



# VYSOKÉ UČENÍ TECHNICKÉ V BRNĚ

BRNO UNIVERSITY OF TECHNOLOGY

## FAKULTA STROJNÍHO INŽENÝRSTVÍ

FACULTY OF MECHANICAL ENGINEERING

## ÚSTAV KONSTRUOVÁNÍ

INSTITUTE OF MACHINE AND INDUSTRIAL DESIGN

# KONSTRUKCE PŘÍPRAVKU PRO OBRÁBĚNÍ SOUČÁSTI AUTOKLIMATIZACE

DESIGN OF A FIXTURE FOR MACHINING A CAR AIR CONDITIONING COMPONENT

## BAKALÁŘSKÁ PRÁCE

BACHELOR'S THESIS

## AUTOR PRÁCE

AUTHOR

Tomáš Šetek

## VEDOUCÍ PRÁCE

SUPERVISOR

doc. Ing. Petr Svoboda, Ph.D.

BRNO 2024



# Zadání bakalářské práce

Ústav: Ústav konstruování  
Student: **Tomáš Šetek**  
Studijní program: Základy strojíního inženýrství  
Studijní obor: Základy strojíního inženýrství  
Vedoucí práce: **doc. Ing. Petr Svoboda, Ph.D.**  
Akademický rok: 2023/24

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

## Konstrukce přípravku pro obrábění součásti autoklimatizace

### Stručná charakteristika problematiky úkolu:

Díky rozvoji technologií a vysoké poptávce narůstá výroba komponentů vyráběných z polotovarů na CNC obráběcích strojích. Realizace každé operace obrábění vyžaduje určité konstrukční a technologické uspořádání obrobku. Konstrukce frézovacího přípravku pro CNC obráběcí stroj umožní progresivní výrobu.

Typ práce: vývojová – konstrukční

### Cíle bakalářské práce:

Hlavním cílem je konstrukční návrh frézovacího přípravku pro upnutí součásti autoklimatizace na CNC obráběcím stroji se čtyřmi osami.

Dílčí cíle bakalářské práce:

- analyzovat problém a provést bibliografickou rešerši existujících řešení upínání pro sériovou výrobu,
- vypracovat koncepční návrhy možných řešení,
- rozpracovat vybraný návrh do podoby výkresové dokumentace.

Požadované výstupy: průvodní zpráva, výkresy součástí, výkres sestavení.

Rozsah práce: cca 27 000 znaků (15 – 20 stran textu bez obrázků).

Časový plán, struktura práce a šablona průvodní zprávy jsou závazné:

<https://www.ustavkonstruovani.cz/texty/bakalarske-studium-ukonceni/>

### Seznam doporučené literatury:

BAKKER, O.J., T.N. PAPASTATHIS, A.A. POPOV a S.M. RATCHEV. Active fixturing: literature review and future research directions. International Journal of Production Research. 2013, 51(11), 3171-3190. DOI: 10.1080/00207543.2012.695893. ISSN 0020-7543.

ŘASA, J. Strojírenská technologie 4: Návrhy nástrojů, přípravků a měřidel. Zásady montáže. Praha: Scientia, 2003. ISBN 978-80-7183-284-3.

HOFFMAN, E.G. Jig and fixture design. 5th ed. Clifton Park, NY: Thomson/Delmar Learning, 2004. ISBN 978-1401811075.

CAMPBELL, P.D. Basic fixture design. New York, N.Y.: Industrial Press, 1994. ISBN 978-0-8311-3052-7.

Termín odevzdání bakalářské práce je stanoven časovým plánem akademického roku 2023/24

V Brně, dne

L. S.

---

prof. Ing. Martin Hartl, Ph.D.  
ředitel ústavu

---

doc. Ing. Jiří Hlinka, Ph.D.  
děkan fakulty

## ABSTRAKT

Bakalářská práce se zabývá problematikou návrhu upínacího přípravku. Upínací přípravky umožňují rychlou a kvalitní výrobu komponent při stále zvyšující se poptávce obráběných polotovarů na CNC obráběcích center. Cílem této práce bylo navrhnout frézovací přípravek pro součást automobilního kompresoru s ohledem na minimální výrobní náklady, jednoduchost konstrukce a snížení strojních časů. Výstupem práce je vybraný návrh zpracovaný v podobě výkresové dokumentace. Součástí práce je přehled konstrukčních zásad při návrhu přípravků, komerčně dostupné upínače, CNC frézky a otočné či sklopné stoly, které slouží jako přídavné osy CNC frézek.

## KLÍČOVÁ SLOVA

frézovací přípravek, upínací přípravek, návrh přípravku, CNC frézky

## ABSTRACT

The bachelor thesis deals with the design of the fixture. Clamping jigs enable fast and high quality production of components in the ever increasing demand of machined blanks on CNC machining centres. The aim of this thesis was to design a milling jig for an automotive compressor component with respect to minimum manufacturing cost, simplicity of design and reduction in machine time. The output of the work is the selected design prepared in the form of drawings. The work includes a review of design principles in jig design, commercially available fixtures, CNC milling machines and rotary or tilting tables that serve as additional axes of CNC milling machines.

## KEYWORDS

milling fixture, clamping fixture, design of a fixture, CNC milling machines



## BIBLIOGRAFICKÁ CITACE

ŠETEK, Tomáš. Konstrukce přípravku pro obrábění součásti autoklimatizace [online]. Brno, 2024 [cit. 2024-02-13]. Dostupné z: <https://www.vut.cz/studenti/zav-prace/detail/157285>. Bakalářská práce. Vysoké učení technické v Brně, Fakulta strojního inženýrství, Ústav konstruování. Vedoucí práce Petr Svoboda.





## PODĚKOVÁNÍ

Na tomto místě bych rád poděkoval vedoucímu mé bakalářské práce panu doc. Ing. Petru Svobodovi, Ph.D. za připomínky, cenné rady a ochotu při konzultacích. Dále bych rád poděkoval své rodině za podporu při studiu.

## PROHLÁŠENÍ AUTORA O PŮVODNOSTI PRÁCE

Prohlašuji, že diplomovou práci jsem vypracoval samostatně, pod odborným vedením doc. Ing. Petra Svobody, Ph.D. Současně prohlašuji, že všechny zdroje obrazových a textových informací, ze kterých jsem čerpal, jsou řádně citovány v seznamu použitých zdrojů.

.....

Podpis autora



# OBSAH

<b>1</b>	<b>ÚVOD</b>	<b>13</b>
<b>2</b>	<b>PŘEHLED SOUČASNÉHO STAVU POZNÁNÍ</b>	<b>14</b>
2.1	Upínací přípravky	14
2.1.1	Zásady konstrukce přípravků	15
2.1.2	Ustavení součásti	15
2.2	Komerčně dostupné upínače na trhu	18
2.2.1	Pákové rychloupínače HALDER	18
2.2.2	Pneumatické upínače NORELEM	19
2.2.3	Nízko profilové upínače OK-VISE	22
2.2.4	Kurt 6“ Double Station Vise	23
2.2.5	HILMA.MCP ZH ROEMHELD	24
2.2.6	ZeroClamp	25
2.3	Komerčně dostupné CNC obráběcí centra	26
2.3.1	DMG MORI CMX 1100 V	27
2.3.2	HAAS VF-3SS	28
2.3.3	MCV 1270 SPRINT	29
2.3.4	HC 400 II	29
2.4	Komerčně dostupné otočné a sklopné stoly	30
2.4.1	HAAS HRT310SS	31
2.4.2	Nikken 5AX-100	31
2.4.3	Kitagawa TW2180	32
<b>3</b>	<b>ANALÝZA PROBLÉMU A CÍL PRÁCE</b>	<b>33</b>
3.1	Analýza problému	33
3.2	Cíl práce	33
<b>4</b>	<b>KONCEPČNÍ ŘEŠENÍ</b>	<b>35</b>
4.1	Koncept 1	36
4.2	Koncept 2	37
4.3	Koncept 3	38
<b>5</b>	<b>KONSTRUKČNÍ ŘEŠENÍ</b>	<b>39</b>
5.1	Výběr konceptu	39

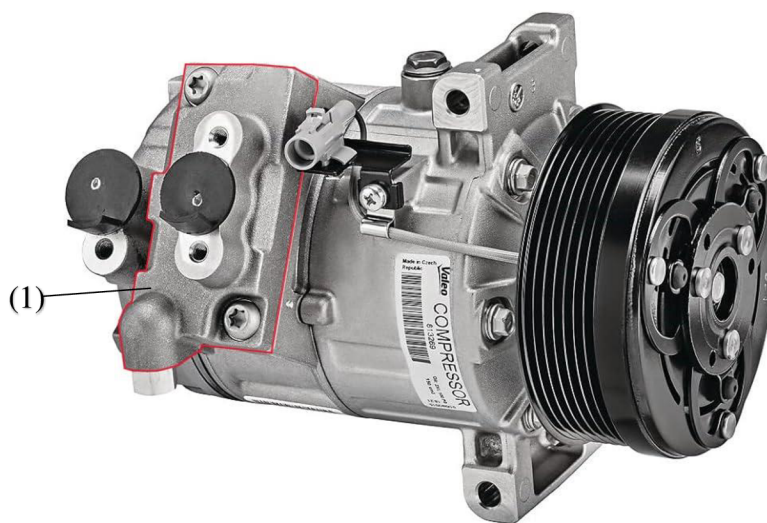
5.2	Konstrukční řešení frézovacího přípravku	39
5.2.1	Základová deska	40
5.2.2	Opěrka první obráběcí operace	41
5.2.3	Opěrka druhé obráběcí operace	42
5.2.4	Pružná boční opěrka	42
5.2.5	Středící čepy	43
5.2.6	Hydraulický válec HA-VB1	44
<b>6</b>	<b>DISKUZE</b>	<b>45</b>
<b>7</b>	<b>ZÁVĚR</b>	<b>46</b>
<b>8</b>	<b>SEZNAM POUŽITÝCH ZDROJŮ</b>	<b>47</b>
<b>9</b>	<b>SEZNAM OBRÁZKŮ A GRAFŮ</b>	<b>52</b>
<b>10</b>	<b>SEZNAM TABULEK</b>	<b>54</b>
<b>11</b>	<b>SEZNAM PŘÍLOH</b>	<b>55</b>

# 1 ÚVOD

Tato práce se zabývá návrhem upínacího frézovacího přípravku pro zadanou součást vyráběnou na CNC frézce. Součást je v rámci sériové výroby tlakově odlévána, ale funkční plochy je potřeba dále obrobit. Z důvodu mnoha vyrobených kusů je potřeba navrhnout upínací přípravek, který umožní progresivní výrobu na CNC frézce s rychlou a přesnou možností obrábění těchto ploch. Přípravek bude navrhnout s ohledem na nízké strojní časy, jednoduchost konstrukce a nízké náklady na výrobu frézovacího přípravku.

V této práci je nejdříve popsáno využití přípravků a rozdělení přípravků z různých hledisek. Dále jsou představeny základní konstrukční zásady přípravků a ustavení součásti v prostoru přípravku. Poté je zpracován přehled komerčně dostupných upínacích zařízení, CNC frézek a otočných stolů, které je možné použít pro obrábění zadané součásti. Následně jsou představeny koncepty, které jsou porovnány a následně je vybrán jeden koncept k dalšímu řešení do formy konstrukčního řešení a výkresové dokumentace.

Součást (1) se nachází na plášti automobilového kompresoru VALEO 813269, který se používal například v automobilech Suzuki Grand Vitara v letech 2006 až 2008. Součást slouží jako připojovací prvek pneumatických hadic pro stlačený vzduch pro další využití, dále obsahuje bezpečnostní prvek ve formě přetlakového ventilu.



Obr. 1-1 Kompresor VALEO 813269 [1]

## 2 PŘEHLED SOUČASNÉHO STAVU POZNÁNÍ

### 2.1 Upínací přípravky

Upínací přípravky jsou zařízení, které slouží k jednoznačnému ustavení a pevnému upnutí při obrábění [2]. Přípravky se používají za účelem zlepšení hospodárnosti výroby součástí, v některých případech je však použití přípravku pro vykonání potřebné operace nezbytné [2]. Přípravky se dají také použít jako pomocné zařízení k vzájemnému přidržení součástí s účelem jejich sestavení v jeden celek nebo také k vedení obráběcího nástroje, například jako vodící pouzdra, která vedou vrták při vrtání [2].

