ZÁPADOČESKÁ UNIVERZITA V PLZNI
FAKULTA STROJNÍ

Studijní program: B 2301 Strojírenství
Studijní zaměření: Strojírenská technologie - obrábění

# BAKALÁŘSKÁ PRÁCE

Konstrukce frézovacího přípravku pro příložku ze slitiny ALBROMET 200 v SW Catia V5

Autor: **Vojtěch VOZÁR**

Vedoucí práce: **Ing. Josef SKLENIČKA**

Akademický rok 2014/2015

ZÁPADOČESKÁ UNIVERZITA V PLZNI
**Fakulta strojní**
Akademický rok: **2014/2015**

# ZADÁNÍ BAKALÁŘSKÉ PRÁCE

(PROJEKTU, UMĚLECKÉHO DÍLA, UMĚLECKÉHO VÝKONU)

| | |
|---|---|
| Jméno a příjmení: | **Vojtěch VOZÁR** |
| Osobní číslo: | **S14B0407P** |
| Studijní program: | **B2301 Strojní inženýrství** |
| Studijní obor: | **Strojírenská technologie-technologie obrábění** |
| Název tématu: | **Konstrukce frézovacího přípravku pro příložku ze slitiny ALBROMET 200 v SW Catia V5** |
| Zadávající katedra: | **Katedra technologie obrábění** |

Zásady pro vypracování:

1. Úvod
2. Rozbor současného stavu upínací prvky, metody upínání, výhody, nevýhody
3. Technologičnost konstrukce zadaného dílu
4. Návrh přípravku ve variantách, jejich rozpracování v SW Catia V5 a vytvoření výrobního postupu pro zvolenou variantu
5. Závěr

Rozsah grafických prací: **dle potřeby**

Rozsah pracovní zprávy: **30 - 40 stran**

Forma zpracování bakalářské práce: **tištěná**

Seznam odborné literatury:


- **Chladil, Josef. Přípravky a nástroje : část-obrábění. 3. vyd. Brno : VUT, 1992. ISBN 80-214-0408-6.**
- **Beneš, Vladimír; Mrkvica, Miloš. Teorie řezných nástrojů : určeno pro stud. fak. strojní. 1. vyd. Praha : ČVUT, 1990. ISBN 80-01-00265-9.**
- **Schmidt, Eduard. Příručka řezných nástrojů. 2. vyd. Praha : SNTL, 1974.**
- **Chvála, Břetislav; Votava, Josef. Přípravky : celost. vysokošk. učebnice pro strojní fakulty vys. škol techn.. 1. vyd. Praha : SNTL, 1988.**
- **ASM Handbook, Vol. 16: Machining. Ohio, 1999. ISBN 0871700077.**
- **Shaw, Milton Clayton. Metal cutting principles. New York : Oxford University Press, 2005. ISBN 0-19-514206-3.**
- **Childs, Thomas. Metal machining : theory and applications. New York : Elsevier, 2000. ISBN 0-340-69159-X.**
- **Příručka obrábění : kniha pro praktiky ; přel. Miroslav Kudela. Praha : Sadvik, 1997. ISBN 91-972299-4-6.**


Vedoucí bakalářské práce: **Ing. Josef Sklenička**
Katedra technologie obrábění

Konzultant bakalářské práce: **Ing. Josef Sklenička**
Katedra technologie obrábění

Datum zadání bakalářské práce: **20. října 2014**

Termín odevzdání bakalářské práce: **26. června 2015**

Západočeská univerzita v Plzni
Fakulta strojní

L.S.

Doc. Ing. Milan Edl, Ph.D.
děkan

Doc. Ing. Jan Řehoř, Ph.D.
vedoucí katedry

V Plzni dne 20. října 2014

## Prohlášení o autorství

Předkládám tímto k posouzení a obhajobě bakalářskou práci, zpracovanou na závěr studia na Fakultě strojní Západočeské univerzity v Plzni. Prohlašuji, že jsem tuto bakalářskou práci vypracoval samostatně, s použitím odborné literatury a pramenů uvedených v seznamu, který je součástí této bakalářské práce.

V Plzni dne: …….  . . . . . .

podpis autora

## Autorská práva

Podle Zákona o právu autorském č.35/1965 Sb. (175/1996 Sb. ČR) § 17 a Zákona o vysokých školách č. 111/1998 Sb. je využití a společenské uplatnění výsledků bakalářské práce, včetně uváděných vědeckých a výrobně-technických poznatků, nebo jakékoliv nakládání s nimi možné pouze na základě autorské smlouvy za souhlasu autora a Fakulty strojní Západočeské univerzity v Plzni.

**Poděkování**

Na tomto místě bych chtěl poděkovat vedoucímu bakalářské práce, panu Ing. Josefovi Skleničkovi za jeho rady, připomínky, odborné vedení a celkovou pomoc, která přispěla k vypracování této práce.

Vojtěch Vozár

# ANOTAČNÍ LIST BAKALÁŘSKÉ PRÁCE

| | | | |
|---|---|---|---|
| **AUTOR** | **Příjmení**<br>Vozár | **Jméno**<br>Vojtěch | |
| **STUDIJNÍ OBOR** | B2301 – „Strojírenská technologie – technologie obrábění“ | | |
| **VEDOUCÍ PRÁCE** | **Příjmení (včetně titulů)**<br>Ing. SKLENIČKA | **Jméno**<br>Josef | |
| **PRACOVIŠTĚ** | ZČU - FST – KTO | | |
| **DRUH PRÁCE** | ~~**DIPLOMOVÁ**~~ | **BAKALÁŘSKÁ** | **Nehodící se škrtněte** |
| **NÁZEV PRÁCE** | Konstrukce frézovacího přípravku pro přílož ALBROMET 200 v SW Catia V5 | ku ze slitiny | |

| | | | | | | | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|
| **FAKULTA** | strojní | | **KATEDRA** | KTO | | **ROK ODEVZD.** | 2015 |

**POČET STRAN (A4 a ekvivalentů A4)**

| | | | | | | | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|
| **CELKEM** | 66 | | **TEXTOVÁ ČÁST** | 34 | | **GRAFICKÁ ČÁST** | 9 |

| | |
|---|---|
| **STRUČNÝ POPIS**<br><br>**ZAMĚŘENÍ, TÉMA, CÍL POZNATKY A PŘÍNOSY** | Bakalářská práce obsahuje stručný popis různých způsobů upínání materiálu při frézování. Dále popisuje návrh a konstrukci speciálního přípravku pro zadanou součást. Model přípravku bude vymodelován pomocí softwaru Catia V5. |
| **KLÍČOVÁ SLOVA** | Frézování, obrábění, přípravek, upínání, obrobky, konstrukce, modelování, Catia V5 |

# SUMMARY OF BACHELOR THESIS

| | | | |
|---|---|---|---|
| **AUTHOR** | **Surname**<br>Vozár | **Name**<br>Vojtěch | |
| **FIELD OF STUDY** | B2301 – „Manufacturing proces – Technology of metal cutting“ | | |
| **SUPERVISOR** | **Surname (Inclusive of Degrees)**<br>Ing. SKLENIČKA | **Name**<br>Josef | |
| **INSTITUTION** | ZČU - FST – KTO | | |
| **TYPE OF WORK** | ~~**DIPLOMA**~~ | **BACHELOR** | **Delete when not applicable** |
| **TITLE OF THE WORK** | The construction of the milling preparation for the workpiece of alloy ALBROMET 200 in SW Catia V5 | | |

| | | | | | |
|---|---|---|---|---|---|
| **FACULTY** | Mechanical Engineering | **DEPARTMENT** | KTO | **SUBMITTED IN** | 2015 |

**NUMBER OF PAGES (A4 and eq. A4)**

| | | | | | |
|---|---|---|---|---|---|
| **TOTALLY** | 66 | **TEXT PART** | 34 | **GRAPHICAL PART** | 9 |

| | |
|---|---|
| **BRIEF DESCRIPTION**<br><br>**TOPIC, GOAL, RESULTS AND CONTRIBUTIONS** | Bachelor thesis contains a brief description of the different ways of clamping the material during milling. It also describes the design and construction of a special device for the specified component. Model preparation will be modeled using Catia V5 software. |
| **KEY WORDS** | Milling, machining, preparation, clamping the workpieces, construction, modeling, Catia V5 |

# Obsah

1. Úvod ... 10
2. Přípravky ... 11
2.1 Rozdělení přípravků ... 11
2.2 Použití přípravků ... 14
2.3 Konstrukční zásady ... 15
2.4 Volba materiálu pro přípravek ... 17
3. Princip jednoznačného ustanovení ... 18
4. Prvky pro ustanovení obrobku ... 19
4.1 Prvky pro ustanovení na rovinnou plochu ... 19
4.2 Prvky pro ustanovení na vnější válcové plochy ... 20
5. Univerzální přípravky ... 21
5.1 Strojní svěráky ... 22
5.2 Lícní desky ... 24
5.3 Univerzální sklíčidla ... 25
6. Technologičnost konstrukce zadané součásti ... 26
6.1 Tvar součásti ... 26
6.2 Materiál součásti – Albromet 200 ... 27
6.3 Přesnost a jakost součásti ... 29
7. Technologie obrábění ... 30
7.1 Nástroje ... 30
7.2 Řezné podmínky ... 31
7.3 Upínací síla ... 32
8. Návrh přípravku ve variantách ... 33
8.1 Varianta 1 ... 33
8.2 Varianta 2 ... 34
8.3 Varianta 3 ... 35
9. Upínače ... 36
9.1 Mechanický upínač DE-STA-CO 2027-UR ... 36
9.2 Hydraulický upínač DE-STA-CO 030-1-S-1100 ... 36
10. Porovnání variant přípravku ... 37
11. Varianta 2 ... 39
11.1 Základní deska ... 40
11.2 Kopyto ... 40
11.3 Rameno ... 41
11.3.1 Průhyb nosníku ... 41
12. Výrobní postupy ... 45

13. Závěr ..... 52
14. Zdroje a použitá literatura ..... 53
15. Seznam příloh ..... 55

# Přehled použitých zkratek a symbolů

| Symbol | Jednotka | Název |
|---|---|---|
| σ | [mm] | tolerance |
| D | [mm] | velký průměr |
| d | [mm] | malý průměr |
| $x_s$ | [mm] | Středová úchylka |
| $v_c$ | [m/min] | řezná rychlost |
| n | [$min^{-1}$] | otáčky vřetene |
| $v_f$ | [mm/min] | posuvová rychlost |
| $f_z$ | [mm] | posuv na zub |
| $f_n$ | [mm] | posuv na otáčku |
| $z_{eff}$ | [-] | počet efektivních břitů |
| $a_p$ | [mm] | hloubka řezu |
| $a_e$ | [mm] | šířka řezu |
| $h_m$ | [mm] | průměrná tloušťka třísky |
| $h_{ex}$ | [mm] | maximální tloušťka třísky |
| η | [%] | účinnost |
| $k_c$ | [$N/mm^2$] | měrná řezná síla |
| $k_{c1.1}$ | [$N/mm^2$] | měrná řezná síla v závislosti na $a_p$=1mm a $a_e$=1mm |
| Q | [$cm^3$/min] | velikost úběru materiálu |
| $P_c$ | [kW] | výkon vřetene |
| $P_{mot}$ | [kW] | výkon motoru |
| f | [-] | tření |
| k | [-] | součinitel bezpečnosti |
| $k_f$ | [-] | součinitel frézování |
| $F_{řez}$ | [N] | řezná síla |
| $F_r$ | [N] | radiální síla |
| F | [N] | výsledná síla |
| $F_u$ | [N] | upínací síla |
| $F_t$ | [N] | třecí síla |
| $F_{us}$ | [N] | skutečná upínací síla |
| q | [ks/rok] | roční produkce |
| CN | [Kč] | celkové náklady |
| FN | [Kč] | fixní náklady |
| PVN | [Kč] | průměrné variabilní náklady |
| M(x) | [$N*mm^{-2}$] | kvadratický moment v bodě x |
| v`(x) | [°] | natočení v bodě x |
| v(x) | [mm] | průhyb v bodě x |
| $c_1$;$c_2$ | [-] | integrační konstanty |
| $J_z$ | [$mm^4$] | kvadratický moment průřezu k neutrální ose |
| E | [MPa] | modul pružnosti v ohybu |

# 1. Úvod

S rostoucím vývojem v hospodářství a technice jsou kladeny zvětšené nároky na rychlost a kvalitu výroby. Zrychlení a zpřesnění výrobního procesu má za následek zvýšení produktivity práce a celkové výrobnosti závodů. Produktivita práce se zlepšuje zdokonalením výrobních metod, obráběcích strojů, nástrojů a ostatních výrobních prostředků.

Technický pokrok v obrábění kovů závisí také na zkrácení časových ztrát při všech jednotlivých úkonech, a to zvláště při úkonech dlouhotrvajících anebo opakujících se v krátkých časových intervalech. S tím souvisí i snaha zkrátit hlavní a především vedlejší čas.

Úkony ve vedlejším čase mohou být ruční, mechanizované s ručním řízením a plně automatizované. Zvlášť důležité je zkracovat vedlejší časy v případě, je-li čas hlavní ve srovnání s časem vedlejším nepoměrně kratší. Další zvětšování řezné rychlosti a s tím i související zkrácení hlavního času by na produktivitu práce neměly již podstatný vliv. To je také jeden z hlavních důvodů, proč je dnes při velkém rozvoji strojírenské výroby a při snaze zvětšit produktivitu snaha dosáhnout co největší účelné mechanizace, či automatizace všech vedlejších pracovních úkonů. Jedním z prostředků, které umožňují plnit s časovou výhodou úkony vykonávané ve vedlejším čase, jsou přípravky.

# 2. Přípravky

Přípravek je ve strojírenství pomůcka, která zlehčuje montáž či demontáž. Tento druh nářadí může být jednoúčelový nebo univerzální. Usnadňuje výrobu a práci tím, že urychluje upnutí obrobku, kontroluje správné rozměry, nebo zlepšuje manipulaci s obrobkem. Jeho hlavním úkolem je zrychlení a zkvalitnění výroby.

Speciální přípravky se používají ve všech druzích výroby od ruční, přes strojní kusovou, sériovou, až po hromadnou. Nejvyšší zastoupení mají v sériové výrobě. Kvůli vyšší pořizovací ceně jednoúčelových přípravků se při méně objemné výrobě využívají modulární systémy, které v některých situacích dokážou přípravek zastoupit. V jistých případech jsou ale přípravky nezbytné a to například pro dosažení požadované kvality.

Použití přípravku je velmi výhodné, avšak samotná pomůcka musí splňovat všechna kritéria, která jsou sledována. Jedná se v první řadě o funkčnost, dále pak bezpečnost, jakost v neposlední řadě finanční nákladnost, na kterou jsou v posledních letech stále vyšší nároky.

Obráběná součást musí být na stroji upnuta tak, aby byla vůči nástroji stále ve stejné poloze, která se nesmí měnit vlivem působení řezných sil vznikajících při práci. Využitím přípravku se zvýší přesnost upnutí, eliminuje se chyba při upnutí a celkové upínání je časově méně náročné. Dále není nutno ve v krátkých intervalech kontrolovat přesnost upnutí, čímž se ušetří další čas. Stejným způsobem musí být předmět zajištěn i při ručním obrábění. Mezi nejjednodušší upínací pomůcky patří ruční a strojní svěráky. Součásti je často nutno přidržet ve správné poloze nejen při obrábění, ale také při jejich sestavování, než jsou definitivně spojeny. Dále je někdy třeba, aby přípravek vedl nástroj, pokud vedení není součást obráběcího stroje. To je potřeba například při soustružení kulové plochy na běžném soustruhu. V tom případě je nástroj veden zvláštním přídavným zařízením, které je uchyceno na stroji. Toto zařízení se také může nazvat přípravkem. Jiným příkladem vedení nástroje jsou vodící pouzdra, která vedou vrták při vrtání.

Přípravek je pomocné zařízení, které je určené k:
1) jednoznačnému ustavení a k pevnému uchycení součástí při jejich obrábění
2) vzájemnému přidržení součástí při jejich sestavování v celek
3) vedení nástroje [1]

## 2.1 Rozdělení přípravků

Přípravky se dělí podle několika hledisek:

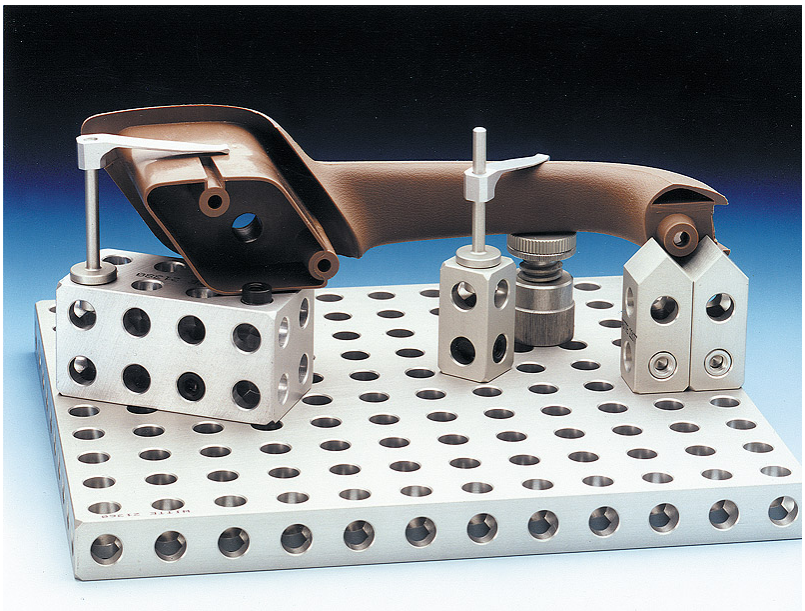
- **Podle rozsahu použitelnosti**

a) Univerzální – přípravky určené k upínání několika druhů obrobků stejného typu s rozdílnou velikostí a tvarem. Některé z nich požadují pro každý druh obrobku speciální doplněk, jako jsou například speciální čelisti pro strojní svěrák. Tyto přípravky jsou normalizované a prodejné podle katalogu nebo katalogového listu.

b) Skupinové – celý přípravek, nebo jeho část je společná pro celou skupinu obrobků. Skupinové systémy se skládají ze stálých a vyměnitelných nebo seřiditelných součástí. Mezi stálé patří těleso přípravku, upínací mechanismus a jednotka vyvozující upínací sílu. Vyměnitelné či seřiditelné jsou ustavovací a vodící elementy přípravku a v některých případech i upínací elementy. Vyměnitelné součásti nebo jejich skupiny se vybírají

pro konkrétní součást podle jejího tvaru. Vyměňují se individuálně při přechodu na jinou výrobní dávku s rozdílným tvarem součásti.

c) Stavebnicové (modulární)– skládají se z typizovaných součástí v určitý přípravek



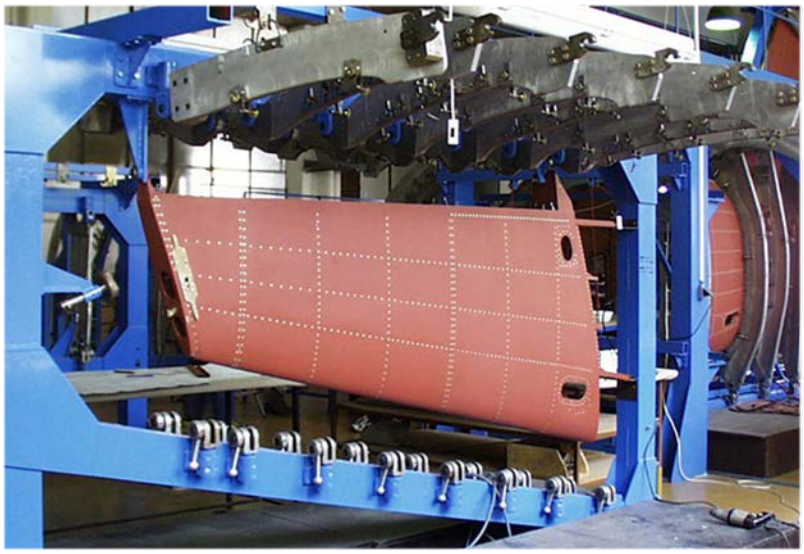
***Obr.1*** *Příklad použití stavebnicového přípravku[2.1.1]*

d) Speciální přípravky – určené pro upínání jednoho obrobku při konkrétní operaci. Jedná se o jednoúčelové upínací zařízení, které má lepší vlastnosti než univerzální přípravek.[1][3]

- **Podle operačního určení**

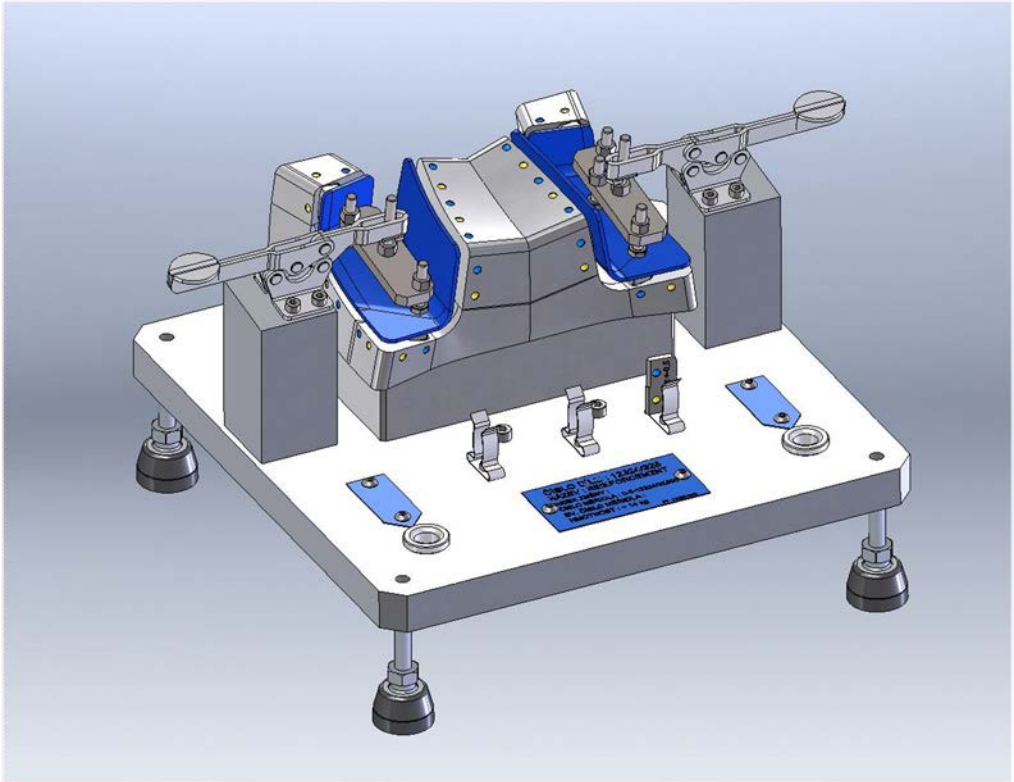
a) Obráběcí přípravky – slouží k upnutí obrobku v určité poloze vzhledem k nástroji. Je-li nutno současně vést nástroj, je tak docíleno vedením, které je součástí přípravku.

b) Montážní přípravky – pro držení součástí při jejich vzájemném rozebíratelném i nerozebíratelném spojování a manipulaci. Do této skupiny patří i přípravky pro svařování.[1]



***Obr. 2*** *Montážní přípravek pro letecký průmysl [2.1.2]*

c) Kontrolní přípravky – většinou jednoúčelová zařízení, která umožňují rychlou a jednoduchou kontrolu opracovaných součástí s minimálními nároky na obsluhu. Jsou využívány například pro kontrolu tvaru výlisků, kde zpravidla fungují tak, že obsluha ověřuje, zda vyhovuje tvar kontrolované součásti. Kontrolní elementy jsou fixovány na základové desce přípravku tak, aby ve stanovených tolerancích odpovídaly modelu kontrolované součásti. Dále podle potřeby jsou vybaveny ručními kalibry pro kontrolu průměrů děr a číslicovými úchylkoměry.[2]



***Obr.3*** *Montážní přípravek pro plechový díl [2.1.3]*

d) Rýsovací přípravky – určeny k rýsování součástí před vlastním obráběním

e) Ostatní pomocná a dílenská zařízení – do této skupiny patří pomůcky, které jsou využívány pro zlepšení pracovní schopnosti stroje, například mnohovřetenové vrtací hlavy. Dále pak pomůcky, které jsou používány při obrábění speciálně tvarovaných ploch, jejichž obrobitelnost není na standardních strojích bez přídavného zařízení možná, například zařízení k soustružení eliptických ploch, k řezání závitů s proměnlivým stoupáním a podobně. Do této skupiny se mohou zařadit i pomocná nakládací zařízení, která umožňují vkládání objemnějších a těžších součástí do stroje a pozdější zpětné vyjmutí.

- **Podle zdrojů upínací síly**

a) Přípravky s ručním upínáním – upnutí se provádí ručně pomocí upínek, pákových systémů, klínů, vaček apod.
b) Přípravky s mechanickým upínáním – může se jednat o vzduchové, olejové, elektromechanické, magnetické nebo kombinované z výběru předchozích mechanických upínání. [1][3]

## 2.2 Použití přípravků

Přípravky jsou pomůckou při zlepšování jakosti výrobku a zvětšování pracovního výkonu. Vhodně použité přípravky často umožní pracovat zároveň na více strojích.

