

ZÁPADOČESKÁ UNIVERZITA V PLZNI
FAKULTA STROJNÍ

Studijní program: B 2301 Strojní inženýrství
Studijní zaměření: Strojírenská technologie – technologie obrábění

BAKALÁŘSKÁ PRÁCE

Konstrukční návrh upínacího přípravku pro nerotační dílec
s využitím SW Inventor

Autor: **Michal POVOLNÝ**
Vedoucí práce: **Ing. Josef SKLENIČKA**

Akademický rok 2015/2016

ZÁPADOČESKÁ UNIVERZITA V PLZNI

Fakulta strojní

Akademický rok: 2015/2016

ZADÁNÍ BAKALÁŘSKÉ PRÁCE

(PROJEKTU, UMĚLECKÉHO DÍLA, UMĚLECKÉHO VÝKONU)

Jméno a příjmení: **Michal POVOLNÝ**

Osobní číslo: **S13B0237P**

Studijní program: **B2301 Strojní inženýrství**

Studijní obor: **Strojírenská technologie-technologie obrábění**

Název tématu: **Konstrukční návrh upínacího přípravku pro nerotační dílec s využitím SW Inventor**

Zadávací katedra: **Katedra technologie obrábění**

Z á s a d y p r o v y p r a c o v á n í :

1. Úvod
2. Rozbor současného stavu - konstrukční uspořádání nerotačních přípravků a jejich základní prvky
3. Návrh konstrukce přípravku ve variantách
4. Závěr


Rozsah grafických prací: **dle potřeby**
Rozsah kvalifikační práce: **30 - 40 stran**
Forma zpracování bakalářské práce: **tištěná**
Seznam odborné literatury:

- [1] Chladil, Josef. Přípravky a nástroje : část-obrábění. 3. vyd. Brno : VUT, 1992. ISBN 80-214-0408-6.
[2] Beneš, Vladimír; Mrkvica, Miloš. Teorie řezných nástrojů : určeno pro stud. fak. strojní. 1. vyd. Praha : ČVUT, 1990. ISBN 80-01-00265-9.
[3] Schmidt, Eduard. Příručka řezných nástrojů. 2. vyd. Praha : SNTL, 1974.
[4] Chvála, Břetislav; Votava, Josef. Přípravky : celost. vysokošk. učebnice pro strojní fakulty vys. škol techn.. 1. vyd. Praha : SNTL, 1988.
[5] ASM Handbook, Vol. 16: Machining. Ohio, 1999. ISBN 0871700077.
[6] Childs, Thomas. Metal machining : theory and applications. New York : Elsevier, 2000. ISBN 0-340-69159-X.
[7] 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. Aneta Milsimerová**
Regionální technologický institut
Datum zadání bakalářské práce: **18. října 2015**
Termín odevzdání bakalářské práce: **20. května 2016**


Doc. Ing. Milan Edl, Ph.D.
děkan




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

V Plzni dne 20. října 2015

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 rád poděkoval vedoucímu bakalářské práce, panu Ing. Josefovi Skleničkovi, za odborné vedení, cenné rady a připomínky, které mi poskytl během zpracování této práce.

Michal Povolný

ANOTAČNÍ LIST BAKALÁŘSKÉ PRÁCE

| | | | | |
|----------------------|---|------------------------|---------------------------------|--|
| AUTOR | Příjmení Povolný | Jméno Michal | | |
| STUDIJNÍ OBOR | B2301 „Strojírenská technologie - technologie obrábění“ | | | |
| VEDOUCÍ PRÁCE | Příjmení (včetně titulů) Ing. Sklenička | Jméno Josef | | |
| PRACOVISŤE | ZČU - FST - KTO | | | |
| DRUH PRÁCE | DIPLOMOVÁ | BAKALÁŘSKÁ | Nehodící se škrtněte | |
| NÁZEV PRÁCE | Konstrukční návrh upínacího přípravku pro nerotační dílec s využitím SW Inventor | | | |

| | | | | | |
|----------------|---------|----------------|-----|--------------------|------|
| FAKULTA | strojní | KATEDRA | KTO | ROK ODEVZD. | 2016 |
|----------------|---------|----------------|-----|--------------------|------|

POČET STRAN (A4 a ekvivalentů A4)

| | | | | | |
|---------------|----|---------------------|----|----------------------|----|
| CELKEM | 84 | TEXTOVÁ ČÁST | 53 | GRAFICKÁ ČÁST | 31 |
|---------------|----|---------------------|----|----------------------|----|

| | |
|--|--|
| STRUČNÝ POPIS ZAMĚŘENÍ, TÉMA, CÍL POZNATKY A PŘÍNOSY | Bakalářská práce je zaměřena na konstrukci frézovacího přípravku. Práce obsahuje stručný úvod do přípravků a jejich základní rozdělení. Dále obsahuje návrh přípravku ve variantách pro zadanou součást a výběr nejvhodnější varianty. Model přípravku je vymodelován za pomoci softwaru Inventor. |
| KLÍČOVÁ SLOVA ZPRAVIDLA JEDNOSLOVNÉ POJMY, KTERÉ VYSTIHUJÍ PODSTATU PRÁCE | Přípravek, konstrukce, návrh, upínání, obrábění, frézování, sw Inventor |

SUMMARY OF BACHELOR SHEET

| | | | |
|--------------------------|---|-----------------|-----------------------------------|
| AUTHOR | Surname Povolný | Name Michal | |
| FIELD OF STUDY | B2301 “ Manufacturing Processes – Technology of Metal Cutting“ | | |
| SUPERVISOR | Surname (Inclusive of Degrees) Ing. Sklenička | Name Josef | |
| INSTITUTION | ZČU - FST - KTO | | |
| TYPE OF WORK | DIPLÓMA | BACHELOR | Delete when not applicable |
| TITLE OF THE WORK | Engineering design jig for not rotational component using software inventor | | |

| | | | | | |
|----------------|------------------------|-------------------|----------------------|---------------------|------|
| FACULTY | Mechanical Engineering | DEPARTMENT | Machining Technology | SUBMITTED IN | 2016 |
|----------------|------------------------|-------------------|----------------------|---------------------|------|

NUMBER OF PAGES (A4 and eq. A4)

| | | | | | |
|----------------|----|------------------|----|-----------------------|----|
| TOTALLY | 84 | TEXT PART | 53 | GRAPHICAL PART | 31 |
|----------------|----|------------------|----|-----------------------|----|

| | |
|---|---|
| BRIEF DESCRIPTION TOPIC, GOAL, RESULTS AND CONTRIBUTIONS | Bachelor thesis is focused on the construction of the preparation for milling. The thesis contains a brief introduction about the preparations and their division. It also contains a draft of the variants for a given component and choosing the most suitable variant. The Model of preparation is modeled with the aid of software Inventor |
| KEY WORDS | Preparation, construction, design, clamping, machining, milling, sw Inventor |

Obsah

| | |
|---|----|
| Seznam použitých zkratk a symbolů | 10 |
| 1. Úvod..... | 11 |
| 2. Přípravky..... | 12 |
| 2.1. Rozdělení přípravků | 12 |
| 2.1.1. Podle použitelnosti | 12 |
| 2.1.2. Podle operačního určení | 17 |
| 2.1.3. Podle zdrojů upínací síly | 17 |
| 2.2. Použití přípravků | 18 |
| 2.3. Zásady konstrukce přípravků..... | 18 |
| 2.3.1. Konstrukční zásady upínacích přípravků | 18 |
| 2.4. Volba materiálu pro součásti přípravku..... | 20 |
| 2.5. Princip jednoznačného ustavení obrobku | 21 |
| 2.6. Opěrné a ustavující prvky..... | 22 |
| 2.6.1. Opěrné prvky pevné | 22 |
| 2.6.2. Opěry přestavitelné | 24 |
| 2.6.3. Opěry pomocné (samostavitelné)..... | 24 |
| 3. Technologičnost konstrukce dané součásti | 25 |
| 3.1. Tvar a rozměr..... | 25 |
| 3.2. Materiál součásti..... | 25 |
| 3.3. Přesnost a jakost povrchu součásti | 26 |
| 3.4. Polotovar..... | 26 |
| 4. Upínací síla | 27 |
| 4.1. Nástroj | 27 |
| 4.2. Výpočet upínací síly | 28 |
| 5. Návrh přípravku ve variantách..... | 32 |
| 5.1. Varianta 1 | 32 |
| 5.2. Varianta 2 | 33 |
| 5.3. Varianta 3 | 34 |
| 6. Technickoekonomické hodnocení variant | 35 |
| 6.1. Cena výroby součásti..... | 35 |
| 6.2. Výpočet ekonomické výhodnosti | 35 |
| 6.3. Kalkulace přípravku – Varianta 1 | 37 |

| | | |
|------|---|----|
| 6.4. | Kalkulace přípravku – Varianta 3..... | 38 |
| 6.5. | Kalkulace součásti – Spodní deska..... | 39 |
| 7. | Normalizované díly..... | 40 |
| 7.1. | Strojní svěrák Roemheld Hilma MC 100 (9.3585.1303)..... | 40 |
| 7.2. | Aretační čep (K0747.14105080) | 41 |
| 8. | Závěr | 42 |
| 9. | Použitá literatura | 43 |
| 10. | Přílohy | 45 |

Seznam použitých zkratk a symbolů

| Značka | Název | Jednotka |
|-----------|-----------------------------|----------|
| d, D | Průměr | [mm] |
| l | Délka | [mm] |
| h | Hloubka třísky | [mm] |
| a | Tloušťka třísky | [mm] |
| b | šířka frézování | [mm] |
| P | Měrný řezný odpor | [MPa] |
| k_f | Součinitel frézování | [-] |
| f_z | Posuv na zub | [mm] |
| z | počet zubů frézy | [-] |
| n_z | Počet zubů v záběru | [mm] |
| Rm | Mez pevnosti | [MPa] |
| F_{rez} | Řezná síla | [N] |
| F_r | Radiální síla | [N] |
| F | Výsledná síla | [N] |
| F_x | Tečná složka síly | [N] |
| F_n | Normálová složka síly | [N] |
| F_t | Třecí síla | [N] |
| F_u | Upínací síla | [N] |
| F_{us} | Skutečná upínací síla | [N] |
| f | Součinitel smykového tření | [-] |
| k | Součinitel bezpečnosti | [-] |
| CN | Celkové náklady | [Kč] |
| FN | Fixní náklady | [Kč] |
| VN | Variabilní náklady | [Kč] |
| PVN | Průměrné variabilní náklady | [Kč] |
| q | Výrobní množství | [Kč] |
| Q | Objem výroby za rok | [Ks] |

1. Úvod

Neustálý rozvoj strojírenství a techniky klade zvětšené požadavky na rychlost a přesnost výrobního procesu. Zrychlení a zpřesnění výrobního procesu umožňuje zvětšit produktivitu práce, ta se zvyšuje zdokonalením výrobních metod, obráběcích strojů a nástrojů a ostatních výrobních prostředků. Při práci na strojích je produktivita práce určena počtem vyrobených kusů v určitém čase. Technický pokrok závisí také na zkrácení časových ztrát při jednotlivých úkonech. Z toho vyplývá, že pro zvýšení produktivity práce je důležitá snaha zkrátit hlavní a vedlejší časy. To je jeden z hlavních důvodů, proč se při strojírenské výrobě snažíme dosáhnout co největší mechanizace všech vedlejších pracovních úkonů. Jedním z prostředků, které umožňují plnit úkony vykonávané ve vedlejším čase, jsou přípravky.

Cílem bakalářské práce je návrh konstrukce přípravku ve variantách pro zadanou součást a daný objem výroby 5000 ks/rok. Po dokončení návrhu bude provedeno zhodnocení jednotlivých variant a výběr nejvhodnější varianty s ohledem na roční objem výroby a náklady spojené s výrobou přípravků.

2. Přípravky

Ve strojírenství se žádný druh výroby, kusové, sériové nebo hromadné, neobejde bez přípravků. Přípravky lze definovat jako pomůcky, které urychlují, usnadňují a umožňují výrobu.

Mezi základní funkce přípravků patří jednoznačné ustavení a pevné uchycení součástí při obrábění. Nejjednodušší upínací pomůcky jsou ruční a strojní svěráky. V některých případech je také nutné správné vedení nástroje vzhledem k obrobku. Například při vrtání může být vrták veden vrtacím pouzdem. Dále zajišťují vzájemnou polohu a přidržení součástí při montáži. Přípravky se také používají při kontrole správnosti rozměrů nebo geometrických tvarů součástí. [1]

2.1. Rozdělení přípravků

Přípravky se rozdělují podle několika hledisek.

2.1.1. Podle použitelnosti

- **Univerzální přípravky** jsou určeny k upínání tvarově a technologicky podobných součástí různých tvarů. Používají se při kusové, nebo malosériové výrobě, mají daný tvar a jsou normalizované. Jejich použití není vázáno na konkrétní obrobek, obráběcí stroj nebo pracoviště. Převážně se vyrábějí ve větším počtu kusů, z toho důvodu je jejich cena nižší než u speciálních přípravků podobného druhu. [2]

Strojní svěráky

Strojní svěráky patří k nejrozšířenějším upínacím zařízením. Slouží k upínání součástí jednoduchých geometrických tvarů a menších rozměrů na frézkách, vrtačkách, hoblovkách, obrážečkách a jiných strojích. K upínání dochází sevřením čelistí svěráku za pomoci šroubu s ruční klikou, výstředníkem a pákou, nebo tlakovým vzduchem. Velikost svěráku je dána šířkou a výškou čelistí a jejich rozevřením, které ještě zaručuje bezpečné a pevné upnutí. [2]

Šroubový strojní svěrák - Je nejběžnější strojní svěrák. Tělo svěráku má jednu pevnou čelist a vedení pro posuvnou čelist. Posuvná čelist má v sobě matici pro šroub, který je otočně uložen a osově zachycen v tělese svěráku. Čelisti mají vyměnitelné kalené vložky. [2]



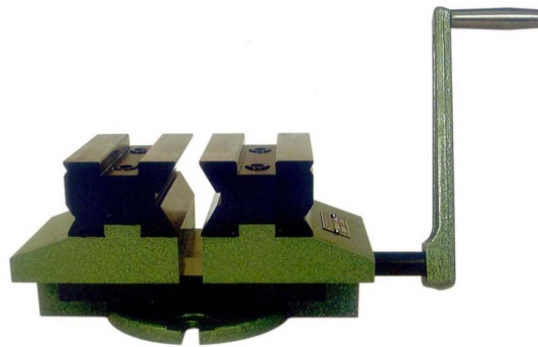
Obr. 1 Strojní svěrák přímý [2.1.1]

Otočný svěrák - Jeho uspořádání je podobné jako u přímého svěráku. Deska, kterou se svěrák připevňuje ke stolu nebo upínací desce stroje, je otočná a na ní jsou uloženy saně s čelistmi. Svěrák se otáčí kolem svislé osy o požadovaný úhel podle stupnice na obvodu otočné desky, jeho poloha se zajišťuje dvěma šrouby. [2]



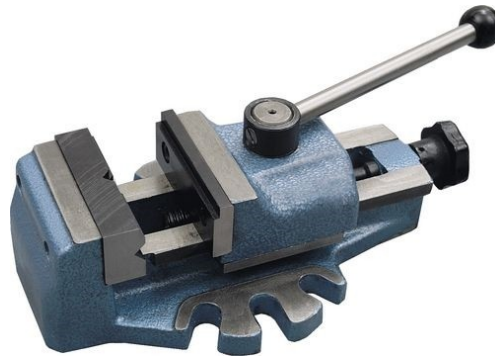
Obr. 2 Otočný a naklápěcí svěrák [2.1.2]

Samostředící svěráky - S prizmatickými čelistmi jsou vhodné pro upínání válcových předmětů (hřídelů). Obě čelisti jsou u svěráku posuvné, z toho vyplývá, že osa upnutého předmětu je vždy ve stejné poloze bez ohledu na průměr. Čelisti jsou kalené a po obou stranách mají zářezy různých velikostí, takže je lze podle průměru obrobku obracet. [2]



Obr. 3 Samostředící svěrák s prizmatickými čelistmi [2.1.3]

Výstředníkové svěráky - K upnutí se na místo upínacího šroubu používá výstředníku. Posuvná čelist se hrubě přestavuje pomocí šroubu v zárezích svěráku a upnutí se dosáhne výstředníkem. Používají se k upínání malých předmětů pravidelného tvaru. [2]



Obr. 4 Výstředníkový svěrák [2.1.4]

Pneumatické svěráky - K upínání dochází pomocí tlaku vzduchu, který působí na čelist svěráku. Mezi hlavní výhody oproti ručnímu upínání patří: krátké upínací časy, dosažení velké upínací síly a odstranění tělesné námahy. [2]



Obr. 5 Pneumatický svěrák [2.1.5]

Upínací (lící) desky

Jsou určeny k upínání obrobků na soustruzích nebo revolverových soustruzích. Jednotlivé čelisti upínací desky se pohybují samostatně a jsou stupňovité, z toho důvodu nemusí být součástí symetrická k ose soustružení a zvětšuje se rozsah upínaných předmětů. Pro upnutí obrobku pomocí upínek jsou v desce také výřezy pro šroub s hlavou. [2]



Obr. 6 Lící deska [2.1.6]

Skličidla

Podobně, jako upínací desky, slouží sklíčidla k upínání součástí na strojích, kde hlavní pohyb je rotační. U sklíčidla se všechny čelisti (nejčastěji tři) pohybují současně, symetricky k ose. To zajišťuje, že obrobek je vždy správně vystředěn.