Přípravky lze rozdělit dle hlediska použitelnosti na přípravky univerzální, skupinové, stavebnicové a speciální [3]. Univerzální přípravky slouží k upínání několika obrobků stejného typu, ale jiných velikostí a tvarů [3]. Skupinové přípravky jsou přípravky, u nichž je přípravek nebo část přípravku společná pro skupinu součástí.[3]. Tyto přípravky se skládají z trvalých a vyměnitelných nebo seřiditelných součástí, trvalé jsou části jako těleso přípravku, upínací mechanismus a jeho silová jednotka apod. Seřiditelné a vyměnitelné jsou ty elementy, které součást pevně ustavují nebo vedou nástroj, v některých případech to může být i upínací element [3]. Stavebnicové přípravky jsou sestaveny z normalizovaných dílů v požadovaný přípravek [3]. Speciální přípravky jsou určeny k upínání jedné konkrétní součásti pro danou obráběcí operaci, jedná se o jednoúčelové upínací přípravky, ve kterém lze součást ideálně ustavit a upnout [3].

Konstrukce přípravků se řídí druhem výroby, tj. kusová, sériová nebo hromadná [2]. Pro hromadnou výrobu je výhodné použití složitějších speciálních přípravků za účelem dosažení největších řezných výkonů při nejkratších vedlejších časech [2]. Pro sériovou výrobu je vhodné navrhnout vhodný speciální přípravek, který zaručuje správné a rychlé ustavení součásti vzhledem k nástroji bez významného zasažení dělníka, často také odstraňují potřebu proměrování, tím se podstatně zkracují vedlejší časy při zachování dostatečné přesnosti výroby [2]. Při kusové výrobě se součásti obrábějí nebo montují pomocí konvenčních výrobních zařízení, případně se použije pomůcek nezbytné pro dané operace [2].

Upínací přípravky můžeme taky dělit podle způsobu upínání přípravky s ručním nebo mechanickým upínáním [3]. Přípravky s ručním upínáním musí být řešeny tak, aby fyzické úsilí vynaložené dělníkem byla co nejmenší [3]. Přípravky s mechanickým upínáním dále dělíme podle zdroje upínací síly, a to na pneumatické, hydraulické, elektromotorické, elektromagnetické a podtlakové, případně jejich kombinací [3].

## 2.1.1 Zásady konstrukce přípravků

Při konstrukci přípravku se musíme řídit následujícími zásadami:

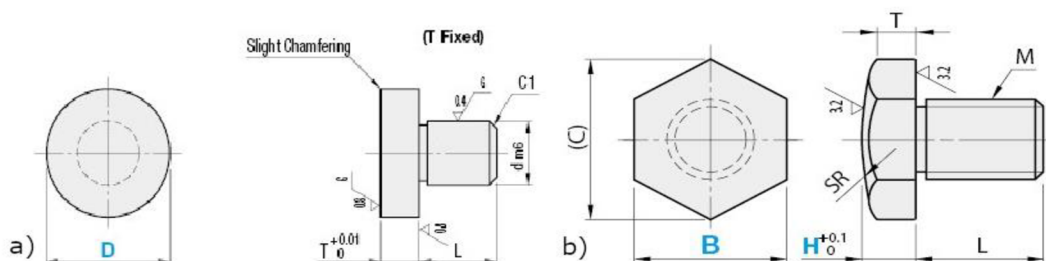
- a) Před návrhem přípravku se musí přesně vyjasnit celý obráběcí postup, důležitost se klade, aby se při první obráběcí operaci získala základní plocha nebo díra, které budou využívat v následujících operacích [2].
- b) Obráběná plocha musí ležet co nejbliže k upínací ploše, kvůli stabilitě přípravku [3].
- c) Přípravek musí být dostatečně tuhý, aby se nedeformoval vlivem řezných sil [2].
- d) Ustavení obrobku musí být zajištěno pevnými dorazy, proti kterým by v ideálním případě měla působit výslednice řezných sil [2].
- e) Přípravky upínané na vřeteno by měly být lehké a vyvážené, aby nezvyšovaly moment setrvačnosti vřetena a nezpůsobovaly tím nepřipustné chvění vřetena, čímž by došlo k nepřesnostem výroby a menší životnosti stroje [3; 2].
- f) Plochy, které podléhají opotřebení musí být tvrdé, případně vyměnitelné [2].
- g) Obsluha přípravku má být jednoduchá a pohodlná, ovládací prvky nesmí překážet pohybu nástroje a jejich počet by měl být co nejmenší [2][3].
- h) Hmotnost přípravku by neměla překročit 20 kg, při překročení tohoto limitu přípravek musí být opatřeny rukojetmi či závěsnými oky ke zvednutí přípravku. [2].
- i) Při konstrukci je nutno pamatovat na odtok chladicí či řezné kapaliny a odvod třísek a snadný přístup k dosedacím plochám při jejich čištění [2][3].
- j) Při konstrukci je vhodné použít co nejvíce normalizovaných součástí [3].
- k) Přípravek musí mít uzpůsobenou konstrukci tak, aby nebylo možné vložit součástku obráceně [2].

## 2.1.2 Ustavení součástí

Poloha každého tělesa v prostoru má v kartézském souřadném systému šest stupňů volnosti, jde o tři posuvy ve směru os  $x$ ,  $y$ ,  $z$  a třemi rotacemi kolem těchto os [2]. Šesti stupňům volnosti odpovídá šest opěrných prvků [2].

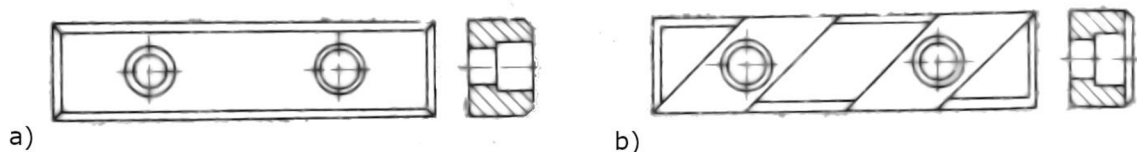
Bereme-li v potaz kvádrové těleso, poté rozdělení šesti opěrných prvků na jednotlivé stěny kvádra je v poměru 3:2:1, což dává celkem šest odebraných stupňů volnosti [2]. Plochy v kontaktu s opěrnými prvky se nazývají ustavovací plochy [3]. Ustavovací plocha, která odebírá 3 stupně volnosti se nazývá hlavní ustavovací plocha [3]. Plocha, která odebírá dva stupně volnosti se nazývá opěrná plocha a třetí plocha odebírající jeden stupeň volnosti se označuje jako dorazová plocha [3]. Při konstrukci by největší plocha měla být zvolena jako hlavní ustavovací plochu a nejdelší plocha za opěrnou plochu, při dodržení této zásady je zajištěno nejspolehlivější ustavení součásti [3].

Mezi nejjednodušší opěrné prvky patří čepy, k opření již obrobených ploch se používají čepy s rovinnou plochou, k opření neobrobené plochy jsou určeny čepy s kulovou [3]. Čepy s kulovou plochou se nesmí používat pro ustavení již obrobených součástí, jelikož by mohlo při upnutí dojít k jejich otlacení [3]. Čepy se do přípravku lisují nebo šroubují a jsou normalizované [2].



Obr. 2-1 Pevná opěrka a) s rovinnou plochou [4] b) s kulovou plochou [5]

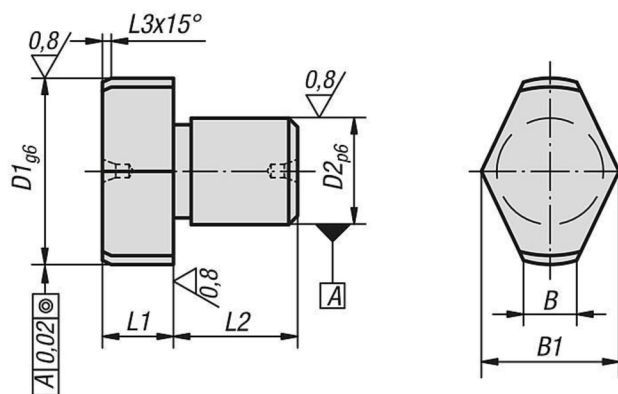
Pro opření těžkých a velkých součástí, nebo k zachycení velkých řezných sil se používají opěrné lišty. Opěrná plocha musí být přesně obrobena, aby dosedala po celé délce lišty, pro lepší funkci se zhotovují lišty ideálně úzké a krátké [3]. Opěrné lišty se k přípravku šroubují dvěma nebo více šrouby [2]. Provedení dle obr. 2-2a dovoluje zachycení třísek a nečistot v díře pro šrouby a tím možné nepřesné dosednutí obrobku na lištu [2]. Tuto nevýhodu odstraňuje provedení dle obr. 2-2b, kde je v místě děr pro šrouby drážka, která je výhodná při čištění [2].



Obr. 2-2 Opěrná lišta a) bez drážek [2] b) s drážkami [2]

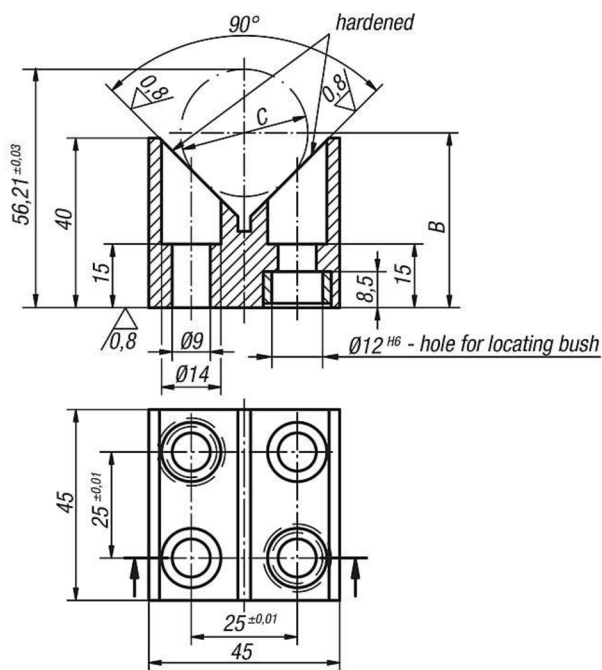
Pro ustavení součástek s přesnými otvory se používají středící čepy [2]. Využívá se buď dvojice plných čepů, nebo jednoho plného a zploštělého čepu [3]. Vhodnější je použití dvojice zploštělého a plného čepu, kde zploštělý čep nemá vliv na ustavení obrobku ve dvou vzájemně kolmých směrech, ale zlehčuje jeho ustavení do přípravku při zmenšení radiální vůle mezi dírou obrobku a středícím čepem, tím se zvyšuje přesnost ustavení obrobku v přípravku [3].





Obr. 2-3 Zploštělý středící čep [6]

Válcové součásti se podepírají prizmatickými opěrami [2]. Prizmatické opěry odebírají 4 stupně volnosti. Úhel rozevření bývá 60° až 120°, nejčastěji však 90° [2]. Poloha prizmatických opěr se vymezuje dvěma kolíky a k tělesu se připevňuje dvěma šrouby [2].



Obr. 2-4 Prizmatická opěra [7]

## 2.2 Komerčně dostupné upínače na trhu

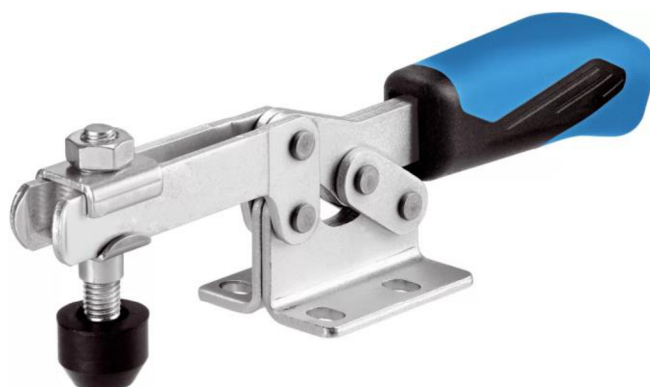
### 2.2.1 Pákové rychloupínače HALDER

Pákové rychloupínače se vyznačují ideálním poměrem upínací síly, zdvihu a snadnou manipulací [8]. Používají se například při upínání obrobků při vrtání, svařování, ohýbání, broušení, testování a montáži nebo ve plastikářském a dřevozpracujícím průmyslu [8]. Konstrukce pákových rychloupínačů umožňuje široké a rychlé otevření upínače, což umožňuje volné vyjmutí a vkládání obrobků [8]. Velký délkový poměr pák umožňuje vysoké upínací síly při malých ovládacích silách [8]. Upínač je v pracovní poloze samosvorný, což zamezuje jeho otevření během obrábění [8]. Pákové rychloupínače jsou určeny pro dlouhodobý a bezúdržbový chod [8].