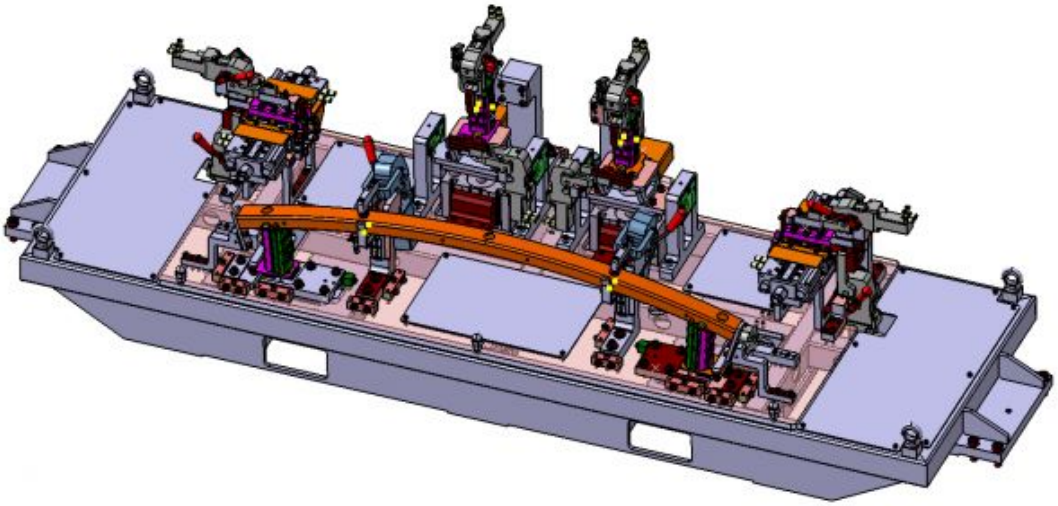
Vlastní použití i konstrukce jednotlivých přípravků se liší podle druhu výroby. Při kusové výrobě se většinou součásti obrábějí i montují s využitím běžných výrobních zařízení, popřípadě se využívá jen nezbytně nutných pomůcek, bez kterých se při výrobě nelze obejít. Při obrábění rotačních obrobků na soustruzích a bruskách je třeba věnovat velkou pozornost správnému vystředění obrobku. Kusová výroba na univerzálních strojích je náročná a zdlouhavá. Vyžaduje nasazení zkušených a spolehlivých pracovníků. V každém případě je snaha o zabránění výskytu zmetků, zvláště jde-li o složité, rozměrné a tím i drahé obrobky. K upínání se využívají klasické upínací pomůcky. Ustanovení obrobku je většinou zdlouhavé, obtížné a často se musí dodatečně opravovat. I přes nevýhody je tento postup při kusové výrobě finančně výhodnější, než pořizování speciálních přípravků.

Při sériové výrobě je výhodné navrhnout speciální přípravky. Tyto přípravky zaručují správné a časově nenáročné ustavení součásti vzhledem k nástroji bez podstatného vlivu dělníka a často odstraňují i proměřování, čímž se velkou měrou zkrátí vedlejší časy. Součást lze obrobit s požadovanou přesností a tím se ušetří případná dodatečná úprava při montáži. Jednotlivé součásti přípravku jsou výměnné. Tento fakt umožňuje jejich skladování a zrychlení jejich dodávky.

Pro hromadnou výrobu je výhodné použít složitější speciální výrobní zařízení. Pro každou operaci nebo pro několik operací na obrobku se používá buď speciálního, nebo klasického obráběcího stroje rozšířeného o speciální zařízení umožňující dosažení největšího řezného výkonu při nejkratších možných vedlejších časech.

V současné době se jednotlivé výrobní závody soustředí na výrobu určitých druhů výrobků. To umožňuje obrábět tvarově podobné součásti s využitím typizované výrobní technologie, doplněné skupinovým obráběním. Pro tento druh výroby je možné použít jednotného speciálního nářadí a jednotných přípravků pro určitou skupinu součástí podle typových technologických postupů. Skupinové univerzální nebo seřiditelné přípravky jsou potom vhodné pro celu skupinu obrobků.

Zavedením skupinové výroby pomocí přípravků a vhodného pomocného zařízení má kusová výroba přibližně stejné podmínky jako výroba sériová.[1][12]



***Obr. 4*** *Svařovací přípravek pro BMW e46 330d [2.2.1]*

## 2.3 Konstrukční zásady

Při konstrukci upínacích přípravků je nutno řídit se těmito pravidly:

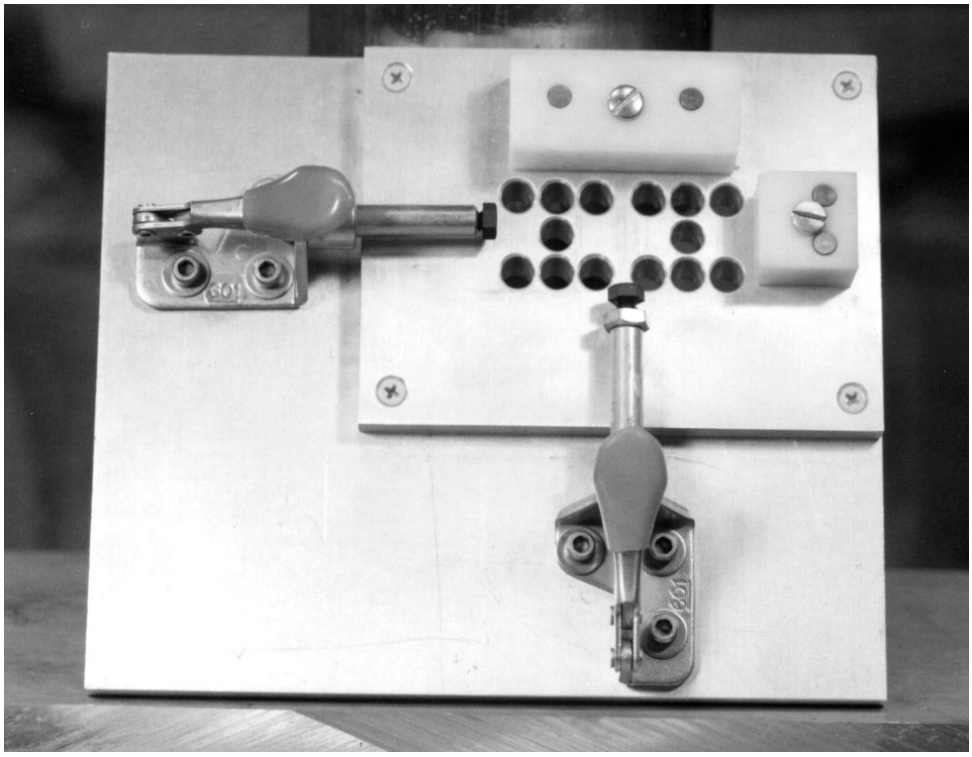
a) Před navržením přípravku je nutné promyšlení celého pracovního postupu pro zvolenou součást. Zvláště důležité je již při prvním obrábění vytvořit díru nebo plochu, která bude výchozí při dalších operacích.

b) Pro série s menším počtem kusů je výhodné uspořádat operace tak, aby se dalo využít jednoho upínacího přípravku pro více operací.

c) Obráběná plocha musí ležet co nejblíže k upínací ploše obráběcího stroje. Tím se zaručí stabilita upínacího přípravku.

d) Přípravek musí být dostatečně tuhý, aby se nedeformoval působením řezných a upínacích sil.

e) Poloha předmětů v přípravku má být zajištěna pomocí pevných dorazů (viz obr.5).

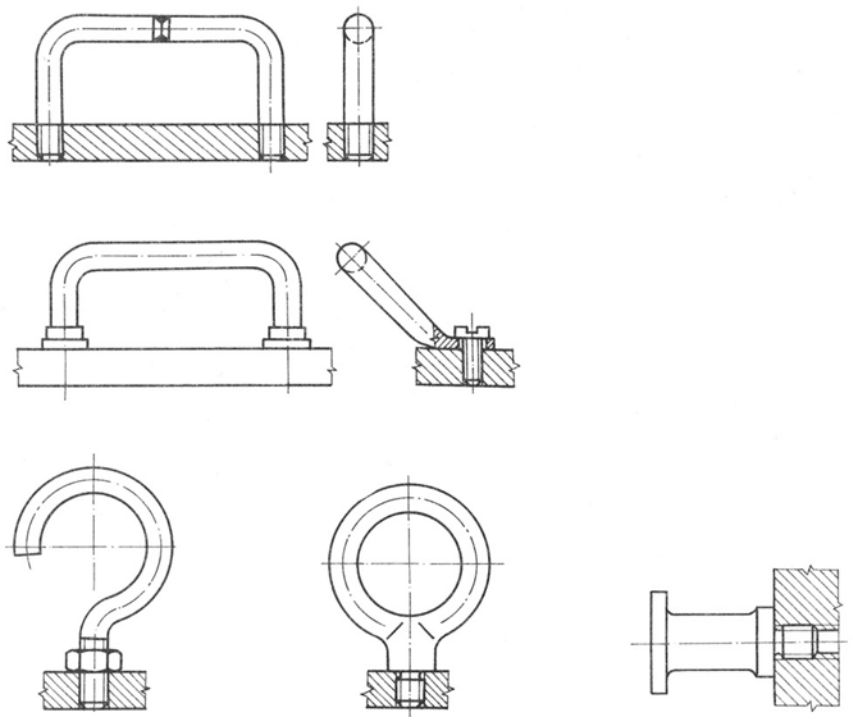


***Obr.5*** *Přípravek s dorazy [1]*

f) Výslednice pracovních sil má působit pokud možno proti pevným dorazovým plochám.

g) Obsluha má být jednoduchá a pohodlná. Ovládací prvky jako páky, rukojeti, ruční kola a matice musí být dobře přístupné a jejich počet musí být co nejmenší. Mezi upínací a ovládací prvky se vkládají převody (šrouby, klíny, výstředníky), aby upínání nevyžadovalo velkou fyzickou námahu. Při upínání a uvolňování se nesmí používat kladiva, neboť se tím přípravek značně poškozuje. Smysl pohybu příslušných upínacích prvků má být jednotný (ve smyslu pohybu hodinových ručiček). Poloha obsluhovacích prvků nesmí při práci překážet nástroji nebo odcházejícím třískám. Upínání i uvolňování musí být provedeno ve velmi krátkém čase.

h) Pro snazší přemisťování se rozměrnější přípravky opatřují rukojeťmi nebo uchy (obr.5).



***Obr. 6*** *Prvky pro uchycení [1]*

i) Je třeba pamatovat na odtok chladící tekutiny (řezné kapaliny) a na odpad třísek. Zvláště dosedací plochy musí být snadno očistitelné od třísek.

j) Plochy, které jsou vystaveny opotřebení, musí být tvrdé

k) Přípravky, které se upínají přímo na vřeteno stroje, musí být vyvážené, aby nezpůsobovaly nepřípustné chvění vřetena, a tím i nepřesnost výroby a menší trvanlivost stroje. Musí být lehké, aby nezvětšovaly moment setrvačnosti vřetena a tím neztěžovaly rozbíhání a brzdění. Tento požadavek je důležitý především u rychloběžných strojů.

l) Všechny ostré hrany, které mohou přijít do styku s lidskou rukou, musí být zaobleny, aby se dělník nezranil.

m) Vkládací prostor pro obrobek musí být upraven tak, aby se ruční manipulace konala z dostatečné vzdálenosti od nebezpečných částí stroje, nástrojů apod.

n) Při konstrukci je vhodné co nejvíce používat normalizovaných součástí. Nejdříve je nutno se přesvědčit, zda by se pro daný případ nemohlo použít přípravku již hotového, popřípadě upraveného. Z tohoto důvodu je důležitá přehledná evidence všech již vyrobených upínacích pomůcek.

o) Přípravek je vhodné řešit stavebnicově.

p) Konstrukce přípravku nesmí umožnit jednoznačné ustavení předmětu. [1]

## 2.4 Volba materiálu pro přípravek

Materiál použitý pro přípravek musí ve všech hlediskách vyhovovat požadavkům, které jsou na přípravek kladeny. Mezi tyto požadavky patří dostatečná pevnost, pružnost, odolnost proti opotřebení a podobně.

Hlediska, která rozhodují o volbě materiálu, se dají shrnout do následujících bodů:

- Namáhání, opotřebování, tvar a funkce uvažovaného přípravku nebo jeho součásti
- Nejmenší stupeň obrobení přípravku
- Počet kusů vyráběných přípravků
- Pracovní prostředí, pro které je přípravek určen
- Požadovaná přesnost přípravku
- Cena, skladovaný druh materiálu a výrobní možnosti nářaďovny
- Hmotnost přípravku

V tabulce 1 jsou příklady použití materiálu pro různé součásti.

| Součást | Materiál | Poznámka |
|---|---|---|
| Tvarové čelisti sklíčidla soustruhu, měkké | 11 700 | |
| Dorazy a tlačné šrouby | 12 050, 12 061 | |
| Kulové podložky | 11 600 | Kaleno |
| Opěrné čepy s hlavou do průměru 25 mm | 19 452 | Kaleno HRC 56 |
| Větší průměr | 12 010 | Cementováno |
| Páky výstředníků | 11 500 | |
| Pojišťovací kolíky | 12 050 | Kaleno |
| Rukojeti | 11 500 | |
| Středící čepy do průměru 20 mm | 19 452 | Kaleno HRC 56 |
| Přes 20 mm | 12 010 | Cementováno 0,5 mm |
| Šrouby s čtyřhranou hlavou s čípkem | 11 600 | Čípek a hlava šroubu kaleny |
| Kleštiny | 16 420 | |
| Hroty | 19 192, 19 191 | Kaleno HRC 62 |
| Klíny | 11 600 | Kaleno |
| Vačky | 12 010 | Cementováno 0,8 mm |
| Upínky | 11 500 | Dosedací plocha kalena |
| Vrtací šablony | 11 420 | Kaleno |
| Vrtací pouzdra vnitřní průměr 6 až 17 mm | 19 452 | Cementováno 0,5 mm |
| Výstředníky | 12 010, 14 220 | cementováno |

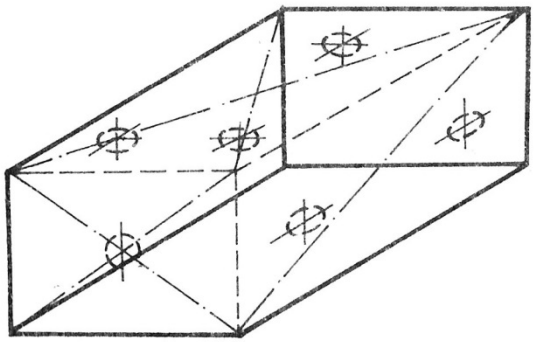
***Tab.1*** *Materiály pro různé součásti [1]*

Všechny uvedené faktory je nutné při návrhu konstrukce respektovat ve všech aspektech, protože mají urychlit, nebo v některých případech umožnit výrobu. Celkové náklady na přípravek mají být pokud možno minimální, proto je nutné zamyšlení nad způsobem výroby přípravku. Přesnost zpracovávaného obrobku musí být co nejvyšší a opakovatelná. Dále pak by měla být minimální hmotnost. U všech jmenovaných faktorů je volba materiálu jako výchozí parametr k jejich úspěšnému splnění. [1]

# 3. Princip jednoznačného ustanovení

Těleso v prostoru a tím i součást v přípravku má 6 stupňů volnosti, přičemž se s ohledem na kartézský souřadný prostorový systém jedná o 3 posuvy ve směru hlavních os x,y,z a 3 pootočení kolem těchto os. Jednoznačné ustanovení obrobku v přípravku tedy zajistí 6 podpěrných bodů. Podpěrné body jsou prakticky nahrazeny speciálními opěrnými prvky.

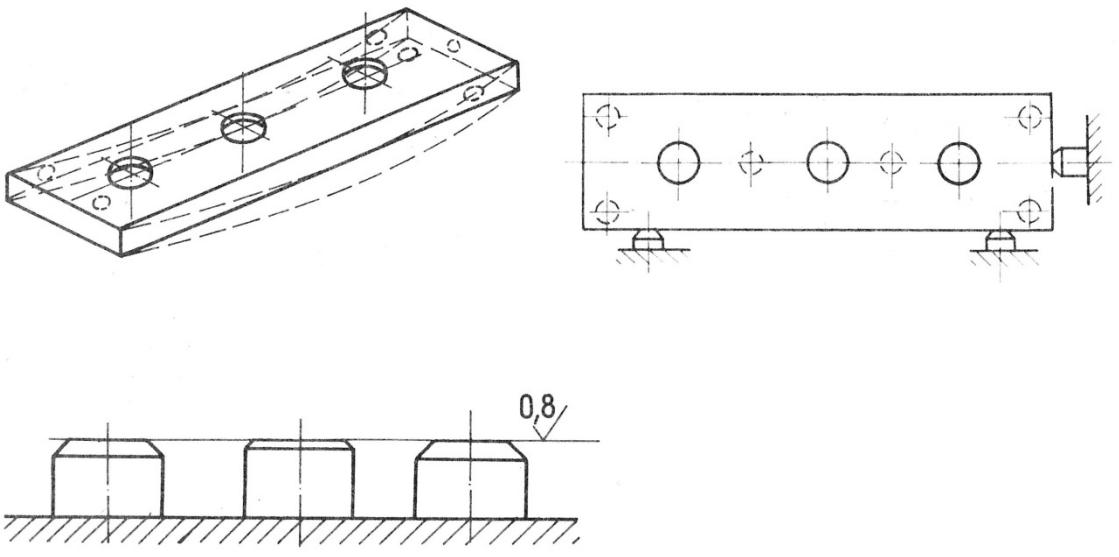
Uvážíme-li součást ve tvaru kvádru, potom rozdělení šesti opěrných prvků na jednotlivé stěny je takové, aby při reprodukci ustanovení obrobku nedocházelo k žádným odchylkám a byl dán základní předpoklad pro kvalitní výrobu v přípravku. Konkrétní rozdělení je v poměru 3:2:1, což dává dohromady 6 zajištěných stupňů volnosti (obr.7).



***Obr.7*** *Opěrné prvky na kvádru [1]*

Při výrobcích menší hmotnosti se obrobek dotláčí na podpěry ručně. Tím dojde k ustanovení obrobku a následně se vyvodí upínací síly, které by měly směřovat proti opěrným prvkům. V případě, že je předmět výroby větších rozměrů a hmotnosti, je dotlačení do opěr vyvozeno ustavujícími silami, které jsou pouze tak velké, aby bylo dosaženo dosednutí na součásti opěry. Poté jsou vyvozeny síly upínací, které jsou v každém případě větší, než síly ustavovací.

Při vrtání dlouhé a tenké pásnice (viz obr.8), která je ustavena pomocí šesti opěrných prvků, může dojít k prohnutí obrobku vlivem osových sil vrtáku.




***Obr.8*** *Vrtání dlouhého a tenkého pásu [1]*

Toto prohnutí by mělo za následek kuželové díry ve výrobku. Aby nedocházelo k průhybu, je výrobek podepřen šesti opěrnými prvky na základně a třemi na dvou bočních stěnách (obr.). Takto je zajištěno devět stupňů volnosti. Výrobek leží na šesti opěrách, nepůjde tedy o jednoznačné uložení, protože jednotlivé opěrné prvky mají rozdílnou výšku v rámci povolené výrobní tolerance. Odstranění tohoto nedostatku spočívá v tom, že po zalisování šesti opěrných bodů do základové desky následuje přebroušení bruskou na plocho (obr.) a tím dosáhneme roviny v rámci dosažení rovinnosti brousícím strojem. Jelikož se dosáhlo roviny a ta je určena třemi body, je splněn původní požadavek jednoznačného uložení při zajištění šesti stupňů volnosti. [1]

Při konstrukci se také provádí volba ploch:

- Základní plocha – plocha, na které je uložen obrobek
- Opěrné plochy – plochy na obrobku, na kterých dojde ke kontaktu obrobku s přípravkem, jsou určeny konstruktérem
- Ustavující plocha – tvořena základnou pro obrábění, určuje polohu obrobku v přípravku vůči nástroji
- Hlavní konstrukční základna – může být plocha nebo osa, určuje polohu součásti při její funkci [4]

# 4. Prvky pro ustanovení obrobku

Ustavovací prvky musí mít takový tvar, velikost a funkci, aby odpovídaly charakteristickému profilu opěrné plochy obrobku. Bere se zřetel i na velikost upínací síly, stav ustanovujících ploch, možnosti vkládání součásti do přípravku a zpětné vyjímání z přípravku po dokončení operace. Při konstrukci je snaha použít co nejvíce normalizovaných součástí.

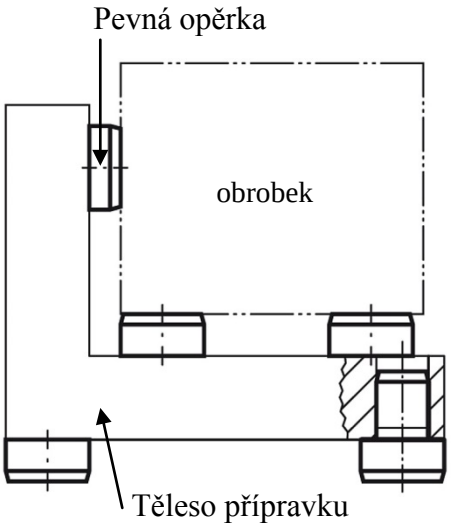
## 4.1 Prvky pro ustanovení na rovinnou plochu

- **Opěrky**

Rozdělují se na:

- pevné
- stavitelné
- samostavitelné opěrky

Povrch opěrek musí být broušený a tepelně zpracovaný. Opěrky jsou do desky přípravku nalisovány nebo našroubovány. V případě, že se je obrobek opracován, používají se opěrky s dokonale rovnou dotykovou plochou. Je-li obrobek neopracovaný, lze použít dotykovou plochu kulovitého tvaru.

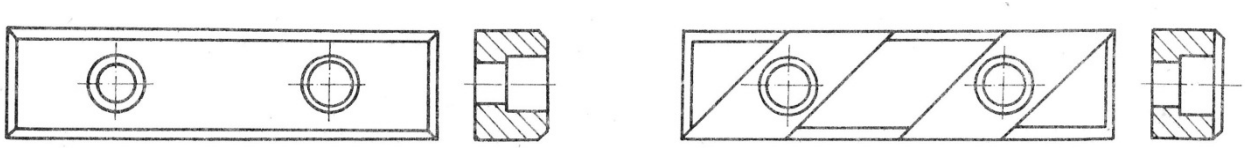



***Obr. 10*** *Ustanovení pomocí opěrek[1]*

- **Lišty**

Jsou používány pro ustanovení delších obrobků. Povrch funkční plochy je u nich rovinný, tepelně zpracovaný a broušený. Dále mají lišty mělké lišty, které pomáhají zabraňovat posunům obrobku po liště.

Lišty jsou přišroubovány a vystředěny kolíky, nebo mohou být i přivařeny. Ke správnému ustanovení je potřeba dodržet i vhodnou vzdálenost lišt a opěrek. Tato vzdálenost má být co největší, ale nesmí dojít k tomu, aby se obrobek prohýbal. Rozměrné obrobky, které mají tendenci se prohýbat při upínání, se opatřují opěrkami mezi lištami, jelikož by případná deformace ovlivnila požadovanou přesnost.



***Obr. 11*** *Různé provedení lišt[1]*

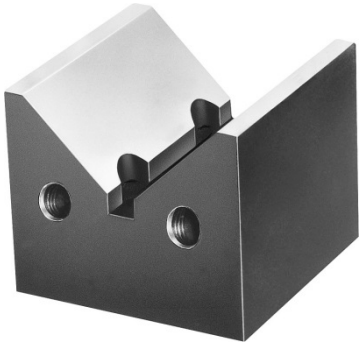
O použití lišt, tvaru opěrek nebo jejich kombinaci se rozhoduje podle tvaru, velikosti a tvrdosti funkční plochy.

Malé a levné přípravky využívají k ustanovení přímo plochy přípravku vhodně upravené podle tvaru dosedacích ploch obrobku. Tyto plochy na přípravku je opět potřeba tepelně opracovat a přebrousit.[4]

## 4.2 Prvky pro ustanovení na vnější válcové plochy

Pro podepření obrobků s válcovými plochami se používají prizmatické podpěry. Při ustanovení do prizmatu vzniká problém v tom, že se zde objevují úchylky středu a povrchu válcových obrobků v závislosti na velikosti tolerance ustavovaných součástí. Středová úchylka má vliv na celkovou přesnost výroby. Při použití prizmatu tento problém nastává například při navrtávání hřídelů.

Povrchová úchylka se objeví v každém případě, kdy se kótuje od povrchu součásti. Znemožní tedy jednotné nastavení nástroje pro jeden typ součásti. Hodnota této úchylky je dána velikostí tolerance průměrů vnějších válcových ploch a také nepřímo úhel prizmatu. Úchylky se dají v některých případech zmenšit pomocí vhodného natočení prizmatické opěry.

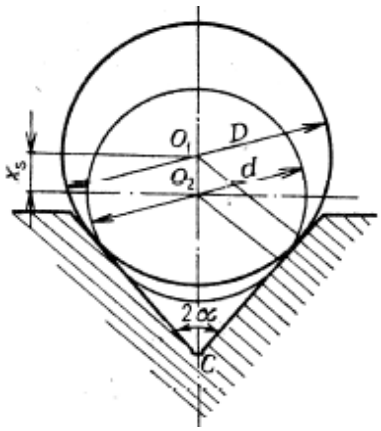


***Obr.12*** *Prizma[4.2.1]*

Tolerance průměrů vyráběných součástí:

$$\sigma = D - d = 2x_s \qquad (4.2.1)$$

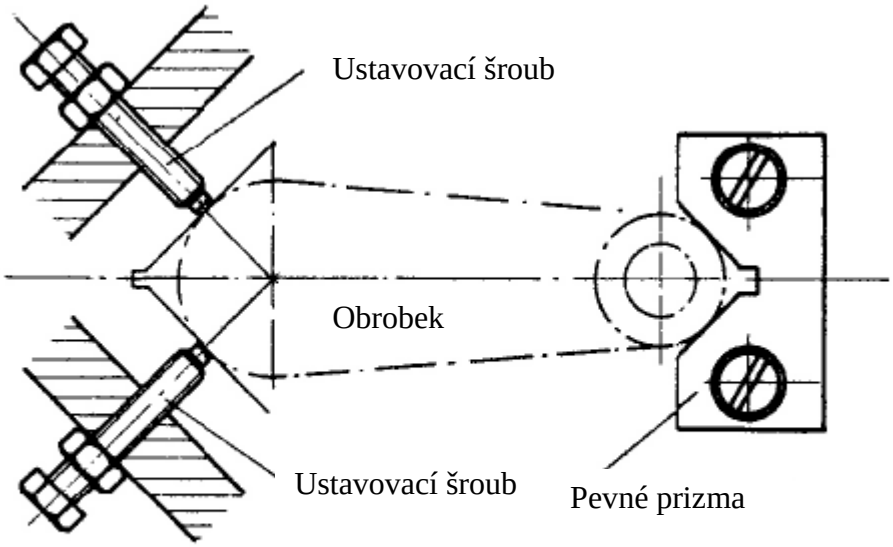
kde:
$x_s$ .. středová úchylka
D ..velký průměr
d .. malý průměr (4.2.1)




***Obr.13*** *Středová úchylka[1]*

Prizmata menších rozměrů jsou vyráběna z jednoho kusu, větší jsou rozdělená z důvodu velkého pnutí a deformací po tepelném zpracování. Tepelný proces je u výroby prizmat nutný z důvodu finální tvrdosti 50-55 HRC. Výroba je ukončena broušením, jemným broušením, nebo lapováním.