Mezi nejpoužívanější sklíčidla se řadí univerzální ruční sklíčidlo. Pomocí stupňovitých upínacích čelistí, které se mohou v T-drážkách otočit, můžeme upínat vnější i vnitřní průměry. Skličidla mohou být upínány mechanicky, pneumaticky nebo hydraulicky. [1]



Obr. 7 Univerzální sklíčidlo [2.1.7]

Upínací úhelníky

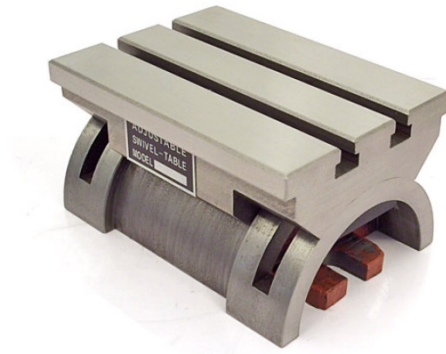
Slouží k upínání součástí, kde je upínací plocha kolmá, nebo rovnoběžná s obráběnou plochou. Upínací úhelníky mají dvě pevná, tuhá a na sebe kolmá ramena (v některých případech vyztužena žebry). V ramenech jsou podélné drážky, které umožňují upevnění úhelníku ke stolu a také upnutí součásti. Z důvodu přesnosti je úhelník na funkčních plochách zaškrabán. [1]



Obr. 8 Upínací úhelníky [2.1.8]

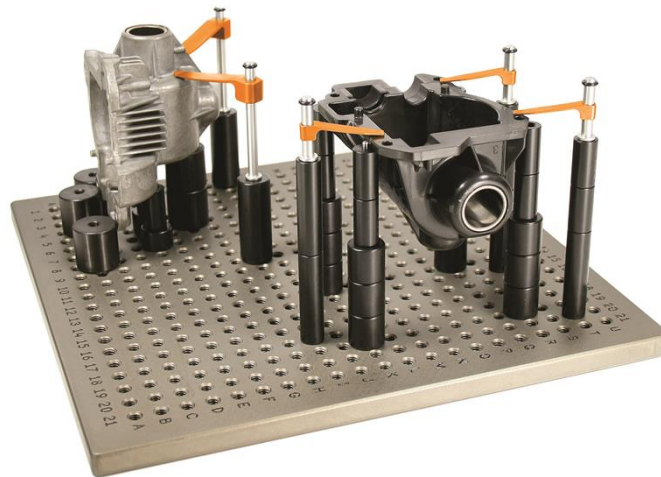
Naklápěcí upínací stoly

Umožňují upnutou součást na kolébce sklopit o určitý úhel na obě strany. Požadovaný sklon se nastavuje pomocí úhlové stupnice a nonia. Upínací stůl se upevňuje ke stolu stroje pomocí šroubů, pro které jsou v kolébce výřezy. Stůl má T-drážky pro šrouby k upnutí součásti. [1]



Obr. 9 Naklápěcí upínací stůl [2.1.9]

- **Skupinové přípravky**, skupinový přípravek je celý přípravek nebo jeho část společná pro celou skupinu obrobků. Přípravky se skládají ze stálých (těleso přípravku, upínací mechanismus a jeho silová jednotka apod.) a vyměnitelných nebo seřiditelných částí (ustavovací a vodící elementy, někdy i upínací elementy přípravku). Vyměnitelné součásti nebo jejich skupiny se vyměňují při přechodu z obrábění součástí jednoho druhu na obrábění součástí jiného druhu. [2]
- **Stavebnicové přípravky**, jsou sestaveny z typizovaných dílů v požadovaný přípravek. Jednotlivé součásti celé soupravy je možné rozdělit do skupin podle hlavního účelu jejich použití. 1 - součásti základové (základové desky a úhelníky), 2 - součásti opěrné (podložky, opěrky, prizmata, lišty), 3 - součásti ustavovací (ustavovací čepy, kolíky, středící pouzdra), 4 - součásti vodící (vodící pouzdra, ramena vrtacích pouzder a vřeten), 5 - součásti upínací (upínky, výstředníky, upínací hroty, rukojeti), 6 - součásti spojovací (šrouby, matice a podložky různých druhů). [1]

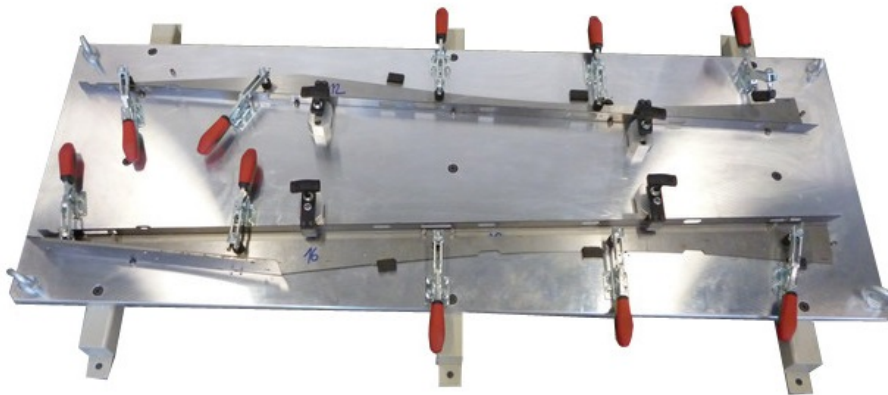


Obr. 10 Stavebnicový přípravek [2.1.10]

- **Speciální přípravky** slouží jen k upínání jednoho obrobku podle konkrétní operace. Jedná se o jednoúčelové upínací zařízení, ve kterém lze obrobek mnohem výhodněji a lépe upnout než v univerzálním přípravku. Mezi speciální přípravky patří např. soustružnické, frézovací, vrtací a vyvrtávací přípravky. [1]

2.1.2. Podle operačního určení

- **Obráběcí přípravky** se používají k upnutí obrobku v určité poloze vzhledem k nástroji. Pokud je nutno nástroj zároveň vést, bývá vedení nástroje součástí přípravku. [2]
- **Montážní přípravky** slouží k přidržení součástí v předepsané poloze při jejich vzájemném rozebíratelném i nerozebíratelném spojování. Jejich použitím se výrazně snižuje podíl lidské práce při konkrétních úkolech. Mezi montážní přípravky lze zařadit i svařovací přípravky. [1]



Obr. 11 Svařovací přípravek [2.1.11]

- **Kontrolní přípravky** se používají ke kontrole správnosti rozměrů popřípadě geometrických tvarů. [2]
- **Rýsovací přípravky** slouží k rýsování součástí před obráběním.
- **Ostatní pomocná a dílenská zařízení** jsou pomůcky zvyšující pracovní možnosti stroje (např. mnohovřetenové vrtací hlavy) a pomůcky určené k obrábění ploch speciálních tvarů, které lze obrábět na normálních obráběcích strojích pouze s přídatným zařízením (např. řezání závitů s proměnným stoupáním). Do této skupiny se mohou zařadit i pomocná nakládací zařízení, která umožňují vkládání a vyjímání těžkých součástí do stroje. [2]

2.1.3. Podle zdrojů upínací síly

- **Přípravky s ručním upínáním**
- **Přípravky s mechanickým upínáním** (pneumatické, hydraulické, magnetické, elektromechanické, elektromagnetické, případně jejich kombinace). [1]

2.2. Použití přípravků

Použitím přípravku se zlepšuje jakost výrobku a zvyšuje se pracovní výkon. Někdy je použití přípravků pro vykonání určité operace naprosto nezbytné. Vhodně zvolené přípravky mohou umožnit práci dělníka na dvou i více strojích. Jednotlivé přípravky se liší konstrukcí i jejich použitím podle druhu výroby (kusové, sériové nebo hromadné).

Při kusové výrobě se součásti obrábějí i montují za pomoci běžných výrobních zařízení, případně s použitím nezbytných pomůcek pro danou operaci. U kusové výroby je práce na univerzálních stojích zdlouhavá a je potřeba zručných a spolehlivých pracovníků. Tím se zabraňuje zmetkům často velmi drahých obrobků, zvláště v případě, kdy jde o rozměrné nebo složité obrobky. K upínání se používají běžné upínací pomůcky, ustanovení obrobku a upnutí je většinou zdlouhavé, nepohodlné a obtížné. Obrobky je tedy nutno při montáži často dodatečně opravovat (přelícovávat). I přes tyto nevýhody je při kusové výrobě tento pracovní postup hospodárnější, než pořizování speciálních přípravků.

Pro výrobu sériovou je již výhodné navrhnout speciální přípravky. Tyto přípravky zaručují správné a rychlé ustavení součásti bez podstatného vlivu dělníka a často odstraňují i proměňování, čímž dochází k podstatnému zkrácení vedlejších časů. Použitím speciálních přípravků lze součást vyrobit s potřebnou přesností, tím se ušetří dodatečná úprava při montáži. Jednotlivé součásti přípravku jsou vyměnitelné, což umožňuje jejich skladování a tím zrychlení jejich dodávky a výměny.

Při hromadné výrobě se používá speciální výrobní zařízení. Pro každou operaci (popř. několik operací) je použito speciální zařízení zkonstruované právě k výkonu těchto operací. Nebo normálního obráběcího stroje doplněného speciálním zařízením, které umožňuje dosažení maximálního rezného výkonu při nejkratších vedlejších časech.

Při konstrukci jakékoli výrobní pomůcky je hlavní zásadou hospodárnost. Snaha konstruktéra je, aby se dala výrobní pomůcka vyrobit co nejjednodušeji bez složitých odlitek, výkovek a bez zbytečně pečlivého opracování. Zároveň je však důležitá její jednoduchá montáž. Často se používá konstrukce svařovaná, která je levnější než litá, a další výhodou je kratší dodací lhůta. Přípravek, který je určený k výrobě většího počtu stejných kusů, je mnohem dokonalejší a lépe tak splňuje požadavky dokonalé funkce než přípravek pro výrobu malého počtu kusů. [1] [2]

2.3. Zásady konstrukce přípravků

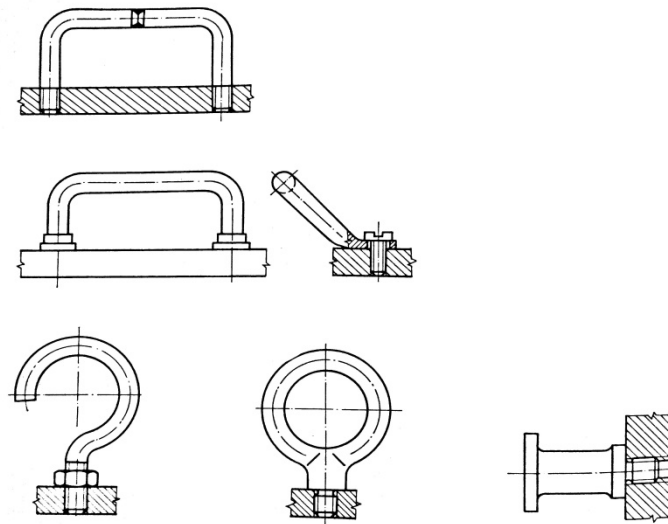
Aby přípravek splnil svůj účel, musí být jednak přesný, ale i hospodárny. To znamená, že úspory dosažené použitím přípravku musí být větší než jeho pořizovací náklady. Velikost úspor závisí jednak na úsporách pro jeden obrobek a také na celkovém počtu obráběných obrobků.

Pokud porovnáme obrobky obráběné na jednom obráběcím stroji za určité časové období, ukáže se, že je lze téměř vždy roztrždit na skupiny. V těchto skupinách jsou si obrobky tak podobné, že se pro jejich výrobu dá navrhnout společný přípravek. U takového přípravku jsou pak pro jednotlivé obrobky některé součásti seřizovatelné nebo výměnné. Hlavní část nebo skupina součástí přípravku bývá však pro celou skupinu společná. [1]

2.3.1. Konstrukční zásady upínacích přípravků

- Před návrhem přípravku se musí přesně stanovit pracovní postup vyráběné součásti. Důležité je, aby se při prvním obrábění vytvořila plocha nebo díra, která budou výchozí pro další operace.
- U menších sérií je vhodné uspořádat operace tak, aby se dal použít jeden upínací přípravek i pro více operací.

- Obráběná plocha musí být co nejbližší upínací ploše obráběcího stroje, tím je zaručena stabilita upínacího přípravku.
- Přípravek musí být tuhý, aby se při působení řezných a upínacích sil nedeformoval.
- Poloha součástí v přípravku musí být zajištěna pevnými dorazy.
- Výslednice pracovních sil by měla působit proti pevným dorazovým plochám.
- Obsluha má být jednoduchá a pohodlná. Ovládací prvky (páky, rukojeti, matice apod.) musí být dobře přístupné a jejich počet co nejmenší. Mezi ovládací prvky se vkládají převody (šrouby, klíny, výstředníky apod.) ke snížení námahy při upínání. Při upínání a uvolňování se nesmí používat kladiva z důvodu možného poškození přípravku. Smysl pohybu příslušných upínacích prvků musí být jednotný, ve směru pohybu hodinových ručiček. Poloha obsluhovacích prvků nesmí překážet při práci nástroji nebo odcházejícím třískám. Upínání a uvolňování musí být provedeno ve velmi krátkém čase.
- Pokud se bude přípravek při práci přemísťovat a snímat ze stroje, nesmí mít větší hmotnost než 20 kg. Přípravky se pro snazší přemísťování opatřují rukojetmi, uchy, oky apod. (obr. 12)



Obr. 12 Prvky pro manipulaci s přípravky [1]

- Musí být zajištěn odtok procesní kapaliny a odpad třísek, zvláště pak dosedací plochy se musí dít snadno očistit od třísek.
- Plochy vystavené opotřebení musí být tvrdé, v některých případech vyměnitelné.
- Přípravky upínané přímo na vřeteno stroje musí být vyvážené, aby nezpůsobovaly chvění vřetena, a tím i nepřesnost výroby a menší trvanlivost stroje. Musí být lehké, aby neztěžovaly moment setrvačnosti vřetena a neztěžovaly rozbíhání a brždění. Toto je důležité především u rychloběžných strojů.
- Veškeré ostré hrany, které mohou přijít do styku s lidskou rukou, musí být zaobleny či zkoseny z důvodu bezpečnosti dělníka.
- Prostor pro vkládání obrobku musí být upraven tak, aby se ruční manipulace prováděla v dostatečné vzdálenosti od nebezpečných částí stroje, nástrojů apod.

- Při konstrukci přípravků je vhodné používat co nejvíce normalizovaných součástí. Je důležitá evidence dosud vyrobených upínacích pomůcek, aby se pro daný případ mohl použít již hotový, případně upravený přípravek.
- Je vhodné řešit přípravky stavebnicově.
- Přípravky jsou konstruovány tak, aby znemožnily obrácené vložení součástí. [1]

2.4. Volba materiálu pro součásti přípravku

Materiál, ze kterého je přípravek vyroben, musí vyhovovat všem požadavkům, které budou na přípravek kladeny. Mezi tyto požadavky patří dostatečná pevnost, přesnost, odolnost proti opotřebení apod.

Shrnutí hledisek, které rozhodují o volbě materiálu:

- Namáhání, opotřebování, tvar a funkce uvažovaného přípravku nebo jeho součástí
- Nejmenší stupeň obrobení přípravku
- Počet kusů vyráběných v přípravku
- Pracovní prostředí, ve kterém se bude přípravek používat
- Požadovaná přesnost přípravku
- Cena, druh skladovaného materiálu a výrobní možnosti nářadovny
- Hmotnost přípravku

Těmito faktory je nutno se řídit při návrhu materiálu pro přípravek. [2]

Jednotlivé příklady použití materiálu pro různé části přípravku jsou uvedeny v tab. 1.