#### Pákový rychloupínač vodorovný HALDER

Tab. 2-1 Parametry vodorovného pákového upínače HALDER [8]

Velikost šroubu	Maximální upínací síla [kN]
M4x25	0,4
M5x30	1,1
M6x35	1,2
M5x30	1,1
M6x35	1,2
M8x45	2,5



Obr. 2-5 Vodorovný pákový upínač HALDER [8]

## Pákový rychloupínač přímý HALDER

Tab. 2-1 Parametry přímého pákového upínače HALDER [9]

Velikost šroubu	Zdvih [mm]	Maximální upínací síla [kN]
M4x20	16	0,8
M4x20	20	1
M6x25	26	2
M8x35	32	2,5
M12x50	40	4,5



Obr. 2-6 Přímý pákový upínač HALDER [9]

### 2.2.2 Pneumatické upínače NORELEM

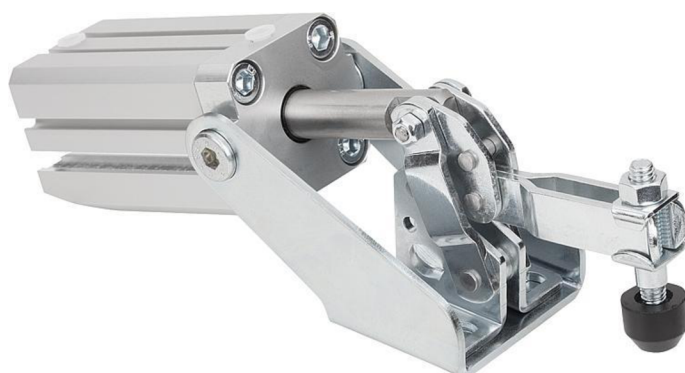
Pneumatické upínače nabízejí oproti ručním upínačům jisté výhody a to, že zbavují obsluhu potřeby častého manuálního upínání, velikost upínací síly je vždy konstantní, současně lze ovládat několik upínačů zároveň, což dále zkracuje nastavovací časy a upínání lze ovládat v určitém pořadí [10]. K vyvození upínací síly využívají pístní tyče, které jsou ovládány stlačeným vzduchem, čímž dojde k pohybu pákového mechanismu, tudíž k upnutí součástí [11]. Díky kombinaci pákového mechanismu a pneumatického válce dojde k větší upínací síle, než při použití samotného válce.

## Pneumatický vodorovný upínač NORELEM

Jednotlivé komponenty páky tohoto upínače jsou vyrobeny z pozinkované oceli, zatímco čepy jsou vyrobeny z korozi-vzdorné oceli [10]. Pneumatický válec je dvojčinný a je opatřen magnetickým pístem pro snímání koncové polohy [10]. Přítlačný šroub, opatřený ochrannou krytkou, je zušlechtěn, pozinkován a pasivován [10].

Tab. 2-2 Parametry vodorovného pneumatického upínače NORELEM [10]

Velikost šroubu	Maximální upínací síla [kN]	Spotřeba vzduchu na dvojitý zdvih při 6 barech [dm <sup>3</sup> ]
M5x30	0,3	0,08
M6x35	1	0,26
M8x45	1,1	0,35
M8x65	2,2	0,8



Obr. 2-7 Pneumatický vodorovný upínač NORELEM [10]

## Pneumatický přímý upínač NORELEM

Posuvná tyč a jednotlivé komponenty páky upínače jsou vyrobeny z pozinkované a zušlechtěné oceli, přičemž všechny součásti jsou navíc pasivovány [12]. Základní těleso upínače je vyrobeno z temperované litiny [12]. Tento pneumatický upínač lze použít jako tlakový, tak i jako tahový upínač [12]. Přítlačný šroub, opatřený ochrannou krytkou, je zušlechtěn, pozinkován a pasivován. Pneumatický válec je dvojčinný [12].

Tab. 2-3 Parametry přímého pneumatického upínače NORELEM [12]

Velikost šroubu	Zdvih [mm]	Maximální upínací síla [kN]	Spotřeba vzduchu na dvojitý zdvih při 6 barech [dm <sup>3</sup> ]
M8x35	20	2,5	0,8
M12x50	29	5	2,2
M12x50	38	10	4,5



Obr. 2-8 Pneumatický přímý upínač NORELEM [12]

### Otočný pneumatický upínač NORELEM

Otočné upínače jsou vhodné tam, kde je nutné upínat obrobky shora [13]. Otočná a upínací funkce je řešena pneumaticky. Otočná funkce zaručuje volné vložení a vyjmutí obrobků z přípravku [13]. Otočný upínač lze pořídit ve variantě s otáčením doleva, tak i doprava [13]. Ovládání upínače může být řešeno strojním i ručním způsobem [13]. Materiál tělesa upínače a upínacího šroubu je ze zušlechtěné poniklované oceli [13].

Tab. 2-4 Parametry otočného pneumatického upínače NORELEM [12]

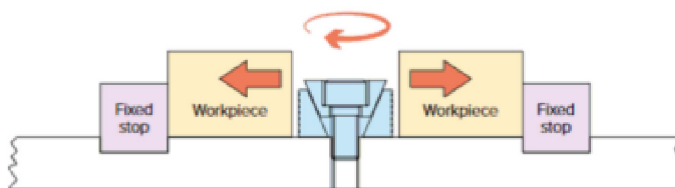
Provedení	Velikost šroubu	Upínací dráha [mm]	Upínací síla při 0,5 MPa [N]	Provozní tlak [MPa]
Levé/Pravé	M8	1,2	400	0,3 až 0,7
Levé/Pravé	M10	1,6	650	0,3 až 0,7



Obr. 2-9 Pneumatiký otočný upínač NORELEM [12]

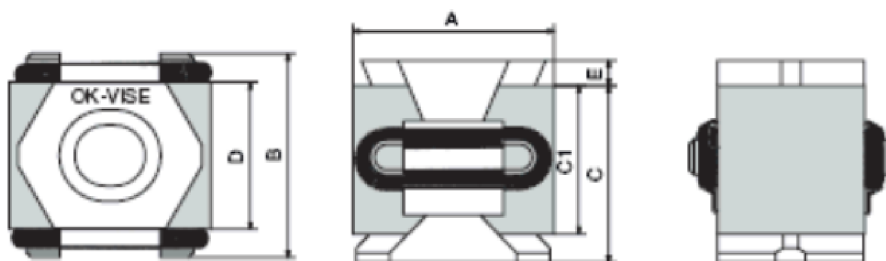
### 2.2.3 Nízko profilové upínače OK-VISE

Upínače OK-VISE jsou klínové upínače, které se při utahování šroubu roztahují do stran a tím tlačí obrobky proti pevným opěrkám [14]. Díky klínovému mechanismu je možné upínat dvě součásti naráz při utahování pouze jednoho šroubu. I přes malé rozměry upínače, dokáže tyto upínače vyvinout upínací sílu až 150 kN [14].



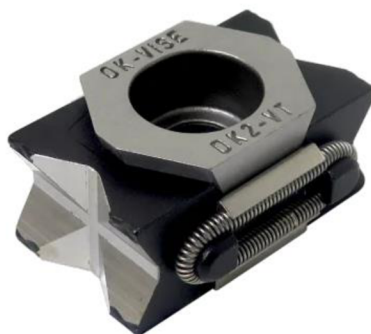
Obr. 2-10 Princip funkce upínačů OK-VISE [14]

Výrobce nabízí upínače ve dvou variantách, a to jednoklínové a dvouklínové. Dvouklínové upínače mají tu výhodu, že tlačí obrobek nejen vůči pevným opěrkám, ale vyvozují také sílu, která tlačí obrobek vůči základové desce přípravku [15].



Obr. 2-11 Schéma dvouklínového upínače OK-VISE [15]

Výrobce dále nabízí různé typy čelistí. Mezi dostupné varianty čelistí patří hladké čelisti, zoubkované čelisti, čelisti s přídavkem na obrábění, V-čelisti a čelisti potažené karbidem wolframu [16]. V-čelist je speciálně navržena pro válcové obrobky a funguje jako prismatická opěrka ve vertikálním i horizontálním směru [17]. Opěrky potažené karbidem wolframu se používají v případech, kde je důležité minimalizovat stopy čelistí na obrobku po upnutí vlivem upínacích sil, ale je zároveň požadováno vysokého tření [18]. Výrobce dodává upínače v mechanických, hydraulických a elektrických variantách [19].



Obr. 2-12 Upínač OK-VISE s V čelistmi

Tab. 2-5 Parametry OK-VISE upínače s hladkými čelistmi [20]

Velikost šroubu	Maximální upínací síla [kN]	Maximální utahovací moment [Nm]	Maximální šířka upínače [mm]
M8x20	25	44	31
M12x30	65	145	49
M14x40	110	360	60

## 2.2.4 Kurt 6“ Double Station Vise

Tento upínač se vyznačuje schopností upnout dvě součásti současně. Během utahování se obě čelisti pohybují směrem ke středové čelisti souběžně, avšak pracují nezávisle na sobě, tím je zajištěno, že v případě, kdy jsou upínané součásti odlišných rozměrů, jedna čelist s delší součástí se upne první, zatímco druhá čelist se stále pohybuje a následně upne i menší součást [20]. Výrobce udává vysokou úroveň přesnosti opakovaného upínání tohoto zařízení, uvádějící až do 0,005 mm. Konstrukce upínače je navržena s důrazem na tuhost, což zajišťuje dlouhodobou přesnost upínání a absorpci vibrací, které mohou vzniknout během obráběcího procesu [20].

Tab. 2-6 Parametry upínače Kurt 6" Double Station Vise [21]

Zdvih [mm]	Maximální upínací síla [kN]	Maximální utahovací moment [Nm]
101,6	33	95



Obr. 2-13 Kurt 6" Double Station Vise [21]

## 2.2.5 HILMA.MCP ZH ROEMHELD

Upínače patřící do řady HILMA.MCP se vynikajícím způsobem uplatňují při pětiosém obrábění, díky jejich kompaktní konstrukci, která umožňuje optimální přístup nástrojů k obrobku [21]. Konstrukce upínače se vyznačuje velmi dobrou tuhostí, což výrazně minimalizuje jakékoli deformace přípravku pod vlivem řezných sil. Všechny důležité komponenty upínače jsou vyrobeny z tvrzené oceli, což zaručuje odolnost a dlouhou životnost tohoto zařízení [21]. Upínač je navržen tak, aby byl soustředný a neobsahoval středový doraz. Obě čelisti se pohybují synchronizovaně a udržují konstantní vzdálenost od středu, což znamená, že je možné upnout součást vždy uprostřed upínače [21]. Upínače této řady jsou kompatibilní s upínacími systémy s nulovým bodem [21]. Výrobce nabízí varianty těchto upínačů v mechanické, tak hydraulické variantě [22].

Tab. 2-7 Parametry upínače HILMA.MPC ZH ROEMHELD [22]

Vzdálenost mezi čelistmi [mm]	Upínací síla [kN]	Pracovní tlak [bar]
6 až 150	10	320
18 až 204	20	270
18 až 400	35	270





Obr. 2-14 HILMA.MCP ZH ROEMHELD [22]

## 2.2.6 ZeroClamp

ZeroClamp představuje inovativní metodu upínání s nulovým bodem, což představuje moderní a efektivní alternativu k tradičnímu upínání v T-drážkách na stolech [22]. Tato technologie nachází uplatnění především při soustružení, frézování, elektrojiskrovém obrábění a dalších odvětví průmyslu [22]. Upínání s nulovým bodem vyniká svou schopností rychlé a precizní výměny upínacích palet prostřednictvím upínacích jednotek [23]. Tyto upínací palety mohou být vybaveny specializovanými přípravky, nebo mohou být využívány k upnutí dalších zařízení jako například strojních svěráků nebo sklíčidel [24]. Je i možnost přímého upnutí obrobku, pokud jeho konstrukce to umožňuje.



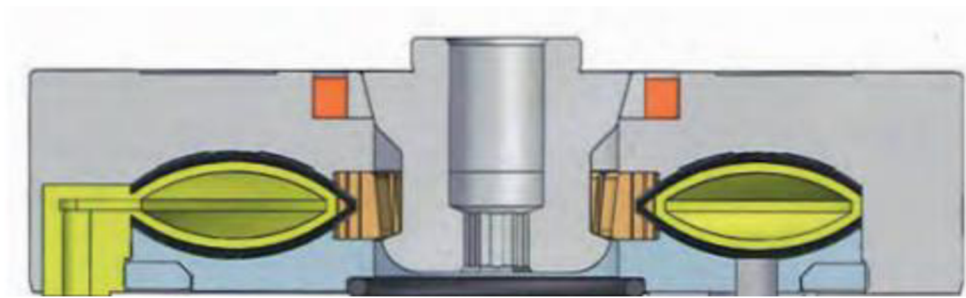
Obr. 2-15 ZeroClamp upínač s nulovým bodem [23]

Proces upínání palet, obrobků či jiných zařízení se provádí pomocí speciálních upínacích čepů. Tyto upínací čepy jsou jedním koncem našroubovány do přesně umístěných děr do palet či jiných zařízení, zatímco druhý konec těchto čepů je upnut v upínací jednotce.