Pro upnutí součástí s nepravidelnými plochami se prizmata nepoužívají, ale nahrazují se opěrami vytvořenými z dotykových stavitelných šroubů.




***Obr.14*** *Seřiditelné ustavení[4.2.3]*

# 5. Univerzální přípravky

Univerzální přípravky najdou uplatnění v kusové a malosériové výrobě. Tato upínací zařízení jsou normalizovaná a mají ustálený tvar. Jejich použití není přímo určeno pro konkrétní obrobek, obráběcí stroj nebo pracoviště. Vyrábějí se většinou v objemnějších sériích, a proto jsou u nich příznivější pořizovací náklady, než u podobných speciálních přípravků.

Plochy univerzálních přípravků a funkční části musí mít takovou přesnost, aby byla zaručena požadovaná přesnost vyráběných předmětů. Obecně je přesnost přípravku vždy větší, než funkční přesnost příslušných částí a ploch obráběcího stroje. Eliminuje se tím vliv upínacího zařízení na přesnost obráběcího stroje.

Univerzální přípravky lze použít pro upnutí různých druhů součástí jednoduchých geometrických tvarů, a to bez speciálních doplňků.[4]

## 5.1 Strojní svěráky

Strojní svěráky jsou jedním z nejrozšířenějších druhů univerzálních přípravků. Lze s nimi upínat obrobky jednoduchých geometrických tvarů. Tento druh upínače je používán na vrtačkách, frézkách, hoblovkách, obrážečkách a podobných strojích. Upnutí je vyvozeno sevřením čelistí svěráku šroubem s ruční klikou nebo pomocí výstředníku a páky, či tlakovým vzduchem. Celková velikost strojních svěráků závisí na požadované šířce, výšce a rozevření upínacích čelistí. Rozevření je největší možná vzdálenost obou čelistí, při které je zaručeno pevné a bezpečné upnutí obrobku. Velikost a bezpečnost upnutí závisí na délce vedení posuvné čelisti a průměru upínacího šroubu.

- **Svěrák s přední posuvnou čelistí**

Nejběžnější je strojní šroubový svěrák s přední čelistí posuvnou. (Obr.15)

Těleso svěráku s jednou pevnou částí má vedení pro posuvnou čelist. Posuvná čelist je spojena s otočným šroubem, který je osově přichycený k tělesu svěráku. Obě čelisti mají kalené vložky. Tyto vložky jsou v případě otlačení či jiné nevhodnosti k dalšímu použití vyměnitelné.[4]

***Obr.15*** *Strojní svěrák [5.1.1]*

- **Otočný svěrák**

Otočný svěrák má podobné uspořádání jako svěrák přímý. Rozdíl je v tom, že jsou saně uloženy na otočné desce, kterou je svěrák pevně připevněn ke stolu nebo k upínací desce stroje. Svěrák lze otočit o požadovaný úhel kolem svislé osy. Velikost natočení je měřena pomocí stupnice ležící na obvodu otočné desky. Poloha je zajištěna pomocí dvojice šroubů, či jiným systémem. [4]

***Obr.16*** *Otočný svěrák [5.1.2]*

- **Samostředící svěrák**

K upínání předmětů za válcové plochy slouží svěráky s prizmatickými čelistmi. Tyto svěráky jsou nazývány také samostředící svěráky. Obě čelisti jsou na saních svěráku posuvné. Pohyb je vyvozen pomocí šroubu s pravým i levým závitem, čímž je docíleno toho, že je osa předmětu vždy ve stejné poloze. Poloha osy není nijak ovlivněna průměrem obrobku. Upínací čelisti jsou povrchově kaleny a mají na obou stranách zářezy rozdílných velikostí. Podle potřeby je lze podle velikosti průměru materiálu otáčet. [4]

***Obr.17*** *Samostředící svěrák [5.1.3]*

- **Výstředníkový svěrák**

U tohoto typu svěráku je použit k vyvolání přítlačné síly místo upínacího šroubu výstředník. Posuvná čelist se posouvá ručně po zářezech na saních nebo klasicky pomocí šroubu. Upínací síla je vyvozena pomocí výstředníku. Tento druh svěráku se uplatňuje při upínání menších obrobků s pravidelnými tvary. [4]

***Obr.18*** *Výstředníkový svěrák [5.1.4]*

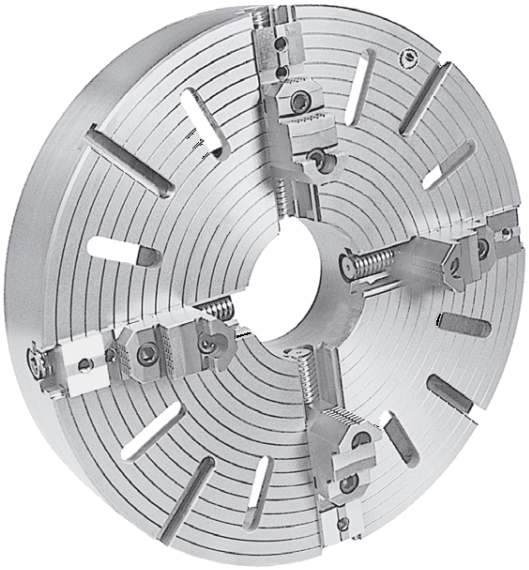
- **Pneumatický svěrák**

Upínací síla je zde vyvozena pomocí tlakového vzduchu. Díky tomu lze dosáhnout velmi pevného upnutí. Mezi hlavní výhody tohoto typu svěráku patří krátké upínací časy, odstranění fyzické námahy a značné upínací síly. Čelisti jsou opět kaleny a lze je měnit. [4]

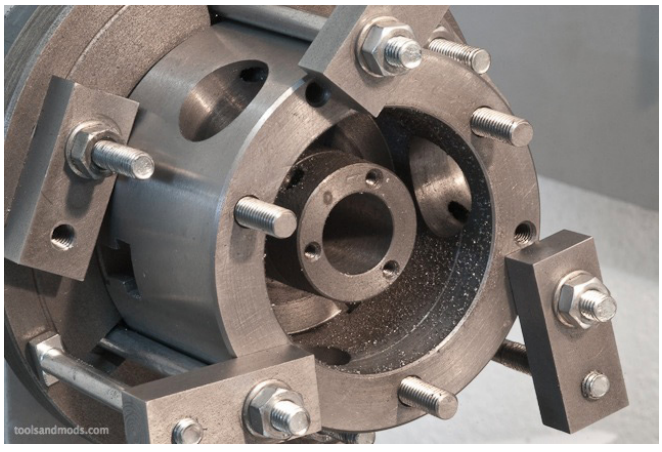
***Obr.19*** *Pneumatický svěrák [5.1.5]*

## 5.2 Lícní desky

Lícní desky se používají při upínání obrobků na soustruzích. K upnutí slouží zpravidla čtyři čelisti. Každá z těchto čelistí se může samostatně pohybovat v celém rozsahu, což umožní upínání těles nepravidelných tvarů. Rozsah upnutelných obrobků je zvýšen tím, že jsou čelisti stupňovité. V lícní desce jsou navíc výřezy pro šrouby s hlavou, aby bylo možné upnout obrobek i pomocí upínek. Problém je zde s vystředěním, které je časově náročné a vyžaduje zručnost obsluhy. Výhodou je dosažitelná značná upínací síla. Na obrázku (Obr. 20**)** lze vidět lícní desku s upínkami pro upnutí za vnitřní i vnější průměr. [4]



***Obr.20*** *Lícní deska [5.2.1]*

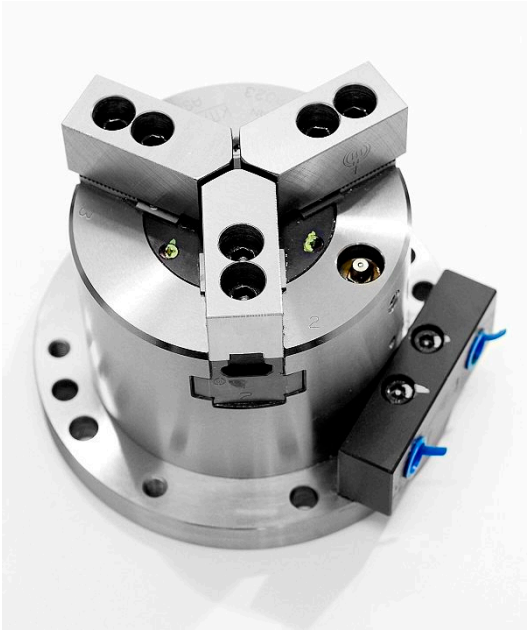



***Obr.21*** *Lícní deska s obrobkem [5.2.2]*

## 5.3 Univerzální sklíčidla

Tato sklíčidla se používají při upínání na strojích jako soustruhy, brusky nebo dělící přístroje. Rozdělují se podle počtu upínacích čelistí na dvoučelisťová, tříčelisťová atd. Při upínání se všechny čelisti pohybují současně. Obrobek je tedy vždy přesně vystředěn. Upínání se provádí mechanicky, pneumaticky nebo hydraulicky. V praxi je nejčastěji používané tříčelisťové sklíčidlo. [4]

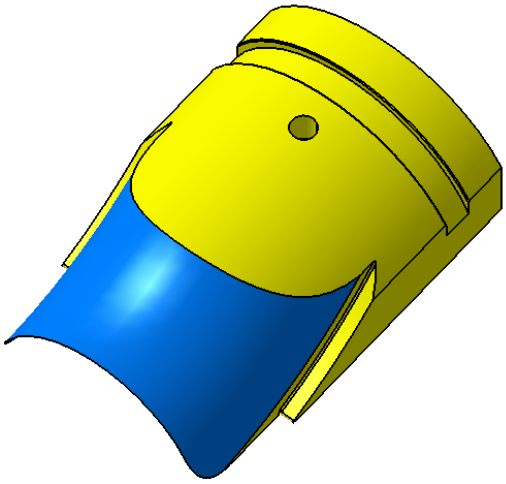
***Obr.22*** *Tříčelisťové mechanické sklíčidlo [5.3.1]*



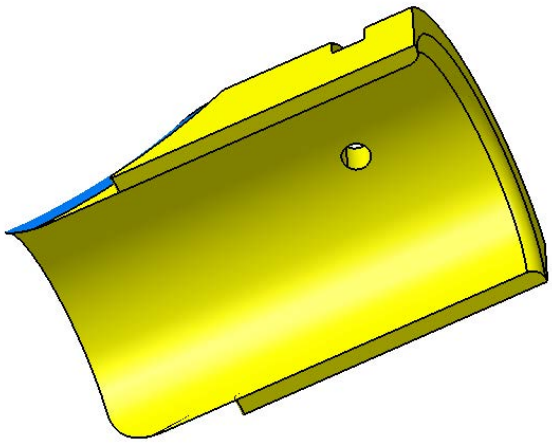
***Obr.23*** *Pneumatické sklíčidlo [5.3.2]*

# 6. Technologičnost konstrukce zadané součásti

Zadaná součást je vyhlazovač, který se používá jako pomůcka při ohýbání tenkostěnných trubek na rádius menší než 1,5-2 D. Zabraňuje zvlnění tenké stěny trubky na vnitřním poloměru.



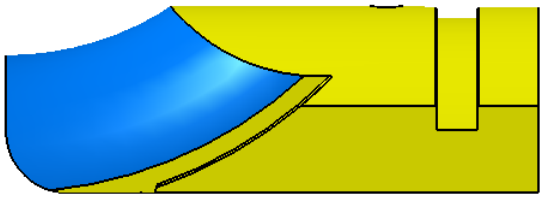
***Obr.23*** *Vyhlazovač – pohled shora*



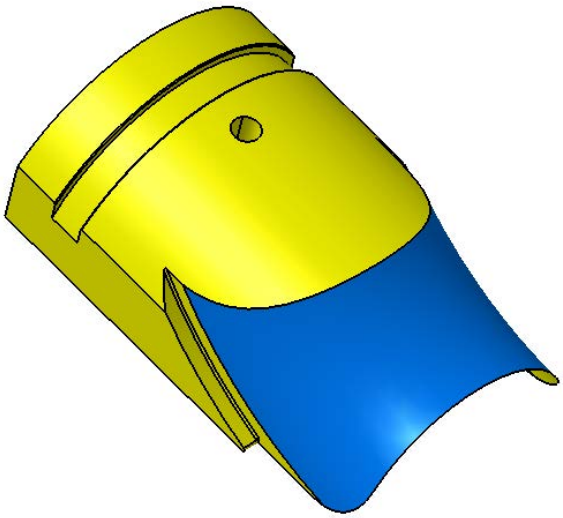
***Obr.24*** *Vyhlazovač – pohled zespodu*

## 6.1 Tvar součásti

Zadaný obrobek má půlkruhový tvar o průměru 60 mm. Přední strana je zkosena do špičky pod rádiusem 60 mm se středem 60 mm nad špičkou. Mezní hranu zkosení tvoří plocha o poloměru 90 mm ze stejného bodu (viz Obr.25). Délka součásti je 105 mm a šířka činí 68 mm. Největší tloušťka stěny vyhlazovače je 9,5 mm. Strany a spodek výrobku jsou zarovnány na již zmíněné rozměry. Na opačné straně zkosení je ve vzdálenosti 12 mm od kraje příčně položená drážka šířky 8 mm a hloubky 2 mm. 30 mm od zadní stěny součásti je uprostřed otvor se závitem M8, kterým je součást připevněna k držáku. Spodní hrana zadní stěny je zaoblena pod rádiusem 3 mm.



***Obr.25*** *Vyhlazovač – ze strany*



***Obr.25*** *Vyhlazovač – pohled shora II*

## 6.2 Materiál součásti – Albromet 200

***Obr.26*** *Logo[6.2.1]*

Albromet 200 je houževnatý materiál, mezi jehož vlastnosti patří vysoká pevnost, dobrá odolnost vůči opotřebení, velmi dobré kluzné vlastnosti a také odolnost vůči korozi. Díky jeho tepelným vlastnostem dokáže urychlit proces chladnutí plastového výrobku ve formě až o 40%. Proces tváření trubek a plechů urychluje až o 30%. Albromet 200 je schválen pro použití v potravinářském průmyslu.[5]

- **Rozbor materiálu:**

| | |
|---|---|
| Al | 11,0% |
| Fe | 4,0% |
| Ostatní | 0,5% max. |
| Cu | zbytek |

**Tab.2** Rozbor [5]

***Obr.27*** *Výrobky [6.2.1]*

- **Mechanické a fyzikální vlastnosti materiálu:**

| | kované | odlévané | Polotovary |
|---|---|---|---|
| Tvrdost podle Brinella (HB30) | 200 | 180 | 190 |
| Pevnost v tahu $R_m$ [N/mm$^2$] | 700 | 600 | >586 |
| Mez průtažnosti Rp 0,2 [N/mm$^2$] | 350 | 260 | >221 |
| Mezní protažení AS [%] | >8 | >8 | >12 |
| Hustota [g/cm$^3$] | 7,5 | | |
| Pevnost v tlaku [Mpa] | 950 | | |
| Modul elasticity E [KN/mm$^2$] | 117,7 | | |
| Koeficient střední lineární teplotní roztažnosti [K] | 16,0*10$^{-6}$ | | |
| Tepelná vodivost při 20°C [W/(m*K)] | 60 | | |
| Elektrická vodivost [m/(ohm*mm$^2$] | 7,54 | | |
| Odolnost vůči teplotě [°C] | 300°C do výrazné změny pevnosti | | |
| Permeabilita | 1,18 H = 100 Oe | | |

**Tab.3** Mechanické a fyzikální vlastnosti materiálu[5]

- **Zpracování:**

Pro rozsáhlejší řezání se doporučují tvrdokovové nástroje s kvalitou tvrdokovu v rozmezí P 30 – 40 a K 10- 30. V praxi se osvědčily břity s pozitivní geometrií řezné destičky. Materiál je potřeba odřezávat a ne pěchovat. Negativní geometrie by vedla k vytvrzování povrchové vrstvy, což není žádoucí. Při závitování musí být průměr odlitého otvoru větší, než u běžných materiálů, jelikož má materiál velkou tepelnou roztažnost a v důsledku zahřátí materiálu by mohl být závitník v díře sevřen. To by znamenalo buď zastavení vřetena, nebo zlomení nástroje. Vrtání se doporučuje s vnitřním chlazením. Při rovinném broušení a broušení do kulata je vhodné použít brusné kotouče z karbidu křemíku. Pro eliminaci možného zkřivení je možné hliníkové bronzy žíhat bez pnutí při cca 650°C. Vhodné je také vložení přestávky mezi přípravné a finální opracování. Tato přestávka by měla být dlouhá přibližně 48 hodin. Tento materiál je dobře svařitelný. Díky vodivosti materiálu je zde možnost využít i elektrojiskrové obrábění.

- **Dodávka:**

(dle výhradního dodavatele pro český trh – Ancora Praha)

- Kované prvky
- Odlévané prvky
- Polotovary

| **Polotovary** | **Výroba** | **Rozměry [mm]** |
|---|---|---|
| Trubky | kontinuální odlévaní | 33,1x17,8 – 129,7x99,1 |
| Kruhové | kontinuální odlévaní | ø 14.1 – 310,0<br>Větší průměry dle poptávky |
| Kruhové | lisované | ø 15,9 – 90 mm |
| Plochý materiál | kontinuální odlévaní | 8,1x26,5 – 154,6x 156,6 |

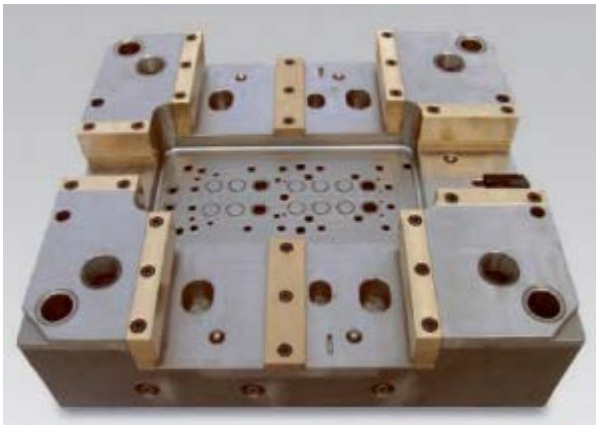
***Tab.2*** *Polotovary [6]*

***Obr.28*** *Polotovary [6.2.1]*

- Dodávka ve výrobních délkách cca 3650 mm.
- Rozměry u kontinuálně odlévaných polotovarů zahrnují přídavek 1,6 – 2 mm na zpracování.
- V České Republice a na Slovensku je výhradním dodavatelem materiálu Albromet 200 německé firmy ALBROMET česká společnost ANCORA PRAHA. Tato firma se specializuje na dodávky slitin na bázi mědi.

- **Použití:**

- vyhlazovače — ohýbání trubek
- ložisková pouzdra
- vedení
- ozubená kola a šneková kola
- vřetenové matice
- sedla ventilů
- klouzátka ve válcovacích strojích
- šrouby a matice pro použití v korozivním prostředí — strojírenství
- foukací nástroje
- vstřikovací nástroje
- jádra forem
- vložky forem — chlazení / temperování
- vodící pouzdra
- šikmé klíny
- vyhazovací desky
- vodící lišty — vodící prvky
- stírací element
- vřetenové elementy
- kluzné element
- tvarové zarážky — vyjmutí z formy



***Obr.29*** *Kluzké vedení [6.2.1]*

***Obr.30*** *Vysokovýkonné pouzdro [6.2.1]*

- **Normy a specifikace:**

CuAl10Fe
EN 1982
DIN 1714
ASTM B505 C95400 [5]

## 6.3 Přesnost a jakost součásti

Požadavky na kvalitu obrobených ploch a rozměrové tolerance jsou dobře dosažitelné použitím klasických nástrojů a strojů. Tolerance se ve většině případů pohybují v řádu desetin milimetrů a u jednoho rozměru 0,05 mm, což při výrobě se současnými technologiemi není problém. Celkově je na obrobek kladen požadavek drsnosti Ra 3,2. Na žádnou plochu není předepsaná vyšší požadovaná drsnost. Jediná tolerance rozměru se vztahuje na drážky, jejichž průměr dna musí být v toleranci g8.

# 7. Technologie obrábění

## 7.1 Nástroje

Pro ofrézování modře označené plochy (viz Obr. 23) vyhlazovače jsou potřeba dva nástroje – jeden hrubovací a druhý dokončovací.

- **Hrubování**

Pro hrubování byla zvolena fréza hrubého profilu a průměru 16 mm z jemnozrnného tvrdokovu s povlakem z TiAlN firmy JK nástroje.

Specifikace:

| | |
|---|---|
| Průměr frézy | 16 mm |
| Délka břitu | 32 mm |
| Celková délka | 92 mm |
| Průměr stopky | 16 mm |
| Úhel stoupání | 20° |
| Počet břitů | 4 |

***Tab. 3*** *Specifikace*

***Obr.31*** *Hrubovací fréza [7.1.1]*

Materiál frézy je jemnozrnný univerzální tvrdokov, který je určen také k obrábění nerezových ocelí, slitinových chromových ocelí, nikl-kobaltových ocelí, titanových slitinových ocelí, neželezných ocelí a plastů.

Povlak je na bázi TiAlN. Maximální teplota při použití je 900°C. Povlak se vyznačuje nízkými hodnotami součinitele tření a je vhodný pro obrábění za sucha a HSC.

- **Dokončování**

Pro dokončovací operaci byla zvolena kulová fréza průměru 12 mm z jemnozrnného tvrdokovu s povlakem na bázi TiAlN firmy JK nástroje.

Specifikace:

| | |
|---|---|
| Průměr frézy | 12 mm |
| Délka břitu | 24 mm |
| Celková délka | 75 mm |
| Průměr stopky | 12 mm |
| Úhel stoupání | 35° |
| Počet břitů | 2 |

***Tab. 4*** *Specifikace – kulová fréza*

***Obr.32*** *Dokončovací fréza [7.1.2]*

Materiál nástroje a povlaku má stejné parametry jako hrubovací fréza.

## 7.2 Řezné podmínky

Základní vzorce pro frézování:

| **Parametr** | **Vzorec** | **Jednotky** |
|---|---|---|
| Otáčky vřetene | $n = \frac{v_c * 1000}{D * \pi}$ (7.2.1) | [$min^{-1}$] |
| Posuvová rychlost | $v_f = f_z * z * n$ | [mm/min] |
| Posuv na zub | $f_z = \frac{v_f}{z * n}$ (7.2.2) | [mm] |
| Posuv na otáčku | $f_n = \frac{v_f}{n}$ (7.2.3) | [mm] |
| Velikost úběru materiálu | $Q = \frac{a_e * a_p * v_f}{1000}$ (7.2.4) | [$cm^3$/min] |
| Měrná řezná síla | $k_c = h_m^{-mc} * k_{c1,1}$ (7.2.5) | [$N/mm^2$] |
| Průměrná tloušťka třísky | $h_m = f_z * \sqrt{\frac{a_e}{D}}$ (7.2.6) | [mm] |
| Výkon vřetene | $P_c = \frac{a_e * a_p * v_c * k_c}{60 * 10^6}$ (7.2.7) | [kW] |
| Výkon motoru | $P_{mot} = \frac{P_c}{\eta}$ (7.2.8) | [kW] |

***Tab. 5*** *Vzorce pro frézování[12]*

kde:
$v_c$ .. řezná rychlost
D .. průměr frézy (7.2.1)
$v_f$ .. posuvová rychlost
z .. počet zubů (7.2.2)
$a_e$ .. šířka řezu
$a_p$ .. hloubka řezu (7.2.4)
$m_c$ .. nárůst měrné síly
$k_{c1,1}$ .. měrná řezná síla v závislosti na $a_p$ = 1 mm a $a_e$ = 1 mm (7.2.5)
η .. účinnost (7.2.8)

Hodnoty řezných parametrů při jednotlivých činnostech:

| **Parametr** | **Hrubování** | **Dokončování** |
|---|---|---|
| Řezná rychost $v_c$ [m/min] | 160 | 200 |
| Hloubka záběru třísky $a_p$ [mm] | 1 | 3 |
| Pracovní záběr $a_e$ [mm] | 4 | 0,2 |
| Posuv na zub $f_z$ [mm] | 0,1 | 0,08 |
| Otáčky vřetene n [$min^{-1}$] | 3183 | 5305 |
| Posuv na otáčku $f_n$ [mm] | 0,4 | 0,16 |
| Velikost úběru materiálu Q [$cm^3$/min] | 5,09 | 0,51 |
| Měrná řezná síla $k_c$ [$N/mm^2$] | 1163,1 | 1739,3 |
| Výkon vřetene $P_c$ [kW] | 0,012 | 0,0035 |
| Výkon motoru $P_{mot}$ [kW] | 0,017 | 0,0047 |

***Tab. 6*** *Řezné parametry obrábění*

## 7.3 Upínací síla

Velikost upínací síly při čelním frézování závisí na velikosti a směru řezné síly. Pro zjištění maximální síly se počítá s hodnotami při hrubování, jelikož u něj budou maximální.

