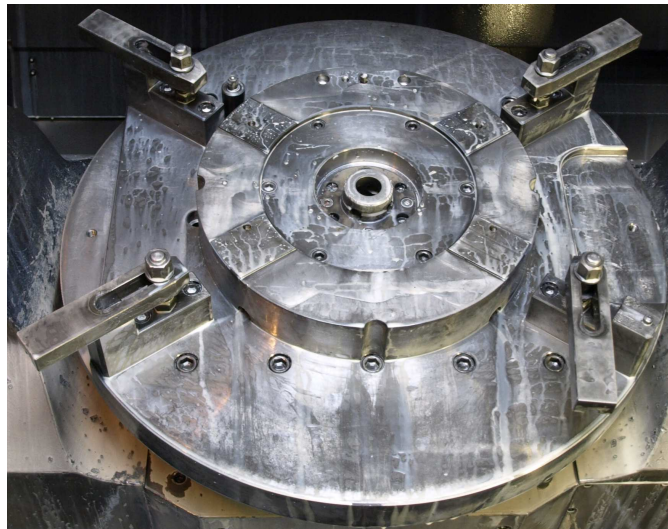


Obrázek 4.5: Upínací přípravek 1



Obrázek 4.6: Upínací přípravek 1 s upnutým obrobkem

Při výrobě druhého upínacího přípravku viz obr. 4.7 byla také použita základní deska. Na základní desce byla upevněna středící deska, do které je při usazení obrobku usazen průměr soustružený při první operaci. Po správném usazení polotovaru do středící desky je polotovaz upnut mechanickými upínkami. Mechanické upínky jsou pomocí momentového klíče dotaženy na požadovanou sílu a polotovaz je připraven na opracování. Pak již následuje obrobení, které dá obrobku konečný vzhled a tolerance dle technického výkresu. Po této operaci následuje konečná fáze, kterou je očištění obrobku a měření.



Obrázek 4.7: Upínací přípravek 2



Obrázek 4.8: Upínací přípravek 2 s upnutým obrobkem

## 4.2.2 Měření hotových součástí

Měření hotových součástí muselo být provedeno jako výstupní kontrola pro zadavatele. Výstupem tohoto měření vznikl protokol, ve kterém jsou na základě technického výkresu zaznamenány hodnoty naměřené na finálním obrobku. Všechny hodnoty musí být v rámci uvedených tolerancí. Pokud se na některém obrobku objeví jiná než požadovaná hodnota včetně tolerance. Musí být takový obrobek označen jako vadný díl. Celý cyklus měření se skládá ze dvou složek:

### Měření nástrojů

Měření nástrojů bylo provedeno v rámci seřízení stroje. Seřízení stroje bylo provedeno z důvodu, přesnosti prvního vyrobeného obrobku, a tím byla eliminována výroba vadných dílů. K tomuto seřízení nástrojů byla použita bezkontaktní laserová sonda Renishaw NC4 viz obr. 4.9 (<http://www.renishaw.cz/>). Jedná se o bezkontaktní ustavování nástrojů s detekcí jejich poškození.



Obrázek 4.9: Laserová sonda Renishaw NC4 – převzato z (<http://www.renishaw.cz/>)

### Měření obrobku

Měření obrobku probíhalo ve dvou fázích:

- Měření uvnitř stroje - základní měření,
- Měření pomocí portálového měřicího přístroje,

Měření uvnitř stroje může být rozděleno na měření pomocí mechanických měřidel a měření pomocí obrobkové sondy, která je součástí stroje. Při měření tohoto obrobku bylo použito:

- Mechanických měřidel: posuvná měřidla, kalibry pro vnější a vnitřní průměry, číselníkový úchylkoměr.