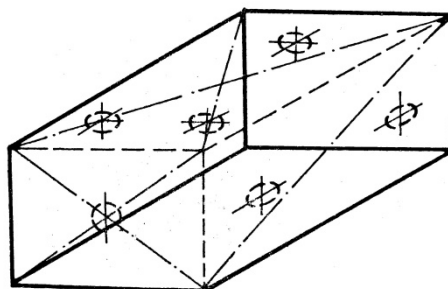
| Součást | Materiál | Poznámka |
|-------------------------------|--------------|---------------------------------------|
| Dorazové šrouby | 12050, 16430 | Dosedací plocha kalena |
| Odlitky ze šedé litiny | | |
| Větší odlitky | 422418 | |
| Drobnější odlitky tenkostěnné | 422424 | |
| Opěrné čepy s hlavou | | |
| Malé do Ø 25mm | 19452 | Kaleno HRC 56 |
| Větší Ø | 12010 | cementováno |
| Otočné podložky | 12020 | Cementováno do hloubky nejméně 0,5 mm |
| Páka výstředníku | 12010 | Cementováno |
| Prizma | 11600 | Dosedací plocha kalena |
| Upínací hroty | 19192, 19191 | Kaleno HRC 62 |
| Klíny | 11600 | Kaleno |
| Vačka | 12010 | Cementováno 0,8 mm |
| Unášecí srdce | 11500 | |
| Upínka normální | 11600 | Dosedací plocha kalena |

| | | |
|--|----------------|---------------------------------------|
| Vrtací pouzdro, vnitřní Ø 6-17 | 19312 | Kaleno |
| Vrtací pouzdro větší | 12010 | Cementováno 0,8 mm a kaleno |
| Výstředník | 12010, 14220 | Cementováno |
| Tvarové čelisti sklíčidla soustruhu, měkká | 11700 | |
| Hřídel výstředníku nebo vačky | 12010 | Cementováno |
| Kontrolní šablona na soustruhu | 11340 | Cementováno |
| Kruhové podložky zesílené | 11425 | Cementováno a kaleno |
| Kulová podložka | 11600 | Kaleno |
| Matice s kulovou plochou a s nákrůžkem | 11600 | Kaleno v oleji |
| Středící čepy | 14220 | Cementováno do hloubky nejméně 0,5 mm |
| Pojišťovací kolík | 11600 | Kaleno |
| Šrouby dorazové a tlačné | 12061 16430 | Dosedací plocha kalena |
| Šrouby se čtyřhrannou hlavou a s čípkem | | Čípek a hlava šroubu kaleny |

Tab. 1 Příklady použití materiálu pro různé části přípravku [2]

2.5. Princip jednoznačného ustavení obrobku

Každé těleso v prostoru má 6 stupňů volnosti. Jedná se o 3 posunutí ve směrech os x , y , z a 3 rotační pohyby kolem těchto os. Aby došlo k jednoznačnému ustavení obrobku v přípravku, musí mít součást 6 podpěrných bodů, které odpovídají 6 stupňům volnosti. Tyto body jsou prakticky nahrazeny speciálními opěrnými prvky. Poloha tělesa ve tvaru kvádrů je tedy určena opřením o 6 bodů. Tyto body jsou rozděleny na jednotlivé stěny v poměru 3:2:1 (obr. 13), což dohromady dává zajištění všech 6 stupňů volnosti. [1]



Obr. 13 Rozložení opěrných bodů na kvádru [1]

Při určování ustavovacích ploch se jako základní plocha volí největší plocha obrobku a směrovou plochu udává nejdelší plocha obrobku.

Pro ustavení tělesa válcového tvaru postupujeme obdobně. Pokud má těleso vymezeno 5 stupňů volnosti, není jeho poloha jednoznačně dána a těleso se může otáčet kolem podélné osy. Tomu lze zabránit použitím např. drážky pro pero a tím zajistit obrobek proti otáčení. [2]

2.6. Opěrné a ustavující prvky

Opěrné prvky rozdělujeme podle použitelnosti:

- opěry pevné
- opěry přestavitelné
- opěry pomocné (samostavitelné)

2.6.1. Opěrné prvky pevné

Slouží k jednoznačnému opření plochy obrobku v přípravku a tím zajišťují jeho přesnou polohu vzhledem k nástroji. Z důvodu jejich odolnosti proti opotřebením se plochy, na které obrobek dosedá, cementují a kalí na tvrdost HRC 58 až 62. Opěrné prvky by měly být co nejmenší a vzdálenost opěrných ploch co největší z důvodu přesného a pevného upnutí. [2]

Opěrné čepy

Patří mezi nejjednodušší pevné opěrky. K opření obrobených ploch se používají opěrné čepy s dosedací plochou rovinnou a k opření hrubých neobrobených ploch jsou určeny čepy s kulovou hlavou. Čepy s kulovou hlavou nejsou vhodné k opírání na obrobené hladké plochy, z důvodu možného omačkání součásti. Opěrné čepy jsou normalizované a do tělesa přípravku se zalisovávají, případně mohou mít čepy závit. [2]



Obr. 14 Opěrné čepy [2.6.1]

Opěrné lišty

Používají se pro velké a těžké obrobky a k zachycení velkých řezných sil. Aby obrobek dosedl na opěrnou lištu rovnoměrně a po celé její ploše, musí být opěrná plocha obrobku obrobená přesně. Opěrné lišty se dělají úzké a krátké pro co nejlepší dosednutí opěrné plochy a mají zkosené hrany. Na těleso přípravku jsou lišty uchyceny pomocí šroubů, kterým se zapouštějí hlavy z důvodu správného dosednutí obrobku na lištu.

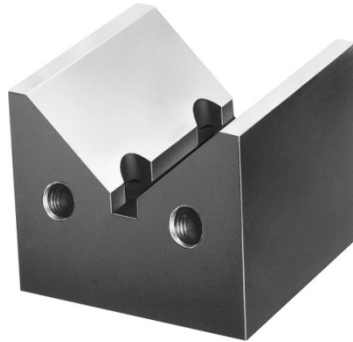
Opěrné lišty mohou mít drážky, v místě děr pro šrouby. To umožňuje zachycení třísky a drobných nečistot v těch to drážkách a tím přesné dosednutí obrobku na lištu. [1]



Obr. 15 Stavitelná opěrná lišta [2.6.2]

Opěry prizmatické

Prizmatické opěry jsou určeny k podepření válcových obrobků. Na rozdíl od opěrných lišt a čepů, které určovaly polohu obrobku jen výškově, určují prizmatické opěry polohu i stranově. Z toho důvodu musíme jejich přesnou polohu k tělesu přípravku, ke kterému se připevňují šrouby, zajistit kolíky. Úhel mezi opěrnými plochami bývá 60° až 120° , nejběžnější úhel je 90° . [1]



Obr. 16 Opěra prizmatická [2.6.3]

Opěrky kuželové

Nejčastěji to bývají opěrné hroty. Obrobky se ustavují mezi hroty při obrábění vnějších rotačních ploch. Hrot se vyrábí buď z legované, nebo nástrojové oceli s velkou přesností a jeho povrch musí být tvrdý z důvodu velkého namáhání a opotřebení otřením. Úhel hrotu je nejčastěji 60° , při větším úhlu roste pevnost, ale zvětšují se osové síly. Při velkých řezných rychlostech se používají otočné hroty. [1]



Obr. 17 Opěrný hrot [2.6.4]

Středící čepy

Slouží k ustavení obrobků, které mají jednu nebo dvě přesné díry. Čepy jsou do tělesa přípravku zalisovány pod mírným tlakem, nebo procházejí a jsou utahovány maticí. Pro snazší nasouvání obrobku je u čepů zkosená, případně zaoblená hrana. [2]



Obr. 18 Středící čepy [2.6.5]

Opěrky válcové

Jsou určeny k uložení obrobku s přesnou dírou. Podle poměru průměru k délce se rozdělují na válcové trny a na středící vložky (nákrůžky). Aby nedocházelo při nasouvání obrobku ke vzpříčení, je tm zakončen naváděcím zakončením. [2]

2.6.2. Opěry přestavitelné

Stavitelné opěry se používají při výrobě malých sérií, kde je výhodné použít jeden přípravek k upnutí více druhů obrobku stejného tvaru, ale s odlišnými rozměry. [2]



Obr. 19 Výkyvná přestavitelná opěrka [2.6.6]

2.6.3. Opěry pomocné (samostavitelné)

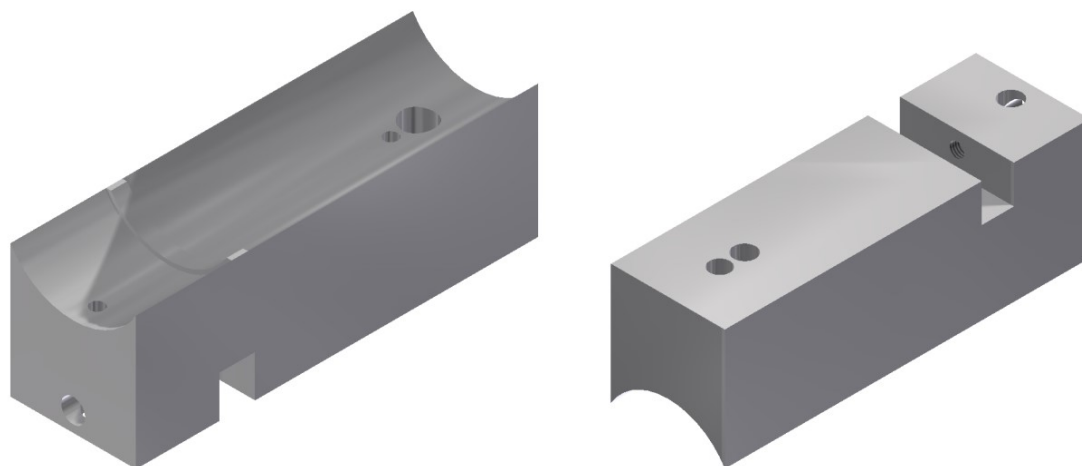
V případě, kdy je obrobek málo tuhý a vzniká nebezpečí deformace vlivem působení rezných sil, používá se kromě opěr pevných také opěr pomocných (samostavitelných). Pomocné opěry musí být pohyblivé, aby se jejich poloha přizpůsobila obrobku, protože poloha obrobku je již prostorově určena pevnými opěrami. [2]

3. Technologičnost konstrukce dané součásti

3.1. Tvar a rozměr

Součást „držák pro trubku“ je obdélníkového tvaru o rozměrech 78 x 250 mm a výšce 82,56 mm. Na spodní straně je příčně vyfrézována drážka o šířce 22H8 a hloubce 26 mm. Dále se na součásti nachází čtyři průchozí otvory s osazením, z nichž jeden prochází horizontálně z boku součásti do vyfrézované drážky a je zakončen závitem M12. Na horní straně je součást vyfrézována ve tvaru půlkruhu o průměru 91 mm, ve vzdálenosti 60 mm od boku součásti se nachází osazení o šířce 10g6 a průměru 86 mm.

Výrobní výkres součásti viz Příloha č. 3



Obr. 20 Model součásti

3.2. Materiál součásti

Součást je navržena z materiálu 12050 (norma ČSN 41 2050). Jedná se o ušlechtilou uhlíkovou ocel vhodnou k zušlechťování a povrchovému kalení. Materiál je velmi dobře obrobitelný a má dobrou tvarovou stabilitu po tepelném zpracování. Má také malou prokalitelnost. Jeho pevnost je 590-710 MPa. Tvrdost ve stavu žíhaném naměkko je max. 200 HB a dosažitelná tvrdost po kalení je 62 HRC.

Ocel 12050 je vhodná především pro tepelně zpracované díly, kde jsou maximálně využity mechanické vlastnosti oceli. Používá se zejména na hřídele těžních strojů, turbokompresorů, karuselů, větší ozubená kola, ojnice, pístnice, písty kompresorů, čepy a šrouby, lůžka páky, držáky, vrtací tyče a frézovací trny. [3]

Chemické složení v %:

| | C | Mn | Si | Cr | Ni | Cu | P | S |
|---------|------|------|------|------|------|------|-------|-------|
| Dle ČSN | 0,42 | 0,50 | 0,17 | max. | max. | max. | max. | max. |
| | 0,50 | 0,80 | 0,37 | 0,25 | 0,30 | 0,30 | 0,040 | 0,040 |

Tab. 2 Chemické složení materiálu 12050 [4]

3.3. Přesnost a jakost povrchu součásti

Drsnost povrchu a rozměrové tolerance předepsané na výkresu součásti jsou dobře dosažitelné použitím běžných obráběcích nástrojů a strojů. Tolerance se u součásti pohybují v řádech desetin, pouze u rozměrů drážek je tolerance H8 u vnitřní a g6 u vnější drážky. Na výkresu je předepsána celková drsnost Ra 3,2 a nejnižší předepsaná drsnost Ra 1,6. Z tohoto důvodu není nutné použití žádné ze speciálních dokončovacích technologií.

3.4. Polotovár

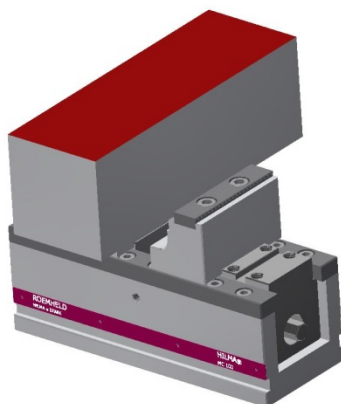
Vzhledem k maximálním rozměrům součásti 82,56 x 78 mm a délce 250 mm je vhodné použít polotovár z tyče čtvercové válcované za tepla dle ČSN EN 100 59: 4HR 90 – 260 – ČSN 42 5520.10 – 12 050.0

| | | |
|-------------------------|---|----------------------|
| Strana čtverce | a | 90 mm |
| Poloměr zaoblení hran | r | ≤ 3,0 mm |
| Plocha průřezu | | 81,0 cm ² |
| Hmotnost | | 63,6 kg/m |
| Mezní úchylka přesnosti | | ±1,0 mm |
| Přímost tyče | q | q ≤ 0,25% z L |
| Zkroucení | | 3°/m, max 15° |
| Kolmost | u | 3,00 mm |

Tab. 3 Vlastnosti materiálu ČSN 42 5520.10 [5]

4. Upínací síla

Velikost upínací síly bude počítána pro frézování čelní plochy. Tato plocha bude frézována čelní válcovou frézou s VBD.



Obr. 21 Frézovaná plocha

4.1. Nástroj

Pro frézování čelní plochy byla zvolena čelní fréza s VBD o průměru 100 mm.

Označení frézy - *IQ845 FSY D100-07-32-R07*

Označení VBD - *IQ845 SYHU 0704ADN-MM*



Obr. 22 Čelní fréza s VBD [4.1.1]



Obr. 23 VBD [4.1.2]

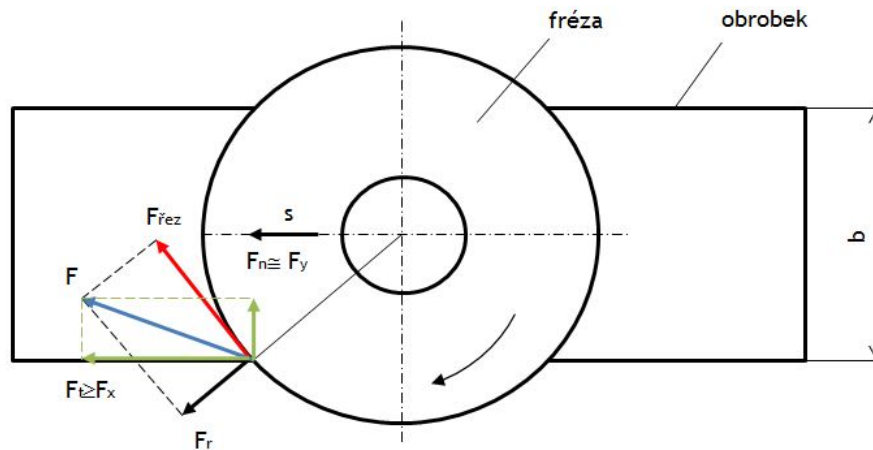
Specifikace nástroje:

| | |
|----------------------|---------------|
| Průměr frézy | 100 mm |
| celková výška | 50 mm |
| úhel κ | 50° |
| počet zubů | 7 |
| upínací průměr | 32 mm |
| | |
| hloubka třísky a_p | max. 4,6 mm |
| posuv na zub f_z | 0,15 -0,30 mm |

Tab. 4 specifikace nástroje [6]

4.2. Výpočet upínací síly [7]

Čelní frézování - velikost a směr upínací síly závisí na velikosti a směru řezné síly. Pro zjištění upínací síly nejdříve musíme zjistit sílu řeznou.



Obr. 24 Řezná síla při čelním frézování [4.2.1]

Řezná síla $F_{\text{řez}}$

$$F_{\text{řez}} = h \cdot b \cdot k_f \cdot p$$

$$k_f = \frac{f_z \cdot n_z}{\pi \cdot D_a}$$

h - hloubka třísky [mm]

b - šířka frézování [mm]

p - řezný odpor [MPa]

k_f - pomocný koeficient [-]

f_z - posuv na zub [mm]

z - počet zubů [-]

n_z - počet zubů v záběru [-]

D_a - průměr frézy [mm]

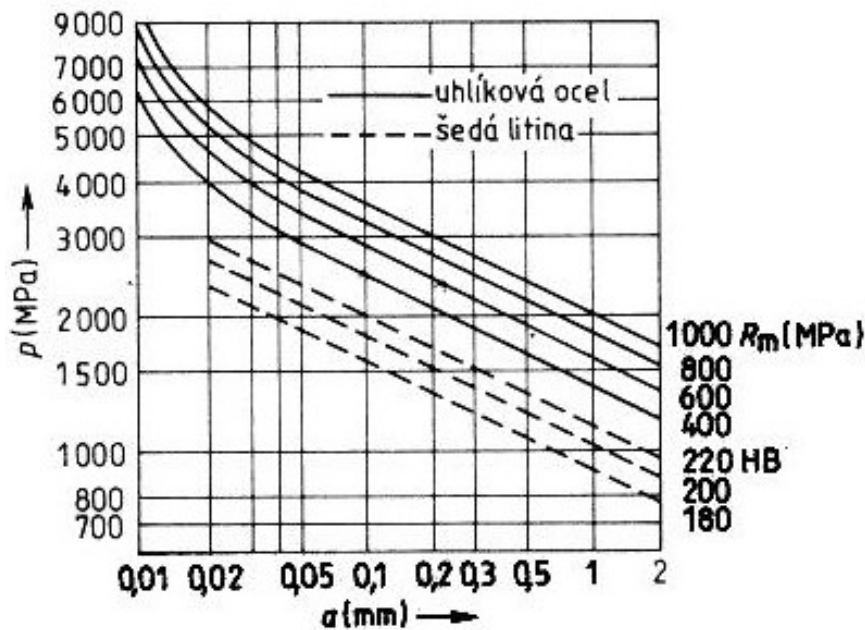
Měrný řezný odpor p :

Závisí na tloušťce třísky a :

$$a = f_z \cdot \sin K = 0,2 \cdot \sin 50^\circ = \underline{0,153} \text{ [mm]}$$

a mezi pevnosti materiálu R_m :

pro zadaný materiál 12 050 je hodnota $R_m = \underline{650}$ MPa



Obr. 25 Graf pro určení měrného řezného odporu [4.2.2]

Pro hodnoty $a = 0,153$ [mm] a $R_m = 650$ [Mpa] vyplývá z grafu hodnota měrného řezného odporu $p = 2800$ [MPa].