**Výpočet řezné síly $F_{řez}$:**

$$F_{řez} = a_p * a_e * k_f * k_c = 1 * 4 * 0{,}07958 * 1066{,}6 = \underline{33{,}42N} \quad (7.3.1)$$

kde:
$F_{řez}$ .. řezná síla
$k_f$ .. součinitel frézování (7.3.1)

$$k_f = \frac{f_z * z}{\pi * D} = \frac{0{,}1 * 4}{\pi * 16} = 0{,}07958 \quad (7.3.2)$$

Pokud je známa řezná síla, je možno vypočítat **radiální sílu $F_r$ :**

$$F_r = 35 * F_{řez} = 0{,}35 * 33{,}42 = \underline{11{,}7N} \quad (7.3.3)$$

kde:
$F_r$ .. radiální síla

**Výsledná síla F** se vypočítá z Pythagorovy věty:

$$F = \sqrt{F_{řez}^2 + F_r^2} = \sqrt{33{,}42^2 + 11{,}7^2} = \underline{35{,}4N} \quad (7.3.4)$$

kde:
F .. výsledná síla

Velikost síly $F_t$ je uvažována za totožnou s velikostí síly $F_{řez}$. Pro čelní frézování se neuvažuje vliv bočních opěrných ploch. Z fyzikální podmínky pro smykové tření f vyplývá:

$$F_t = F_u * f = F_{řez}$$

$$F_u = \frac{F_t}{f} = \frac{33{,}42}{0{,}16} = \underline{208{,}9N} \quad (7.3.5)$$

kde:
f.. tření f=0,16
$F_t$ .. třecí síla
$F_u$ .. upínací síla (7.3.5)

Velikost upínací síly při čelním frézování:

$$F_{us} = F_u * k = 208{,}9 * 1{,}5 = \underline{\underline{313{,}35N}} \quad (7.3.6)$$

kde:
k .. součinitel bezpečnosti k=1,5
$F_{us}$ .. upínací síla skutečná (7.3.6)

Skutečná upínací síla je dosažena upnutím obrobku do svěráku nebo upínacího zařízení. Společně s otupením břitu se mění řezná síla, proto upínací sílu nelze zcela přesně určit. $F_u$ se snižuje pomocí mazání a chlazení obrobku. [7][8]

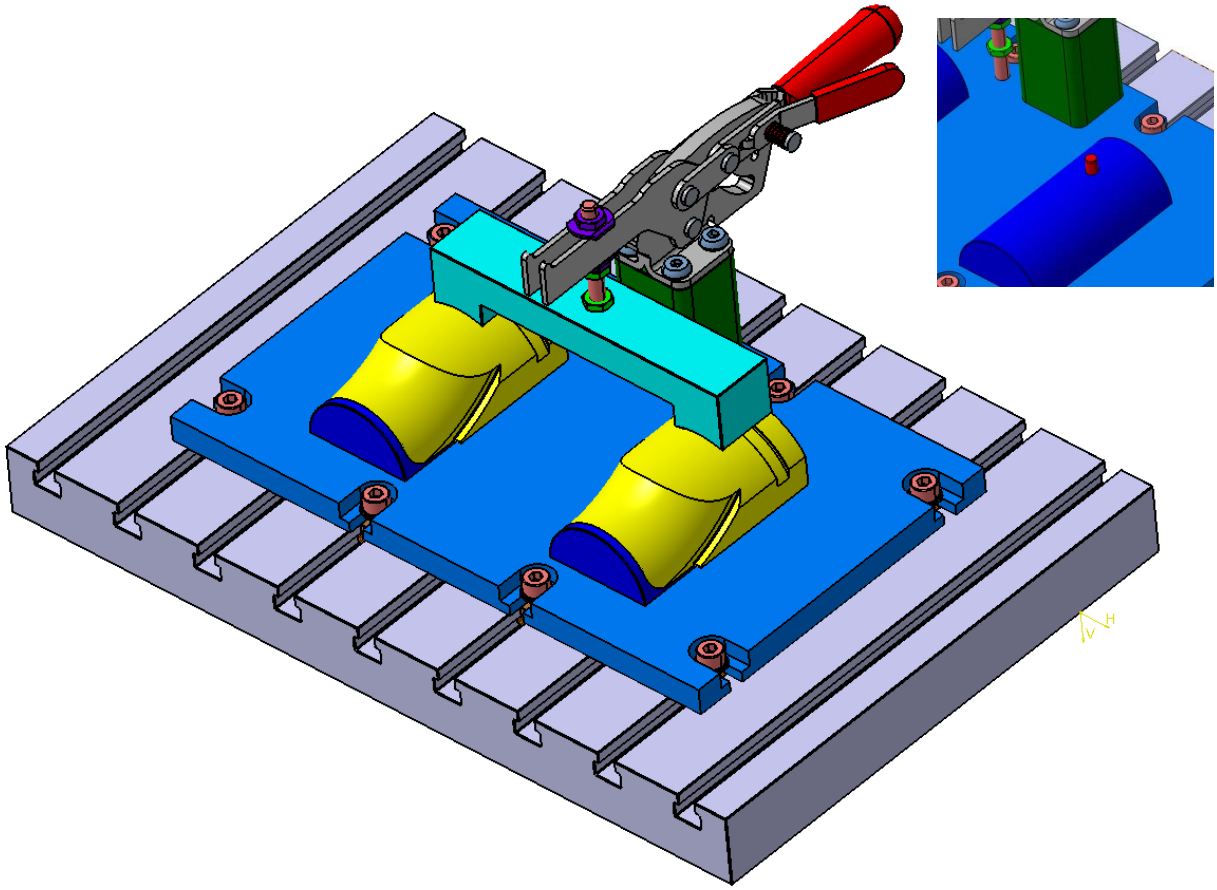
# 8. Návrh přípravku ve variantách

Přípravek pro frézování byl navržen ve třech variantách, z čehož první dvě využívají mechanický a třetí hydraulický upínač. Výhodnost jednotlivých typů upínačů závisí na objemu produkce.

## 8.1 Varianta 1

První varianta přípravku upíná dva obrobky najednou. Základní deska je připevněna ke stolu s T-drážkami pomocí šroubů a T-matic. Obrobky jsou podepřeny v celé své délce kopyty. Vyhlazovače jsou na kopytech vystředěny pomocí kaleného kolíku, který zapadá do otvoru v obrobku. Upínací síla je vyvozena mechanickým horizontálním upínačem, který příložky přitlačuje shora, přes rameno. Nastavení vzdálenosti ramena se provádí pomocí matek na pevnostní závitové tyči mezi upínačem a ramenem. Upínač je kvůli konstrukci vyzdvižen. Kopyta i podstavec páky jsou připevněny šrouby zespodu desky a jejich poloha je zajištěna kolíky.

Celkové rozměry sestavy bez upínacího stolu (délka*šířka*výška): 335*330*145 mm

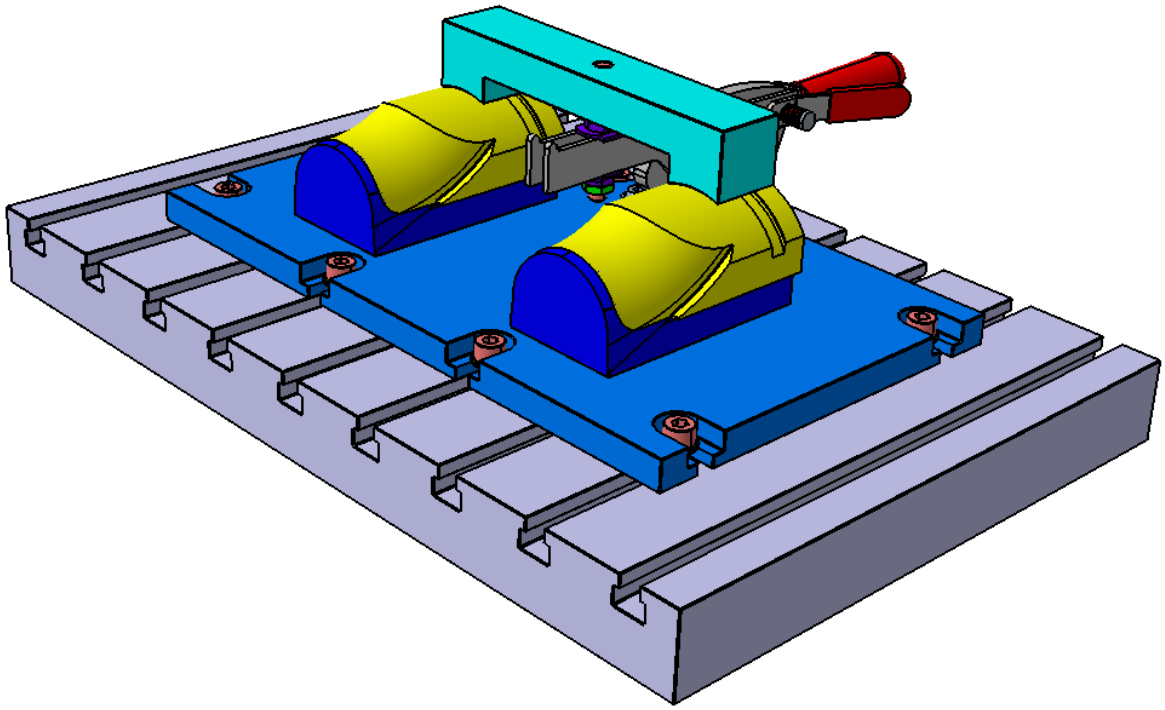


***Obr.32*** *Celkový pohled na variantu 1*

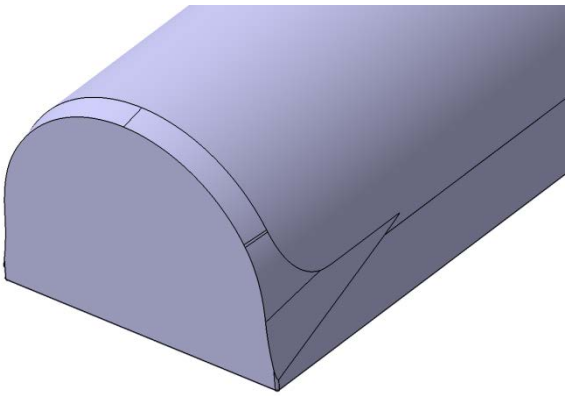
## 8.2 Varianta 2

Druhá varianta přípravku upíná opět naráz dva obrobky. Základní deska je připevněna, stejně jako v předchozím případě, ke stolu s T-drážkami pomocí šroubů a T-matic. Obrobky jsou podepřeny v celé své délce kopyty. Vyhlazovače jsou na kopytech vystředěny pomocí kaleného kolíku, který zapadá do otvoru v obrobku. Upínací síla je vyvozena mechanickým horizontálním upínačem. Mechanická páka je v této variantě umístěna pod rameno, čímž vznikl větší prostor nad obrobky. Nastavení vzdálenosti ramena se opět provádí pomocí matek na pevnostní závitové tyči mezi upínačem a ramenem. Upínač sedí přímo na základní desce přípravku. Kopyta jsou připevněna šrouby zespodu desky a jejich poloha je zajištěna kolíky. Na kopytech, která musela být kvůli konstrukci upínače vyvýšena, je vytvořeno vybrání (viz Obr.34). Toto vybrání eliminuje kontakt frézy a přípravku při procesu obrábění.

Celkové rozměry sestavy bez upínacího stolu (délka*šířka*výška): 335*330*99 mm



***Obr.33*** *Celkový pohled na variantu 3*

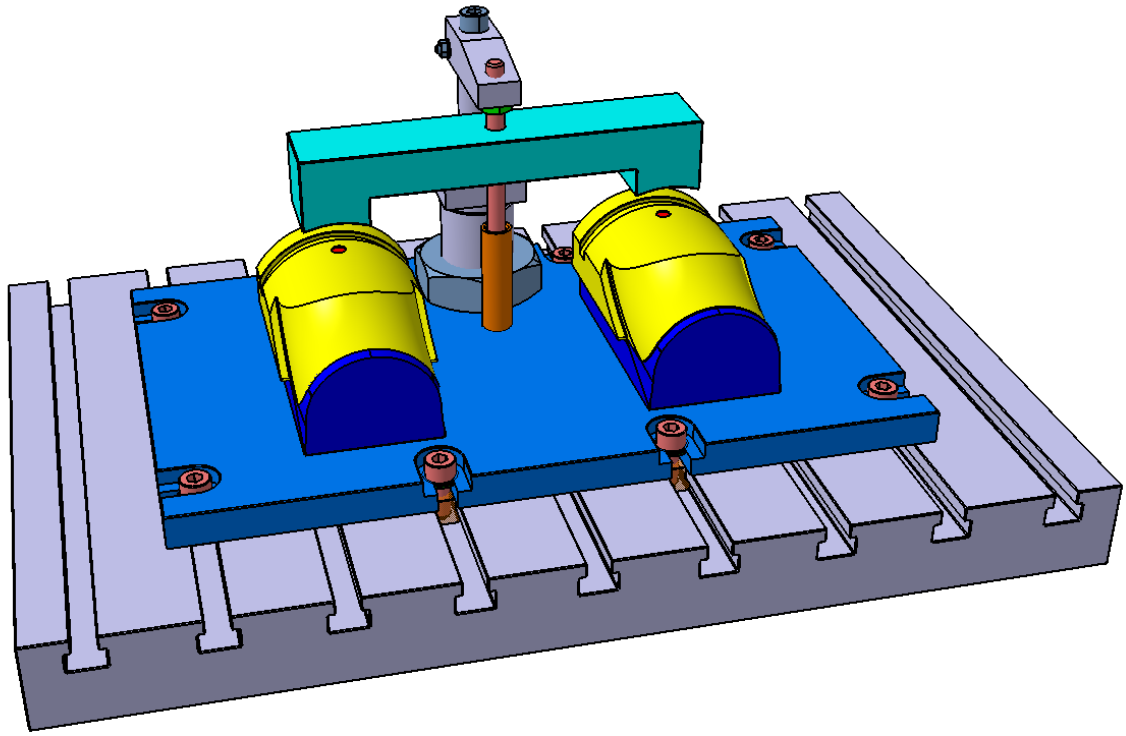


***Obr.34*** *Vybrání kopyta*

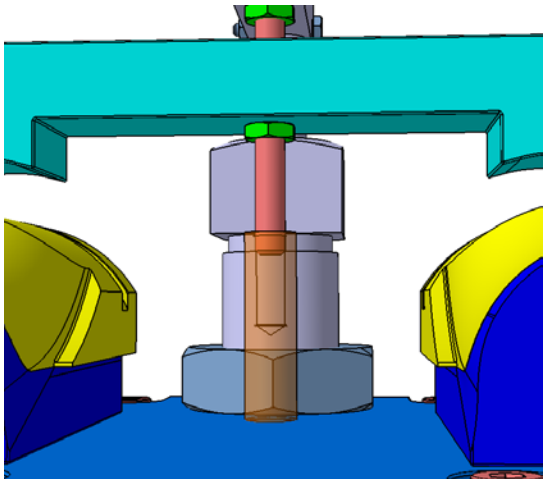
## 8.3 Varianta 3

Třetí varianta přípravku upíná opět dva obrobky na jeden zdvih. Hlavní změnou je použití hydraulického upínače namísto mechanické páky. Hydraulický válec je našroubován do desky a natočení jeho spodní části lze nastavit pomocí matice. Kvůli nastavení přesné polohy ramena je nutné vedení. Vedení tvoří tyče a pouzdro trubicového tvaru (viz Obr.34). Tyč je svou částí, i při plném vytažení upínače, stále uvnitř trubicového pouzdra. Pouzdro je zašroubováno do základní desky. Otvory pro přívod oleje jsou ze zadní strany (viz Obr.35). Základní deska je připevněna, stejně jako v předchozích případech, ke stolu s T-drážkami pomocí šroubů a T-matic. Obrobky jsou opět podepřeny ve své celé délce kopyty. Vyhlazovače jsou na kopytech vystředěny pomocí kaleného kolíku, který zapadá do otvoru v obrobku. Kopyta s vybráním jsou připevněna šrouby zespodu desky a jejich poloha je zajištěna kolíky.

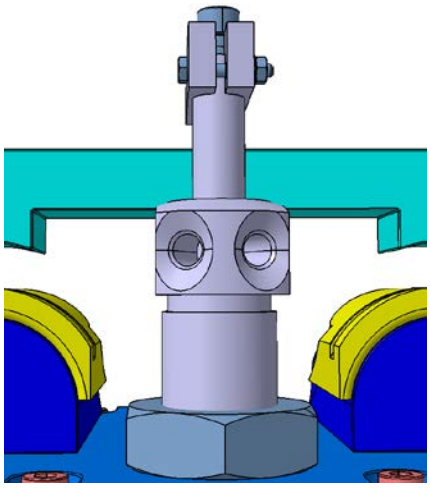
Celkové rozměry sestavy bez upínacího stolu (délka*šířka*výška): 330*200*140 mm



***Obr.33*** *Celkový pohled na variantu 3*



***Obr.34*** *Vedení*



***Obr.35*** *Přívod oleje*

# 9. Upínače

## 9.1 Mechanický upínač DE-STA-CO 2027-UR

Pro vyvození přítlačné síly u první a druhé varianty byl použit horizontální mechanický upínač od firmy DE-STA-CO s pojištěním. Výhodou tohoto upínače jsou nízké technické nároky na obsluhu a výbavu pracoviště.

Specifikace:

| | |
|---|---|
| Typ | 2027-UR |
| Upínací síla | 3740 N |
| Úhel otevření | 70° |
| Délka páky | 64,5 mm |
| Délka ramena | 83,8 mm |
| Šířka upínače | 46 mm |
| Délka upínače | 250 mm |
| Výška upínače | 80 mm |
| Hmotnost | 0,61 kg |
| Cena | 890 Kč |

***Tab.7*** *Specifikace 2027-UR [9]*

***Obr.36*** *Mechanický upínač 2027-UR [9.1.1]*

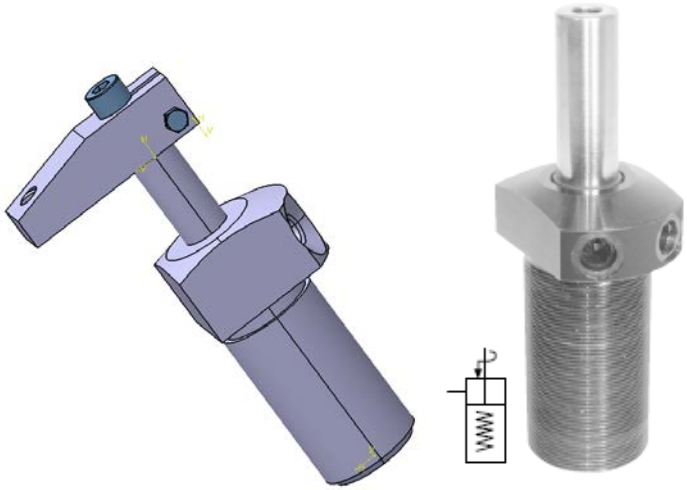
## 9.2 Hydraulický upínač DE-STA-CO 030-1-S-1100

Třetí varianta využívá k vyvození upínací síly obousměrný hydraulický upínací válec firmy DE-STA-CO. Rameno bylo použito z doplňků k upínači. Výhodou je v porovnání s mechanickou pákou přibližně třikrát rychlejší, velmi silné upnutí. Nevýhodou je o mnoho vyšší pořizovací cena a náklady spojené s hydraulickým zařízením.

Specifikace:

| | |
|---|---|
| Typ | 030-1-S-1100 |
| Upínací síla | 4990 N |
| Pracovní tlak | 345 bar |
| Zdvih | 22,6 mm |
| Výška upínače | 140 mm |
| Rameno | 031-S-100 |
| Délka ramena | 66 mm |
| Šířka ramena | 19 mm |
| Cena | 12180 Kč |

***Tab.7*** *Specifikace 030-1-S-1100 [10]*



***Obr.37*** *Upínač 030-1-S-1100 [10]*

# 10. Porovnání variant přípravku

Při porovnání prvních dvou variant se stejným mechanickým upínačem vyjde jako lepší varianta číslo dvě. Oba dva návrhy jsou stejně technicky náročné na výrobu, avšak druhá varianta má v porovnání menší výšku a nabízí větší prostor nad obrobky. Dále pak má na kopytech vybrání, které zamezí kontaktu frézy a přípravku.

Z prvních dvou variant tedy vyšla jako lepší varianta číslo dvě. Dále je nutné se zabývat tím, jestli se při zadané produkci 1200 ks vyplatí investovat do hydraulického upínače, který upíná rychleji.

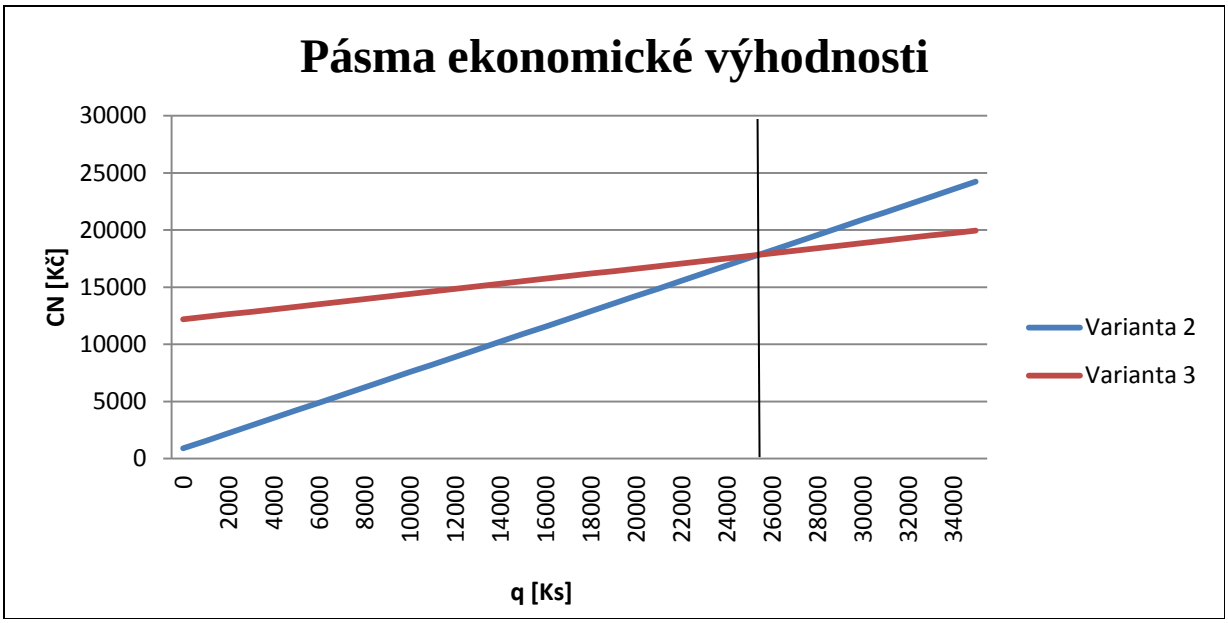
- **Výpočet pásma ekonomické výhodnosti:**

Vstupní parametry:

| | |
|---|---|
| Produkce q | 12000 ks |
| Hodinová sazba | 800 Kč/hod |
| Cena mechanického upínače | 890 Kč |
| Cena hydraulického upínače | 12180 Kč |

***Tab.8*** *Parametry pro výpočet pásma ekonomické výhodnosti*

Graf pásma ekonomické výhodnosti:




***Graf č.1*** *Pásma ekonomické výhodnosti*

- **Nákladový bod zvratu:**

$$CN2 = FN2 + PVN2 * q$$
$$CN3 = FN3 + PVN3 * q$$
$$CN2 = CN3 \Rightarrow \qquad (10.1)$$
$$q = \frac{FN3 - FN2}{PVN2 - PVN3} = \underline{\underline{25402,5}}$$

kde:

CN .. celkové náklady
FN .. fixní náklady
PVN .. průměrné variabilní náklady
q .. produkce

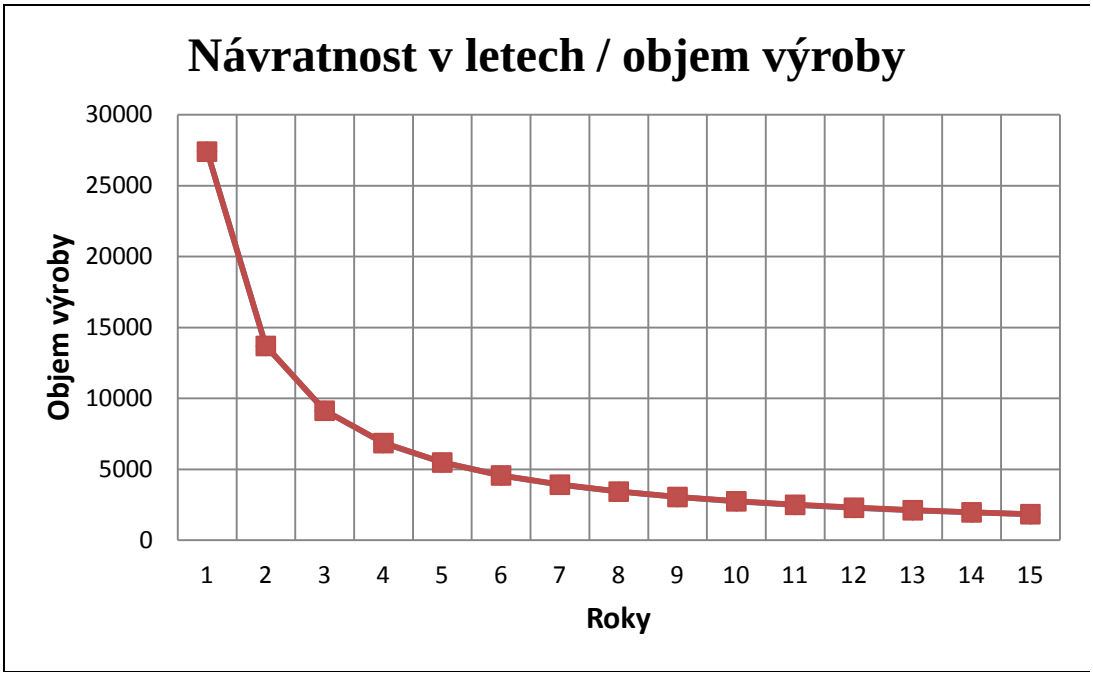
Nákladový bod zvratu vyšel 25402,5. Graf ukazuje, že při produkci do této hodnoty je ekonomicky výhodnější použití mechanického upínače. Při zadané hodnotě produkce 1200 ks vychází jako nejvhodnější varianta číslo 2.