- Obrobkové sondy Renishaw RMP 40 viz obr. 4.10 (<http://www.renishaw.cz/>), jejímž použitím lze změřit obrobek uvnitř stroje, ale nevýhodou je, že toto měření je ovlivněno nepřesností stroje. Tato sonda využívá rádiové komunikace, aby nedošlo k přerušení kontaktu a přenosu dat, při použití na 5 osém obráběcím centru.



Obrázek 4.10: Obrobková sonda Renishaw RMP40 – převzato z (<http://www.renishaw.cz/>)

Portálový měřicí přístroj Zeiss Contura viz obr. 4.11 (<http://www.zeiss.cz/>). Na kterém byl dílec změřen a výstupem tohoto měření byl měřicí protokol ze kterého bylo patrné jak přesně byl dílec vyroben. Na základě tohoto měřicího protokolu prvního kusu, bylo provedena korekce nástrojů a zahájena sériová výroba. Požadavkem zadavatele bylo měření, každého třetího obrobku na tomto přístroji, s měřicím protokolem.



Obrázek 4.11: Portálový měřicí stroj Zeiss Contura – převzato z (<http://www.zeiss.cz/>)

### 4.2.3 Konečné očištění obrobku a apretace

Při opracování polotovaru, upnutého v upínacím přípravku, vzniká velké množství nečistot. Jedná se o špony vzniklé při soustružení nebo frézování, dále o chladicí kapalinu, která se používá k chlazení nástrojů při obrábění. Takto znečištěný obrobek je pro konečného zákazníka nepoužitelný, zejména pokud je s obrobkem dále pracováno například na montáži.

Dodavatel tedy musí výrobek očistit. Prvotní očištění materiálu se provádí už ve stroji, když je obrobek upnut v upínacím přípravku. Nejčastěji se jedná o hrubé očištění chladicí kapalinou pomocí oplachovací pistole. Očištění pomocí vzduchu se u nových technologií obráběcích strojů zakazuje, protože dochází k zanášení nečistot pod kryty stroje a následuje zničení valivých vedení stroje. Takto očištěný obrobek je vhodně očištěn pro obsluhu stroje a připraven na další manipulaci s obrobkem.

Toto čištění probíhá nejčastěji mezi jednotlivými cykly výroby. Nejprve se obrobek zbaví špon a následuje ošetření protikorozní ochranou a to mimo stroj.

Pro odstranění časových prodlev a nebezpečí poranění obsluhy stroje může být použito tzv. myček obrobků viz. obr. 4.12 a obr. 4.13. Tyto myčky jsou bezpečné a celý proces konečného očištění obrobku pro zákazníka probíhá v uzavřeném prostoru. V myčce obrobků je pomocí vysokého tlaku kapaliny a antikoročních přísad obrobek zbaven špon, chladicí kapaliny a dalších nežádoucích nečistot.



Obrázek 4.12: Myčka hotových součástí



Obrázek 4.13: Myčka hotových součástí

# Kapitola 5

## Závěr

Upínací přípravky jejichž výroba je popsána v 4 a které byly vyrobeny v rámci této absolventské práce, jsou používány ve firmě, která si nepřeje být jmenována. Oba upínací přípravky mají své inventární číslo a mohou být kdykoli použity podle potřeby zákazníka.

V první části této práce bylo uvedeno základní rozdělení upínacích mechanismů. Toto rozdělení uvede čtenáře do problematiky upínání na obráběcích strojích a rozšíří povědomí o tom, které druhy upínání se v technické praxi používají.

Následně byly za velké pomoci odborného konzultanta vytvořeny požadavky 3, podle kterých je možné postupovat. Při výrobě upínacích přípravků bylo podle těchto požadavků převážně postupováno. Na základě těchto požadavků, bylo jasné, které důležité dokumenty měly být od zákazníka obdrženy (technický výkres) a které měly být pro zákazníka vytvořeny (technologický postup).