Obr. 2-16 Upínací čep [24]

Výrobce zajišťuje opakovanou přesnost upnutí s odchylkou pod 0,0025 mm a zkrácení nastavovacích časů, a to až o 90 % [23]. K dosažení potřebné upínací síly jsou v tomto upínací využívány pružiny, přičemž velikost upínací síly je v rozmezí od 12,5 kN až po 60 kN, v závislosti na velikosti konkrétní upínací jednotky [23]. Pro uvolnění upínacích čepů se používá pneumatický systém, který pracuje s pouhými 5,5 bary tlaku [22].



Obr. 2-17 Schéma principu funkce upínače ZeroClamp [24]

## 2.3 Komerčně dostupné CNC obráběcí centra

Při sériové či hromadné výrobě je potřeba zvážit využití CNC obráběcích center za účelem zvýšení produktivity, efektivity práce, úspory času a zvýšení jakosti obrobku. Tomuto je docíleno díky mnoha výhodám CNC obráběcích center, jako je například rychlá výměna nástrojů pomocí zásobníku nástrojů, do kterého lze uložit více nástrojů. Další výhodou je také omezení lidského faktoru v procesu za pomoci výrobního programu, který eliminuje chybnost způsobenou člověkem na konvenčních obráběcích strojích nebo téměř úplného vypuštění jakékoliv obsluhy stroje z procesu výroby za pomoci robotických manipulátorů či paletových systémů.

### 2.3.1 DMG MORI CMX 1100 V

Jedná se vertikální tříosé obráběcí centrum od japonské firmy DMG MORI. Tato obráběcí centrum vyniká velmi vysokou tuhostí díky konstrukci stolu pomocí C rámu s dvojitou oporou, čímž se liší od většiny dodavatelů obráběcích strojů [25]. Obráběcí centrum má velice přesné polohování pracovního stolu, předepjaté kuličkové šrouby, pomocí nichž je řešeno polohování pracovního stolu, dosahují tolerančního stupně IT1 ve všech třech osách posuvu [26]. Vřeteno stroje dosahuje až 12000 otáček za minutu a zásobník nástrojů je možné osadit až 30 nástroji [25]. Rychloposuv i obráběcí posuv dosahuje až  $30 \text{ m} \cdot \text{mm}^{-1}$  ve všech osách [27]. Stroj je vybaven velkým pracovním stolem, který podporuje obrábění obrobků o maximálních velikostech až  $1400 \times 560 \times 630 \text{ mm}$  a hmotnostech až 1000 kg. [26]. Obráběcí centrum lze ovládat přes 3 ovládací softwary, podle potřeby uživatele, a to od společností Siemens, Heidenhain nebo Mapp [26].



Obr. 2-18 Obráběcí centrum DMG MORI CMX 1100 V [26]

Stroj je také možno vybavit pomocí otočných a naklápěcích stolů, které podporují obrábění v dalších osách [26]. Ke stroji lze dokoupit i modul pro vyměňování palet PH 150 [26]. Výměník palet umožňuje pojmout až 24 kruhových palet s průměrem 148 mm nebo 4 palety s rozměry  $500 \times 500 \text{ mm}$  při hmotnosti obrobků do 150 kg a přesnosti opakovatelného upnutí pod 0,002 mm [28].



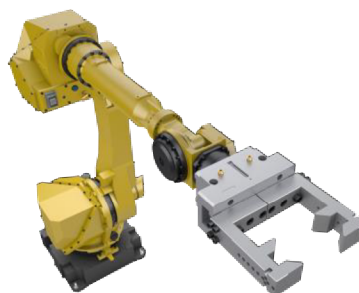
Obr. 2-19 Modul PH 150 s obráběcím centrem DMG MORI CMX 50 U [28]

### 2.3.2 HAAS VF-3SS

Toto vertikální tříosé obráběcí centrum je od americké společnosti HAAS. Obráběcí centrum vyniká převážně díky vysoké rychlosti vřetena, vysoké rychlosti rychloposuvu na všech osách a rychlému zásobníku nástrojů [29]. Maximální výkon vřetene je 22,4 kW. rychlost vřetene je až 12000 otáček za minutu, s možností pořízení vřetena s maximálními otáčkami až 15000 otáček za minutu, rychlost rychloposuvů ve všech osách dosahuje až  $35,6 \text{ m} \cdot \text{mm}^{-1}$  a maximální obráběcí posuv dosahuje až  $21,2 \text{ m} \cdot \text{mm}^{-1}$ , oproti klasické verzi HAAS VF-3, která dosahuje maximální rychlosti vřetene 8100 otáček za minutu, rychlosti posuvů  $25,4 \text{ m} \cdot \text{mm}^{-1}$  a obráběcího posuvu  $16,5 \text{ m} \cdot \text{mm}^{-1}$  [29][30]. Stůl tohoto obráběcího centra umožňuje upnout obrobky o maximálních rozměrech 1219 x 457 mm a maximální zátěži 794 kg [29]. Na obráběcím stole je pět T-drážek o šířce 16 mm [29]. Zásobník nástrojů je možné osadit až 30 nástroji s možností zakoupení zásobníku s 50 nebo 70 pozicemi pro nástroje [29]. Obráběcí centrum lze doplnit o otočný stůl pro doplnění čtvrté a páté řízené osy [29]. Výrobce udává možnost automatizovat vyměňování obrobků pomocí robotického ramene Haas Robot 2 pro obrobky do hmotnost 25 kg nebo výkonnější variantou Haas Robot 3 pro obrobky do hmotnosti 50 kg [29].



a)



b)

Obr. 2-20 Obráběcí centrum HAAS VF-3SS [29] b) robotické rameno Haas Robot 3 [42]

### 2.3.3 MCV 1270 SPRINT

Jedná se o tříosé vertikální obráběcí centrum od české společnosti Kovosvit MAS. Toto vysoko výkonné obráběcí centrum disponuje vřetenem s maximem až 18000 otáček za minutu s výkonem 25 kW a možností maximální rychlostí rychloposuvů ve všech osách až  $40 \text{ m} \cdot \text{mm}^{-1}$  [31]. Pracovní stůl je osazen pěti T-drážkami a má maximální upínací rozměry  $1500 \times 670 \text{ mm}$  s maximálním zatížením 1200 kg [31]. Rychloposuv obráběcího centra dosahuje až  $40 \text{ m} \cdot \text{mm}^{-1}$  ve všech osách [31]. Výrobce uvádí přesnost opakovatelného polohování až 0,006 mm [31]. Zásobník nástrojů má kapacitu 30 nástrojů s možností zakoupení rozšíření na zásobník s 60 nástroji [31]. Obráběcí centrum lze doplnit o sklopný nebo natáčecí stůl od společnosti Hofmann nebo Kitagawa k přidání 4. nebo 5. řídicí osy [31].



Obr. 2-21 Obráběcí centrum MCV 1270 [31]

### 2.3.4 HC 400 II

Jedná se o tříosé horizontální obráběcí centrum od jihokorejské společnosti DN Solutions. Jedná se o obráběcí centrum, které má v základní verzi 4 pracovní palety s možností pracovat až s 9 paletami za pomoci takzvaného multi-paletového výměníku, je zde i možnost zvýšit produkci pomocí lineárního paletového systému, který pojme až 72 palet [32]. Velikost palet je  $400 \times 400 \text{ mm}$  pro oba systémy a jejich maximální únosnost je 400 kg [32]. Zároveň toto obráběcí centrum vyniká velkým zásobníkem nástrojů, ve standardní verzi stroje je zásobník nástrojů navržen tak, aby pojmul 60 nástrojů, je však možné zásobník rozšířit na verzi pro 80 nebo až 116 nástrojů [32]. Zdvih v jednotlivých osách  $x$ ,  $y$ ,  $z$  je  $600 \times 560 \times 565 \text{ mm}$  a v každé ose má obráběcí centrum maximální rychlost rychloposuvů 40 metrů za minutu [32]. Vřeteno má maximálně 8000 otáček za minutu s možností zakoupení vřetena s maximem 12000 otáček za minutu a výkonem 11 nebo 18,5 kW [32].



Obr. 2-22 Obráběcí centrum HC 400 II [32]

Tab. 2-8 Porovnání parametrů CNC frézek

Označení stroje	Maximální otáčky [min <sup>-1</sup> ]	Maximální rozměry stolu / Zdvih / Maximální upínací rozměr [mm]	Maximální rychlost posuvu [m·mm <sup>-1</sup> ]
DMG MORI CMX 1100	12000	1400 x 560	30
HAAS VF-3SS	12000/15000	1219 x 457	35,6
MCV 1270 SPRINT	18000	1500 x 670	40
HC 400II	8000/12000	600 x 560	40

## 2.4 Komerčně dostupné otočné a sklopné stoly

Za účelem využití dalších možností, které nabízejí CNC obráběcí centra lze zakoupit a nainstalovat modul v podobě otočného či sklopného stolu. Využití těchto modulů spočívá v přidání čtvrté a paté řídicí osy. Přidáním těchto řídicích os lze obrábět výrobně složitější součásti, které by na samostatných CNC zařízeních nebylo možné zhotovit, jako například díry pod úhlem, rádiusy, zakřivené plochy apod.

### 2.4.1 HAAS HRT310SS

Jedná se o otočný stůl k přidání čtvrté řídicí osy od americké společnosti HAAS. Jde o rychlejší variantu otočného stolu HRT310, kdy standardní verze dosahuje rychlosti otáčení  $75 \text{ }^\circ \cdot \text{s}^{-1}$  a tato varianta dosahuje rychlosti otáčení až  $240 \text{ }^\circ \cdot \text{s}^{-1}$  [33][34]. Hodí se tak svými malými rozměry a velkou rychlostí k výše zmiňované CNC frézce HAAS VF-3SS [34]. Tuhá konstrukce s průměrem stolu 310 mm umožňuje držení středních až velkých součástí nebo přípravků ve svislé nebo horizontální poloze pomocí šesti T-drážek [34]. Maximální doporučená hmotnost součásti k držení je 98,7 kg bez podpory a 197,3 kg s podporou [34]. Výrobce dále nabízí řadu otočných stolů HRT podle velikostí průměru stolů od 100 až po 1000 mm [34].



Obr. 2-23 Otočný stůl HAAS HRT310SS [34]

### 2.4.2 Nikken 5AX-100

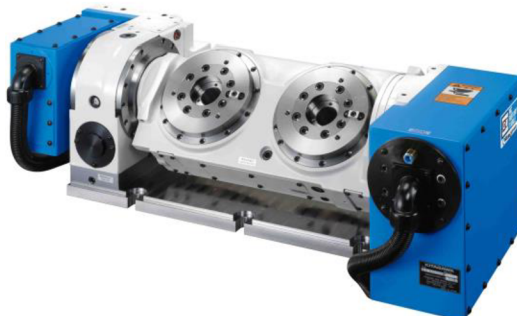
Tento rotační stůl od japonské společnosti Nikken slouží k přidání čtvrté a páté řídicí osy. Jedná se o kompaktní rotační stůl, který je jeden z nejmenších sériově vyráběných a zároveň nejmenší rotační stůl vyráběný společností Nikken, čítající celkové délky 466 mm a 86 kg [35]. Průměr čelní desky je pouhých 90 mm a vnitřní průměr vřetene je 50 mm [35]. Navzdory svým malým rozměrům dokáže toto zařízení manipulovat s tělesy do hmotnosti 20 kg naklápět pracovní stůl až o  $90 \text{ }^\circ$ , pro tělesa dosahující hmotnosti 40 kg je stůl limitován naklápěním pouze do  $30 \text{ }^\circ$  [35]. Rychlost otáčení vřetene dosahuje až  $265 \text{ }^\circ \cdot \text{s}^{-1}$  a rychlost naklápění stolu dosahuje rychlosti až  $133 \text{ }^\circ \cdot \text{s}^{-1}$  s minimálním krokem natočení i naklopení  $0,001 \text{ }^\circ$  [35].