Porovnání nákladů při produkci 1200ks:

| **Varianta** | **Celkové náklady na upínání [Kč]** |
|---|---|
| Varianta č.2 | 1690 |
| Varianta č.3 | 12447 |

***Tab.9*** *Porovnání nákladů*

- **Roční produkce pro výhodnost třetí varianty:**

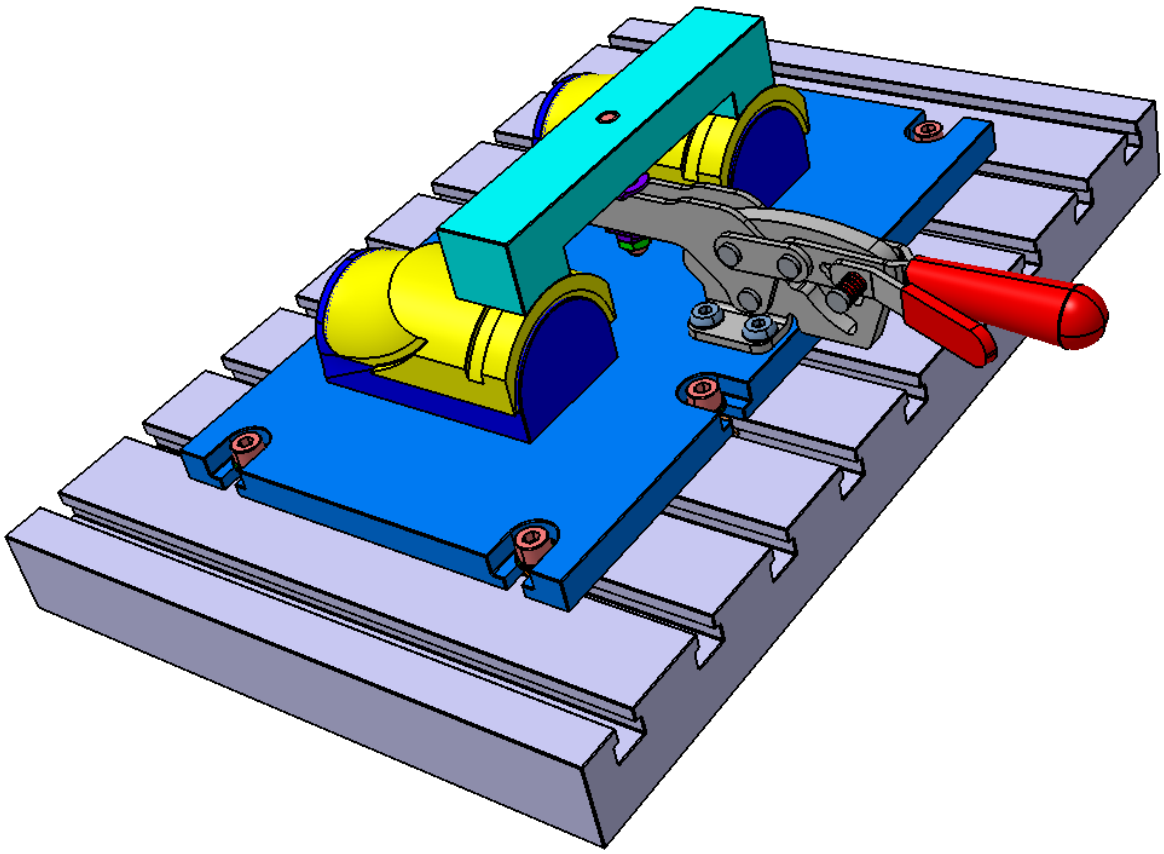



***Graf č.2*** *Návratnost v letech varianty 3*

Graf č.2 ukazuje, jakou produkci by musel mít výrobek v závislosti na počtu let, po které by podnik vyhlazovač obráběl. Při délce výroby pouze jeden rok by musela být produkce 27405 ks. Hodnoty produkce 1200 ks se dosáhne až při nasazení ve výrobě po dobu 23 let. Není pravděpodobné, že se tento vyhlazovač bude vyrábět po tak dlouhou dobu. Varianta č.3 není pro zadanou produkci vhodná.

# 11. Varianta 2

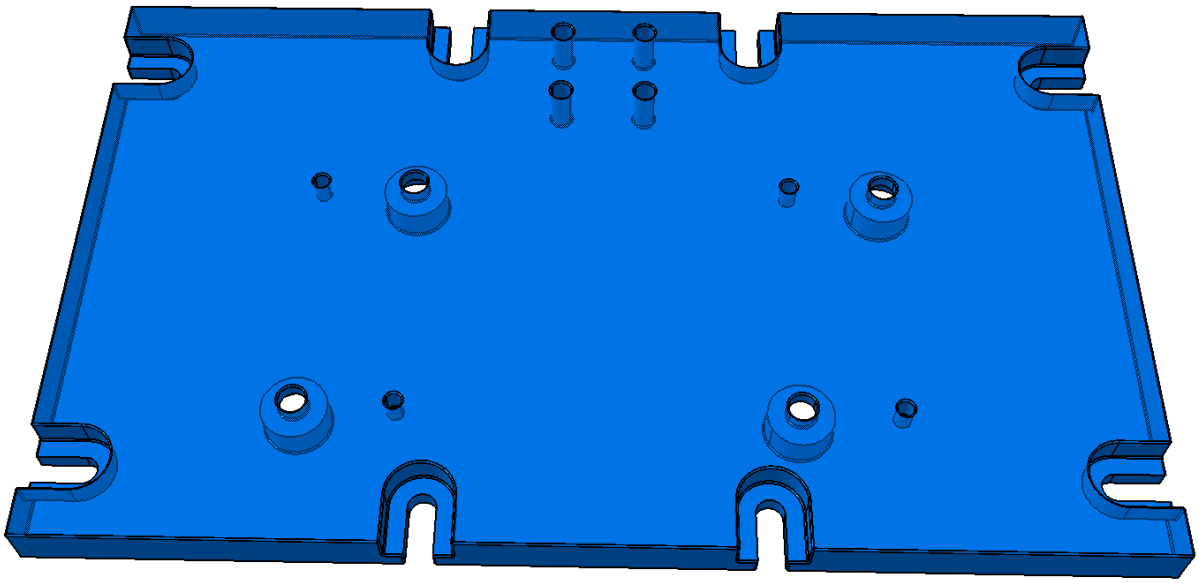
Srovnání jednotlivých variant ukázalo jako ekonomicky nejvhodnější variantu číslo 2. V následujících kapitolách bude podrobně popsána konstrukce.



***Obr.38*** *Celkový pohled na variantu 2*

## 11.1 Základní deska

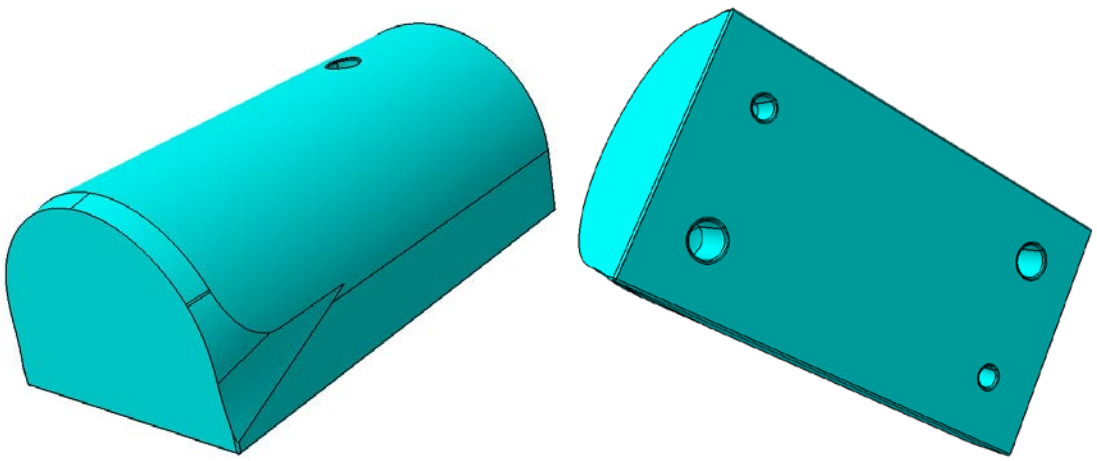
Základní deska tvoří základnu pro další součásti sestavy. Materiál součásti je ocel ČSN 41 2020. Hlavní rozměry desky jsou 330x200 mm. Tloušťka desky je 15 mm. Po obvodu je 8 drážek s rádiusovým zakončením pro uchycení šrouby k upínacímu stolu s T drážkami. Hloubka drážek je 9 mm, aby se schovaly hlavy šroubů. Uprostřed desky nahoře jsou 4 průchozí díry se závitem M8 pro uchycení upínače. Dále jsou z horní strany 4 díry hloubky 8 mm na kolíky pro zajištění polohy kopyt. Ze spodní strany jsou 4 díry pro uchycení kopyt, opět upraveny tak, aby byly hlavy šroubů zcela zapuštěny.



***Obr.39*** *Základní deska*

## 11.2 Kopyto

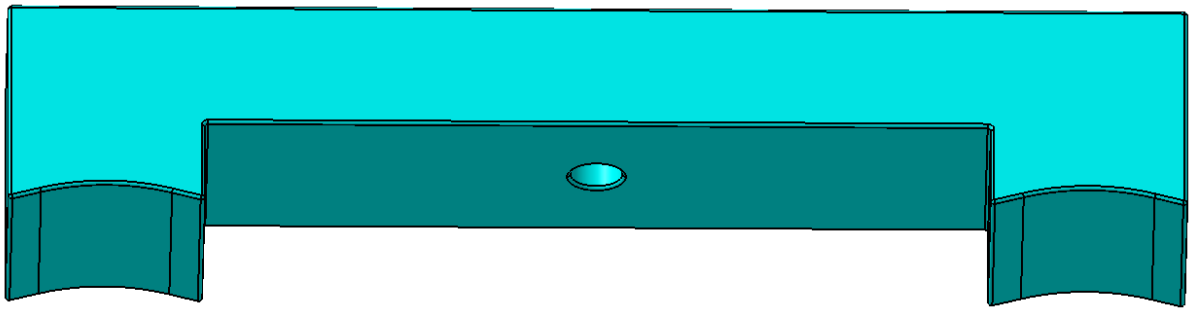
Kopyto je vyrobeno z oceli ČSN 41 2020. Rozměry jsou 110x60x75 mm. Průměr horní části je totožný s poloměrem spodní části obrobku, tedy 60 mm. 30 mm od hrany je shora otvor na kolík 6,8x20 mm, který je zde pro vystředění obrobku. Na spodní straně jsou dva otvory na středící čepy a dvě díry se závitem M8.



***Obr.40*** *Kopyto*

## 11.3 Rameno

Rameno přitlačující obrobky ke kopytu je vyrobeno z oceli ČSN 41 4220. Materiál je cementovaný a kalený. Šířka ramena je 35 mm a výška 20 mm. Délka ramena je 180 mm. Dosedací plochy jsou po stranách zkoseny, aby byl zaručen dobrý styk s obrobkem i při mírném prohnutí nosníku. Uprostřed ramena je průchozí díra se závitem M8.



***Obr.41*** *Rameno*

### 11.3.1 Průhyb nosníku

Dáno:
délka l = 150 mm
síla F = 3740 N
modul pružnosti v ohybu E = 110 Gpa
šířka nosníku b = 35 mm
výška nosníku h = 20 mm

- **Počet stupňů volnosti:**

$n = 3 - 3 = 0°$ (11.3.1.1)
kde:
n .. počet stupňů volnosti (11.3.1.2)

- **Reakční účinky**

Reakční účinky určíme z podmínek rovnováhy.

$$\sum_i F_{ix} = 0 : R_{Ax}$$

$$\sum_i M_{iB} = 0 : R_A * l - F\frac{l}{2} = 0 \Rightarrow R_A = \frac{F}{2} \qquad (11.3.1.2)$$

kde:
$R_{Ax}$ .. reakční účinek v bodě A a směru x
$R_A$ .. reakční účinek v bodě A (11.3.1.2)

Ze symetrie: $R_B = R_A = \frac{F}{2}$ (11.3.1.3)

$R_B$ .. reakční účinek v bodě B (11.3.1.3)

$$\sum_i F_{iy} = 0 : R_A - F + R_B = 0 \qquad (11.3.1.4)$$

$$\text{Úsek } I : x_1 \in \left\langle 0; \frac{l}{2} \right\rangle$$

$$T_F^I(x_1) = R_A = \frac{F}{2} = konst.$$

$$M_F^I(x_1) = R_A * x_1 = \frac{F}{2} * x_1 \qquad (11.3.1.5)$$

$$M_F^I(x_1 = 0) = 0$$

$$M_F^I(x_1 = \frac{l}{2}) = \frac{F * l}{4}$$

$$\text{Úsek } II : x_2 \in \left\langle 0; \frac{l}{2} \right\rangle$$

$$T_F^{II}(x_2) = -R_B = -\frac{F}{2} = konst.$$

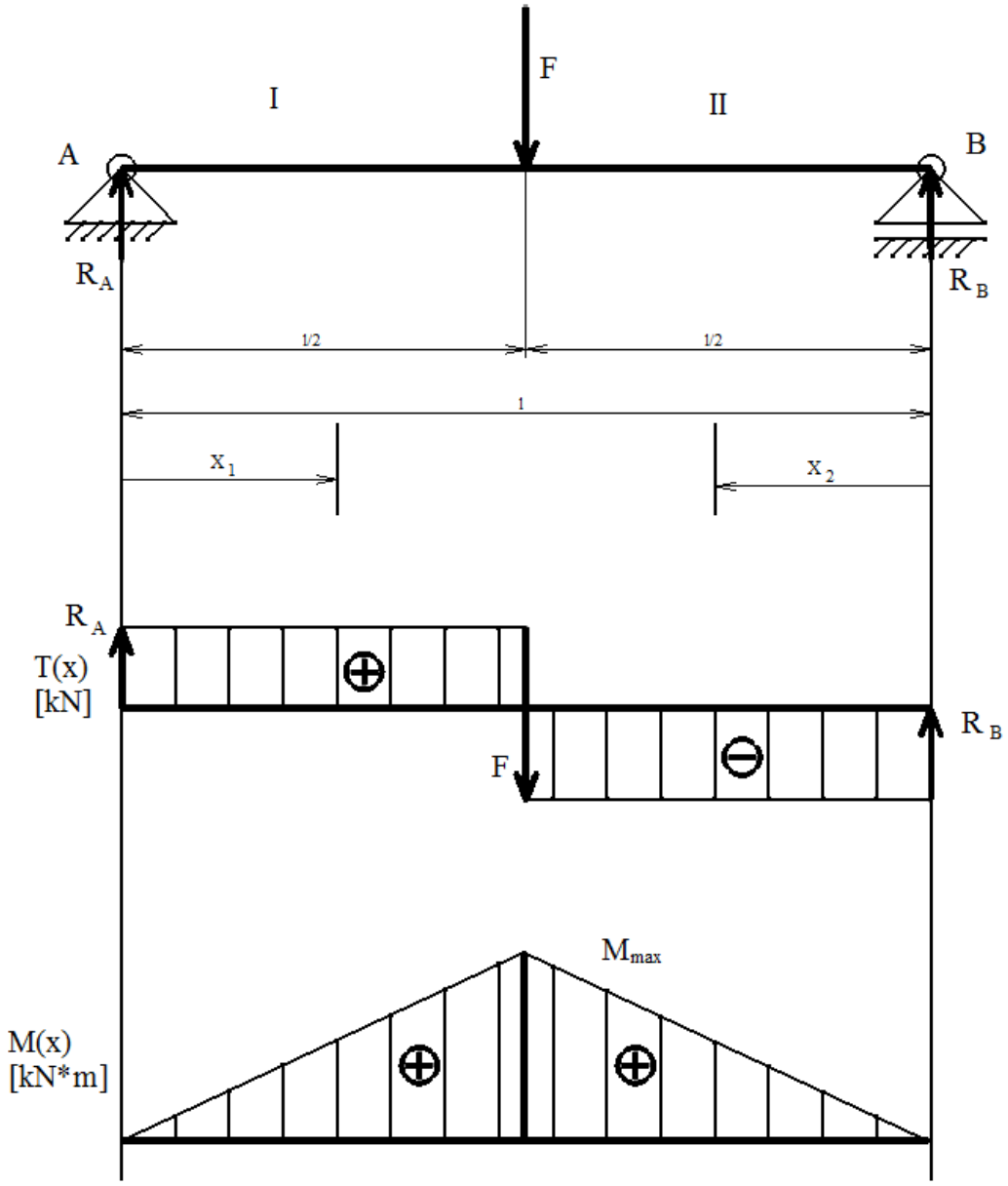
$$M_F^{II}(x_2) = R_B * x_2 = \frac{F}{2} * x_2 \qquad (11.3.1.6)$$

$$M_F^{II}(x_2 = 0) = 0$$

$$M_F^{II}(x_2 = \frac{l}{2}) = \frac{F * l}{4}$$

$$M_{O\max} = \frac{F * l}{4} = \frac{3740 * 150}{4} = 140250 mm^{-2}$$

kde:
$M_{Omax}$ .. maximální ohybový moment
$x_1$ ; $x_2$ .. vzdálenosti
$T_F^{I,II}(x_{1,2})$ .. tahová síla od síly F v kvadrantu I,II ve vzdálenosti $x_{1,2}$
$M_F^{I,II}(x_{1,2})$ .. moment od síly F v kvadrantu I,II ve vzdálenosti $x_{1,2}$ (11.3.1.6)




***Obr.42*** *Nosník*

- **Diferenciální rovnice průhybové čáry:**

$$v''(x) = \pm\frac{M(x)}{E * J_z} \qquad (11.3.1.7)$$

$$\varphi(x) = v`(x)$$

$$v''(x) = -\frac{1}{\mathrm{E} * \mathrm{J}_z} * \frac{F}{2} * x$$

$$v`(x) = \varphi(x) = -\frac{F}{4 * E * J_z} * \frac{x^2}{2} + c_1 \qquad (11.3.1.8)$$

$$v(x) = -\frac{F}{4 * E * J_z} * \frac{x^3}{3} + c_1 * x + c_2$$

kde:
M(x) .. ohybový moment ve vzdálenosti x
E .. modul pružnosti v ohybu
$J_z$ ..kvadratický moment průřezu k neutrální ose (11.3.1.7)
φ(x) .. natočení v bodě x
$c_1$; $c_2$ .. integrační konstanty (11.3.1.8)

- **Okrajové podmínky:**

$$v(0) = 0 \Rightarrow c_2 = 0$$

$$v(0) = 0 = -\frac{F}{4 * E * J_z} * \frac{0^3}{3} + c_1 * 0 + c_2 = 0$$

$$v(l) = 0 \qquad (11.3.1.9)$$

$$v(l) = 0 = -\frac{F}{4 * E * J_z} * \frac{l^3}{3} + c_1 * l + 0$$

$$c_1 = \frac{F * l^3}{12 * E * J_z * l} = \frac{F * l^2}{12 * E * J_z}$$

- **Kvadratický moment průřezu k neutrální ose:**

$$J_z = \frac{b * h^3}{12} = \frac{35 * 20^3}{12} = \underline{23333{,}33 mm^4} \qquad (11.3.1.10)$$

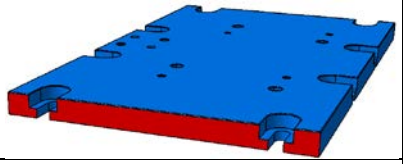
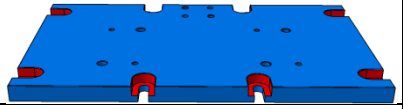
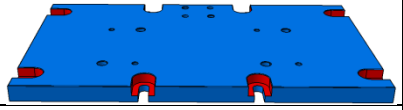
- **Průhyb nosníku v působišti síly:**

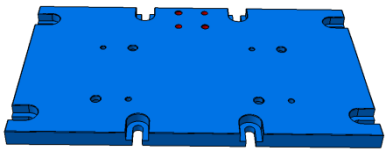
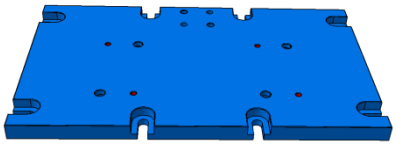
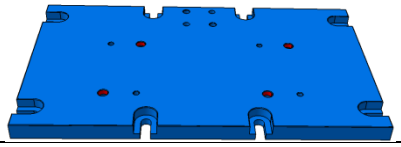
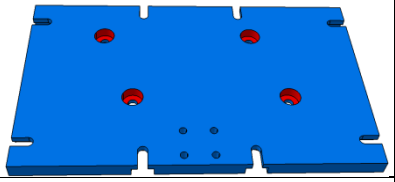
$$v(x = 75) = -\frac{F}{4 * E * J_z} * \frac{x^3}{3} + \frac{F * l^2}{12 * E * J_z} * x =$$

$$= -\frac{3740}{4 * 110000 * 23333{,}33} * \frac{75^3}{3} + \frac{3740 * 75^2}{12 * 110000 * 23333{,}33} * 75 = \underline{\underline{0{,}102 mm}} \qquad (11.3.1.11)$$

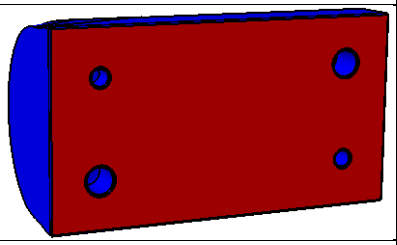
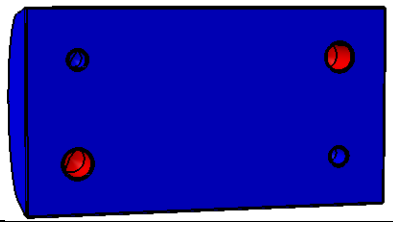
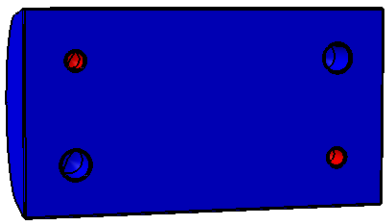
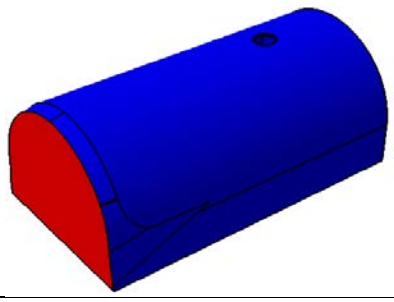
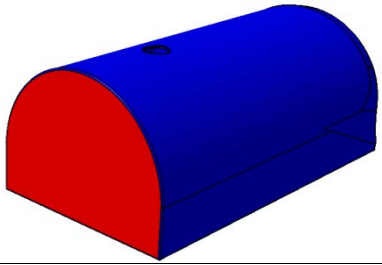
Průhyb nosníku v polovině je 0,102 mm, což je 1/1470 délky nosníku. Tato hodnota průhybu je přijatelná. Na ramenu při plném zatížení vznikne deformace, která nijak neovlivní upnutí obrobku. Styk dosedací plochy ramena a obrobku bude zaručeně dobrý.