Počet zubů v záběru při čelním frézování:

$$\sin \alpha = \frac{\frac{B}{2}}{\frac{D_a}{2}} = \frac{\frac{90}{2}}{\frac{100}{2}} = 0,9 \rightarrow \alpha = 64^{\circ}9'$$

$$\psi = 2 \cdot \alpha = 2 \cdot 64^{\circ}9' = 128^{\circ}18'$$

$$n_z = \frac{\psi}{360^{\circ}} \cdot z = \frac{128^{\circ}18'}{360^{\circ}} \cdot 7 = \underline{2,49} \rightarrow 3$$

Výpočet řezné síly $F_{\text{řez}}$:

$$F_{\text{řez}} = h \cdot b \cdot \frac{f_z \cdot n_z}{\pi \cdot D_a} \cdot p$$

$$F_{\text{řez}} = 2,5 \cdot 90 \cdot \frac{0,2 \cdot 3}{\pi \cdot 100} \cdot 2800$$

$$F_{\text{řez}} = \underline{1203,2} \text{ [N]}$$

Pokud známe řeznou sílu $F_{\text{řez}}$, můžeme vypočítat pomocí empirického vztahu sílu radiální F_r :

$$F_r = 0,35 \cdot F_{\text{řez}}$$

$$F_r = 0,35 \cdot 1203,2$$

$$F_r = \underline{385} \text{ [N]}$$

Výsledná síla F se vypočítá z Pythagorovy věty:

$$F = \sqrt{F_{řez}^2 + F_r^2}$$

$$F = \sqrt{1203,2^2 + 385^2}$$

$$F = \underline{1263,1 [N]}$$

Výslednou sílu F rozložíme do směru posuvu F_n a do směru kolmého F_t .

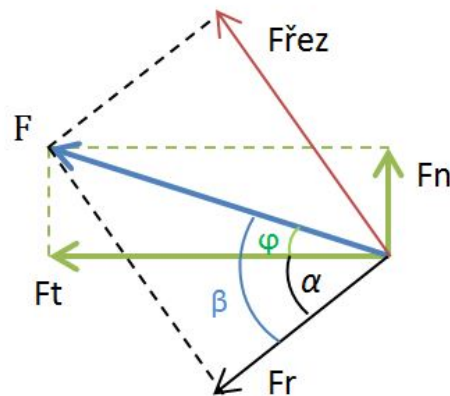
Při upínání musí platit:

$$F_t \geq F_x$$

Pro čelní frézování se neuvažuje vliv bočních opěrných ploch, vliv F_n .

Z fyzikální podmínky pro smykové tření vyplývá:

$$F_t = F_u \cdot f$$



Obr. 26 Složky řezné síly

$$\sin \alpha = \frac{B}{\frac{D_a}{2}} = \frac{90}{\frac{100}{2}} = 0,9 \rightarrow \alpha = 64^\circ 9'$$

$$\sin \beta = \frac{F_{řez}}{F} = \frac{1203,2}{1263,1} = 0,166 \rightarrow \alpha = 72^\circ 17'$$

$$\varphi = \beta - \alpha = \underline{8^\circ 8'}$$

$$\cos \varphi = \frac{F_t}{F} \rightarrow F_t = \cos \varphi \cdot F = \cos 8^\circ 8' \cdot 1263,1 = \underline{1250,4 [N]}$$

Velikost upínací síly:

$$F_u = \frac{F_t}{f}$$

$$F_u = \frac{1250,4}{0,15}$$

$$F_u = \underline{8336 [N]}$$

f - součinitel smykového tření
-pro ocel – ocel: $f = 0,15$

Velikost upínací síly při čelním frézování:

$$F_{us} = F_u \cdot k$$

$$F_{us} = 8336 \cdot 1,5$$

$$F_{us} = \underline{12504 [N]}$$

k - součinitel bezpečnosti $k = 1,5$

Skutečné upínací síly F_{us} se dosáhne upnutím obrobku do svěráku či upínacího přípravku.

Upínací síla se nedá zjistit zcela přesně, neboť $F_{řez}$ se zvyšuje vlivem otupení nástrojů a F_u se snižuje mazáním a chlazením obrobku.

Upínací síla má vždy působit proti opěrným plochám. Řezná síla nikdy nesmí působit proti upínací síle. [7]

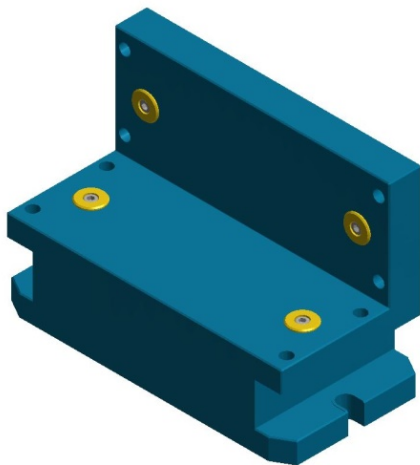
5. Návrh přípravku ve variantách

Přípravek byl navržen ve třech variantách, přičemž upínací síla je vždy vyvozena strojním svěrákem Roemheld Hilma MC 100 (9.3585.1303). Výroba probíhá na tříosém obráběcím centru. Aby bylo možné danou součást obrobít, je nutné ji otáčet o 90°. U varianty 1 toho dosáhneme přestavením svěráku, u variant 2 a 3 je svěrák ustaven v kolébce, kterou je možno sklopit o $\pm 90^\circ$.

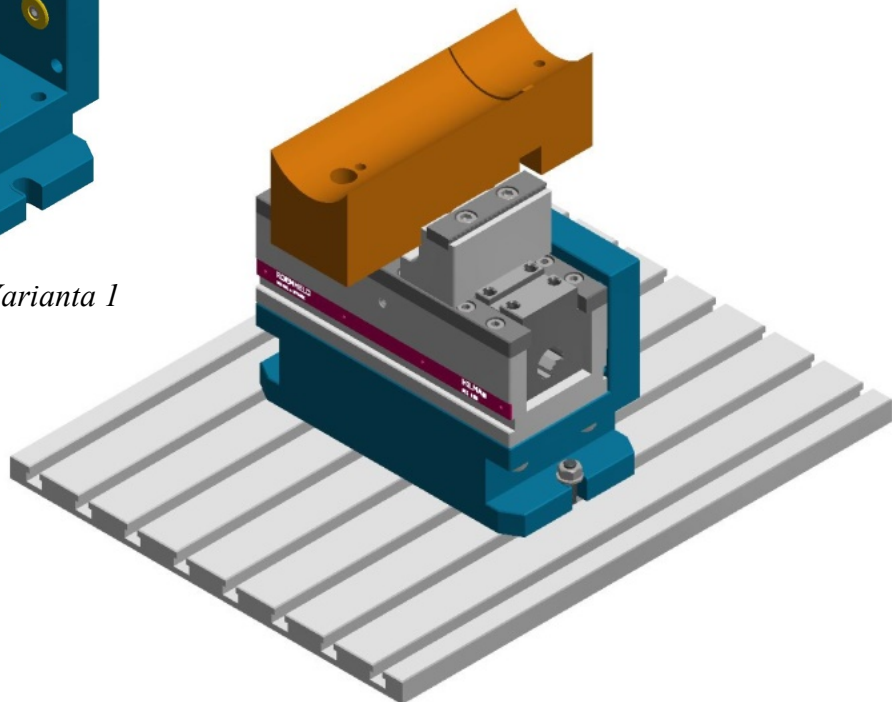
5.1. Varianta 1

Hlavní část přípravku tvoří těleso, na kterém je pomocí čtyř šroubů přišroubovaný svěrák. Na horní a boční ploše tělesa jsou středící čepy, které slouží k ustavení svěráku na těleso. Vzhledem k výrobě na tříosém obráběcím centru je nutné, z důvodu přesného a pevného upnutí součásti, přestavit svěrák. Při prvním upnutí je svěrák vystředěn pomocí dvou středících čepů na horní ploše tělesa a čepy na boční ploše tělesa slouží jako opěrné, pro tělo svěráku. Svěrák je po ustavení přišroubován k tělesu pomocí čtyř šroubů. Po přestavení je svěrák v přípravku otočen o 90° a dosedá spodní plochou na boční plochu tělesa. Čepy na boční ploše tělesa nyní slouží jako středící a čepy na horní ploše jako opěrné. Přípravek je připevněn k základní desce pomocí dvou T-šroubů a matic. Tento postup přestavení svěráku je však časově velmi náročný, to se projeví ve výsledné ceně výrobku. Z toho důvodu je varianta 1 vhodnější pro použití při kusové nebo malosériové výrobě.

CAD Model přípravku – Varianta 1 viz Příloha č. 1



Obr. 27 Přípravek - Varianta 1

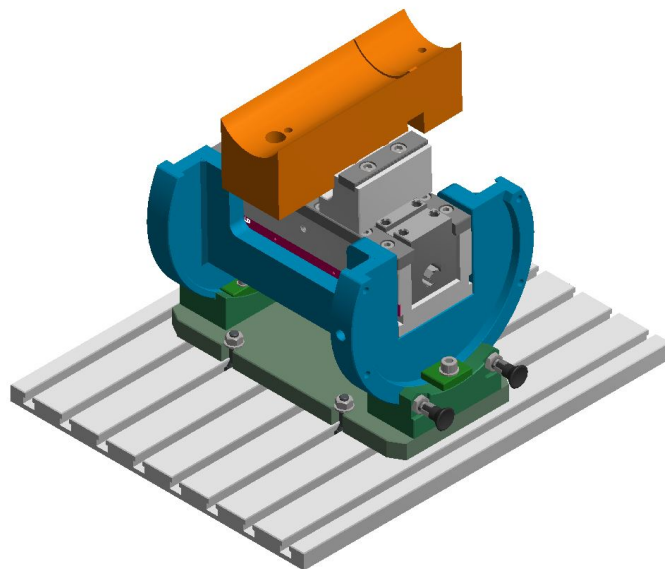


Obr. 28 CAD model přípravku – Varianta 1

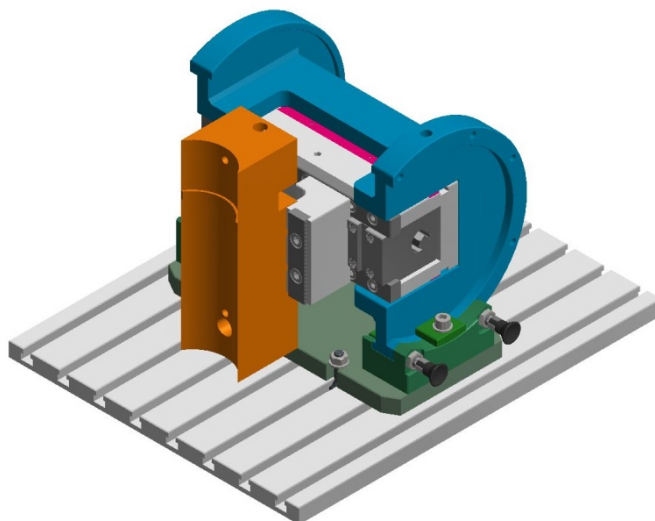
5.2. Varianta 2

U varianty 2 je svěrák přesně ustaven v kolébce, která je uložena v upínací desce. Svěrák s kolébkou se může naklápět o $\pm 90^\circ$. Upínací deska se skládá ze základní desky, na které jsou přišroubována dvě vedení pro kolébkou. Vedení je opatřeno příložkami, které mají funkci jako pojistka proti vypadnutí kolébky z vedení, a upínkami, které slouží k ustavení kolébky v dané poloze. Kolébka je zhotovena jako svařenec a je opatřena středícími čepy, pomocí kterých je zajištěna přesná poloha svěráku v kolébce. Kolébka je svařena ze spodní desky dvou bočnic a z dvou přírub, přičemž na jedné z nich se nachází, na čelní straně, šest otvorů. Tyto otvory slouží k nastavení polohy kolébky o $\pm 90^\circ$ pomocí aretačních čepů. Aretační čepy jsou našroubovány do jednoho z vedení kolébky a určují přesné nastavení kolébky. Takto nastavená kolébka je poté upnuta ve vedení pomocí dvou upínek.

CAD Model přípravku – Varianta 2 viz Příloha č. 1



Obr. 29 CAD model přípravku – Varianta 2

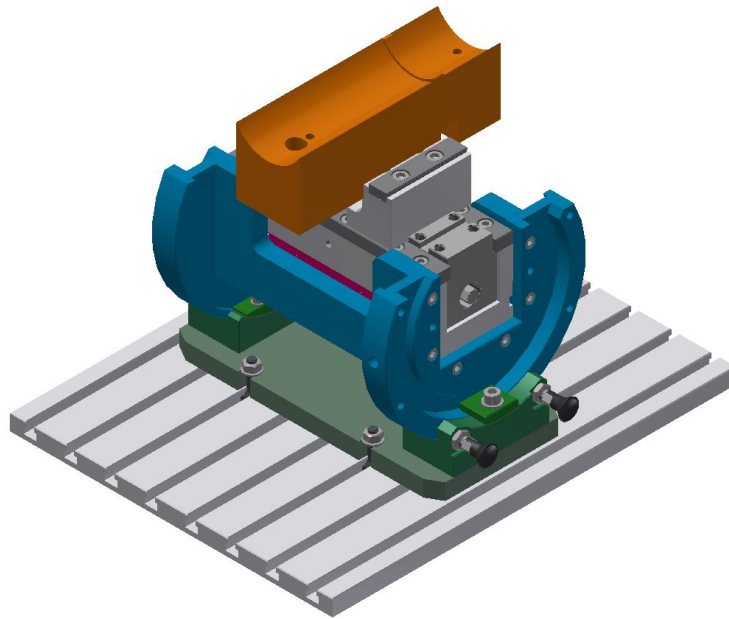


Obr. 30 CAD model přípravku – Varianta 2 naklopená o 90°

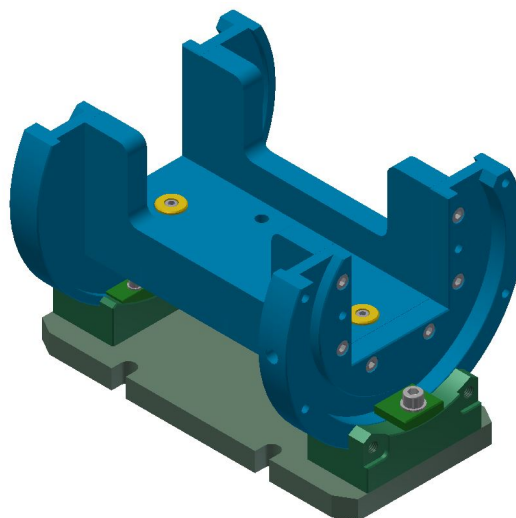
5.3. Varianta 3

Varianta 3 je konstrukčně téměř shodná s variantou 2. Rozdíl je v konstrukci kolébky, která je místo svařované šroubovaná. Ke spodní desce jsou spolu s dvěma aretačními čepy přišroubovány dvě bočnice, každá pomocí tří šroubů. K takto spojeným bočnicím a spodní desce jsou přišroubovány příruby. K zajištění přesné polohy, při sestavování jednotlivých dílů jsou použity kolíky. Na jedné z přírub se nachází šest otvorů, stejně jako u svařované kolébky, které slouží k nastavení polohy. Na obvodu příruby jsou také vyvrtány dva otvory o průměru 12 mm, otvory jsou umístěny proti sobě. Tyto otvory slouží k snadnější manipulaci s kolébkou při naklápění, kdy se do jednoho z otvorů zasune tyč (případně tyč s rukojetí speciálně upravená pro tento přípravek), která usnadní naklopení do dané polohy.

CAD Model přípravku – Varianta 3 viz Příloha č. 1



Obr. 31 CAD model přípravku - Varianta 3



Obr. 32 Pohled na kolébku ustaveno ve vedení

6. Technickoekonomické hodnocení variant

Ekonomicky nejvýhodnější varianta na výrobu je varianta 1, která se skládá z minima dílů. Vzhledem k obrábění na tříosém obráběcím centru je nutnost přeupínat obrobek a z důvodu jistého a pevného upnutí i přestavit svěrák. Přeupínání součásti i svěráku značně prodlužuje dobu výroby dané součásti a tím i zvyšuje náklady na výrobu.

U varianty 2 a 3 odpadá nutnost přestavovat svěrák a součást je do svislé polohy natočena pomocí kolébky a přesně ustavena pomocí aretačních čepů a upnutím kolébky upínkami. U varianty 2 je kolébka svařovaná. Nevýhodou u svařování je, že při něm dochází následkem nerovnoměrného ohřevu k vnitřnímu pnutí a deformacím. Z toho důvodu je nutné tepelné zpracování před i po svařování. To zvyšuje cenu přípravku. Dalším faktorem, který navyšuje cenu, je nutnost obrábění po svaření, které je navíc v případě kolébky velmi náročné. U varianty 3 je kolíbka šroubovaná, což snižuje cenu přípravku. Vzhledem k tomu, že u obou variant je součást upnuta a obráběna stejně, náklady na její výrobu jsou tedy u varianty 2 i 3 shodné. Ekonomicky výhodnější z variant 2 a 3 je tedy varianta 3 se šroubovanou kolébkou, která je levnější.