Obr. 2-24 Rotační stůl Nikken 5AX-100 [35]

### 2.4.3 Kitagawa TW2180

Tento otočný stůl od japonské společnosti Kitagawa slouží k přidání čtvrté a paté řídicí osy. Toto zařízení díky své konstrukci disponuje dvěma vřeteny, což vede ke zvýšení produktivity [36]. Celková délka zařízení činí 999 mm a jeho hmotnost je 247 kg [36]. Průměr čelních desek je 180 mm a průměr vnitřní průměr vřeten je 40 mm [36]. Stůl má rozsah naklápění 110 ° na obě strany [36]. Ačkoliv zařízení má dvě vřetena, čímž je dosaženo větší produktivity, je zde i omezení na maximální váhu součástek a to činí 30 kg na každé vřeteno [36]. Rychlost otáčení jednotlivých vřeten dosahuje až 200 °·s<sup>-1</sup> a rychlost naklápění stolu až 100 °·s<sup>-1</sup> [36].



Obr. 2-25 Rotační stůl Kitagawa TW2180 [36]

Tab. 2-9 Porovnání otočných a naklápěcích stolů

Označení stroje	Průměr čelní desky / stolu [mm]	Rychlost otáčení vřetene / stolu [°·s <sup>-1</sup> ]	Maximální rychlost posuvu [m·mm <sup>-1</sup> ]
HAAS HRT310SS	310	240 / N/A	30
Nikken 5AX-100	90	265 / 133	35,6
Kitagawa TW2180	180	200 / 100	40



## 3 ANALÝZA PROBLÉMU A CÍL PRÁCE

### 3.1 Analýza problému

Součást se nachází na plášti automobilového kompresoru klimatizace a slouží jako výstup stlačeného vzduchu z kompresoru, zároveň je na ni nainstalován ochranný prvek proti nepřípustnému zvýšení tlaku, který by mohl nastat v případě poruchy a poškodit tak kompresor. Z důvodu použití součásti v automobilovém průmyslu bude součást vyrobena ze slitiny hliníku EN AW-6060, jednak kvůli svým korozivzdorným vlastnostem, ale také díky své nízké hmotnosti. Slitiny hliníku dále dovolují použití vyšších řezných rychlostí a pracovních posuvů než u ocelí a jejich slitin, což nadále zvyšuje produktivitu výroby.

Zadaná součást má být vyrobena na CNC frézovacím centru. Předpokládá se sériová výroba a s tím kladené nároky na produktivitu výroby, odvíjející se hlavně od počtu upnutí obráběné součásti. Kvůli tvarovým prvkům součásti bude také zapotřebí přidání čtvrté řízené osy, kvůli snížení počtu upnutí na minimum, v tomto případě na dvě upnutí.

Součástka je dodána ve stavu po předchozím obrábění. Obrobené plochy budou využity jako ustavovací, opěrné a dorazové plochy při návrhu konstrukce přípravku. Maximální výrobní tolerance jsou stanoveny na 2 desetiny milimetru.

Variantu obráběcího centra volím stroj HAAS VF-3SS. Toto obráběcí centrum má nižší výkon než obráběcí centrum MCV 1270 SPRINT, ale v kombinaci s otočným stolem od stejné společnosti HAAS HRT310SS je zaručena kompatibilita stroje a otočného stolu při dostatečně velkém výkonu.

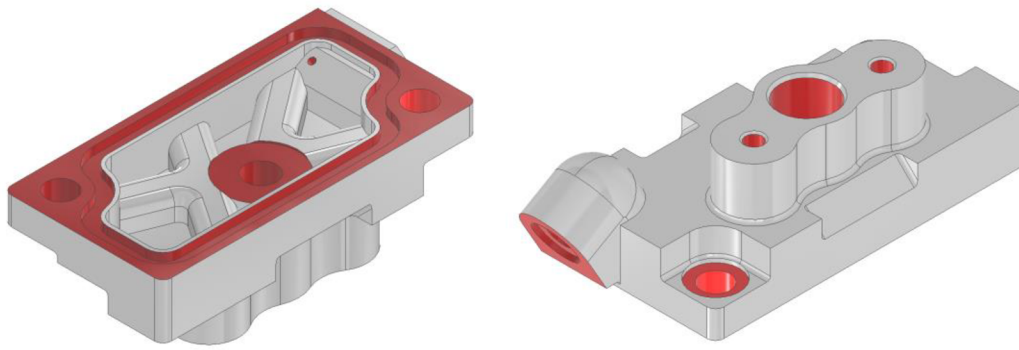
Způsob upínání součásti se liší dle jednotlivých konstrukčních konceptů přípravku popsanych v další kapitole.

### 3.2 Cíl práce

Hlavním cílem práce je navrhnout konstrukci frézovacího upínacího přípravku pro sériovou výrobu součásti na CNC obráběcím centru s ohledem na minimální prostoje při výrobě a náklady na výrobu přípravku.

Jednotlivé dílčí cíle práce:

- zhotovení bibliografické rešerše existujících řešení upínání pro sériovou výrobu
- vypracování koncepčních návrhů frézovacího přípravku pro sériovou výrobu
- vybraný koncepční návrh zhotovit do výkresové dokumentace



Obr. 3-1 Obrobená součást

Červeně zobrazené plochy jsou plochy, které se budou obrábět ve frézovacím přípravku.

Součást se bude vyrábět na vertikálním obráběcím centru HAAS VF-3SS s přidavným otočným stolem od stejné společnosti HAAS HRT310SS.



a)



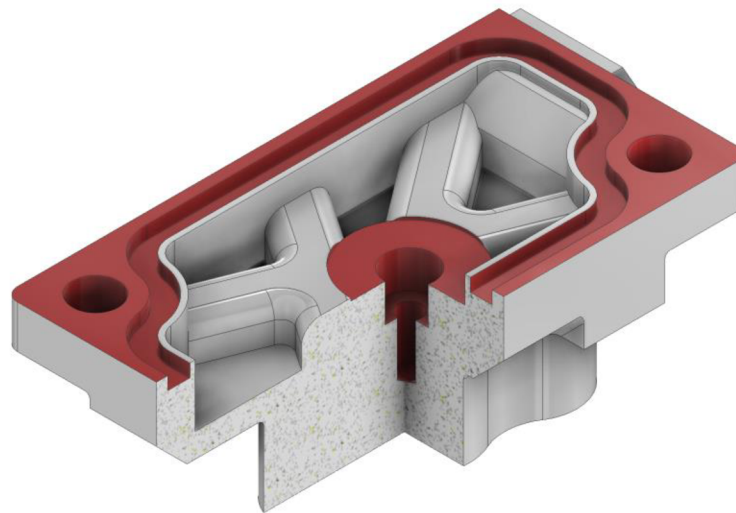
b)

Obr. 3-2 a) Obráběcí centrum HAAS VF-3SS [28] b) Otočný stůl HAAS HRT310SS [33]

## 4 KONCEPČNÍ ŘEŠENÍ

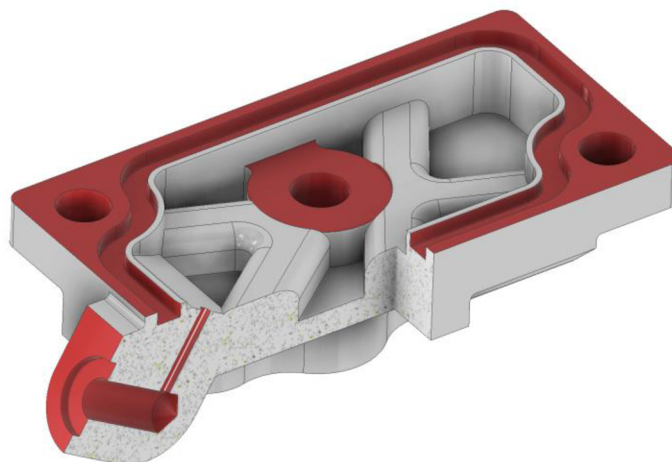
Před návrhem přípravku je nutné si vyjasnit jednotlivé obráběcí úkony, a které plochy obrobené v první operaci budou použity jako ustavovací plochy pro druhou operaci.

Při první obráběcí operaci bude zarovnáno čelo součásti, které bude následně při druhé obráběcí operaci použito jako základová plocha, poté na tomto čele bude vyfrézována drážka pro těsnění. Dalším obráběcím úkonem je zarovnaní čelní plochy výstupu stlačeného vzduchu, vyvrtat díru a provést zahloubení, viz. obr. 4-1. Následně se vyvrtají spojovací otvory v rozích součásti.



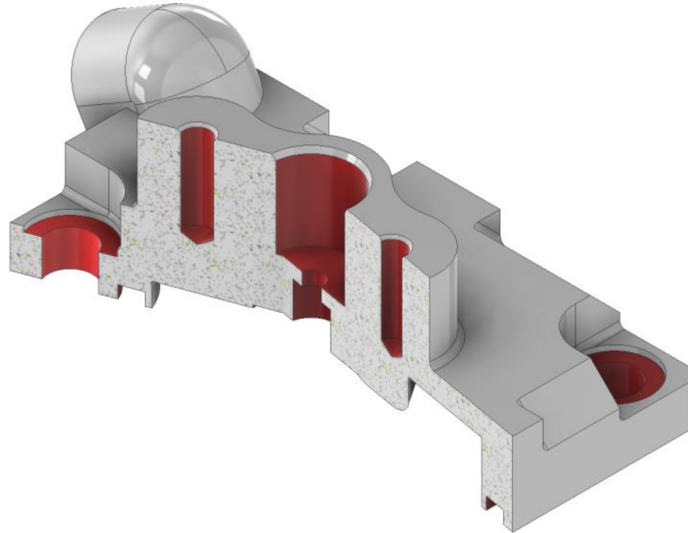
Obr. 4-1 Řez součásti po šestém obráběcím úkonu

K následujícím obráběcím úkonům je potřeba využít otočného stolu. Prvním tímto úkonem je zarovnaní čela pro přetlakový ventil, následné vyvrtání díry a provedení zahloubení. Poslední operací je vyvrtání malého otvoru kolmého k předešle vyvrtané díře.



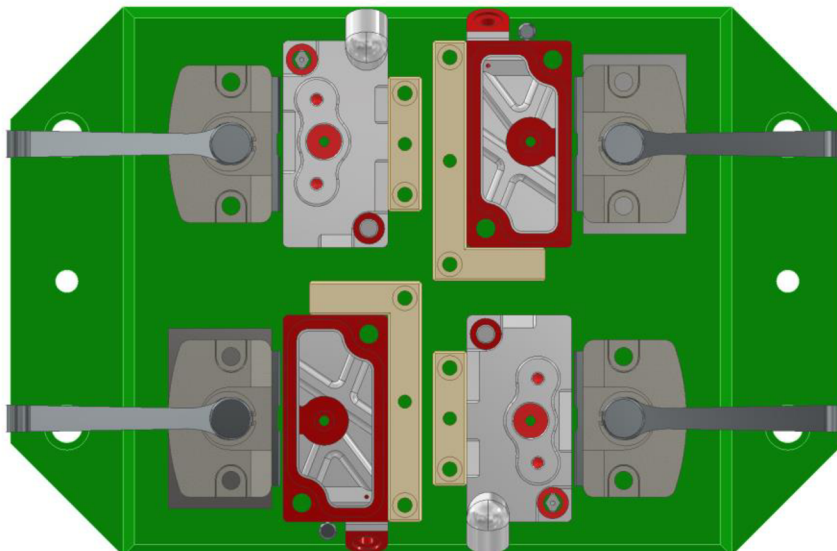
Obr. 4-2 Řez součásti po první obráběcí operaci

Druhá obráběcí operace spočívá ve vyvrtání díry výstupu stlačeného vzduchu, vyvrtání dvou menších děr, a nakonec zahloubení děr z předchozí operace pro přípojovací šrouby.