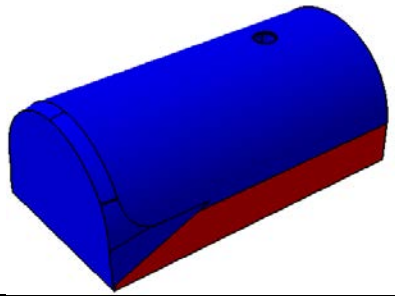
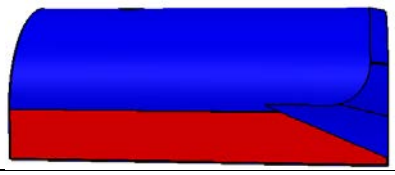
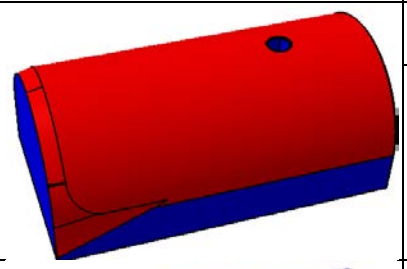
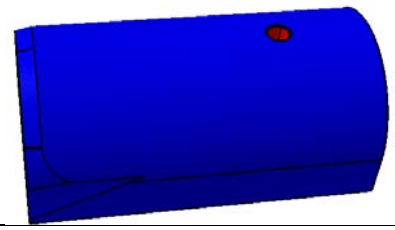
# 12. Výrobní postupy

| | | | | | | | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|
| | FAKULTA STROJNÍ<br>*Katedra technologie obrábění* | VÝROBNÍ POSTUP | | Číslo výkresu: 01_2015 | | | |
| | | | | Hmotnost: | | Ks/rok: 1 | |
| | | Název součásti:<br>Deska | Materiál:<br>ČSN 41 2020<br>Polotovar:<br>P15-330x200 | čistá :<br>7,5 | hrubá :<br>10 | Ks/dávka: 1<br>Dávka/rok:1 | |
| číslo op. | typ stroje | popis operace | | spec.nástroje, měřidla (PRAMET) | | $t_{AS}$<br>$t_h$ | $t_{AC}$<br>$t_k$ |
| 10 | frézka | upnout na dvou kratších stranách, podložit deskou | | upínky | | | 10 |
| | | frézovat dvě delší strany | | 25J2R50B25-SAD11E38-C | | 4,6 | |
| | | upnout na dvou delších stranách, podložit deskou | | upínky | | | 10 |
| | | frézovat dvě kratší strany |  | 25J2R50B25-SAD11E38-C | | 3,2 | |
| | | frézovat úchyty ze strany průměrem frézy 20 mm |  | 2416-20R-E3-P | | 2,7 | |
| | | frézovat úchyty ze strany průměrem frézy 9 mm | | 08E2S64-20A08 NEPU | | 2,6 | |
| | | upnout na dvou kratších stranách, podložit deskou | | upínky | | | 10 |
| | | frézovat úchyty ze strany průměrem frézy 20 mm |  | 2416-20R-E3-P | | 2,7 | |
| | | frézovat úchyty ze strany průměrem frézy 9 mm | | 08E2S64-20A08 NEPU | | 2,6 | |
| | | upnout za úchyty pomocí šroubů a T-matic, podložit | | šrouby, T-matice | | | 10 |
| | | frézovat horní plochu čelní válcovou frézou | | 125A06R-S60LN15C-C | | 21 | |
| Pokračování na listě: 2 | | | | | | | List: 1 |

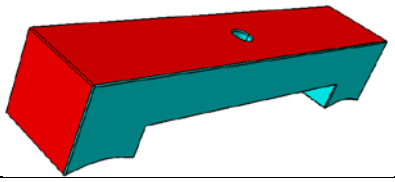
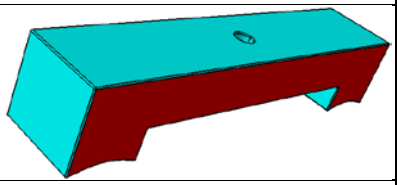
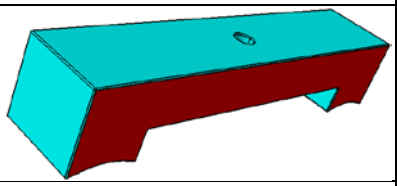
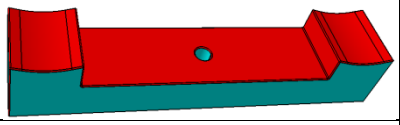
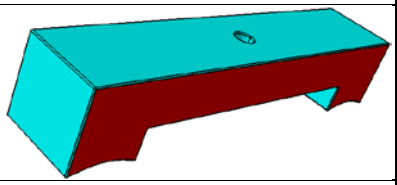
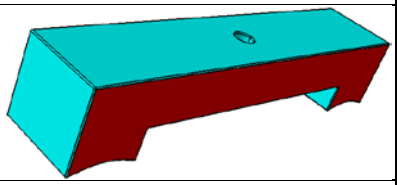
| | | | | | | | | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| | FAKULTA STROJNÍ<br>*Katedra technologie obrábění* | VÝROBNÍ POSTUP | | Číslo výkresu: 01_2015 | | | | |
| | | | | Hmotnost: | | Ks/rok: 1 | | |
| | | Název součásti:<br>Deska | Materiál:<br>ČSN 41 2020<br>Polotovar:<br>P15-330x200 | čistá :<br>7,5 | hrubá :<br>10 | Ks/dávka: 1<br>Dávka/rok:1 | | |
| číslo op. | typ stroje | popis operace | | spec.nástroje, měřidla (PRAMET) | | | $t_{AS}$ $t_h$ | $t_{AC}$ $t_k$ |
| | | vrtat díry průměru 6,8 mm |  | 303DS-6,8-24-A08 | | | 1,2 | |
| | | závitovat díry M8 | | závitová fréza M8 | | | 1,4 | |
| | | vrtat díry průměru 4,9 mm pro kolíky |  | 303DS-4,9-20-A06 | | | 1,2 | |
| | | vystružovat díry na průměr 5H7 | | výstružník 5H7 | | | 1,6 | |
| | | vrtat díry průměru 9 mm |  | 303DS-9,0-35-A10 | | | 1,3 | |
| | | otočit desku, upnout pomocí upínek | | upínky | | | | 10 |
| | | vrtat díry průměru 20 mm |  | 2416-20R-E3-P | | | 1,5 | |
| 20 | kontrola | kontrola rozměrů | | posuvné měřítko | | | | 10 |
| | | | | | | Čas [min] | 47,4 | 60 |
| | | | | | | | | List: 2 |

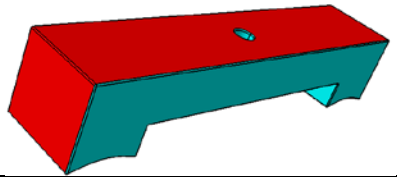
***Tab.12.1*** *Výrobní postup Desky*

| | | | | | | | | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| | FAKULTA STROJNÍ<br>*Katedra technologie obrábění* | | VÝROBNÍ POSTUP | | Číslo výkresu: 02_2015 | | | |
| | | | | | Hmotnost: | | Ks/rok: 2 | |
| | | | Název součásti:<br>Kopyto | Materiál:<br>ČSN 41 2020<br>Polotovar:<br>65x50x120 | čistá :<br>1,6 | hrubá :<br>3 | Ks/dávka: 2<br>Dávka/rok:1 | |
| číslo op. | typ stroje | popis operace | | | spec.nástroje, měřidla (PRAMET) | | $t_{AS}$<br>$t_h$ | $t_{AC}$<br>$t_k$ |
| 10 | frézka | upnout za rozměr 65 mm | | | strojní svěrák | | | 3 |
| | | hrubovat spodní plochu kopyta |  | | 125A06R-S60LN15C-C | | 4,2 | |
| | | dokončovat spodní plochu kopyta | | | 125A06R-S60LN15C-C | | 6,3 | |
| | | vrtat díry průměru 6,8 mm |  | | 303DS-6,8-24-A08 | | 1,1 | |
| | | řezat závity M8 v dírách | | | závitová fréza M8 | | 1,2 | |
| | | vrtat díry průměru 4,9 mm |  | | 303DS-4,9-20-A06 | | 1,2 | |
| | | vystružovat díry průměru 5 mm | | | výstružník 5H7 | | 1,3 | |
| | | upnout obrobek, vyložit ze svěráku min. 10 mm vpravo | | | strojní svěrák | | | 3 |
| | | hrubovat přední stranu |  | | 25J2R50B25-SAD11E38-C | | 2,3 | |
| | | dokončovat přední stranu | | | 12E6R75-25A12 NIPU | | 3,2 | |
| | | upnout obrobek, vyložit ze svěráku min. 10 mm vlevo | | | strojní svěrák | | | 3 |
| | | hrubovat zadní stranu |  | | 25J2R50B25-SAD11E38-C | | 2,3 | |
| | | dokončovat zadní stranu | | | 12E6R75-25A12 NIPU | | 3,2 | |
| Pokračování na listě: 2 | | | | | | | | List: 1 |

| | | | | | | | | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| | FAKULTA STROJNÍ<br>*Katedra technologie obrábění* | VÝROBNÍ POSTUP | | | Číslo výkresu: 02_2015 | | | |
| | | | | | Hmotnost: | | Ks/rok: 2 | |
| | | Název součásti:<br>Kopyto | Materiál:<br>ČSN 41 2020<br>Polotovar:<br>65x50x120 | | čistá :<br>1,6 | hrubá :<br>3 | Ks/dávka: 2<br>Dávka/rok:1 | |
| číslo op. | typ stroje | popis operace | | | spec.nástroje, měřidla (PRAMET) | | $t_{AS}$<br>th | $t_{AC}$<br>tk |
| 10 | | upnout boční stranou vzhůru | | | strojní svěrák | | | 3 |
| | | hrubovat boční stěnu |  | | 25J2R50B25-SAD11E38-C | | 4 | |
| | | dokončovat boční stěnu | | | 25J2R50B25-SAD11E38-C | | 4,5 | |
| | | otočit obrobek o 180° | | | strojní svěrák | | | 3 |
| | | hrubovat boční stěnu |  | | 25J2R50B25-SAD11E38-C | | 4 | |
| | | dokončovat boční stěnu | | | 12E6R75-25A12 NIPU | | 4,5 | |
| | | upnout za rozměr 60 mm, hloubka v čelistech max. 12 mm, vyložit min. 45 mm mimo svěrák vpravo | | | strojní svěrák | | | 3 |
| | | hrubovat horní část dle 3D modelu |  | | 25J2R50B25-SAD11E38-C | | 18 | |
| | | dokončovat horní část dle 3D modelu | | | 10B2R75-12A10 NEPU | | 23 | |
| | | vrtat díru průměru 6 mm |  | | 303DS-6,0-20-A06 | | 0,3 | |
| | | frézovat díru na průměr 6,8H7 | | | 06E2S50-16A06 NEPU | | 0,9 | |
| 20 | kontrola | kontrola rozměrů | | | posuvné měřítko | | | 10 |
| | | | | | | Čas [min] | 85,5 | 28 |
| | | | | | | | | List: 2 |

***Tab.12.2*** *Výrobní postup Kopyta*

| | | | | | | | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|
| | FAKULTA STROJNÍ<br>*Katedra technologie obrábění* | VÝROBNÍ POSTUP | | Číslo výkresu: 03_2015 | | | |
| | | | | Hmotnost: | | Ks/rok: 1 | |
| | | Název součásti:<br>Rameno | Materiál:<br>ČSN 41 4220<br>Polotovar:<br>45x45x190 | čistá :<br>1,05 | hrubá :<br>3 | Ks/dávka: 1<br>Dávka/rok:1 | |
| číslo op. | typ stroje | popis operace | | spec.nástroje, měřidla (PRAMET) | | $t_{AS}$ th | $t_{AC}$ tk |
| 10 | frézka | upnout za šířku 45 mm naležato | | strojní svěrák | | | 3 |
| | | hrubovat horní stěnu + boky ramena |  | 25J2R50B25-SAD11E38-C | | 2,5 | |
| | | otočit ve svěráku o 90° | | strojní svěrák | | | 3 |
| | | hrubovat boční stěnu |  | 25J2R50B25-SAD11E38-C | | 3,2 | |
| | | otočit ve svěráku o 180° | | strojní svěrák | | | 3 |
| | | hrubovat boční stěnu |  | 25J2R50B25-SAD11E38-C | | 3,2 | |
| | | otočit ve svěráku o 90° spodkem ramena vzhůru | | strojní svěrák | | | 3 |
| | | hrubovat profil spodní části dle výkresu |  | 25J2R50B25-SAD11E38-C | | 18 | |
| | | dokončovat spodní část ramena | | 12E6R75-25A12 NIPU | | 23 | |
| | | otočit ve svěráku o 90° | | strojní svěrák | | | 3 |
| | | dokončovat boční stěnu |  | 12E6R75-25A12 NIPU | | 4,1 | |
| | | otočit ve svěráku o 180° | | strojní svěrák | | | 3 |
| | | dokončovat druhou boční stěnu |  | 12E6R75-25A12 NIPU | | 4,1 | |
| | | otočit ve svěráku o 90° | | strojní svěrák | | | 3 |
| Pokračování na listě: 2 | | | | | | | List: 1 |

| | | | | | | | | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| | FAKULTA STROJNÍ<br>*Katedra technologie obrábění* | VÝROBNÍ POSTUP | | | Číslo výkresu: 03_2015 | | | |
| | | | | | Hmotnost: | | Ks/rok: 1 | |
| | | Název součásti:<br>Deska | Materiál:<br>ČSN 41 4220<br>Polotovar:<br>45x45x190 | | čistá :<br>1,05 | hrubá :<br>3 | Ks/dávka: 1<br>Dávka/rok:1 | |
| číslo op. | typ stroje | popis operace | | | spec.nástroje, měřidla (PRAMET) | | $t_{AS}$<br>$t_h$ | $t_{AC}$<br>$t_k$ |
| | | dokončovat horní stěnu + boky ramena |  | | 25J2R50B25-SAD11E38-C | | 3,3 | |
| | | vrtat otvor skrz průměru 6,8 mm | | | 303DS-6,8-24-A08 | | 0,3 | |
| | | řezat závit M8 v díře | | | závitová fréza M8 | | 0,8 | |
| 20 | kontrola | kontrola rozměrů | | | posuvné měřítko | | | 10 |
| | | | | | | Čas [min] | 58,2 | 31 |
| | | | | | | | | List: 2 |

***Tab.12.3*** *Výrobní postup Ramena*

| | | | | | | | | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| | FAKULTA STROJNÍ<br>*Katedra technologie obrábění* | | VÝROBNÍ POSTUP | | Číslo výkresu: 04_2015 | | | |
| | | | | | Hmotnost: | | Ks/rok: 2 | |
| | | | Název součásti:<br>Kolík 6,8x20 | Materiál:<br>ČSN 41 4220<br>Polotovar:<br>KR8-90 | čistá :<br>0,02 | hrubá :<br>0,05 | Ks/dávka: 2<br>Dávka/rok:1 | |
| číslo op. | typ stroje | popis operace | | | spec.nástroje, měřidla, (PRAMET) | | $t_{AS}$<br>$t_h$ | $t_{AC}$<br>$t_k$ |
| 10 | soustruh | upnout do sklíčidla (vyložit min 30 mm) | | | sklíčidlo | | | 25 |
| | | zarovnat čelo | | | CSSPL 2525 M 12 | | 1,5 | |
| | | soustružit profil kolíku | | | CKJNL 2525 M 16 | | 3,2 | |
| | | upíchnout | | | LCMR 041604-CM | | 1,4 | |
| 20 | kontrola | kontrola rozměrů | | | posuvné měřítko | | | 3 |
| | | | | | | Čas [min] | 6,1 | 28 |
| | | | | | | | | List: 1 |

***Tab.12.4*** *Výrobní postup Kolíku 6,8x20*

# 13. Závěr

První část bakalářské práce obsahuje přehled zařízení sloužících k upínání obrobků při obrábění. Jednotlivé přípravky jsou rozděleny podle kritérií do odpovídajících skupin. Jsou zde rozepsány konstrukční zásady spojené s navrhováním přípravků a vhodné materiály pro jednotlivé komponenty sestav. Další důležitým bodem je řešení problematiky jednoznačného ustanovení obrobku. Jsou zde popsány prvky, kterými tohoto jednoznačného ustanovení lze docílit. Neméně důležité jsou univerzální přípravky jako strojní svěráky, lícní desky a univerzální sklíčidla, která nechybí v žádné strojní výrobě.

V druhé části je řešena technologičnost konstrukce zadaného dílu. Popisuje se zde tvar součásti, přesnost a jakost součásti a náročnost na výrobu. Detailně je zde popsán materiál součásti Albromet 200, který má velmi zajímavé vlastnosti. Řeší se zde odlišnosti ve výrobě v důsledku vlastností materiálu součásti.

Další část představuje tři varianty upínacího zařízení. Hlavní rysy všech tří přípravků jsou podobné. Ve všech variantách se upínají najednou dva obrobky. Základ tvoří deska, na které jsou pomocí kolíků a šroubů připevněny podpěrné plochy pro obrobky. K desce je přichycen upínací mechanismus. Ten má speciální úpravu proto, aby bylo možné vyvodit upínací sílu na oba obrobky zároveň. První a druhá varianta využívá k vyvození upínací síly mechanickou horizontální páku DE-STA-CO 2027-UR. Rozdíl je v poloze upínací páky a doplňkové úpravy. Ve třetí variantě je mechanická páka nahrazena hydraulickým upínačem. Kapitola obsahuje porovnání jednotlivých návrhů přípravků. Jako nejlepší se prokázala varianta číslo dvě. Výsledek záležel hlavně na pořizovací ceně upínače, časové úspoře při použití různých upínačů a produkci.

Poslední část detailně popisuje jednotlivé komponenty vítězné varianty číslo dvě. Dále zahrnuje výrobní postupy všech nenormalizovaných součástí přípravku a přílohy s obrázky jednotlivých variant, výrobním výkresem obrobku a kompletní výkresovou dokumentací přípravku.

# 14. Zdroje a použitá literatura

[1] CHVÁLA, VOTAVA. *Přípravky : celost. Vysokou. Učebnice pro strojní fakulty vys. škol techn*. 1. vyd. Praha, 1988, 275 s
[2] VUT BRNO. *Přípravka a nástroje: učební texty kombinovaného bakalářského studia* [online]. [cit. 2015-04-21]. Dostupné z:http://ust.fme.vutbr.cz/tvareni/opory_soubory/pripravky_a_nastroje__novotny_zemcik.pdf
[3] ZEMČÍK, Oskar. *Nástroje a přípravky pro obrábění*. 1. vyd. Brno: Akademické nakladatelství CERM, 2003, 193 s. Učební texty vysokých škol (Vysoké učení technické v Brně). ISBN 80-214-2336-6.
[4] CHLADIL, Josef. *Přípravky a nástroje: Část - Obrábění*. 3. vyd. Brno: VUT, 1992, 157 s. Učební texty vysokých škol. ISBN ISBN 80-214-0408-6.
[5] Albromet. [online]. [cit. 2015-04-15]. Dostupné z: http://www.ancorapraha.cz/wp-content/uploads/ALBRO-TECH_LISTY-CJ1.pdf
[6] Albromet. [online]. [cit. 2015-04-15]. Dostupné z: http://www.ancorapraha.cz/wp-content/uploads/ALBROMET-hlinikove_bronzy.pdf
[7] STO, Přednášky KTO z předmětu STO, ZČU Plzeň, 2013, Učební texty vysokých škol
[8] TO, Přednášky KTO z předmětu TO, ZČU Plzeň, 2015, Učební texty vysokých škol
[9] DESTACO 2027-UR. [online]. [cit. 2015-04-28]. Dostupné z: http://www.destaco.com/assets/docs/en/ds/2027.pdf
[10] DESTACO. [online]. [cit. 2015-04-28]. Dostupné z: http://dscczech.cz/destaco/hydraulicke-upinace
[11] SCHMIDT, Eduard. Příručka řezných nástrojů. 2. vyd. Praha : SNTL, 1974.
[12] BENEŠ, Vladimír; MRKVICA, Miloš. Teorie řezných nástrojů : určeno pro stud. fak. strojní. 1. vyd. Praha : ČVUT, 1990. ISBN 80-01-00265-9.

Obrázky:

[2.1.1] *Stavebnicové přípravky* [online]. [cit. 2015-04-28]. Dostupné z: http://esperantomb.cz/wp-content/uploads/2010/04/00002327.jpg
[2.1.2] *Montážní přípravky* [online]. [cit. 2015-04-28]. Dostupné z: http://evektor.cz/pripravky.aspx
[2.1.3] *Kontrolní prípravek* [online]. [cit. 2015-04-28]. Dostupné z: http://www.fanyco.cz/cz/18-zarizeni-a-pripravky.html
[2.2.1] *Svařovací přípravek* [online]. [cit. 2015-04-28]. Dostupné z: http://www.technodat.cz/catia-v5-v-del-a-s-pri-navrhu-svarovacich-pripravku-pro-automobilovy-prumysl
[2.3.1] *Přípravek s dorazy* [online]. [cit. 2015-04-28]. Dostupné z: http://www.metalwebnews.com/howto/dominos/dominos2.html
[4.2.1] *Prizma* [online]. [cit. 2015-04-28]. Dostupné z: http://www.kipp.at/cz/cs/Produkty/Up%C3%ADnac%C3%AD-syst%C3%A9my-na-obrobky/Stavebnicov%C3%BD-up%C3%ADnac%C3%AD-syst%C3%A9m/Polohovac%C3%AD-prvky.html
[5.1.1] Strojní svěráky. [online]. [cit. 2015-04-20]. Dostupné z: http://shop.strojnisveraky.cz/images/VHO-5x.jpg
[5.1.2] Otočný svěrák [online]. [cit. 2015-04-20]. Dostupné z: http://www.oblibene.biz//userdata/shopimg//azvercajk/_G3eiZb-4264__3355500-1.jpg
[5.1.3] Naros. *Prizmatický svěrák* [online]. [cit. 2015-04-20]. Dostupné z: http://www.naros.cz/UserFiles/Image/sveraky/sverak_k_3(1).jpg

[5.1.4] I-frézy.cz. *Výstředníkový svěrák* [online]. [cit. 2015-04-21]. Dostupné z: http://www.i-frezy.cz/fotky4595/fotos/gen320/gen__vyr_20836542.jpg
[5.1.5] VERTEX. *Pneumatický svěrák* [online]. [cit. 2015-04-21]. Dostupné z: http://shop.strojnisveraky.cz/images/VMC-6P.jpg
[5.2.1] ZJP. *Lícní deska* [online]. [cit. 2015-04-21]. Dostupné z: http://www.zjp.cz/data/images/thumb/1083_afd6a44c7d.png
[5.2.2] Tool Sand Mods. *Lícní deska s obrobkem* [online]. [cit. 2015-04-21]. Dostupné z: http://www.toolsandmods.com/images/lathe-chuck-repair-4.jpg
[5.3.1] Quantum. *Tříčelisťové mechanické sklíčidlo* [online]. [cit. 2015-04-21]. Dostupné z: http://shop.boukal.cz/obrazky/22101/rohm-3-celistove-sklicidlo-100-mm-original.jpg
[5.3.2] Direct industry. *Tříčelisťové pneumatické sklíčidlo* [online]. [cit. 2015-04-21]. Dostupné z: http://img.directindustry.com/images_di/photo-g/3-jaw-chuck-automatic-clamping-lathe-pneumatic-88623-4014522.jpg
[6.2.1] Albromet. [online]. [cit. 2015-04-15]. Dostupné z: http://www.albromet.de/files/albromet-logo.jpg
[7.1.1] Fréza. [online]. [cit. 2015-04-24]. Dostupné z: http://jk-nastroje.cz/obchod/cs/hruby-profil/99-freza-hrubovaci-20-o-16-mm.html
[7.1.2] Kulová réza. [online]. [cit. 2015-04-24]. Dostupné z: http://jk-nastroje.cz/obchod/cs/kulove-frezy/87-freza-kulova-o-12-mm.html
[9.1.1] Upínač. [online]. [cit. 2015-04-28]. Dostupné z: https://static.grainger.com/rp/s/is/image/Grainger/3CXD1_AS01

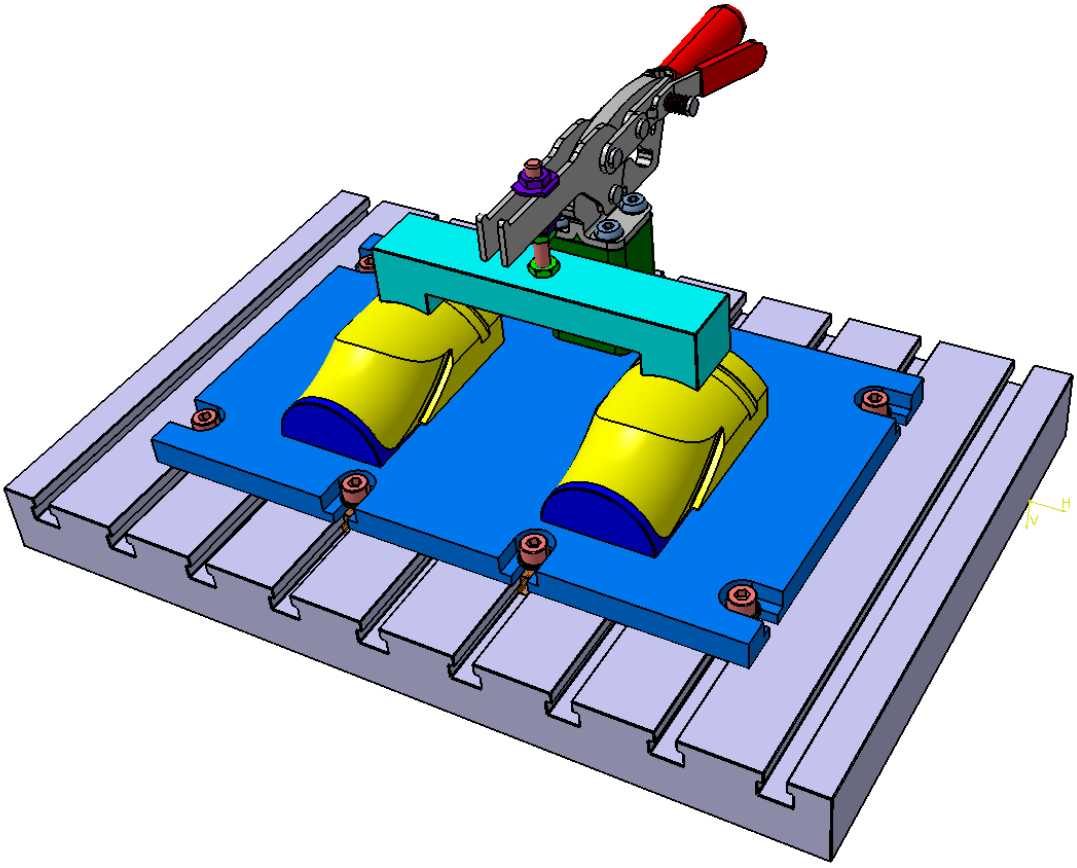
# 15. Seznam příloh

Příloha 1: Modely přípravků
Příloha 2: Výkres obrobku
Příloha 3: Výkresová dokumentace varianty 2