Ekonomickou výhodnost tedy stanovíme mezi variantou 1 a variantou 3.

6.1. Cena výroby součásti

Doba potřebná pro výrobu součásti za použití varianty 1 byla hrubým výpočtem stanovena na 38 minut. Při výrobě součásti v dávce 14 kusů za směnu je výhodné přestavovat svěrák pouze jednou za směnu. Tím se sníží čas výroby součásti na 33 minut.

Při použití varianty 2 odpadá nutnost přestavovat svěrák a také jedno přeupnutí součásti, z toho důvodu se sníží čas výroby o 5 minut na 28 minut.

| | |
|--|-------------------|
| Čas výroby 1 ks součásti pro variantu 1 | 33 min |
| Čas výroby 1 ks součásti pro variantu 3 | 28 min |
| Hodinová sazba stroje | 900 Kč/hod |
| Cena výroby 1 ks součásti pro variantu 1 | 495 Kč |
| Cena výroby 1 ks součásti pro variantu 3 | 420 Kč |

Tab. 5 Výpočet průměrných variabilních nákladů na 1 kus

Úspora na jeden kus při použití varianty 3 oproti variantě 1 je **75 Kč**. Celková úspora při zadaném objemu výroby 5000 ks při použití varianty 3 činí **375 000 Kč**.

6.2. Výpočet ekonomické výhodnosti

Vychází ze znalosti fixních a variabilních nákladů.

Celkové náklady spojené s danou variantou:

$$CN = FN + VN = FN + PVN \cdot q [8]$$

CN-celkové náklady

FN-fixní náklady

VN-variabilní náklady

PVN-průměrné variabilní náklady

q-výrobní množství

Fixní složka – nezávisí na vyráběném množství – vyplývá ze zvolené technologie

Variabilní složka – roste s rostoucím vyráběným množstvím – na jeden kus konstantní

Určujeme *pásmo ekonomické výhodnosti*, objemy výroby, při nichž daná varianta vykazuje nižší celkové náklady. Mezní počty vyráběných kusů určují tzv. *nákladové body zvratu*. [8]

Výpočet nákladového bodu zvratu pro dvě varianty (varianta 1 a varianta 3):

| | |
|---|------------|
| Objem výroby | 5000 ks |
| Fixní náklady na variantu 1 | 101 508 Kč |
| Fixní náklady na variantu 3 | 119 926 Kč |
| Průměrné variabilní náklady na variantu 1 | 495 Kč |
| Průměrné variabilní náklady na variantu 3 | 420 Kč |

Tab. 6 Parametry pro výpočet nákladového bodu zvratu

$$CN_1 = FN_1 + PVN_1 \cdot q$$

$$CN_3 = FN_3 + PVN_3 \cdot q$$

$$CN_1 = CN_3$$

$$FN_1 + PVN_1 \cdot q = FN_3 + PVN_3 \cdot q$$

$$q = \frac{FN_3 - FN_1}{PVN_1 - PVN_3}$$

$$q = \frac{119\,926 - 101\,508}{495 - 420}$$

$$q = 1\,464 \text{ Ks}$$

Nákladový bod zvratu ukazuje, že při objemu výroby do 1 464 Ks je ekonomicky vhodnější zvolit variantu 1. Pro zadanou produkci 5000 ks je tedy z ekonomického hlediska výhodnější zvolit variantu 3 - naklápečí přípravek se šroubovanou kolíbkou.

V následujících tabulkách (tab. 7 a tab. 8) je naznačen hrubý výpočet fixních nákladů pro variantu 1 a 3. V tab. 9 je pak příklad výpočtu výrobních nákladů na spodní desku u varianty 3. Tímto způsobem byla stanovena cena jednotlivých součástí a z nich i cena jednotlivých přípravků.

6.3. Kalkulace přípravku – Varianta 1

Příklad hrubého výpočtu výrobních nákladů přípravku – varianta 1:

| Vlastní náklady: | | <i>jednotková cena:</i> | <i>počet:</i> | <i>čas (MIN)</i> | <i>celková cena:</i> |
|----------------------------|---------------------|-------------------------|---------------|------------------|----------------------|
| SOUČÁSTI: | těleso | 4 491,67 Kč | 1 | | 4 491,67 Kč |
| | středící čep | 763,50 Kč | 4 | | 3 054,00 Kč |
| | | | | | - |
| <i>Součásti celkem:</i> | | | | | 7 545,67 Kč |
| Nakupované díly: | šrouby M6 - M10 | 5,00 Kč | 4 | | 20,00 Kč |
| | podložky | 1,00 Kč | 2 | | 2,00 Kč |
| | matice | 5,00 Kč | 2 | | 10,00 Kč |
| | šrouby T drážka | 50,00 Kč | 2 | | 100,00 Kč |
| | šrouby svěrák | 5,00 Kč | 4 | | 20,00 Kč |
| | svěrák HILMA MC 100 | 92 750,00 Kč | 1 | | 92 750,00 Kč |
| | | | | | - |
| <i>Nakup. díly celkem:</i> | | | | | 92 902,00 Kč |
| Ostatní náklady: | | <i>hodinová sazba:</i> | <i>počet:</i> | <i>čas (MIN)</i> | <i>celková cena:</i> |
| Ostatní: | Montáž | 500,00 Kč | | 30 | 250,00 Kč |
| | | | | | - |
| <i>Ostatní celkem:</i> | | | | | 250,00 Kč |
| Kontrola: | 2D měření | 500,00 Kč | | | - |
| | 3D měření | 810,00 Kč | | 60 | 810,00 Kč |
| <i>Kontrola celkem:</i> | | | | | 810,00 Kč |
| Součást celkem: | | | | | 101 507,67 Kč |

Tab. 7 Výrobní náklady přípravku – Varianta 1

6.4. Kalkulace přípravku – Varianta 3

Příklad hrubého výpočtu výrobních nákladů přípravku – varianta 3:

| Vlastní náklady: | | <i>jednotková cena</i> | <i>počet:</i> | <i>čas (MIN)</i> | <i>celková cena:</i> |
|----------------------------|---------------------|------------------------|---------------|------------------|----------------------|
| SOUČÁSTI: | základní deska | 1 480,00 Kč | 1 | | 1 480,00 Kč |
| | spodní deska | 1 832,50 Kč | 1 | | 1 832,50 Kč |
| | bočnice | 1 330,00 Kč | 2 | | 2 660,00 Kč |
| | příruba 1 | 3 658,33 Kč | 1 | | 3 658,33 Kč |
| | příruba 2 | 2 773,33 Kč | 1 | | 2 773,33 Kč |
| | vedení 1 | 2 840,83 Kč | 1 | | 2 840,83 Kč |
| | vedení 2 | 2 248,33 Kč | 1 | | 2 248,33 Kč |
| | příložka | 580,50 Kč | 2 | | 1 161,00 Kč |
| | upínka | 597,50 Kč | 2 | | 1 195,00 Kč |
| | středící čep | 763,50 Kč | 2 | | 1 527,00 Kč |
| | | | | | - |
| <i>Součásti celkem:</i> | | | | | 21 376,33 Kč |
| Nakupované díly: | šrouby M6 - M10 | 5,00 Kč | 40 | | 200,00 Kč |
| | kolíky | 5,00 Kč | 12 | | 60,00 Kč |
| | podložky | 1,00 Kč | 10 | | 10,00 Kč |
| | matice | 5,00 Kč | 4 | | 20,00 Kč |
| | šrouby T drážka | 50,00 Kč | 4 | | 200,00 Kč |
| | aretační čep | 500,00 Kč | 2 | | 1 000,00 Kč |
| | svěrák HILMA MC 100 | 92 750,00 Kč | 1 | | 92 750,00 Kč |
| | | | | | - |
| <i>Nakup. díly celkem:</i> | | | | | 94 240,00 Kč |
| Ostatní náklady: | | <i>hodinová sazba:</i> | <i>počet:</i> | <i>čas (MIN)</i> | <i>celková cena:</i> |
| Ostatní: | Frézování sestavy | 1 250,00 Kč | | 120 | 2 500,00 Kč |
| | Montáž | 500,00 Kč | | 120 | 1 000,00 Kč |
| | | | | | - |
| <i>Ostatní celkem:</i> | | | | | 3 500,00 Kč |
| Kontrola: | 2D měření | 500,00 Kč | | | - |
| | 3D měření | 810,00 Kč | | 60 | 810,00 Kč |
| | | | | | - |
| <i>Kontrola celkem:</i> | | | | | 810,00 Kč |
| Součást celkem: | | | | | 119 926,33 Kč |

Tab. 8 Výrobní náklady Přípravku – Varianta 3

6.5. Kalkulace součásti – Spodní deska

Příklad hrubého výpočtu výrobních nákladů na součást spodní deska u varianty3:

| Polotovary | | jednotková cena: | počet: | hmotnost (kg) | celková cena: |
|----------------------------------|-------------------|------------------|------------------|---------------|--------------------|
| plech 22x150x250 | | 20,00 Kč | 1 | 7 | 140,00 Kč |
| | | | | | - |
| Polotovary celkem: | | | | | 140,00 Kč |
| Práce v kooperaci: | | Zhotovitel | jednotková cena: | počet: | celková cena: |
| Kalení | | | | | - |
| Řezání laserem | | Šlechta | 150,00 Kč | 1 | 150,00 Kč |
| Práce v kooperaci celkem: | | | | | 150,00 Kč |
| Vlastní náklady: | | hodinová sazba | počet: | čas (MIN) | celková cena: |
| Konstrukce: | Příprava, analýza | 810,00 Kč | | | - |
| | CAD konstrukce | 810,00 Kč | | | - |
| | CAM programování | 810,00 Kč | 1 | 45 | 607,50 Kč |
| | | | | | - |
| <i>Konstrukce celkem:</i> | | | | | 607,50 Kč |
| Nástrojárna: | upnutí | 900,00 Kč | 4 | 1 | 60,00 Kč |
| | frézování ploch | 900,00 Kč | 2 | 2 | 60,00 Kč |
| | frézování boků | 900,00 Kč | 4 | 2 | 120,00 Kč |
| | vrtání M8 | 900,00 Kč | 4 | 1 | 60,00 Kč |
| | závit M8 | 900,00 Kč | 4 | 1 | 60,00 Kč |
| | vrtání PR 9 | 900,00 Kč | 6 | 1 | 90,00 Kč |
| | zhloubení PR 13 | 900,00 Kč | 6 | 1 | 90,00 Kč |
| | vrtání PR 8 | 900,00 Kč | 4 | 1 | 60,00 Kč |
| | vystružení PR 8 | 900,00 Kč | 4 | 1 | 60,00 Kč |
| | vrtání M6 | 900,00 Kč | 2 | 1 | 30,00 Kč |
| | závit M6 | 900,00 Kč | 2 | 1 | 30,00 Kč |
| | vrtání PR25 | 900,00 Kč | 2 | 2 | 60,00 Kč |
| | Vystružení PR25 | 900,00 Kč | 2 | 1 | 30,00 Kč |
| | odjehlení | 500,00 Kč | 1 | 5 | 41,67 Kč |
| | | | | | - |
| <i>Nástrojárna celkem:</i> | | | | | 851,67 Kč |
| Kontrola: | 2D měření | 500,00 Kč | 1 | 10 | 83,33 Kč |
| | 3D měření | 810,00 Kč | | | - |
| <i>Kontrola celkem:</i> | | | | | 83,33 Kč |
| Nástrojárna celkem: | | | | | 1 542,50 Kč |
| Součást celkem: | | | | | 1 832,50 Kč |

Tab. 9 Výrobní náklady na součást Spodní deska

7. Normalizované díly

7.1. Strojní svěrák Roemheld Hilma MC 100 (9.3585.1303)

Jde o mechanický soustředný svěrák, který je shodný pro všechna navržené varianty. Svěrák je v přípravku vystředěn pomocí dvou středících čepů a uchycen pomocí čtyř šroubů.

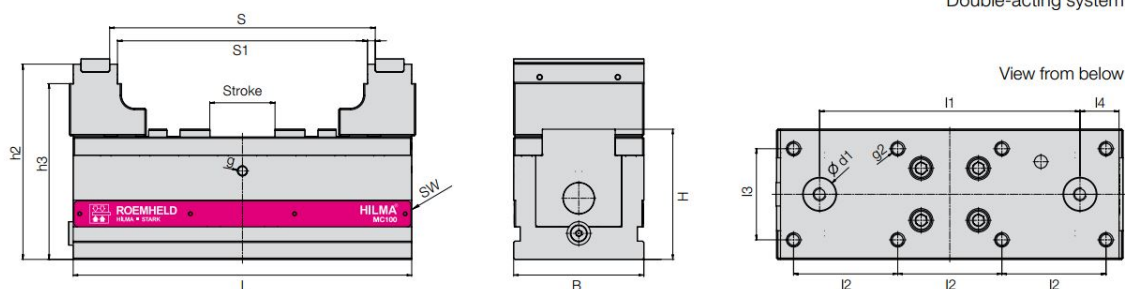


Obr. 33 svěrák Roemheld Hilma MC 100 [7.1.1]

Series MC 100

Concentric (Figure 9.3585.1303 with clamping jaw 9.3585.6910)

Hydraulic ports:
2 x G $\frac{1}{4}$ at the side
2 x plug-type connector \varnothing 10 from below
Double-acting system



| Type | Part no. without jaws | Part no. with jaws | Clamping force [kN] | Operation | Jaw opening S max. [mm] | S1 [mm] | Stroke [mm] | Weight without jaws [kg] |
|-------------------|-----------------------|--------------------|---------------------|------------|-------------------------|---------|-------------|--------------------------|
| MC 100 | | | | | | | | |
| Concentric | 9.3585.0303 | 9.3585.1303 | 25/80 Nm | mechanical | 15 – 204 | 6–192 | 50 | 18 |
| Concentric | 9.3585.0413 | 9.3585.1413 | 20/200 bar | hydraulic | 15 – 204 | 6–192 | 50 | 18 |

| L [mm] | B [mm] | H [mm] | d1 | g on both sides | g2 | h2 [mm] | h3 [mm] | I1 [mm] | I2 [mm] | I3 [mm] | I4 [mm] | SW |
|--------|--------|--------|-----------------|-----------------|--------|---------|---------|---------|---------|---------|---------|----|
| 260 | 100 | 100** | 25+0.01 /M10x14 | M8x11 | M10x14 | 150** | 135** | 200** | 80 | 70 | 30 | 14 |
| 291 | 100 | 100** | 25+0.01 /M10x14 | M8x11 | M10x14 | 150** | 135** | 200** | 80 | 70 | | |

Tolerances: * ± 0.01 mm ** ± 0.02 mm

Tab. 10 Specifikace Svěráku MC 100 [9]

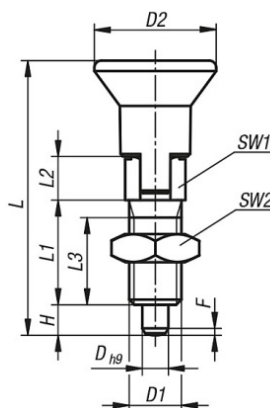
7.2. Aretační čep (K0747.14105080)

Jedná se o aretační čep s aretační drážkou a s protimaticí. Čepy jsou použity u varianty 2 a 3. Slouží k zajištění kolébky v dané poloze. Následné upnutí se poté provede pomocí dvou upínek.



Obr. 34 Aretační čepy K0747 [7.2.1]

Provedení D
s aretační drážkou,
s protimaticí



Obr. 35 Rozměry čepu provedení D [7.2.2]

| Objednací číslo | Provedení | Provedení | D | D1 | D2 | L | L1 | L2 | L3 | H | SW1 | F x 30° | Síla pružiny začátek F1 cca N | Síla pružiny konec F2 cca N | Utahovací moment max. Nm |
|-----------------|-----------|--|---|----|----|----|----|----|----|---|-----|---------|-------------------------------|-----------------------------|--------------------------|
| K0747.14105080 | D | Nerezová ocel, aretační kolík nekalený | 5 | M8 | 14 | 40 | 17 | 7 | 15 | 5 | 8 | 13 | 1,3 | 6 | 12 |

Tab. 11 Specifikace aretačního čepu [10]

8. Závěr

Úvodní část bakalářské práce je věnována přípravkům. Nejprve je popsána definice přípravků poté následuje jejich základní rozdělení z hlediska použitelnosti, jejich určení a zdrojů upínací síly. Dále je popsáno použití přípravků a zásady při jejich konstrukci. Poslední část věnovaná přípravkům popisuje opěrné a ustavující prvky a dále je rozděluje na opěrky pevné, přestavitelné a pomocné (samostavitelné).

Následující kapitola je zaměřena na technologičnost konstrukce zadané součásti. V ní je postupně popsán tvar a rozměr součásti. Materiál, ze kterého je vyrobena, přesnost a jakost povrchu a na konec je zvolen vhodný polotovár pro výrobu součásti.