Obr. 4-3 Řez součásti po druhé obráběcí operaci

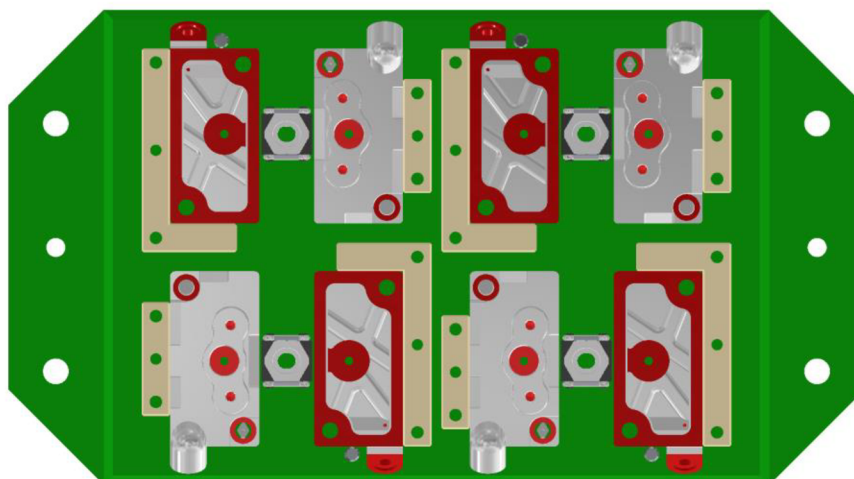
#### 4.1 Koncept 1



Obr. 4-4 Koncept frézovacího přípravku 1

Tento koncept využívá k vyvození upínací síly pákového excentrického upínače, jedná se tedy o přípravek s manuálním vyvozením upínací síly. Součást je pro první operaci uložena zespod na třech opěrných čepích, z důvodu vyvýšení součásti, kvůli tvarovým prvkům součásti. V přípravku pro první operaci jsou použity pružné boční opěrky, které slouží k vyvození síly k opření součásti o dorazovou plochu opěrky tvaru L, čímž se dosáhne vymezení polohy součásti pro první obráběcí operaci. Pro druhou operaci je součást zespod opřena o základovou desku. K vymezení polohy jsou použity středící čepy, válcový a zploštělý, díky nimž dojde k velmi přesnému vymezení polohy pro obrábění. Součást je dále opřena o opěrku tvaru I, kvůli zachycení upínací síly, aby nedošlo k rychlému opotřebení čepů vlivem těchto sil. Základová deska je pomocí kolíku a dvou šroubů spojena k mezikusu, který je pomocí T-drážek přišroubován k otočnému stolu.

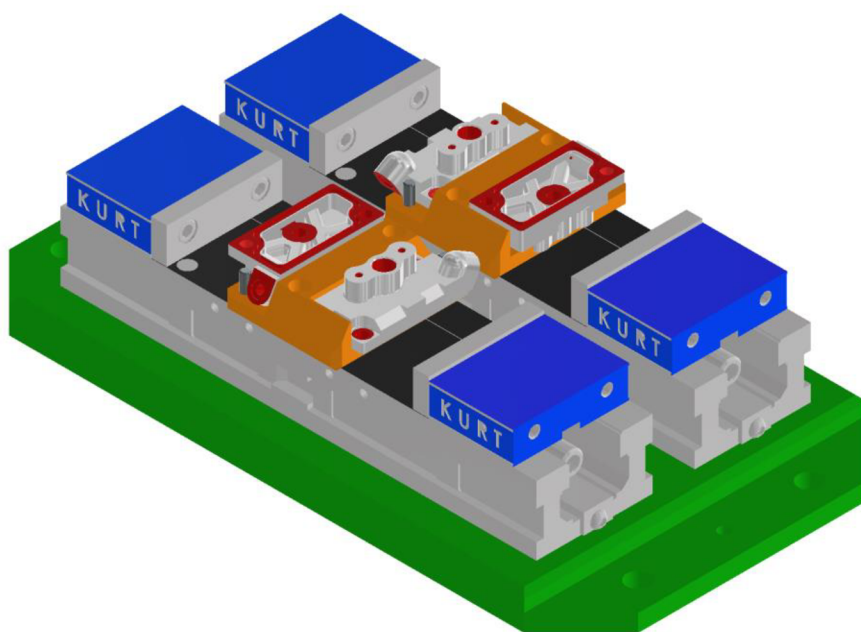
## 4.2 Koncept 2



Obr. 4-5 Koncept frézovacího přípravku 2

Tento koncept využívá k vyvození upínací síly rozpěrné upínače OK-VISE, které jsou připojeny k hydraulickým válcům, jedná se tedy o přípravek s hydraulickým vyvozením upínací síly. Vymezení polohy součástí pro obě operace a připevnění základové desky k otočnému stolu je stejné jako v prvním konceptu.

### 4.3 Koncept 3



Obr. 4-6 Koncept frézovacího přípravku 3

Třetí koncept využívá k vyvození upínací síly hydraulické varianty svěráku Kurt 6“ Double Station Vise, který je přišroubován k základové desce, která je opět přes mezikus spojena s otočným stolem. Ze svěráku bylo potřeba odstranit středový doraz a nahradit ho upraveným středovým dorazem. Součásti pro první operaci je ustavena stejně jako v předešlých konceptech, zespodu na třech opěrných čepech a pomocí pružné boční opěrky tlačena na dorazovou plochu. Pro druhou operaci nejsou použity středící čepy, ale stejně jako pro první operaci je zde využito pružné boční opěrky k vymezení polohy součásti.

## 5 KONSTRUKČNÍ ŘEŠENÍ

### 5.1 Výběr konceptu

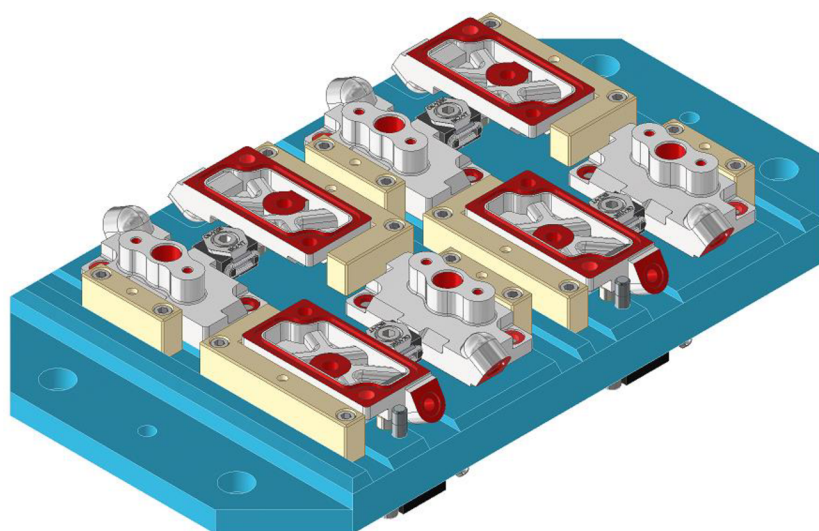
První koncept využívá manuálního excentrického upínače. Manuální upínače pro sériovou výrobu nemusí být vhodné, kvůli možnému pochybení obsluhy při upínání součástí při vyšším počtu vyráběných kusů. Může zde také nastat problém se samosvorností samotného upínače, což by mohlo způsobit uvolnění součástky. Dále upínače mají velké rozměry, což znemožňuje konstrukci přípravku tak, aby šlo upínat více součástí najednou bez použití nepřiměřeně dlouhé základové desky.

Druhý koncept a třetí koncept využívá hydraulické upínače, které jsou vhodné k sériové výrobě. Třetí koncept je výrobně jednodušší, ale má několik zásadních nevýhod oproti druhému konceptu, a to velké pořizovací náklady, menší počet vyrobených součástí na jeden obráběcí cyklus a velkou vzdálenost čelistí od dorazu, což při velkém počtu vyrobených kusů značně navyšuje časy prostoje.

Z těchto důvodů volím k dalšímu zpracování druhý koncept.

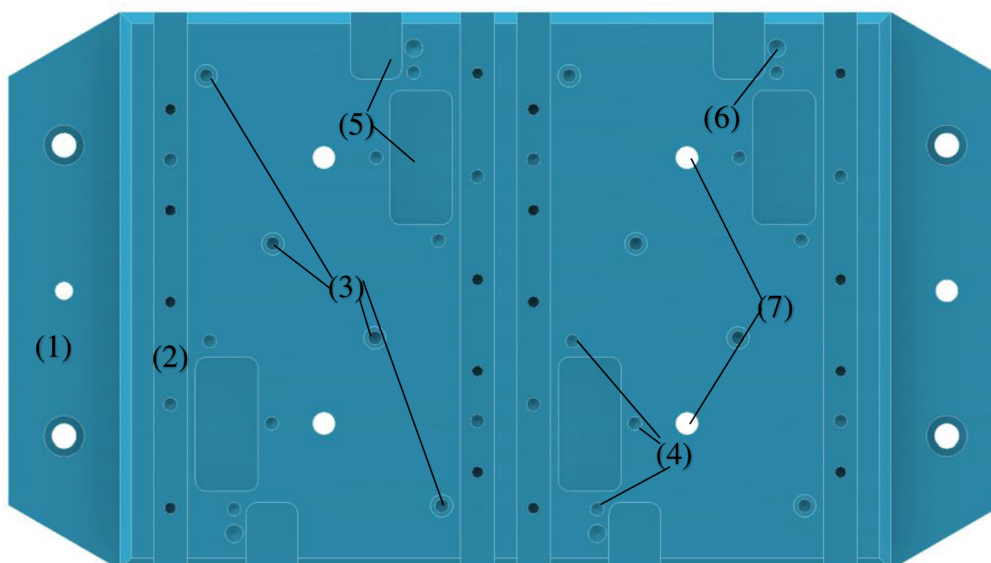
### 5.2 Konstrukční řešení frézovacího přípravku

Ke konstrukčnímu řešení byl vybrán druhý koncept s hydraulicky ovládanými rozpěrnými upínači OK-VISE. V této kapitole budou popsány další části frézovacího přípravku.



Obr. 5-1 Frézovací přípravek

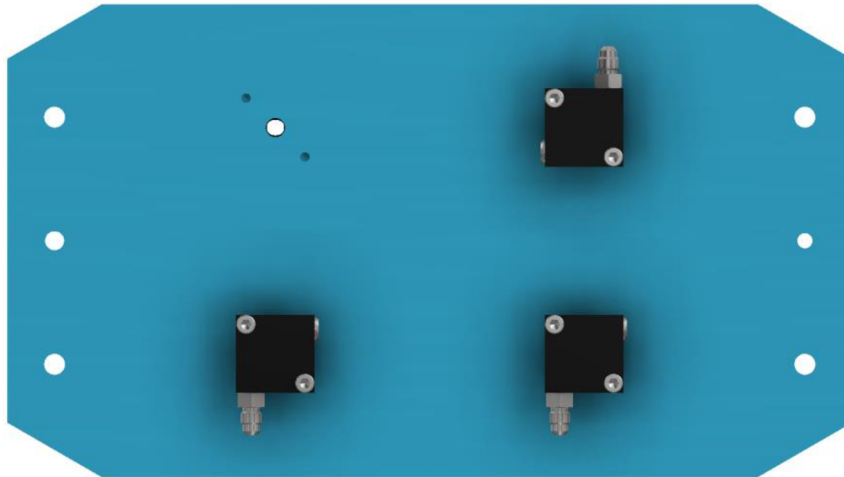
## 5.2.1 Základová deska



Obr. 5-2 Horní pohled na základovou desku

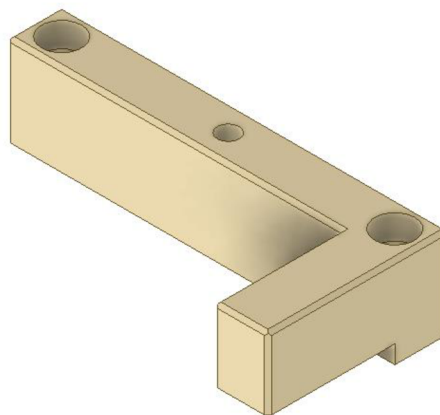
Základem celého přípravku je deska z oceli 16MnCr5 (14 220), na kterou se upevňují veškeré další komponenty přípravku. Horní plocha desky bude kalena a broušena, jelikož se jedná o plochu, na kterou budou součásti stavěny. Deska bude přišroubována k mezikusu otočného stolu pomocí dvojice šroubů s válcovou hlavou s vnitřním šestihranem (dále jen ISO 4762) M10 a polohu desky vůči mezikusu vymezuje válcový kolík ISO 2338 (1). V desce jsou vyfrézovány drážky pro umístění opěrek sloužící jako dorazy, v drážkách jsou díry pro šrouby a kolíky pro vymezení polohy a přišroubování opěrek k základové desce (2). Do desky je potřeba provést zahloubení (3) pro středící čepy, jelikož výška hlavy těchto čepů je větší než tloušťka součásti a při obrábění by došlo ke kolizi nástroje a středících čepů. Kolem vyfrézovaných drážek pro tvarové prvky součásti (5) jsou tři díry pro opěrné čepy (4). Otvor na pozici (6) je vyhrazen nalisování boční pružné opěrky do základové desky. Průchozí díry (7) v základové desce jsou určeny pro šrouby upínače OK-VISE, které jsou přišroubovány k hydraulickým válcům, které jsou zespod přišroubovány pomocí dvou šroubů ISO 4762 M6 k základové desce.