Posledním krokem byla samotná realizace upínacích přípravků. Nejprve musel být překreslen technický výkres z 2D modelu do počítačového 3D modelu. Při tomto překreslení bylo využito zkušeností z předmětu K3D vyučovaného v rámci tohoto studia ve druhém ročníku na Vyšší odborné škole, Střední škole a Centru odborné přípravy v Sezimově Ústí (<http://www.copsu.cz/cs/nabidka-oboru/obory-vyssi-odborne-skoly.html/>). Následovalo vytvoření technologického postupu, které udalo jasný směr návrhu přípravku a výběru stroje. Poté co byl vybrán stroj, na kterém se bude součást vyrábět, mohlo být přistoupeno k samotnému návrhu a následně k realizaci upínacích přípravků. Při návrhu upínacích přípravků musela být zohledněna velikost pracovního prostoru stroje, aby nedošlo k poškození: upínacího přípravku, nástroje, stroje nebo obrobku. Poslední fází bylo sestavení upínacích přípravků, které bylo realizováno na základě technického výkresu upínacích přípravků. Technický výkres upínacích přípravků nemůže být zveřejněn v této práci z důvodu KNOW-HOW firmy, ve které byly upínací přípravky vytvořeny.

# Literatura

- COROMANT, A. S. (1997), *Příručka obrábění*, 1. české vydání edn, AB Sandvik Coromant S-811 81 Sandviken, Švédsko. ISBN 91-97 22 99-4-6.
- DILLINGER, J. A KOL. (2007), *Moderní strojírenství pro školu i praxi*, Praha: Europa – Sobotáles. ISBN 978-80-86706-19-1.
- KARAFIÁTOVÁ, S. A LANGER, I (1998), *Nekonvenční technologie*, Havlíčkův Brod: Nakladatelství FRAGMENT. ISBN 80-7200-296-1.
- SCHENK, C. (2009), MiKTeX [online]. [cit. 2009-06-16], <http://www.miktex.org/>.
- TEAM HEADQUATERS, S. (2013), *Sales manual*, Yamazaki Mazak Corporation.

# Příloha A

## Obsah přiloženého DVD

K této práci je přiloženo DVD s následující adresářovou strukturou.

- Absolventská práce v  $\text{\LaTeX} 2_{\epsilon}$
- Technický výkres obrobku: Technický výkres obrobku ve formátu PDF
- Technologický postup obrobku: Technologický postup obrobku ve formátu PDF
- Kovanda.AP.2015.pdf – absolventská práce ve formátu PDF

# Příloha B

## Použitý software

**Adobe Photoshop**  $\langle$ <http://www.adobe.com/cz/cz/products/photoshop.html/> $\rangle$

**LaTeX2e**  $\langle$ <http://www.miktex.org/> $\rangle$

**MATLAB/Simulink R2006b**  $\langle$ <http://www.mathworks.com> $\rangle$

**Solid Edge ST5**  $\langle$ <http://www.solidedge.com/> $\rangle$

**WinEdt 6.0**  $\langle$ <http://www.winedt.com/> $\rangle$

Software z výše uvedeného seznamu je buď volně dostupný, nebo je toho času jeho vlastníkem Vyšší odborná škola, Střední škola, Centrum odborné přípravy, Sezimovo Ústí, Budějovická 421, kde autor téhož času studoval a vytvořil tuto absolventskou práci.

# Příloha C

## Časový plán absolventské práce

Činnost	Časová náročnost	Termín ukončení	Splněno
návrh struktury práce, klíčové body	1 měsíc	16.11.2014	16.11.2014
rešerže problému, získání materiálu z praxe	2 týdny	30.11.2014	30.11.2014
text druhé kapitoly do AP	1 měsíc	31.12.2014	31.12.2014
text třetí kapitoly do AP	2 měsíce	08.03.2015	08.03.2015
korekce třetí kapitoly	1 měsíc	05.04.2015	10.04.2015
text čtvrté kapitoly do AP	1 měsíc	17.04.2015	30.04.2015
jazyková korektura	1 týden	24.04.2015	04.05.2015