V další části práce je proveden výpočet potřebné upínací síly při frézování horní plochy součásti. Poté je popsán návrh přípravku ve třech variantách s řešením otáčení součásti, tak aby ji bylo možné vyrobit.

Poslední část práce se věnuje technickoekonomickému zhodnocení, ve kterém jsou popsány výhody a nevýhody použití jednotlivých variant. Je zde stanovena ekonomická výhodnost mezi variantou 1 a variantou 2 a proveden hrubý výpočet nákladů na jednotlivé varianty. Poslední fází je popis normalizovaných dílů použitých při návrhu přípravku.

9. Použitá literatura

- [1] B. CHVÁLA a J. VOTAVA, *Přípravky*. 1. vyd., Praha: SNTL, 1988.
- [2] J. CHLADIL, *Přípravky a nástroje: Část obrábění*. 3. vyd., Brno: VUT, 1992. ISBN 80-214-0208-6.
- [3] preciz.cz, [Online]. Dostupné z: <http://www.preciz.cz/sluzby-hlavni/material-normal/1.1191>.
- [4] ust.fme.vutbr.cz, [Online]. Dostupné z: http://ust.fme.vutbr.cz/tvareni/databaze_modelu_soubory/ocel_12050.3.pdf.
- [5] ferona.cz, [Online]. Dostupné z: <http://www.ferona.cz/cze/katalog/detail.php?id=26693>.
- [6] iscar.com, [Online]. Dostupné z: <https://www.iscar.com/eCatalog/item.aspx?cat=3106528&fnum=3325&mapp=ML&app=61&GFSTYP=M>.
- [7] isste.cz, [Online]. Dostupné z: www.isste.cz/digit/files_dum/VY_32_INOVACE_10_3_15.docx.
- [8] IE, *Přednášky KPV z předmětu IE, ZČU Plzeň*, 2013, Učební texty vysokých škol.
- [9] roemheld-gruppe.de, [Online]. Dostupné z: https://www.roemheldgruppe.de/fileadmin/user_upload/produkte/Werkstueck-Spannsysteme/PDFs/WS53580_en_0714.pdf.
- [10] kipp.cz, [Online]. Dostupné z: http://www.kipp.cz/xs_db/DOKUMENT_DB/www/KIPP_DE_CH_PL/BEDIENTEILE/DataSheet/cz/K07/K0747_Datasheet_16769--cs.pdf.
- [11] O. ZMEČÍK, „Nástroje a přípravky pro obrábění,“ [Online]. Dostupné z: http://www.fsiforum.cz/upload/soubory/databaze-predmetu/FPN/FPN_skripta_Zemcik.pdf.

Obrázky:

- [2.1.1] *Strojní svěrák přímý* [online]. [cit. 2015-11-17]. Dostupné z: http://www.proexport.cz/katalog/sveraky/sveraky-pod-vrtacku/100-dpv_100x100-sverak-pod-vrtacku/
- [2.1.2] *Otočný a naklápečí svěrák* [online]. [cit. 2015-11-17]. Dostupné z: <http://www.fotostativ.cz/getmedia/b7c48f92-00c1-4dc3-8e83-42eb95032fd6/detail.aspx/?width=800>
- [2.1.3] *Samostředící svěrák s prizmatickými čelistmi* [online]. [cit. 2015-11-17]. Dostupné z: <http://www.bos-teplice.cz/eshop/detail/453>
- [2.1.4] *Výstředníkový svěrák* [online]. [cit. 2015-11-17]. Dostupné z: <http://www.ynaradi.cz/sverak-rychloupinaci-s-pevnou-celisti-80-x-80-m-ind4450170k/d-85066/>
- [2.1.5] *Pneumatický svěrák* [online]. [cit. 2015-11-18]. Dostupné z: <http://shop.boukal.cz/upinaci-naradi/pneumaticky-strojni-sverak-bernardo-pqv-130-v/>
- [2.1.6] *Licní deska* [online]. [cit. 2015-11-21]. Dostupné z: <http://www.zjp.cz/licni-deska-4315/p1111>
- [2.1.7] *Univerzální sklíčidlo* [online]. [cit. 2015-11-21]. Dostupné z: <http://www.eshopnarexcon.cz/x45883/vyprodej-quantum-3440716-univerzalni-sklicidlo-3celisti-d160mm>

- [2.1.8] *Upínací úhelníky* [online]. [cit. 2015-12-01]. Dostupné z:
http://profinastroje.cz/45315-thickbox_default/presne-upinaci-uhelniky-10x8x6-open-end-angle-plate-oxd3701360k.jpg
- [2.1.9] *Naklápečí upínací stůl* [online]. [cit. 2015-12-01]. Dostupné z:
<http://www.markagro.cz/produkt/naklapeci-stul-frezarsky-suz127-178-dm346>
- [2.1.10] *Stavebnicový přípravek* [online]. [cit. 2015-12-01]. Dostupné z:
<http://www.renishaw.cz/cs/upinaci-pripravky--20748>
- [2.1.11] *Svařovací přípravek* [online]. [cit. 2015-12-01]. Dostupné z:
http://www.deaco.cz/editor/image/stranky3_galerie/tn_zoom_filename_312.jpg?045812
- [2.6.1] *Opěrné čepy* [online]. [cit. 2016-02-03]. Dostupné z:
http://www.norelem.de/xs_db/BILD_DB/0/www/750/02010.jpg
- [2.6.2] *Stavitelná opěrná lišta* [online]. [cit. 2016-02-03]. Dostupné z:
http://www.kipp.cz/xs_db/BILD_DB/0/www/750/04512.jpg
- [2.6.3] *Opěra prizmatická* [online]. [cit. 2016-02-03]. Dostupné z:
http://www.kipp.cz/xs_db/BILD_DB/4/www/750/42520-60012063_BS.jpg
- [2.6.4] *Opěrný hrot* [online]. [cit. 2016-02-03]. Dostupné z:
<http://www.mmspektrum.com/clanek/zarizeni-pro-upinani-mezi-hroty.html>
- [2.6.5] *Středící čepy* [online]. [cit. 2016-02-03]. Dostupné z:
http://www.kipp.cz/xs_db/BILD_DB/0/www/750/03120.jpg
- [2.6.6] *Výkyvná přestavitelná opěrka* [online]. [cit. 2016-02-04]. Dostupné z:
http://www.kipp.cz/xs_db/BILD_DB/0/www/750/02005.jpg
- [4.1.1] *Čelní fréza s VBD* [online]. [cit. 2016-04-14]. Dostupné z:
<https://www.iscar.com/ecatalog/Ecat/datafile/PICTURE/3325.gif>
- [4.1.2] *VBD* [online]. [cit. 2016-04-14]. Dostupné z:
<https://www.iscar.com/ecatalog/Ecat/datafile/PICTURE/3327.gif>
- [4.2.1] *Řezná síla při čelním frézování* [online]. [cit. 2016-04-14]. Dostupné z:
www.isste.cz/digit/files_dum/VY_32_INOVACE_10_3_15.docx
- [4.2.2] *Graf pro určení měrného řezného odporu* [online]. [cit. 2016-04-15]. Dostupné z:
<http://coptel.coptkm.cz/?action=2&doc=32840&docGroup=4931&cmd=0&instance=2>
- [7.1.1] *svěrák Roemheld Hilma MC 100* [online]. [cit. 2016-05-09]. Dostupné z:
http://www.roemheld-gruppe.de/shop/media/catalog/category/53580_MC_Z.gif
- [7.2.1] *Aretační čepy K0747* [online]. [cit. 2016-05-09]. Dostupné z:
http://www.kipp.cz/xs_db/BILD_DB/K/www/750/K0747.jpg
- [7.2.2] *Rozměry čepu provedení D* [online]. [cit. 2016-05-09]. Dostupné z:
http://www.kipp.cz/xs_db/BILD_DB/Z/ZK0/ZK07/layers/www/750/ZK0747-nn--cz_D.jpg