Obr. 5-3 Spodní pohled na základovou desku

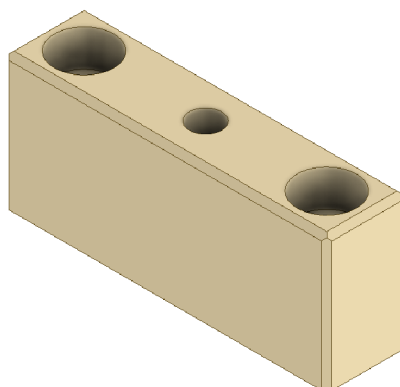
### 5.2.2 Opěrka první obráběcí operace



Obr. 5-4 Opěrka první obráběcí operace

Opěrka je vyrobena z litiny s lupínkovým grafitem EN-GJL-300 (42 2430). Delší plocha opěrky funguje jako opěrná plocha a kratší plocha jako dorazová plocha. Opěrka je usazena v drážce základové desky. Opěrka je k desce přišroubována dvěma šrouby ISO 4762 M6 a její polohu vymezuje válcový kolík ISO 2338. Na kratší části opěrky je odfrézováno osazení, za účelem zjednodušení výroby základové desky, kde by se muselo provést další drážkování a s tím spojené možné výrobní nepřesnosti.

### 5.2.3 Opěrka druhé obráběcí operace



Obr. 5-5 Opěrka druhé obráběcí operace

Stejně jako předešlá opěrka je tato opěrka vyrobena z litiny EN-GJL-300 (42 2430). Opěrka funguje jako opěrná plocha a je usazena v drážce základové desky a přišroubována k desce dvěma šrouby ISO 4762 M6, poloha opěrky je vymezena válcovým kolíkem ISO 2338.

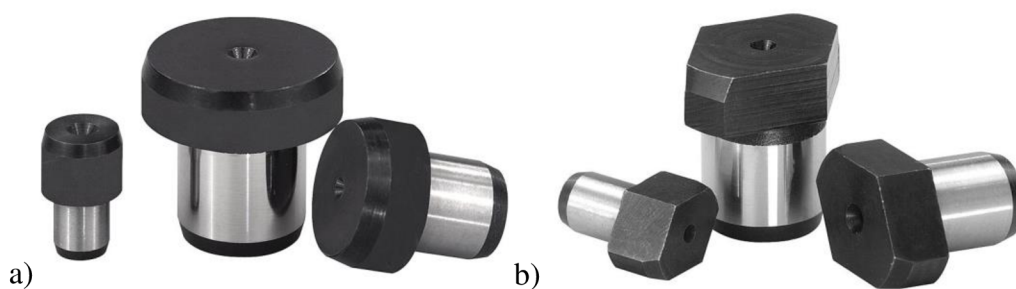
### 5.2.4 Pružná boční opěrka



Obr. 5-6 Pružná boční opěrka [37]

Jedná se o boční opěrku od společnosti Kipp. Opěrka se používá k polohování a přitlačení menších dílů vůči opěrkám [37]. Do přípravku je zvolena varianta s kuličkou z POM plastu, aby nedošlo k případnému otlačení součásti. Opěrka je do základové desky zalisována. Objednávací číslo opěrky je K0374.108,

## 5.2.5 Středící čepy



Obr. 5-7 a) Válcový středící čep [38] b) zploštělý středící čep [39]

Čepy jsou od společnosti Kipp. Vymezují polohu součásti pro druhou obráběcí operaci a do základové desky jsou zalisovány. Objednávací čísla čepů jsou K0353.05 a K0355.05.

## 5.2.6 Opěrné čepy



Obr. 5-8 Opěrný čep [40]

Opěrné čepy jsou rovněž od společnosti Kipp. Opěrné čepy podepírají součást při první obráběcí operaci. Do základové desky jsou zalisovány. Objednávací číslo čepů je K0292.06.

## 5.2.7 Hydraulický válec HA-VB1



Obr. 5-9 Hydraulický válec HA-VB1 [41]

Jedná se o hydraulický válec od stejné společnosti jako výrobce použitých upínačů OK-VISE. Je tedy zajištěna kompatibilita upínače a hydraulického válce. Přívod hydraulické kapaliny do válce je řešen přes fitinku JIC 1/4" a válec dokáže vyvinout upínací sílu až 9,7 kN při hydraulickém tlaku 350 barů [41]. Hydraulický válec je pomocí dvou šroubů ISO 4762 M6 přišroubován k základové desce.

## 6 DISKUZE

V práci byly navrženy 3 koncepty frézovacího přípravku z nichž jeden vybrán k dalšímu zpracování. Vybraný koncept je výrobně jednoduchý, skládá se pouze ze tří součástí, které se musí vyrobit, a to samotná základová deska přípravku a dva dorazy, další části přípravku jsou komerčně dostupné, případně normalizované, prvky. Materiál základové desky je zvolena legovaná ocel 16MnCr5, která obecně disponuje velmi tvrdou cementovanou vrstvou, což zvyšuje životnost desky. Jako materiál dorazů je zvolena litina EN-GJL-300 jakožto materiál používaný pro dosedací a upínací plochy. Upínač přípravku je schopen vyvodit sílu až 9,7 kN, což za normálních obráběcích podmínek je spolehlivě několikrát větší síla než řezná síla pro slitinu hliníku, ze které je součást zhotovena.

Součást pro první obráběcí operaci se ukládá na tři opěrné čepy a proti dorazu tvaru L, kdy pružná boční opěrka vyvozuje sílu proti tomuto dorazu tak, aby se zajistilo správnému ustavení součásti. Pro druhou obráběcí se poloha součásti vymezi pouhým nasazením součásti na středící čepy.

Přípravek je navržen tak, aby nemohlo nastat ustavení součásti jinak, než je zamýšleno. Dosaženo je to díky tvarovému prvku součásti, malými vzdálenosti mezi součástmi a dorazu první operace tvaru L, který brání špatnému ustavení součásti jak v první, tak i druhé obráběcí operaci.

Při výměně součástí po obrábění je nutné z přípravku odstranit třísky vzniklé obráběním součásti, které by mohly způsobit nepřesné ustavení součásti. Přípravek je navržen tak, aby se třísky nikde nemohly zasekávat a usazovat, tudíž jejich odstranění je bezproblémové.

V rámci produktivity, respektive snížení strojního času, je přípravek navrhnout tak, aby součásti byly ustaveny co nejbližší u sebe, z důvodu snahy snížení najížděcích časů nástroje. Dalšími úpravami konstrukčního řešení, a s tím spojeného snížení obráběcího času, by mohla být úprava střední části desky a navržení dorazu tak, aby se všechny čtyři součásti v této středové oblasti opírali o tento doraz, čímž by se odstranila mezera mezi současnými dorazy. Dále by stálo za úvahu, opět za účelem snížení strojního času, ustavit součásti tak, aby součásti v rámci jednotlivých obráběcích operacích ležely co nejbližší u sebe. Tyto úpravy by však vyžadovaly značné úpravy stávajícího přípravku, jako například řešení upínání součásti v první obráběcí operaci, aby součásti byly vedle sebe a zároveň měli stejnou orientaci tvarového prvku. Pokud by byl tvarový prvek opačně orientován mohlo by při jeho obrábění, přičemž je základová deska otočena o požadovaný úhel, dojít k možnosti kolizi nástroje a prvků přípravku. Dále by to znamenalo, že při použití stávajícího upínacího zařízení by se každá součást upínala za jinou plochu, což by mohlo způsobit, že by tyto dvě součásti neměly stejné tolerance. Tyto úpravy by velmi zkomplikovaly konstrukci přípravku, tudíž kvůli jednoduchosti konstrukce se změny neuskutečnily.

## 7 ZÁVĚR

Hlavním cílem práce bylo navrhnout konstrukci frézovacího přípravku pro součást autoklimatizace na CNC frézce s ohledem na jednoduchost přípravku, minimální náklady výroby přípravku a nízkých strojních časů. Dílčími cíli bylo provést bibliografickou rešerši existujících řešení upínání pro sériovou výrobu, koncepční návrhy konstrukce přípravku a zpracování jednoho vybraného konceptu do podoby výkresové dokumentace. Hlavní i dílčí cíle práce byly splněny.

Byla provedena rešerše v oblasti zásad konstrukce přípravků a ustavení součásti v prostoru přípravku, ze které se čerpalo při návrhu konceptů přípravků. Následně byla provedena rešerše komerčně dostupných upínačů, CNC frézek a otočných stolů, ze které byla vybrána vhodná kombinace CNC frézky a otočného stolu pro obrábění zadané součásti.

Byly navrženy tři koncepční návrhy přípravku, ze kterého byl jeden koncept, na základně porovnání výhod a nevýhod těchto konceptů, vybrán k dalšímu řešení, ve kterém byly popsány jednotlivé části přípravku a následně byl zpracován do formy výkresové dokumentace.

Vybrané řešení oproti ostatním návrhům využívá nejvhodnější upínač pro sériovou výrobu a disponuje nejvyšším počtem upnutých součástí, což se dále projevuje na vyšší produktivitě.

Dalšími problémy, kterými by se tato práce mohla dále zabývat je výpočet strojních časů a následný přepočítání počtu kusů vyrobených za rok a následná optimalizace obráběcího procesu. Pro další zvýšení produktivity by se mohlo dále zabývat možností použití CNC frézek s výměnnými stoly a použitím robotických ramen pro výměnu obrobků a tím snížení času obsluhy prakticky na minimum, případně také použití CNC frézek se dvěma vřeteny.

## 8 SEZNAM POUŽITÝCH ZDROJŮ

- [1] Valeo 813269: Compressor Suzuki Grand Vitara 2006-2008 [online]. [cit. 2024-03-24]. Dostupné z: <https://www.amazon.com/Valeo-813269-Compressor/dp/B00D0DPRE8>
- [2] CHVÁLA, Břetislav a Josef VOTAVA. *Přípravky*. Praha: SNTL;Alfa, 1988, 275 s.
- [3] ZEMČÍK, Oskar. *Nástroje a přípravky pro obrábění*. Brno: Akademické nakladatelství CERM, 2003, 193 s. : obr. + 1 CD-ROM. ISBN 80-214-2336-6.
- [4] Stop Pins - Press-Fit Type. *MISUMI MEXICO* [online]. [cit. 2024-02-17]. Dostupné z: <https://mx.misumi-ec.com/en/vona2/detail/110300595820/>
- [5] Stop Pins - Spherical Type. *MISUMI MEXICO* [online]. [cit. 2024-02-17]. Dostupné z: <https://mx.misumi-ec.com/en/vona2/detail/110300595910/>
- [6] HEINRICH KIPP WERK KG. Positioning pins free-milled, ground. *Positioning pins free-milled, ground* [online]. [cit. 2024-02-18]. Dostupné z: <https://www.kipp.com/ie/en/Products/Operating-parts-standard-elements/Support-elements-positioning-elements-stop-elements/K0354-Free-milled-positioning-pins-ground.html>
- [7] HEINRICH KIPP WERK KG. V-blocks, vertical. *V-blocks, vertical* [online]. [cit. 2024-02-18]. Dostupné z: <https://www.kipp.com/ie/en/Products/Clamping-technology/Workholding-Technology/Rest-and-stop-elements/K0819-2-V-block-vertical.html>
- [8] ERWIN HALDER KG. Vodorovné rychloupínače s vodorovnou nohou. *Halder* [online]. [cit. 2024-02-18]. Dostupné z: <https://www.halder.com/cz/PM/Normovane-dily/Upinaci-prvky/Rychloupinace-pakove/Vodorovne-rychloupinace-s-vodorovnou-nohou>
- [9] ERWIN HALDER KG. Přímé rychloupínače s L-nohou. *Halder* [online]. [cit. 2024-02-19]. Dostupné z: <https://www.halder.com/cz/PM/Normovane-dily/Upinaci-prvky/Rychloupinace-pakove/Prime-rychloupinace-s-L-nohou>