# PŘÍLOHA č.1

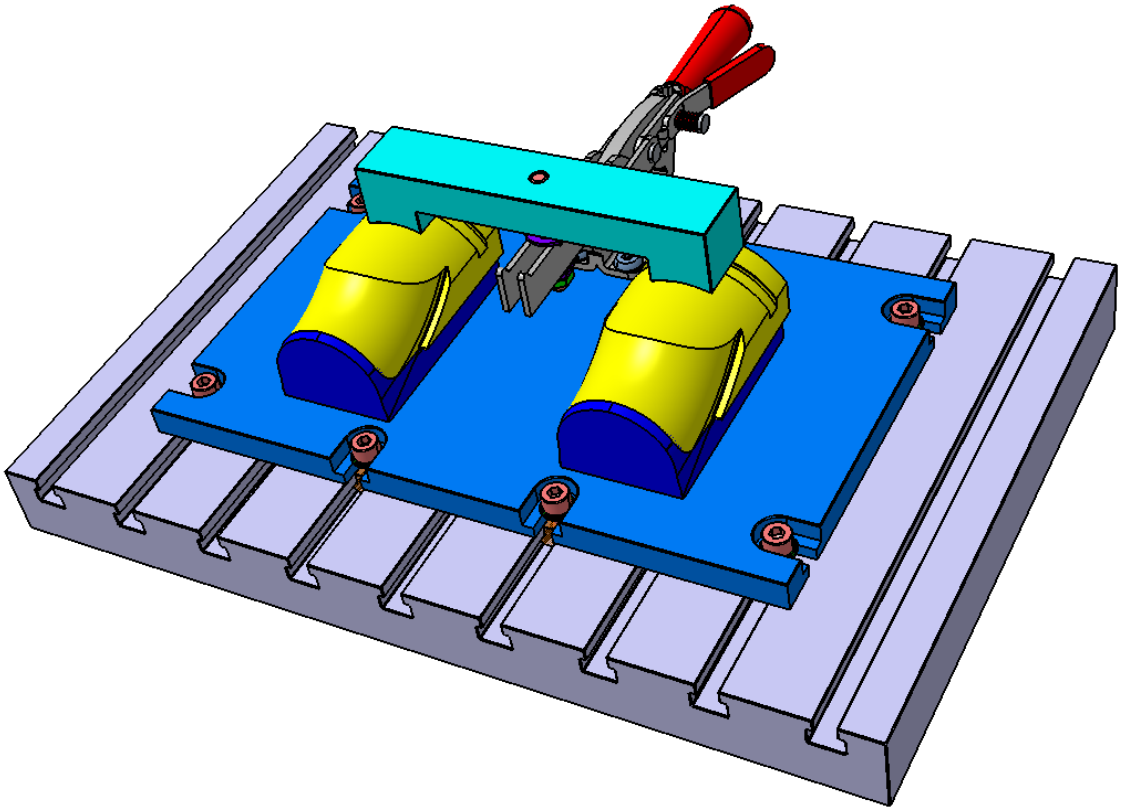
## Modely přípravků

## Varianta 1



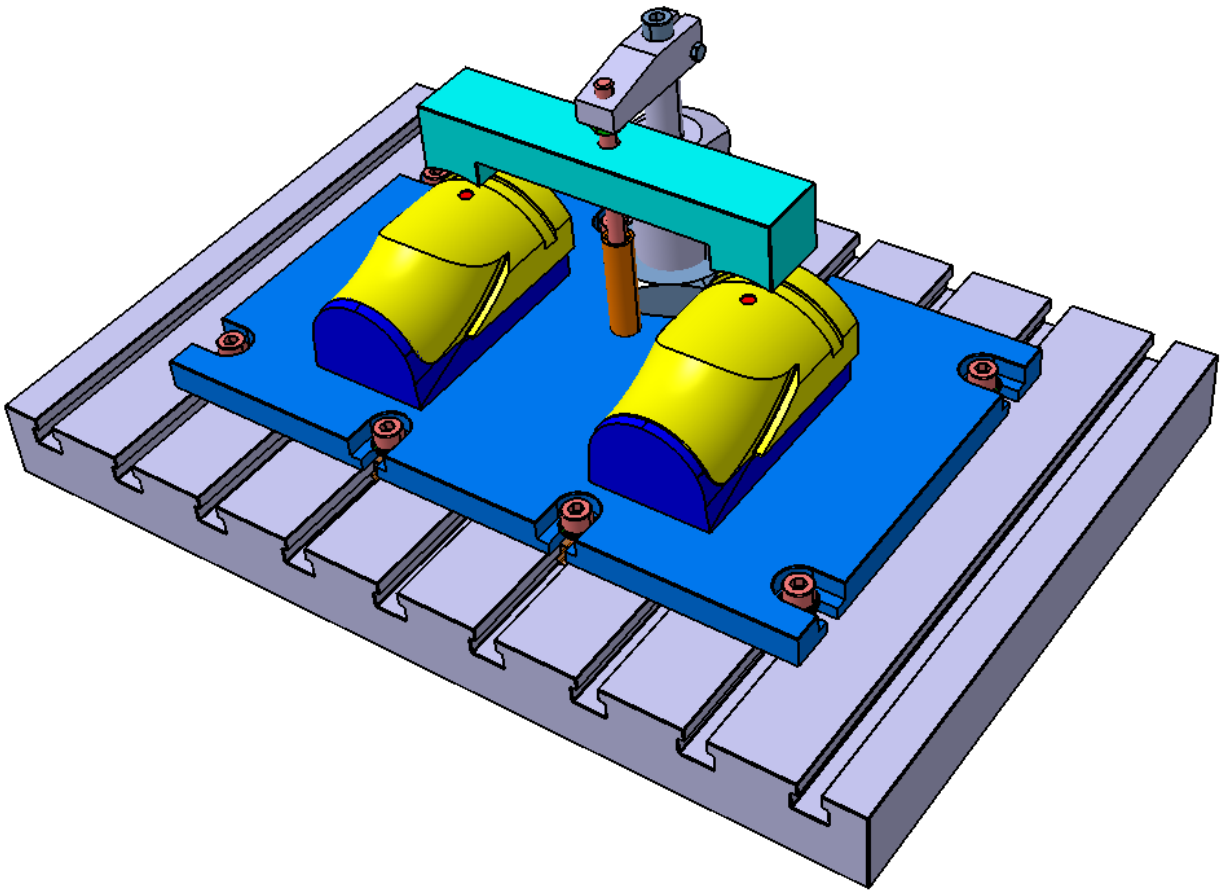
***Obr.P1*** *Varianta 1*

## Varianta 2



***Obr.P2*** *Varianta 2*

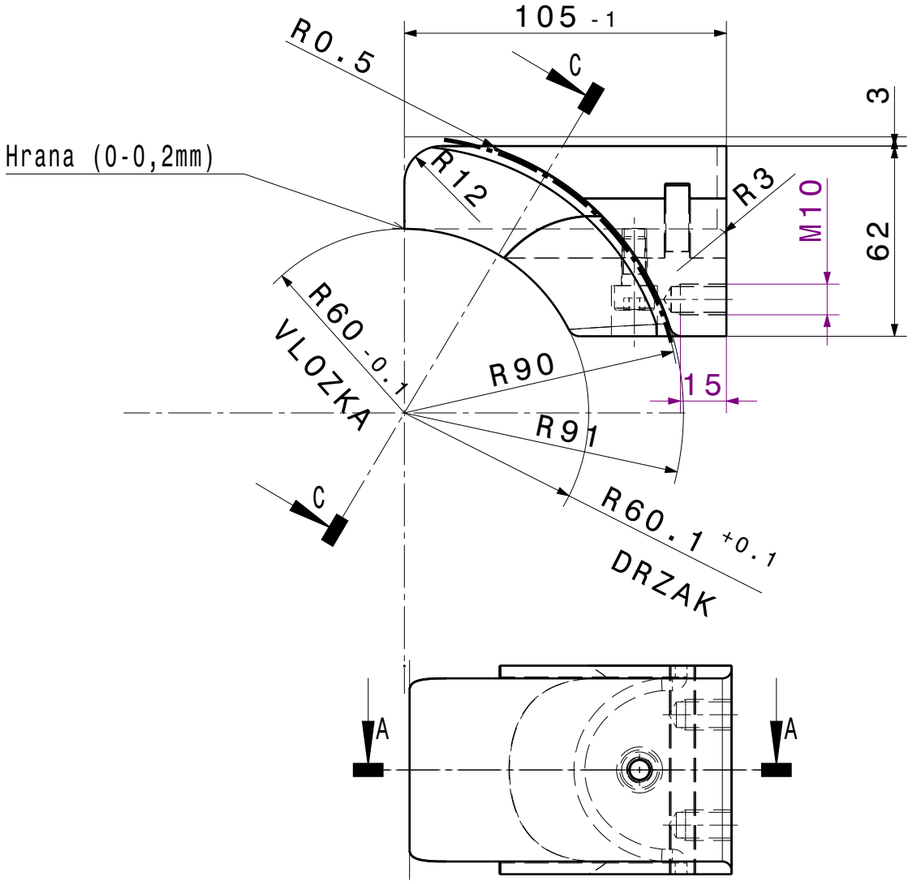
## Varianta 3

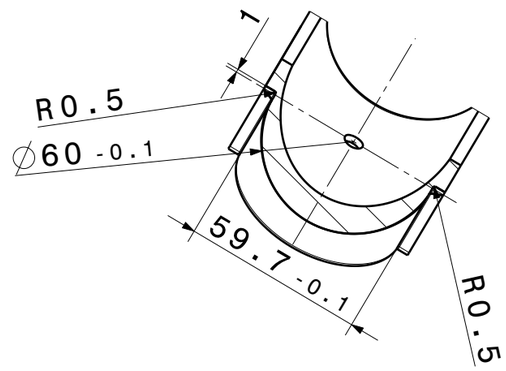


***Obr.P3*** *Varianta 3*

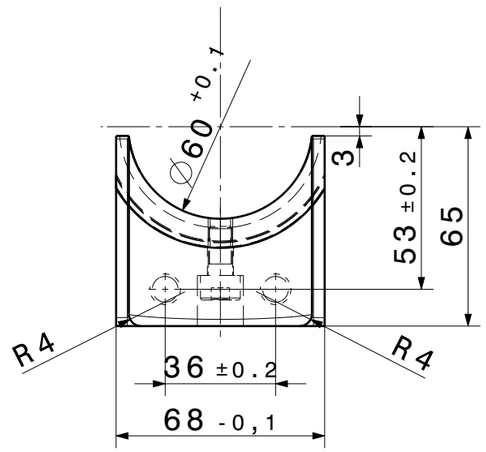
# PŘÍLOHA č.2

## Výkres obrobku

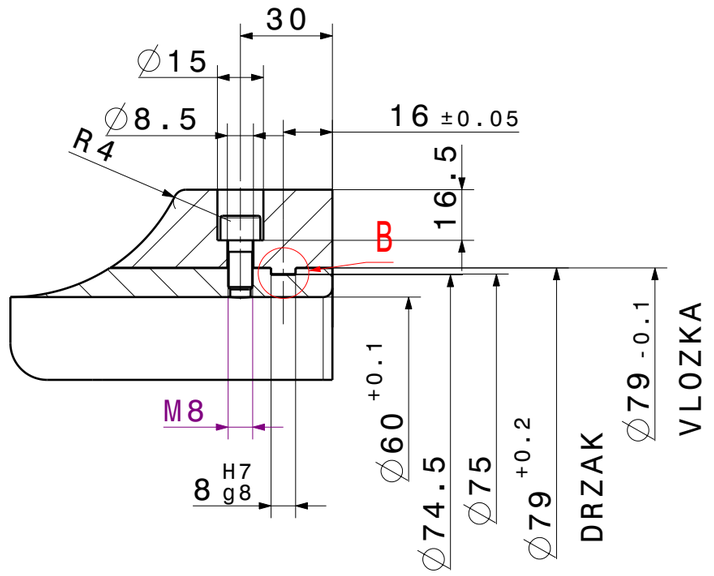


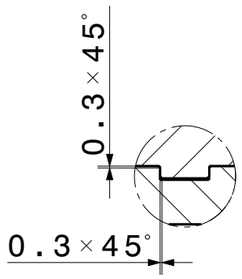




3,2 (...)



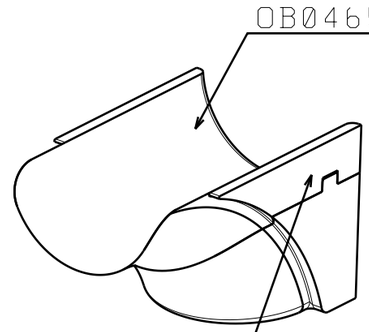



Detail B 1:1

OB04658/1



POPIS
LOGO
OB04658/1
D=60
R=90
02.10.62.074.01

**ALBROMET 200**
**MERITKO 1:2**

| IND. | ZMĚNA | DAT. | PODPIS |
|---|---|---|---|
| | | | |

HOFMEISTER® www.hofmeister.cz

CAD - Catia

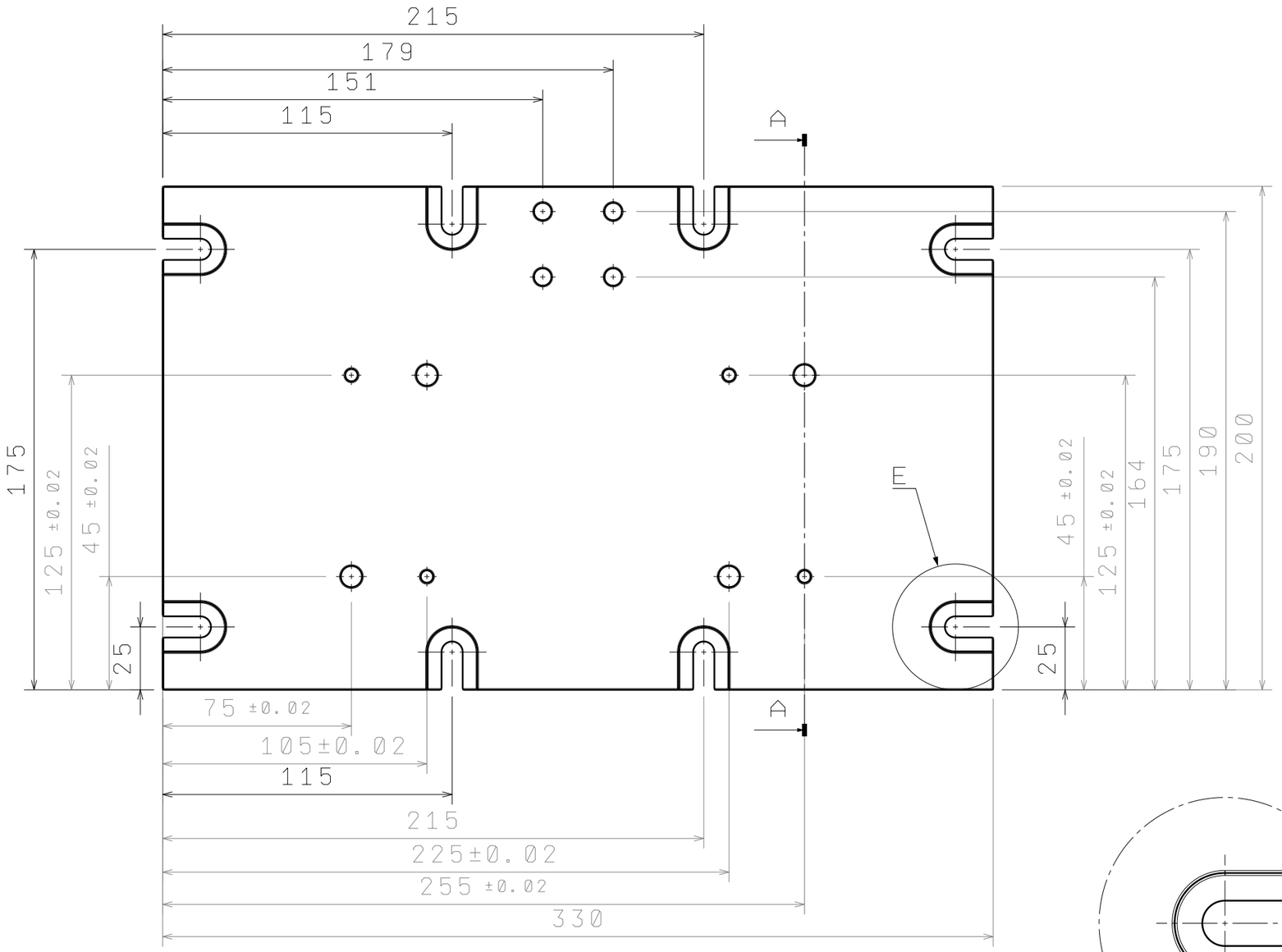
| NÁZEV | TYP: |
|---|---|
| | D=60 R=90<br>02.10.62.074.01 |

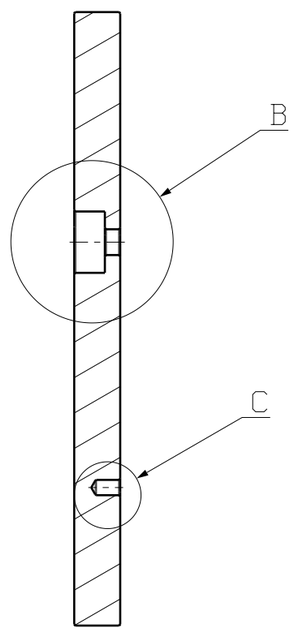
**HO S OB04658/1**

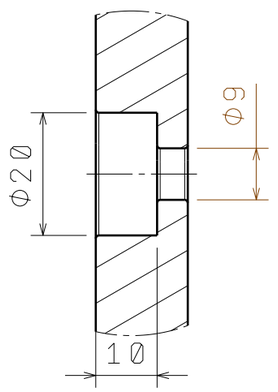
Listů List

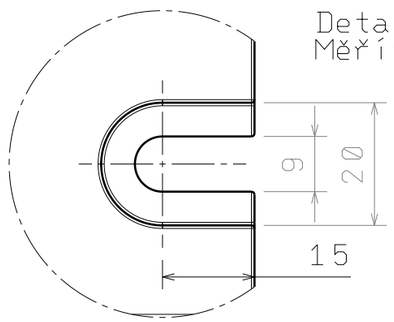
# PŘÍLOHA č.3

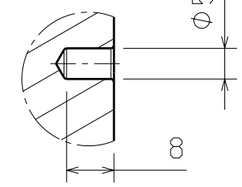
## Výkresová dokumentace varianty 2

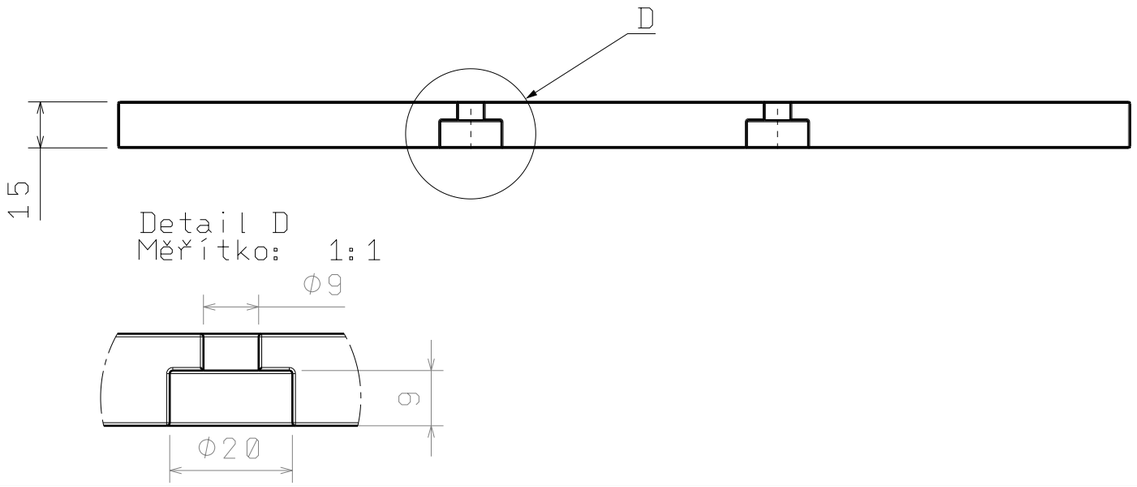


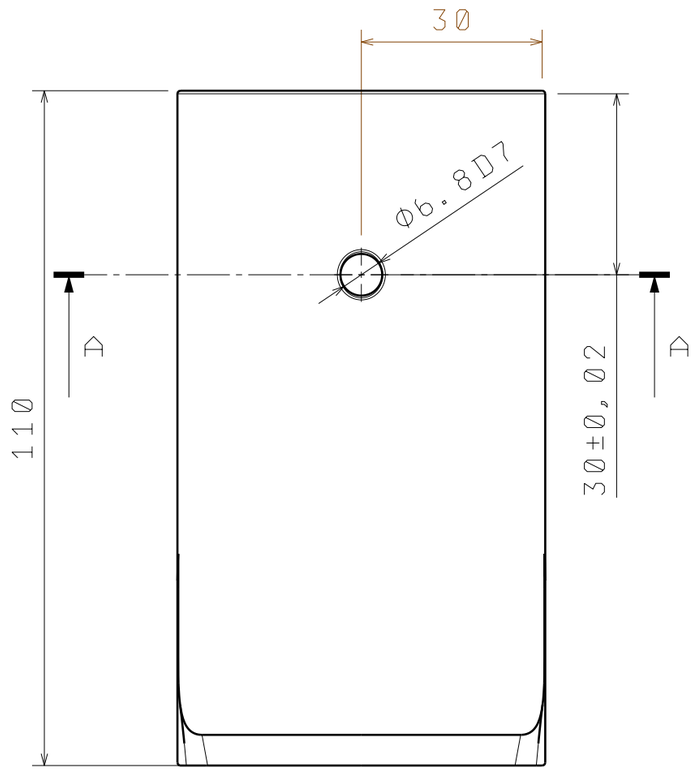



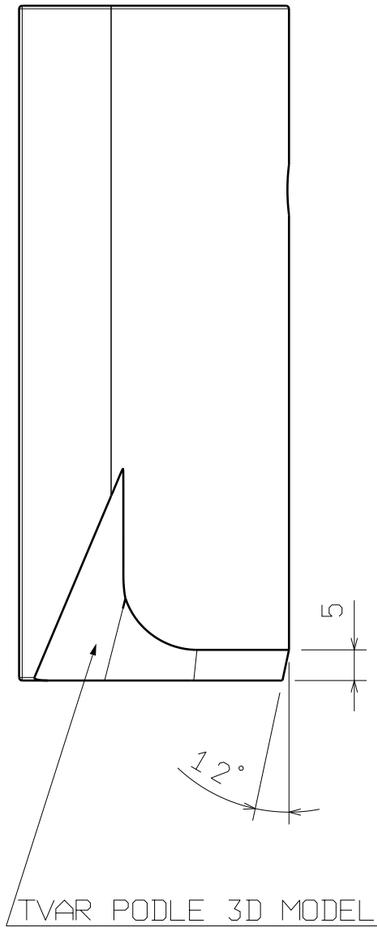




Ra 3,2

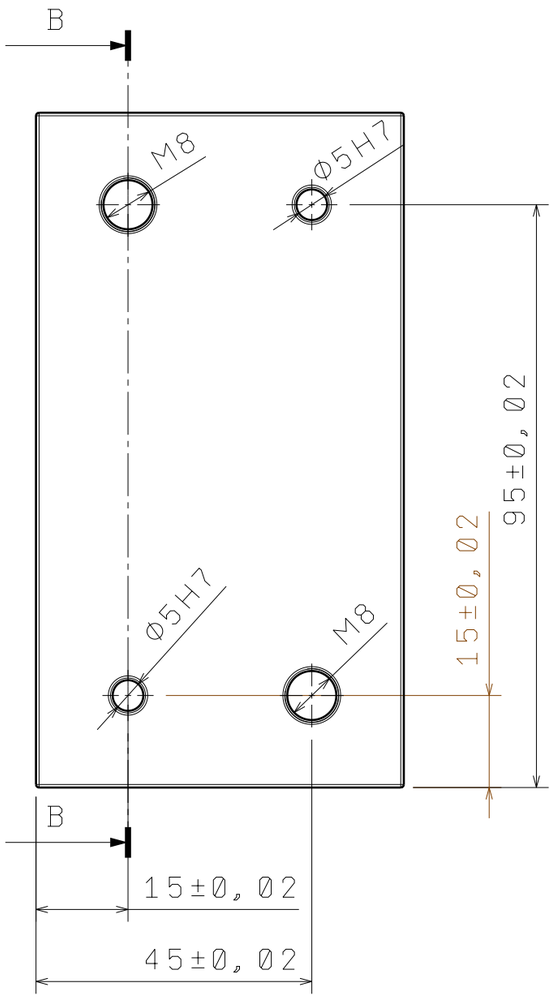
MATERIÁL ČSN 41 2020
POLOTOVAR P-18 340×210 ČSN 42 5310
NEKÓTOVANÁ SRAŽENÍ 0,5X45°

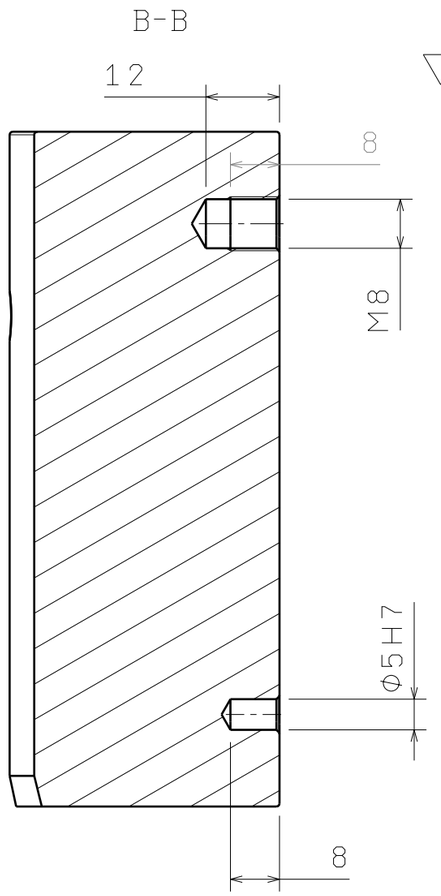
| | | | | |
|---|---|---|---|---|
| ISO 128 | TOLERANCE ISO 8015 ISO 2768 mk | ZČU Plzeň, FST | | |
| DRAWN BY: Vojtech Vozar | DATE: 30.4.2015 | DRAWING TITLE: Deska | | |
| CHECKED BY: XXX | DATE: xxx | SIZE: A3 | DRAWING NUMBER: 01_2015 | REV: X |
| DESIGNED BY: Vojtech Vozar | DATE: 30.4.2015 | SCALE: 1:2 | WEIGHT(kg): 7,5 | SHEET: 1/1 |