10. Přílohy

Příloha č. 1: CAD modely jednotlivých variant přípravku

Příloha č. 2: Výrobní postup příruby

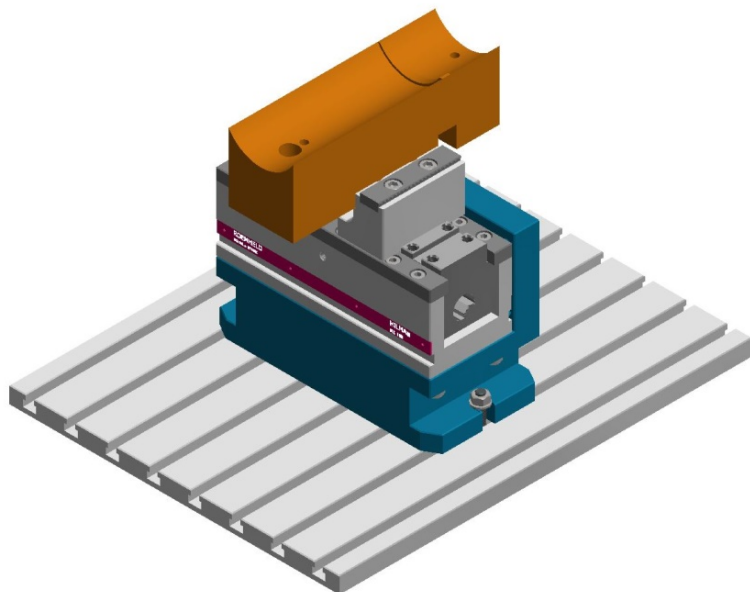
Příloha č. 3: Výrobní výkres součásti

Příloha č. 4: Výkresová dokumentace přípravku – Varianta 3

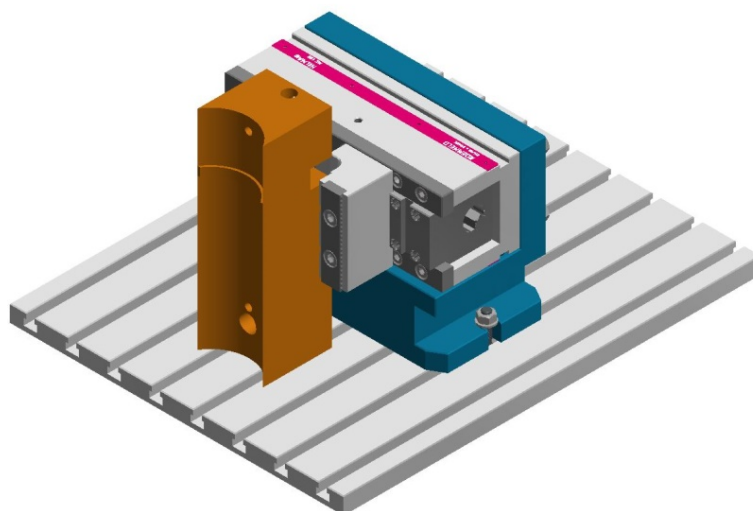
PŘÍLOHA č. 1

CAD modely jednotlivých variant přípravku

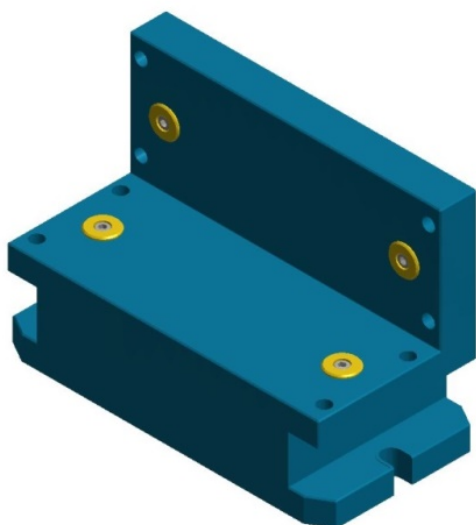
Varianta 1



Obr. P 1 Varianta 1 – 1. Upnutí svěráku

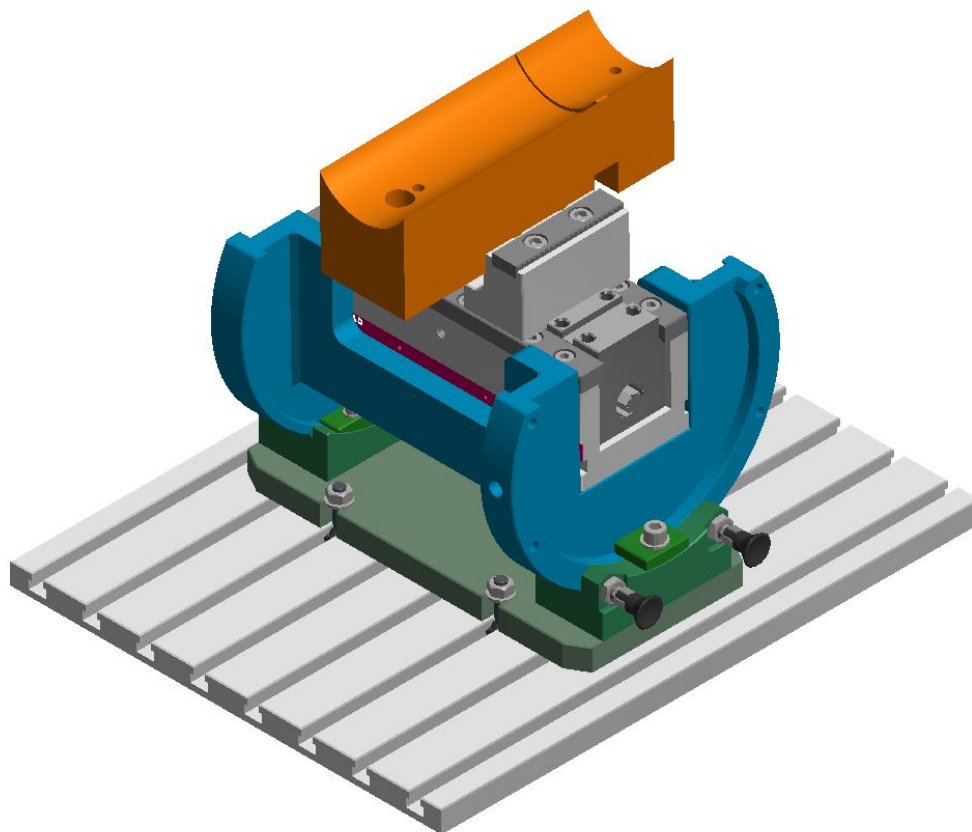


Obr. P 2 Varianta 1 - 2. upnutí svěráku

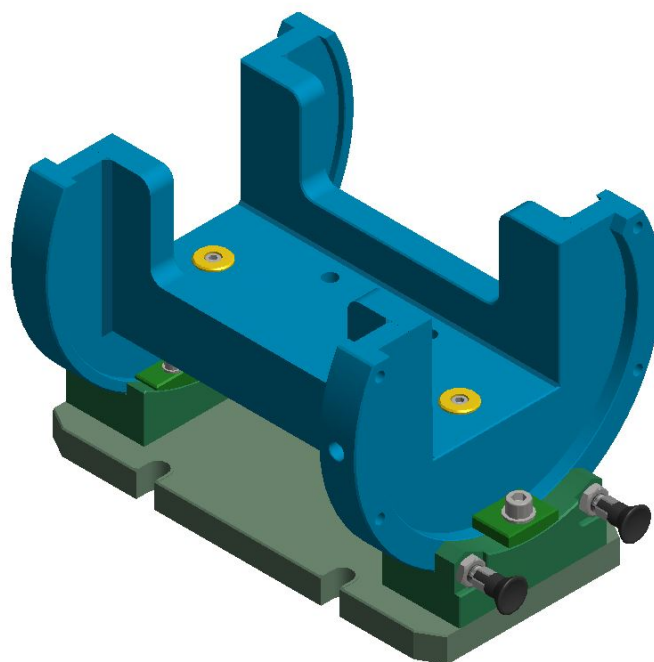


Obr. P 3 Varianta 1 - Přípravek

Varianta 2

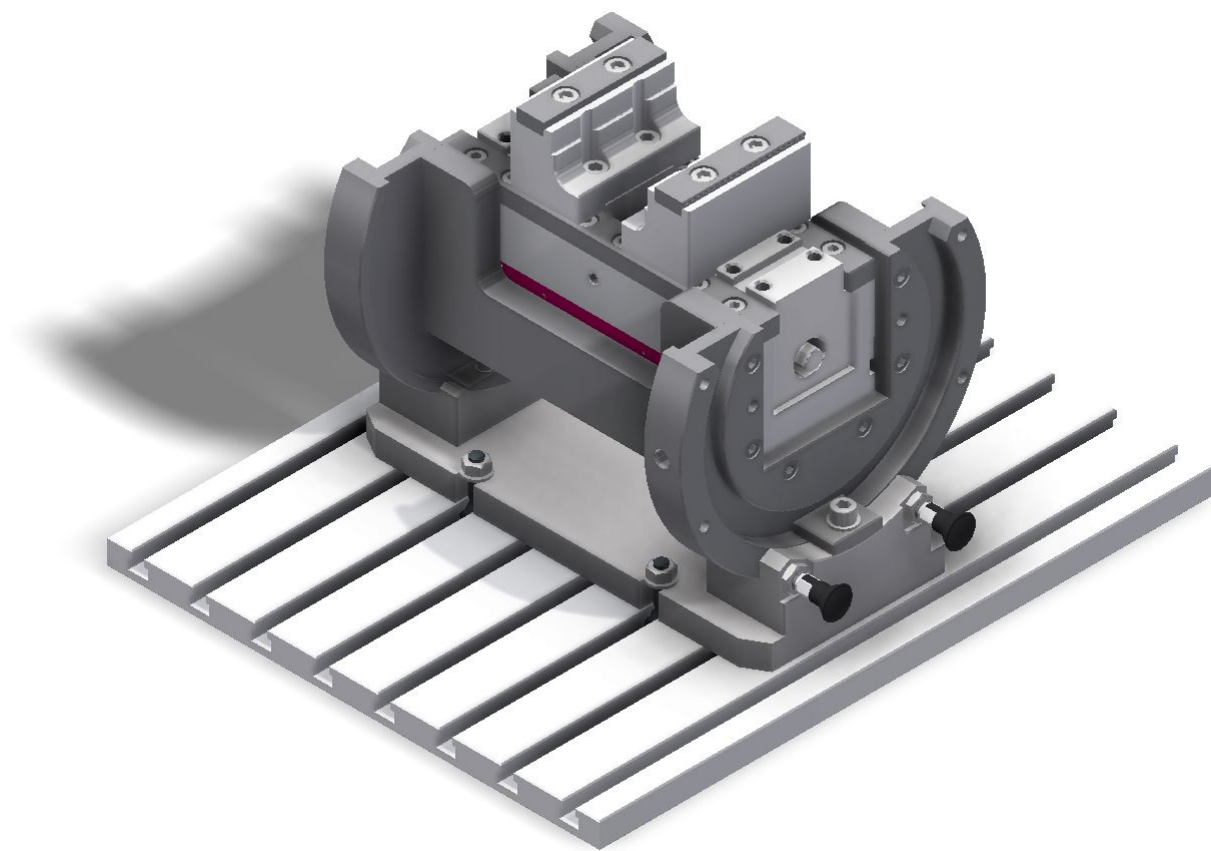


Obr. P 4 Varianta 2

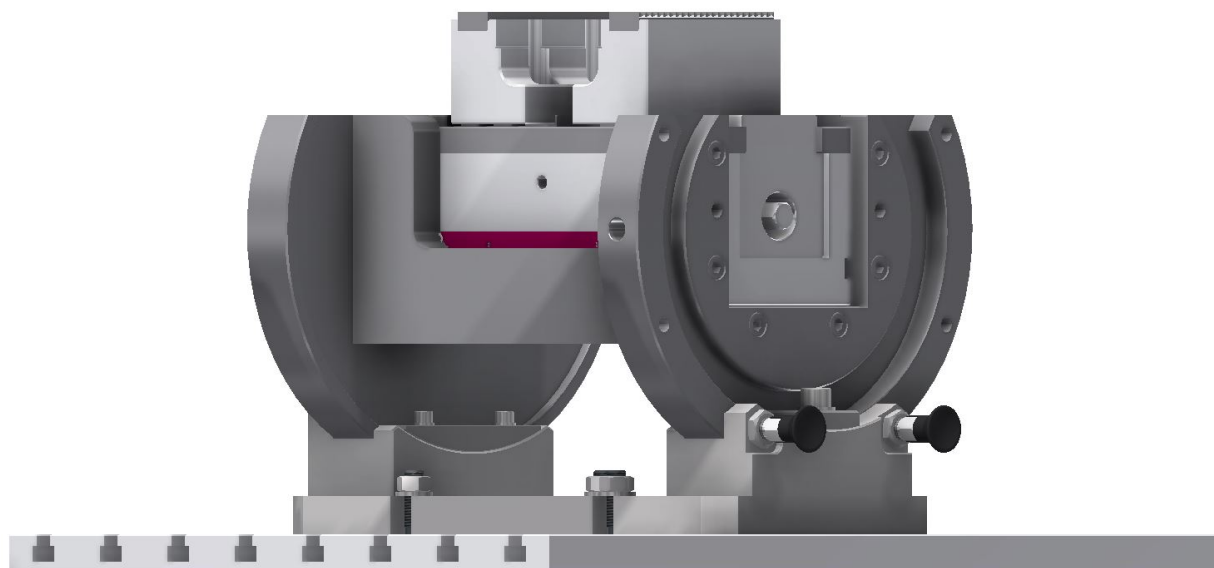


Obr. P 5 Varianta 2 - uložená kolébka ve vedení

Varianta 3




Obr. P 6 Pohled na přípravek - Varianta 3



Obr. P 7 Pohled na přípravek - Varianta 3

PŘÍLOHA č. 2

Výrobní postup příruby

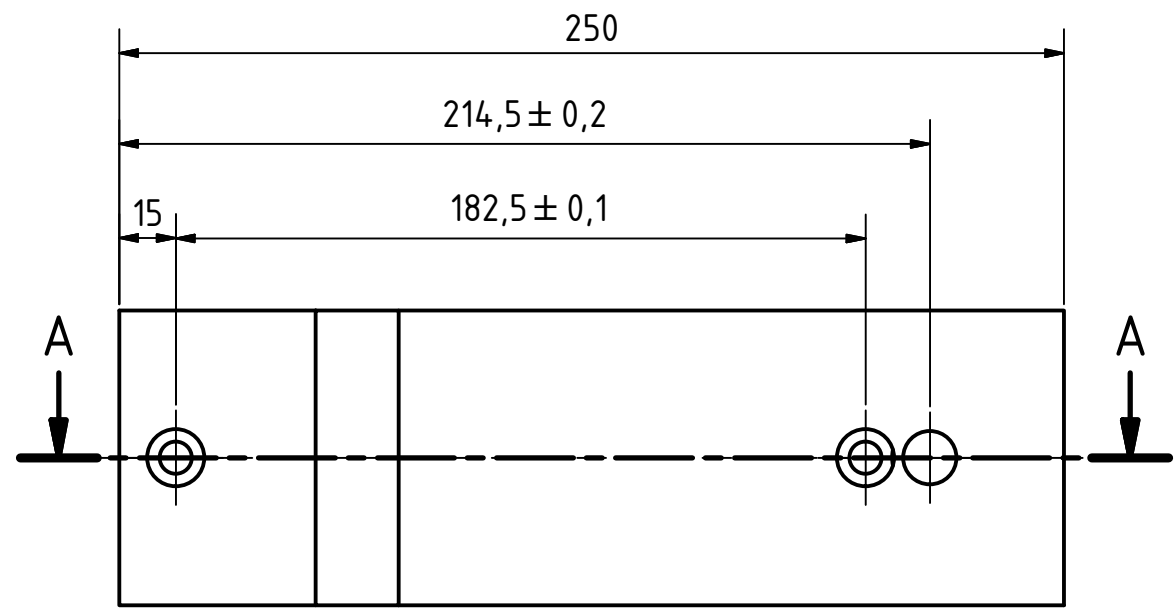
|  | | FAKULTA STROJNÍ Katedra technologie obrábění | | VÝROBNÍ POSTUP | | Číslo výkresu: BP KTO 16 - 02/3 | | |
|---|-------------|--|--|------------------------------|-----------------------------------|------------------------------------|------------------|------------|
| | | | | | | Hmotnost: | | Ks/rok:1 |
| | | | | Název součásti: PŘÍRUBA 1 | Materiál: S355J2+N | čistá: 4,2Kg | hrubá: 4,5 Kg | Ks/dávka:1 |
| Číslo op. | Číslo prac. | Typ stroje | Popis operace | Spec.nástroje, přípravy | t _{AS} t _h | t _{AC} t _k | | |
| 10 | N15 | CNC Frezka | Upnout výpalek za obvod frézovat zadní čelo na čisto fr. zadní vybrání R117 x 5 na čisto fr. vnitřní sražení R117 0,5 x 45° fr. vnitřní plochy 100,2 x 100 na čisto | | | | | 2,5 |
| 20 | N15 | CNC Frezka | Upnout za rozměr 100,2 x 100 hrubovat čelní plochu na 30,5 (přídavek na dokončení 0,5 mm) fr. snížení čelní plochy na 25 mm fr. R105 na rozměr R104,5 (přídavek na dokončení 0,5 mm) do hloubky 20 na šířku R85 fr. obvod na R125,5 (přídavek na dokončení 0,5 mm) fr. horní čela u rozměru 100,2 na čisto fr. zkosení 10x60° horních rohů na čisto fr. sražení 1x45° vnitřních hran 100,2 a 100 fr. sražení 1x45° vnitřní hrany R85 vrtat 4 x Ø9 vrtat 2 x Ø7,8 (Ø 8H7) vrtat 6 x Ø5,8 (Ø 6H7) do hloubky 15,5 zahloubit 4 x Ø13,5 do hloubky 8,5 vystružit 2 x Ø 8H7 vystružit 6 x Ø 6H7 do hloubky 12,5 | | | | | 2,5 |
| 30 | N15 | CNC Frezka | Upnout za čela (tloušťka 20) vrtat 2 x Ø12 do hloubky 15,5 | | | | | 2,5 |
| 40 | N15 | CNC Frezka | Upnout za rozměr 100,2 x 100 zadní stranou nahoru fr. sražení 1x45° vnější hrany (R125) | | | | | 2,5 |
| | | | Poznámka: rozměry R105; R125; 30+0,0-0,05; sražení 1x45°; 0,5x45° obrobit na čisto v sestavě kolíčky | | | | | |
| čas [min] | | | | | | 22,9 | 10,0 | |
| | | | | | | | | List: 1 |

PŘÍLOHA č. 3

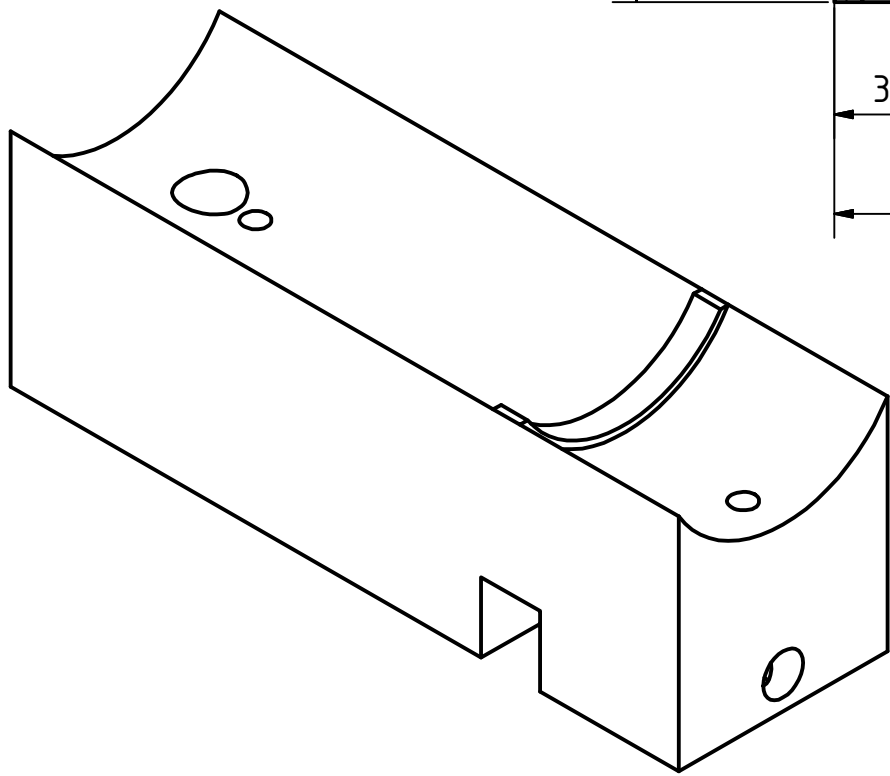
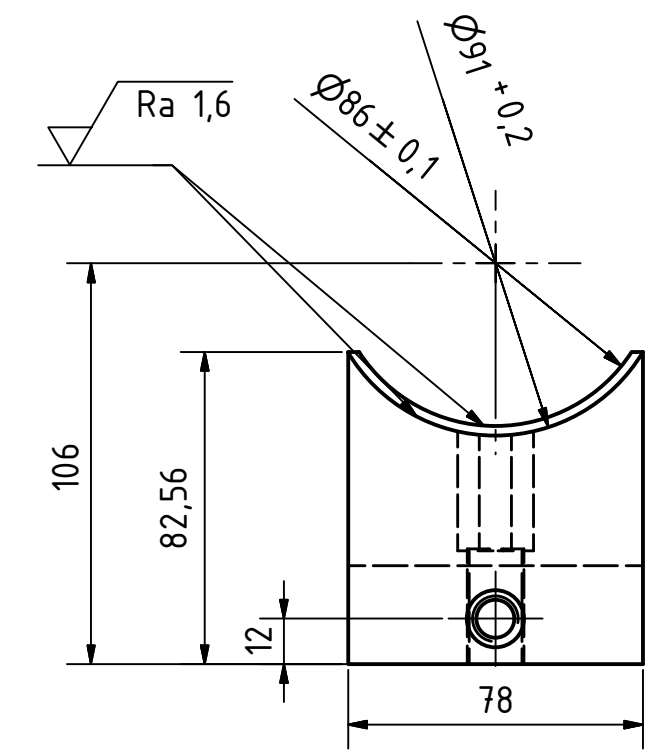
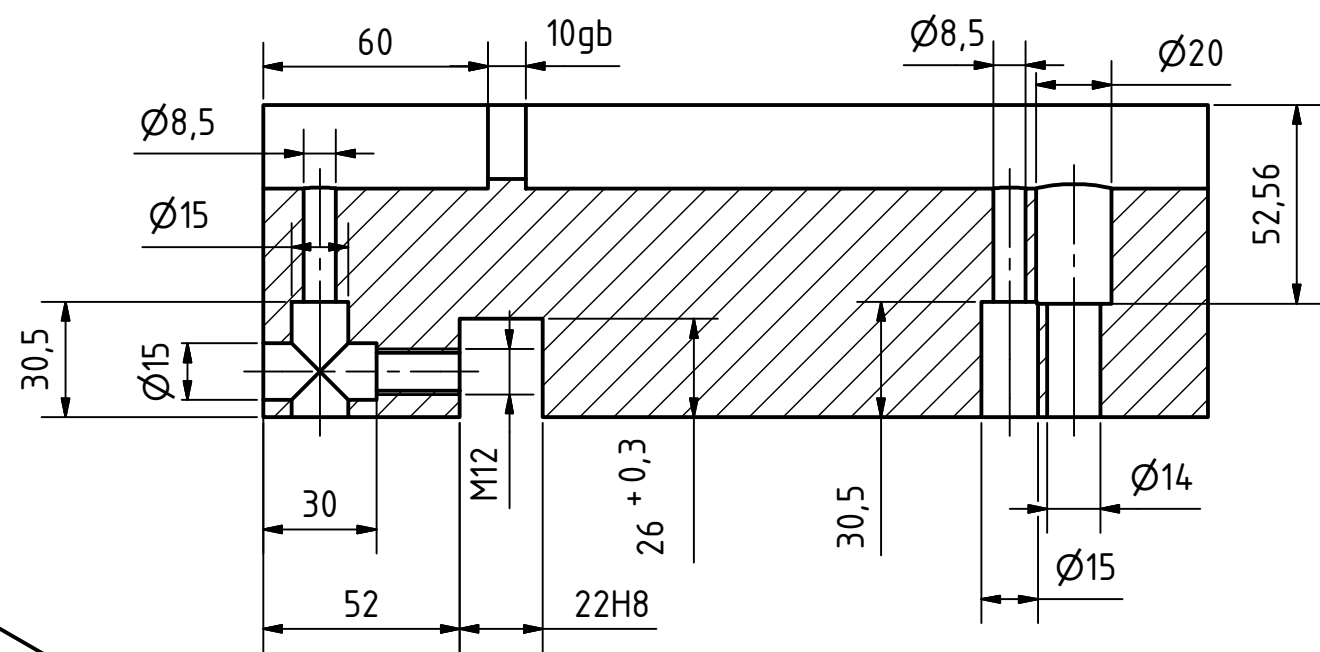
Výrobní výkres součásti