- [10] NORELEM NORMELEMENTE KG. Pneumatic clamp. *Norelem* [online]. [cit. 2024-02-19]. Dostupné z: <https://www.norelem.com/us/en/Products/Product-overview/Flexible-standard-component-system/05000-Toggle-clamps-Pneumatic-clamps-Accessories-for-clamps-Latches-Quarter-turn-locks/Pneumatic-clamps/05331-Pneumatic-clamp.html>
- [11] Clamptek Encyclopedia: Pneumatic Leverage Clamp (CALC series). *Clamptek Enterprise CO., LTD* [online]. [cit. 2024-02-19]. Dostupné z: [https://www.clamptekglobal.com/encyc/encyc\\_detail/156](https://www.clamptekglobal.com/encyc/encyc_detail/156)
- [12] NORELEM NORMELEMENTE KG. Pneumatic clamps push-rod. *Norelem* [online]. [cit. 2024-02-24]. Dostupné z: <https://www.norelem.com/us/en/Products/Product-overview/Flexible-standard-component-system/05000-Toggle-clamps-Pneumatic-clamps-Accessories-for-clamps-Latches-Quarter-turn-locks/Pneumatic-clamps/05340-Pneumatic-clamps-push-rod.html>
- [13] NORELEM NORMELEMENTE KG. Swing clamp pneumatic. *Norelem* [online]. [cit. 2024-02-24]. Dostupné z: <https://www.norelem.com/us/en/Products/Product-overview/Flexible-standard-component-system/04000-Clamp-straps-Clamping-devices/Swing-clamps-Clamping-hooks/04365-Swing-clamp-pneumatic.html>
- [14] OK-VISE® Low-profile clamps. *OK-Vise - Fixturing Concept* [online]. [cit. 2024-02-24]. Dostupné z: <https://www.ok-vise.com/product-category/low-profile-clamps/>
- [15] Double-wedge model. *OK-Vise - Fixturing Concept* [online]. [cit. 2024-02-24]. Dostupné z: <https://www.ok-vise.com/product/double-wedge-model/>
- [16] Different jaw options. *OK-Vise - Fixturing Concept* [online]. [cit. 2024-02-24]. Dostupné z: <https://www.ok-vise.com/product-category/low-profile-clamps/different-jaw-options/>
- [17] AUTOR. V-slot crossed model. *OK-Vise - Fixturing Concept* [online]. [cit. 2024-02-29]. Dostupné z: <https://www.ok-vise.com/product/v-slot-crossed-model/>
- [18] Tungsten carbide coated model. *OK-Vise - Fixturing Concept* [online]. [cit. 2024-02-29]. Dostupné z: <https://www.ok-vise.com/product/tungsten-carbide-coated-model/>
- [19] Automated clamping systems from OK-VISE. *OK-Vise - Fixturing Concept* [online]. <https://www.ok-vise.com/automated-clamping/> [cit. 2024-02-29]. Dostupné z: <https://www.ok-vise.com/automated-clamping/>



- [20] Smooth model. *OK-Vise - Fixturing Concept* [online]. [cit. 2024-02-29]. Dostupné z: <https://www.ok-vise.com/product/smooth-model/>
- [21] Kurt Workholding. *Kurt Workholding* [online]. [cit. 2024-03-01]. Dostupné z: <https://www.kurtworkholding.com/product/kurt-manual-vise-base-w-hard-jaw-kit-6-english/>
- [22] HILMA.MCP. *STARK Spannsysteme GmbH* [online]. [cit. 2024-03-03]. Dostupné z: <https://www.stark-roemheld.com/en/vises/hilma-mcp/>
- [23] Zero point clamping system. *ZeroClamp®* [online]. [cit. 2024-03-04]. Dostupné z: <https://zeroclamp.com/en/zero-point-clamping-system/>
- [24] *ZeroClamp®* [online]. [cit. 2024-03-04]. Dostupné z: [https://zeroclamp.com/wp-content/uploads/2019/11/gesamtkatalog\\_v4\\_2019\\_engl.pdf](https://zeroclamp.com/wp-content/uploads/2019/11/gesamtkatalog_v4_2019_engl.pdf)
- [25] Konfigurátor DMG MORI. *Nenalezený vydavatel* [online]. [cit. 2024-03-05]. Dostupné z: <https://sc.app.dmgmori.com/index.html?-OfferType=3&-MachineType=CMX1100V>
- [26] CMX 1100 V. *DMG MORI Czech* [online]. [cit. 2024-03-05]. Dostupné z: <https://cz.dmgmori.com/produkty/stroje/frezovani/vertikalni-frezovani/cmx-v/cmx-1100-v>
- [27] *CMX-V Series* [online]. [cit. 2024-05-18]. Dostupné z: [https://www.listermachinetools.com/wp-content/uploads/2021/03/CMX\\_V\\_Series\\_ENUK.pdf](https://www.listermachinetools.com/wp-content/uploads/2021/03/CMX_V_Series_ENUK.pdf)
- [28] PH 150. *DMG MORI Czech* [online]. [cit. 2024-03-05]. Dostupné z: <https://cz.dmgmori.com/produkty/automatizace/manipulace-s-paletami/kotoucovy-zasobnikovy-system/ph-150>
- [29] *Stroje s řízením CNC Haas* [online]. [cit. 2024-03-05]. Dostupné z: <https://www.haascnc.com/cs/machines/vertical-mills/vf-series/models/medium/vf-3ss.html#>
- [30] VF-3. *Stroje s řízením CNC Haas* [online]. [cit. 2024-03-11]. Dostupné z: <https://www.haascnc.com/cs/machines/vertical-mills/vf-series/models/medium/vf-3.html>

- [31] MCV 1270 [online]. [cit. 2024-03-09]. Dostupné z: <https://www.kovosvit.cz/mcv-1270/>
- [32] DN Solutions. *DN Solutions* [online]. [cit. 2024-03-09]. Dostupné z: <https://www.dn-solutions.com/product/seriesDetail.do?srsSeq=82>
- [33] Standard Features. *Haas CNC Machines* [online]. [cit. 2024-03-12]. Dostupné z: <https://www.haascnc.com/machines/rotaries-indexers/rotary-tables/models/hrt310.html>
- [34] Standard Features. *Haas CNC Machines* [online]. [cit. 2024-03-12]. Dostupné z: <https://www.haascnc.com/machines/rotaries-indexers/rotary-tables/models/hrt310ss.html>
- [35] JEPSON, Ledgard. 5AX-100. *Nikken Kosakusho Global* [online]. [cit. 2024-03-13]. Dostupné z: [https://www.nikken-world.co.uk/products/rotary-tables/5th-axis-rotary-tables/5ax-100?product\\_ids=4358](https://www.nikken-world.co.uk/products/rotary-tables/5th-axis-rotary-tables/5ax-100?product_ids=4358)
- [36] Kitagawa TW2180 Two-Axis Tilting NC Rotary Table. *Kitagawa* [online]. [cit. 2024-03-13]. Dostupné z: <https://www.kitagawa.global/en/products/nc-rotary-tables/5th-axis-rotary-tables/tw2180>
- [37] HEINRICH KIPP WERK KG. Lateral spring plungers, style B. *Lateral spring plungers, style B* [online]. [cit. 2024-04-07]. Dostupné z: <https://www.kippusa.com/us/en/Products/Additional-Products/Spring-plungers-indexing-plungers-ball-lock-pins/K0374-Lateral-spring-plungers/K0374-B-Lateral-spring-plungers-style-B.html>
- [38] HEINRICH KIPP WERK KG. Positioning pins cylindrical not ground. *Positioning pins cylindrical not ground* [online]. [cit. 2024-04-07]. Dostupné z: <https://www.kippusa.com/us/en/Products/Additional-Products/Support-elements-locating-elements-stop-elements/K0353-Positioning-pins-cylindrical-not-ground.html>
- [39] HEINRICH KIPP WERK KG. Positioning pins free-milled not ground. *Positioning pins free-milled not ground* [online]. [cit. 2024-04-07]. Dostupné z: <https://www.kippusa.com/us/en/Products/Additional-Products/Support-elements-locating-elements-stop-elements/K0355-Positioning-pins-free-milled-not-ground.html>

- [40] HEINRICH KIPP WERK KG. Rest Pads. *Rest Pads* [online]. [cit. 2024-05-19]. Dostupné z: <https://www.kippusa.com/us/en/Products/Locating-Components/Locating-Pins-and-Rest-Pads/K0292-Rest-Pads.html>
- [41] Hydraulic Block Actuator. *OK-Vise - Fixturing Concept* [online]. [cit. 2024-04-07]. Dostupné z: <https://www.ok-vise.com/product/hydraulic-block-actuator/>
- [42] *Sada Haas Robot 3* [online]. [cit. 2024-03-09]. Dostupné z: [https://www.haascnc.com/cs/machines/automation-systems/robot\\_integration\\_row/robot-package-3.html](https://www.haascnc.com/cs/machines/automation-systems/robot_integration_row/robot-package-3.html)

## 9 SEZNAM OBRÁZKŮ A GRAFŮ

Obr. 1-1 Kompresor VALEO 813269 [1] .....	13
Obr. 2-1 Pevná opěrka a) s rovinnou plochou [3] b) s kulovou plochou [4] .....	16
Obr. 2-2 Opěrná lišta a) bez drážek [1] b) s drážkami [1] .....	16
Obr. 2-3 Zploštělý středící čep [5] .....	17
Obr. 2-4 Prizmatická opěra [6].....	17
Obr. 2-5 Vodorovný pákový upínač HALDER [7].....	18
Obr. 2-6 Přímý pákový upínač HALDER [8] .....	19
Obr. 2-7 Pneumatický vodorovný upínač NORELEM [9] .....	20
Obr. 2-8 Pneumatický přímý upínač NORELEM [11] .....	21
Obr. 2-9 Pneumatický otočný upínač NORELEM [11].....	22
Obr. 2-10 Princip funkce upínačů OK-VISE [13].....	22
Obr. 2-11 Schéma dvouklínového upínače OK-VISE [14].....	22
Obr. 2-12 Upínač OK-VISE s V čelistmi.....	23
Obr. 2-13 Kurt 6“ Double Station Vise [20] .....	24
Obr. 2-14 HILMA.MCP ZH ROEMHELD [21].....	25
Obr. 2-15 ZeroClamp upínač s nulovým bodem [22] .....	25
Obr. 2-16 Upínací čep [23] .....	26
Obr. 2-17 Schéma principu funkce upínače ZeroClamp [23] .....	26
Obr. 2-18 Obráběcí centrum DMG MORI CMX 1100 V [25] .....	27
Obr. 2-19 Modul PH 150 s obráběcím centrem DMG MORI CMX 50 U [27].....	27
Obr. 2-20 Obráběcí centrum HAAS VF-3SS [28] b) robotické rameno Haas Robot 3 [41] .....	28
Obr. 2-21 Obráběcí centrum MCV 1270 [30].....	29
Obr. 2-22 Obráběcí centrum HC 400 II [31].....	30
Obr. 2-23 Otočný stůl HAAS HRT310SS [33].....	31
Obr. 2-24 Rotační stůl Nikken 5AX-100 [34].....	32
Obr. 2-25 Rotační stůl Kitagawa TW2180 [35].....	32
Obr. 3-1 Obrobená součást.....	34

Obr. 3-2 a) Obráběcí centrum HAAS VF-3SS [28] b) Otočný stůl HAAS HRT310SS [33] .....	34
Obr. 4-1 Řez součásti po šestém obráběcím úkonu.....	35
Obr. 4-2 Řez součásti po první obráběcí operaci .....	35
Obr. 4-3 Řez součásti po druhé obráběcí operaci.....	36
Obr. 4-4 Koncept frézovacího přípravku 1.....	36
Obr. 4-5 Koncept frézovacího přípravku 2.....	37
Obr. 4-6 Koncept frézovacího přípravku 3.....	38
Obr. 5-1 Frézovací přípravek.....	39
Obr. 5-2 Horní pohled na základovou desku.....	40
Obr. 5-3 Spodní pohled na základovou desku.....	41
Obr. 5-4 Opěrka první obráběcí operace .....	41
Obr. 5-5 Opěrka druhé obráběcí operace.....	42
Obr. 5-6 Pružná boční opěrka [36].....	42
Obr. 5-7 a) Válcový středící čep [37] b) zploštělý středící čep [38].....	43
Obr. 5-8 Opěrný čep [39] .....	43
Obr. 5-9 Hydraulický válec HA-VB1 [40].....	44

## 10 SEZNAM TABULEK

Tab. 2-1 Parametry přímého pákového upínače HALDER [9].....	19
Tab. 2-2 Parametry vodorovného pneumatického upínače NORELEM [10].....	20
Tab. 2-3 Parametry přímého pneumatického upínače NORELEM [12].....	21
Tab. 2-4 Parametry otočného pneumatického upínače NORELEM [12] .....	21
Tab. 2-5 Parametry OK-VISE upínače s hladkými čelistmi [20] .....	23
Tab. 2-6 Parametry upínače Kurt 6“ Double Station Vise [21] .....	24
Tab. 2-7 Parametry upínače HILMA.MPC ZH ROEMHELD [22].....	24
Tab. 2-8 Porovnání parametrů CNC frézek .....	30
Tab. 2-9 Porovnání otočných a naklápěcích stolů.....	32

## 11 SEZNAM PŘÍLOH

Výkresy:

PŘÍPRAVEK BP-00

ZÁKLADOVÁ DESKA BP-01

DORAZ DRUHÉ OPERACE BP-02

DORAZ PRVNÍ OPERACE BP-03

ZADANÁ SOUČÁST BP-SOUČÁST