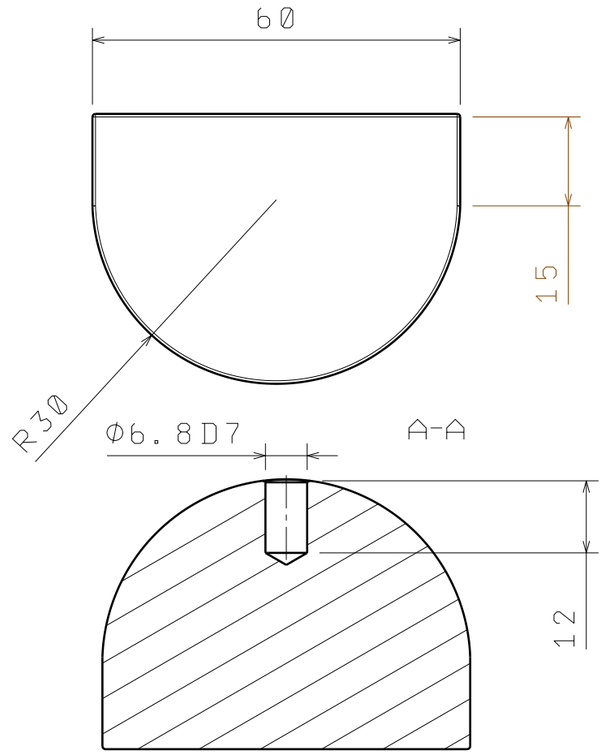



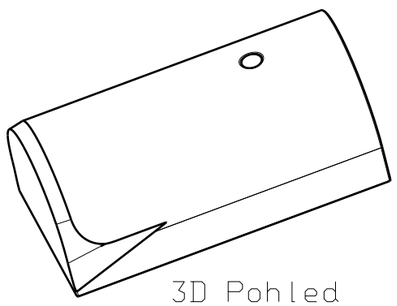

TVAR PODLE 3D MODELU -0,1 mm




Ra 3,2

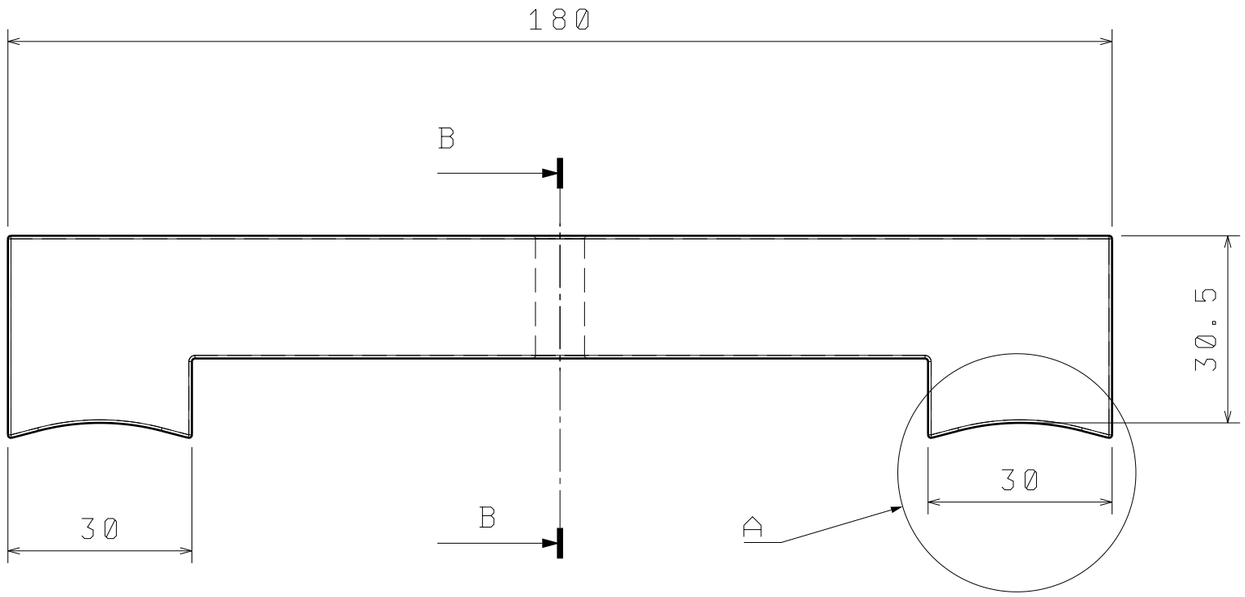


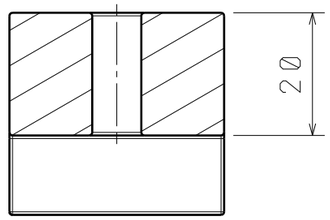



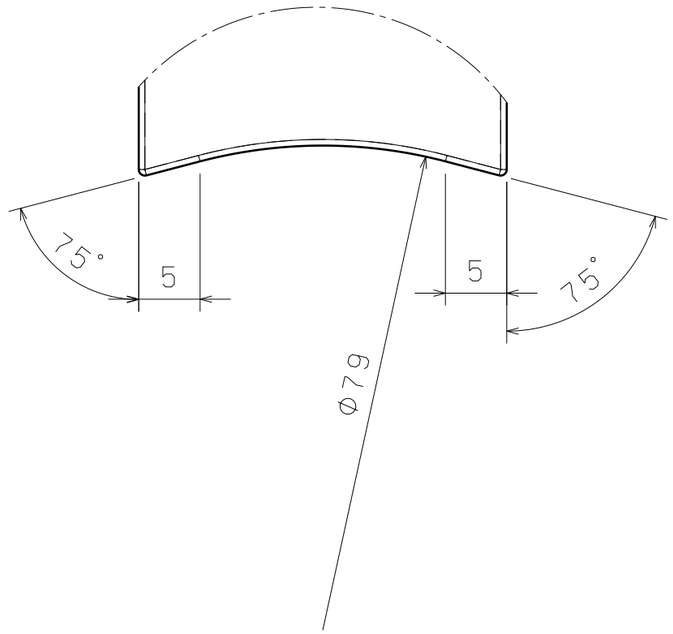
3D Pohled
Měřítko: 1:2

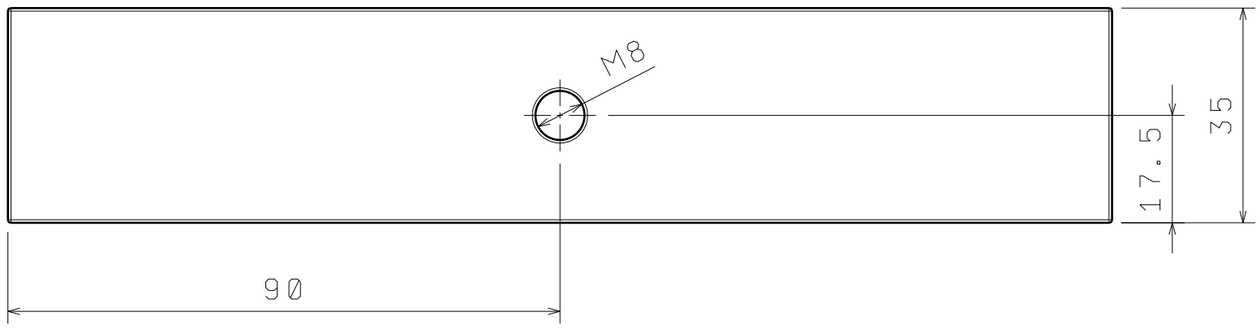
MATERIÁL ČSN 41 2020
POLOTOVAR 65x50x120 ČSN 42 5114
NEKÓTOVANÁ SRAŽENÍ 0,5X45°

| | | | |
|---|---|---|---|
| ISO 128 | TOLERANCE ISO 8015 ISO 2768 mk | ZČU Plzeň, FST | |
| DRAWN BY: Vojtech Vozar | DATE: 30.4.2015 | DRAWING TITLE: Kopyto | |
| CHECKED BY: XXX | DATE: xxx | SIZE: A3 | DRAWING NUMBER: 02_2015 / REV: X |
| DESIGNED BY: Vojtech Vozar | DATE: 30.4.2015 | SCALE: 1:1 | WEIGHT(kg): 1,6 / SHEET: 1/1 |

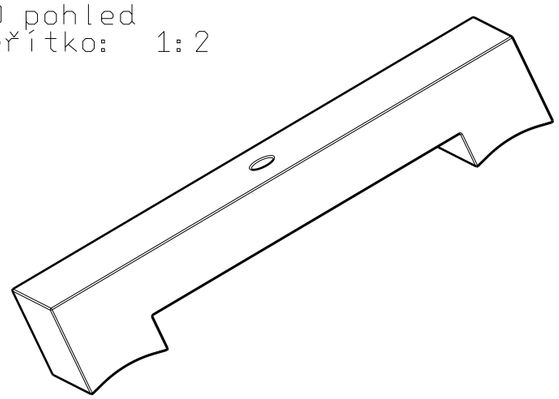


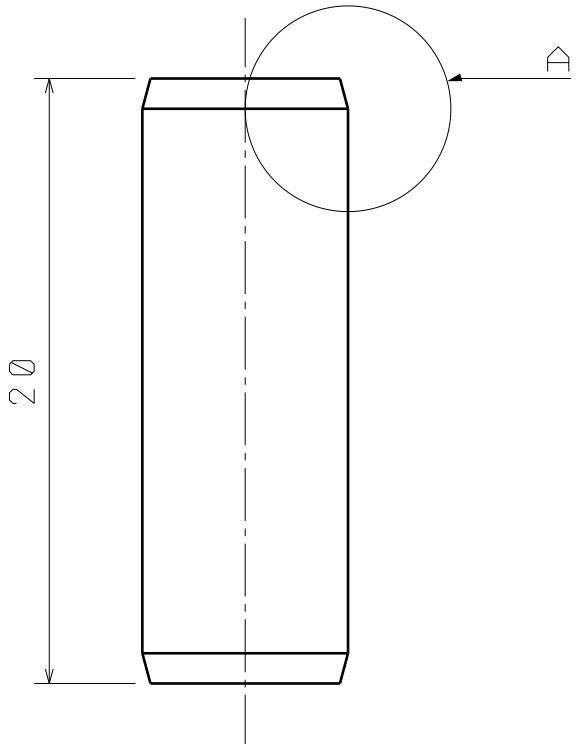




3D pohled
Měřítko: 1:2



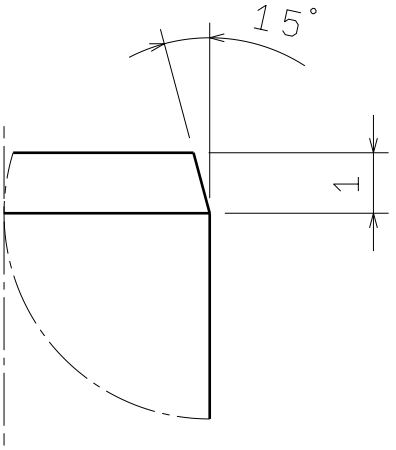
MATERIÁL ČSN 41 4220
POLOTOVAR 45x45x190 ČSN 42 5114
NEKÓTOVANÁ SRAŽENÍ 0,5x45°

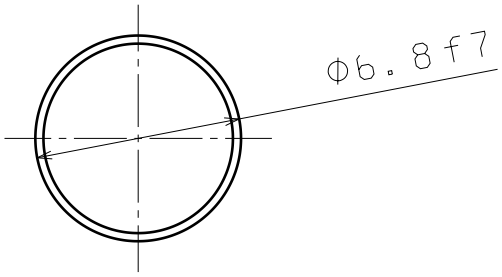
| | | | |
|---|---|---|---|
| ISO 128 | TOLERANCE ISO 8015 ISO 2768 mk | ZČU Plzeň, FST | |
| DRAWN BY: Vojtech Vozar | DATE: 2.5.2015 | DRAWING TITLE: Rameno | |
| CHECKED BY: XXX | DATE: xxx | SIZE: A3 | DRAWING NUMBER: 03_2015 / REV: X |
| DESIGNED BY: Vojtech Vozar | DATE: 2.5.2015 | SCALE: 1:1 | WEIGHT(kg): 1,1 / SHEET: 1/1 |

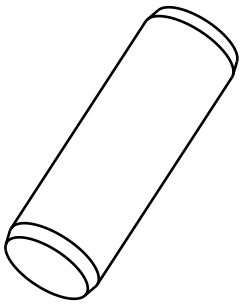



Ra 1,6

Detail A
Měřítko: 8:1

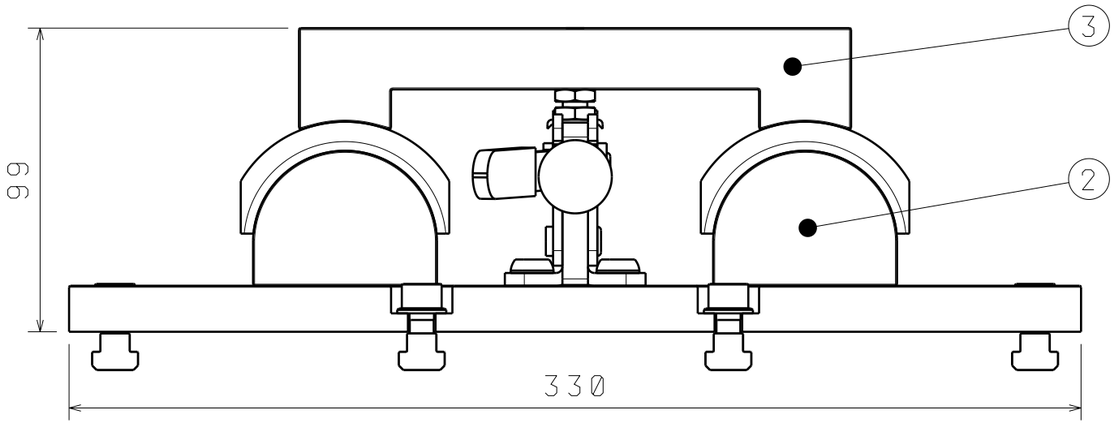


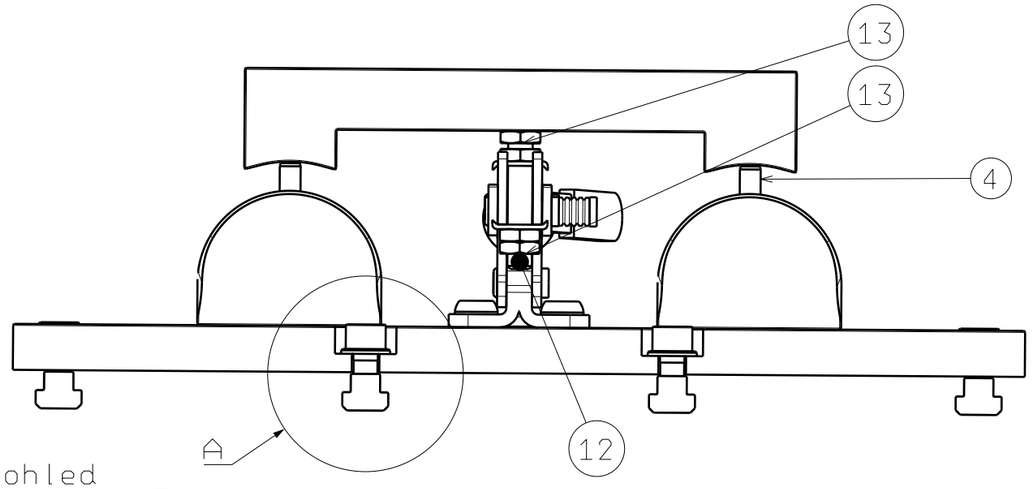



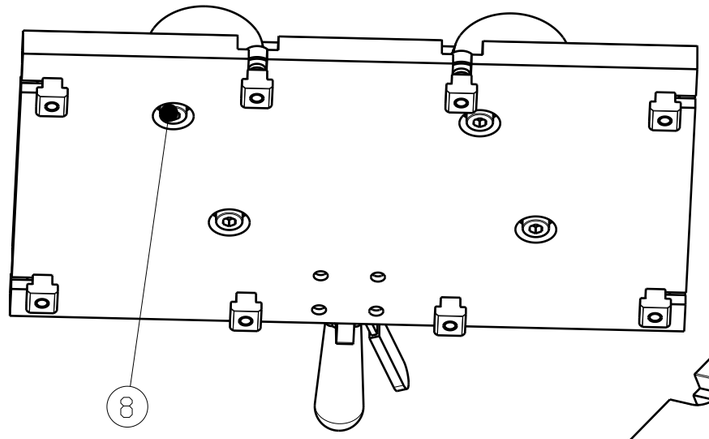
MATERIÁL ČSN 41 4220
POLOTOVAR KR8-90 ČSN 42 5510

| | | | | | |
|---|---|---|---|---|---|
| ISO 128 TOLERANCE ISO 8015 ISO 2768 mk | | ZČU Plzeň, FST | | | |
| DRAWN BY: Vojtech Vozar | DATE: 2.5.2015 | DRAWING TITLE: Kolik 6,8x20 | | | |
| CHECKED BY: XXX | DATE: xxx | SIZE: A4 | DRAWING NUMBER: 04_2015 | | REV: X |
| DESIGNED BY: Vojtech Vozar | DATE: 2.5.2015 | SCALE: 4:1 | WEIGHT(kg): 0,02 | | SHEET: 1/1 |

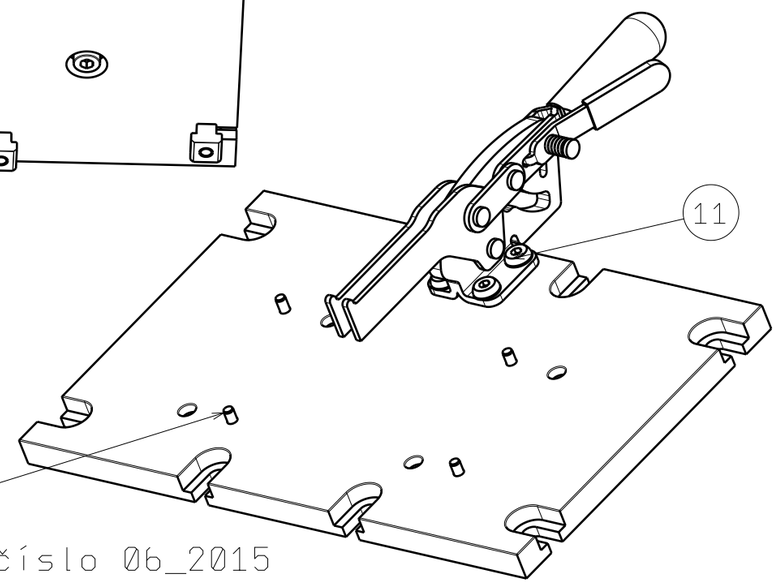


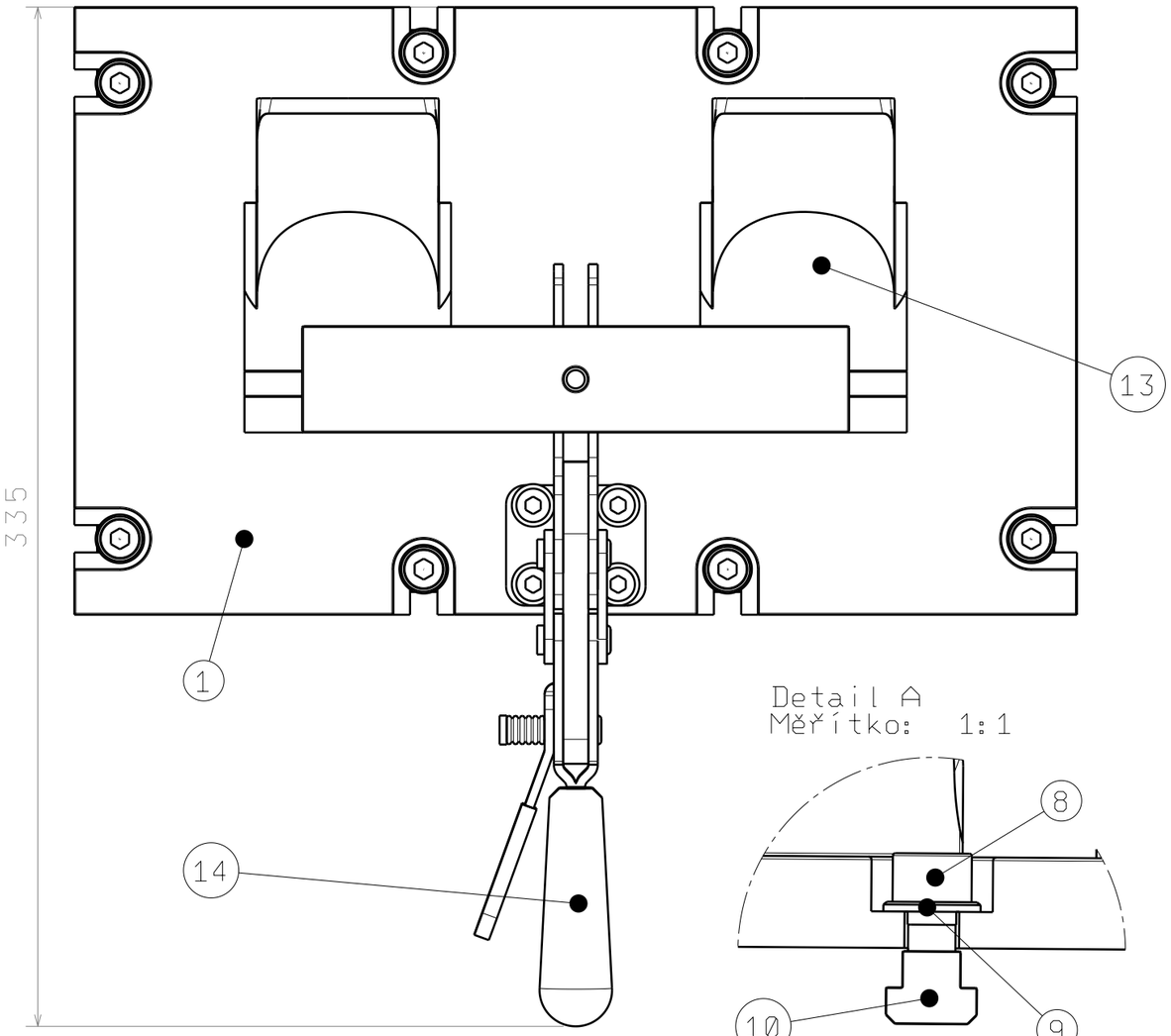




3D pohled
Měřítko: 1:3




3D pohled
Měřítko: 1:3




Detail A
Měřítko: 1:1




Kusovník: Výkres číslo 06_2015

| | | | |
|---|---|---|---|
| ISO 128 | TOLERANCE ISO 8015 ISO 2768 mk | ZČU Plzeň, FST | |
| DRAWN BY: Vojtech Vozar | DATE: 10.5.2015 | DRAWING TITLE: Sestava - Varianta 2 | |
| CHECKED BY: XXX | DATE: xxx | SIZE: A3 | DRAWING NUMBER: 05_2015 / REV: X |
| DESIGNED BY: Vojtech Vozar | DATE: 10.5.2015 | SCALE: 1:2 | WEIGHT(kg): 15,2 / SHEET: 1/1 |

| POZ. | SOUČÁST | KS | NORMA | Č.VÝKRESU | POLOTOVAR | MATERIÁL |
|---|---|---|---|---|---|---|
| 1 | Deska | 1 | | 01_2015 | P-18 340x210 ČSN 42 5310 | ČSN 41 2020 |
| 2 | Kopyto | 2 | | 02_2015 | 65x50x120 ČSN 42 5114 | ČSN 41 2020 |
| 3 | Rameno | 1 | | 03_2015 | 45x45x190 ČSN 42 5114 | ČSN 41 4220 |
| 4 | Kolík 6,8x20 | 2 | | 04_2015 | KR8-90 ČSN 42 5510, | ČSN 41 4220 |
| 5 | Obrobek | 2 | | HO S OB04658/1 | | ALBROMET 200 |
| 7 | Kolík 5x15 | 4 | ČSN EN ISO 8734 | | | |
| 8 | Šroub M8x20 | 12 | ISO 4762 | | | |
| 9 | Podložka M8 | 12 | ISO 7089 | | | |
| 10 | T matice M8 | 8 | ČSN 02 1529 | | | |
| 11 | Šroub M8x16 | 4 | ANSI B.18.3.4M | | | |
| 12 | Závitový tyč | 1 | DIN 975 | | | |
| 13 | Matice M8x1 | 2 | ISO 8675 | | | |
| 14 | Upínač | 1 | | | | |

Číslo výkresu sestavy: 05_2015

ZČU Plzeň, FST

DRAWN BY: Vojtech Vozar — DATE: 11.5.2015

DRAWING TITLE: Kusovník - Sestava - Varianta 2

CHECKED BY: XXX — DATE: xxx

SIZE: A4 — DRAWING NUMBER: 06_2015 — REV: X

DESIGNED BY: Vojtech Vozar — DATE: 11.5.2015

SCALE 1:1 — WEIGHT(kg) XXX — SHEET 1/1