PŘÍLOHA č. 4

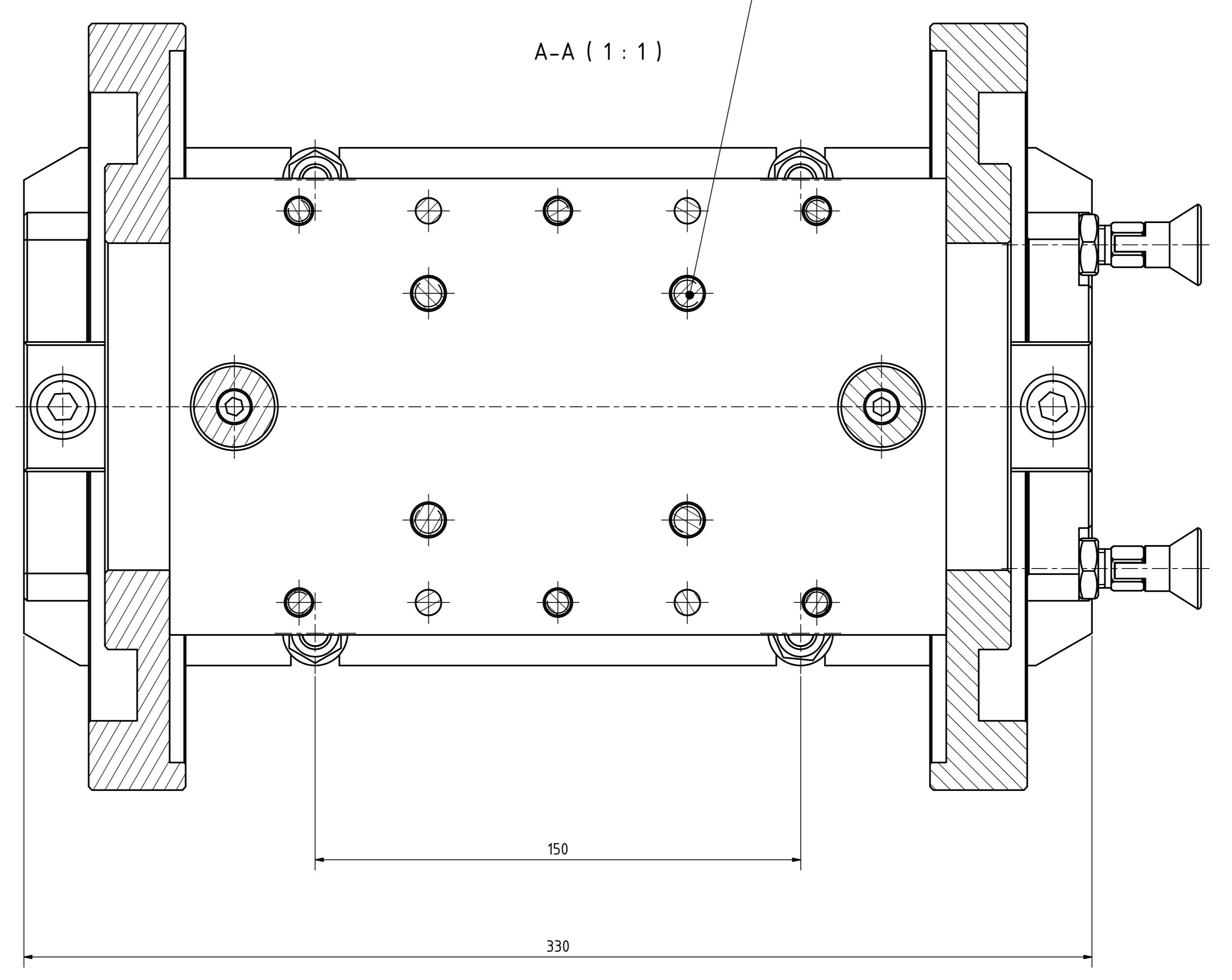
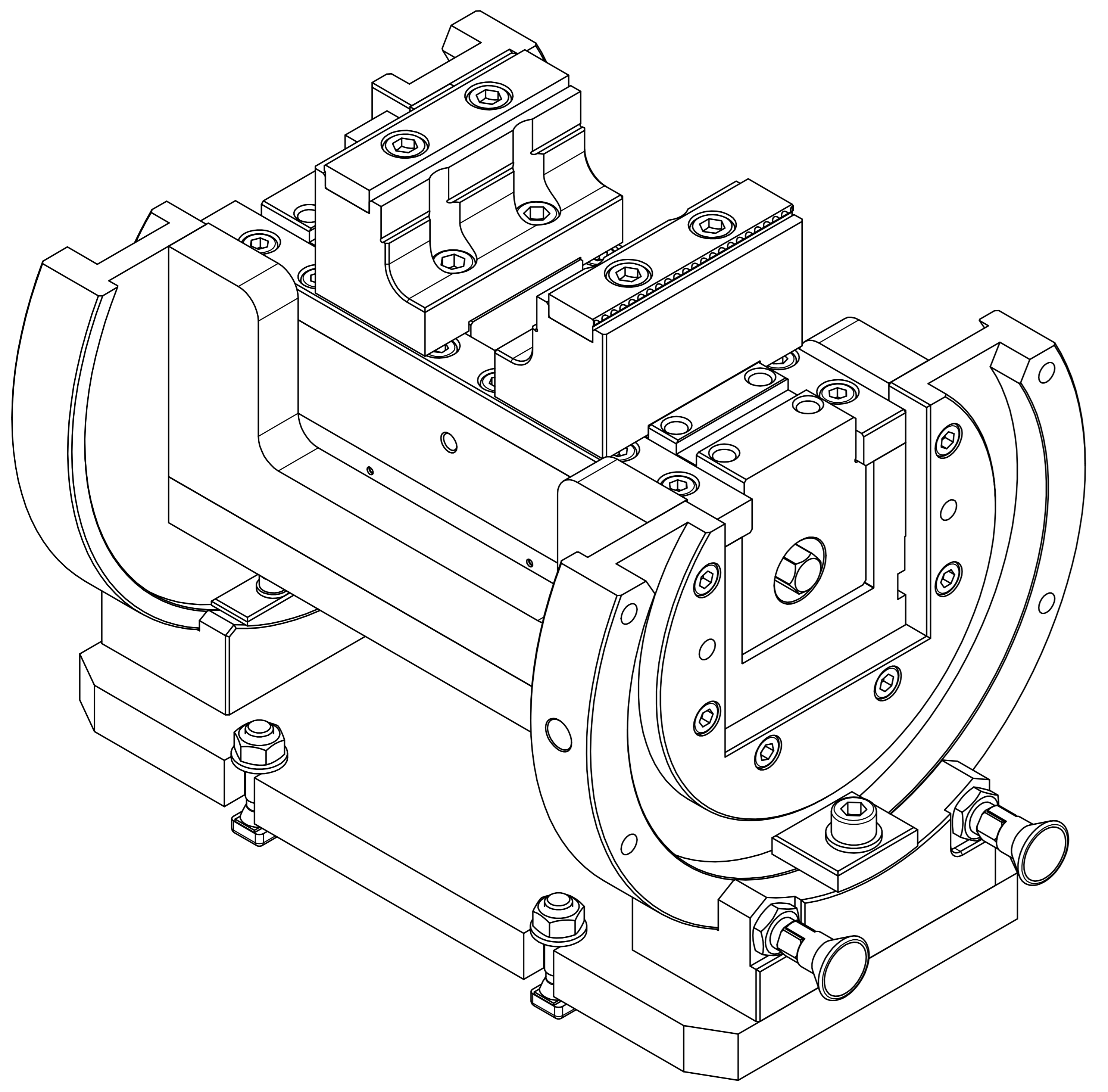
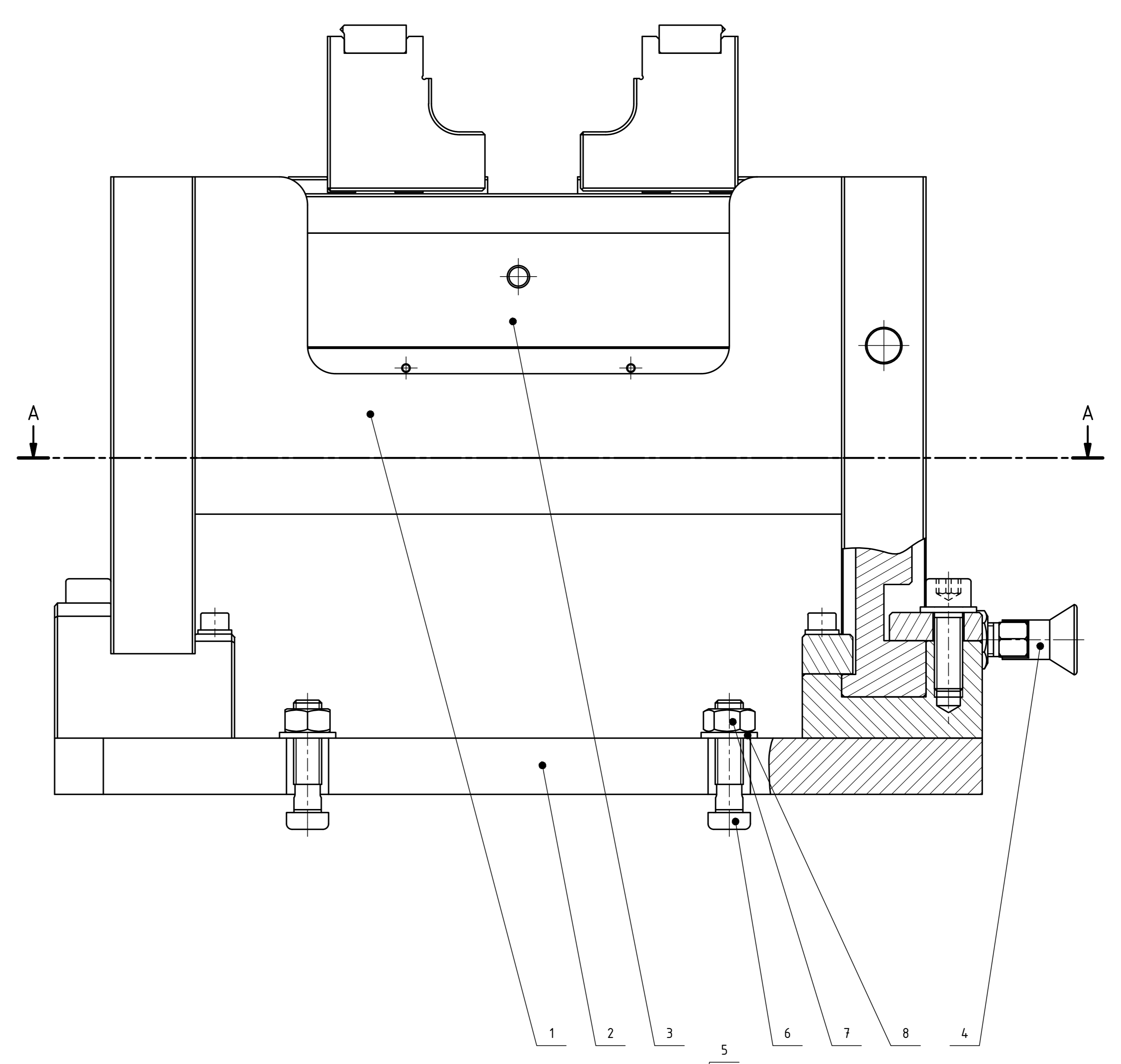
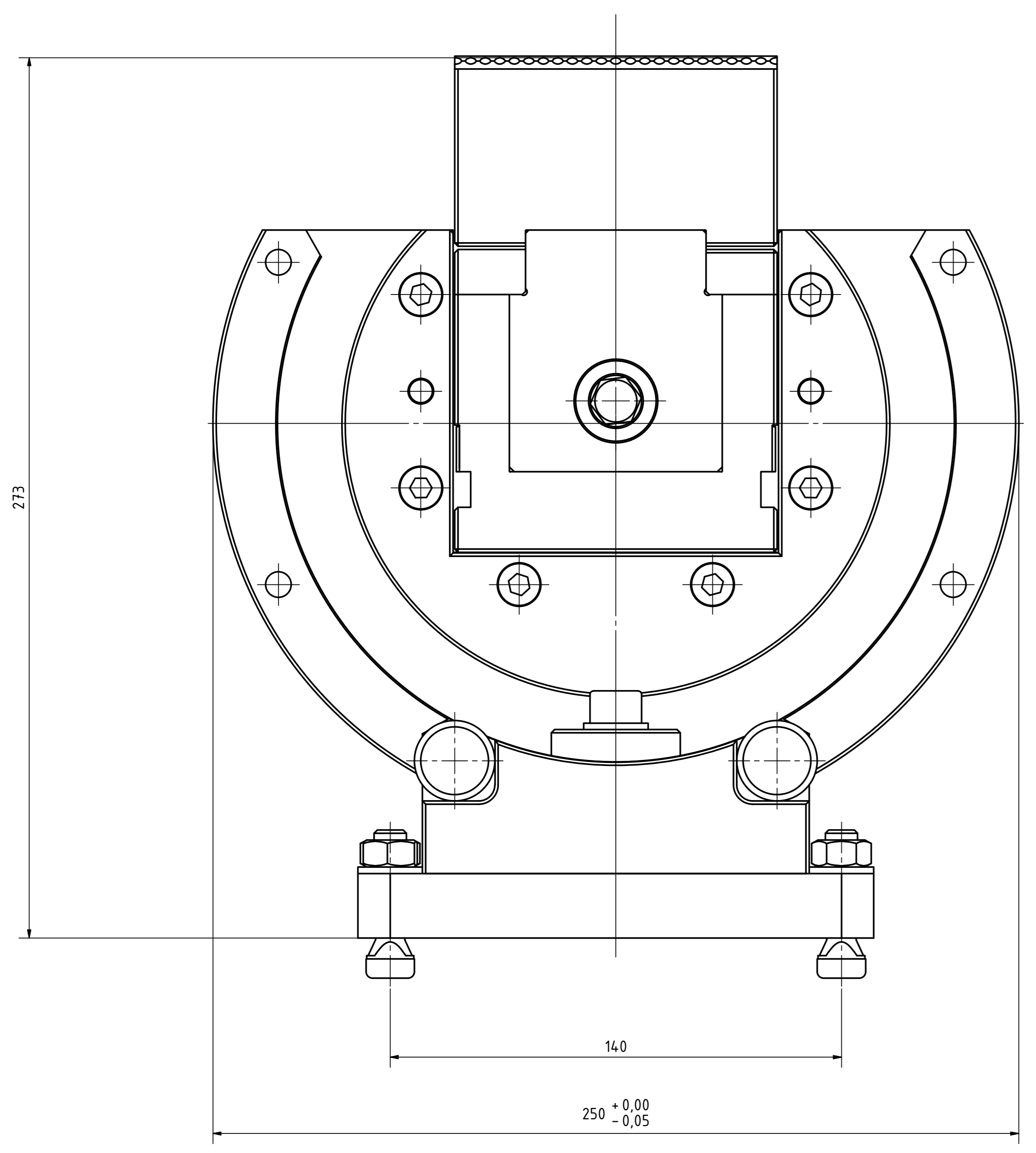
Výkresová dokumentace přípravku – Varianta 3



A-A (1 : 2)

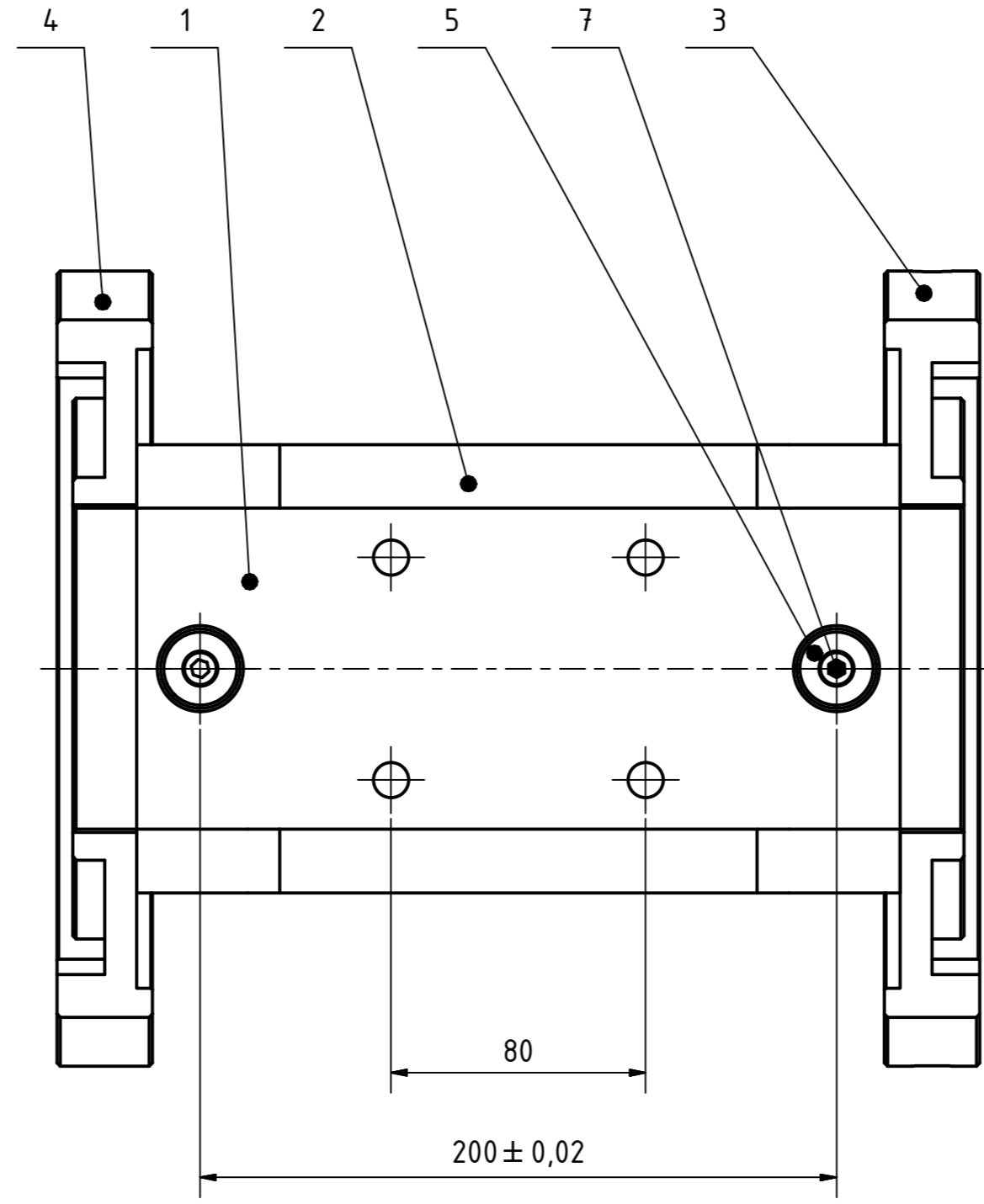
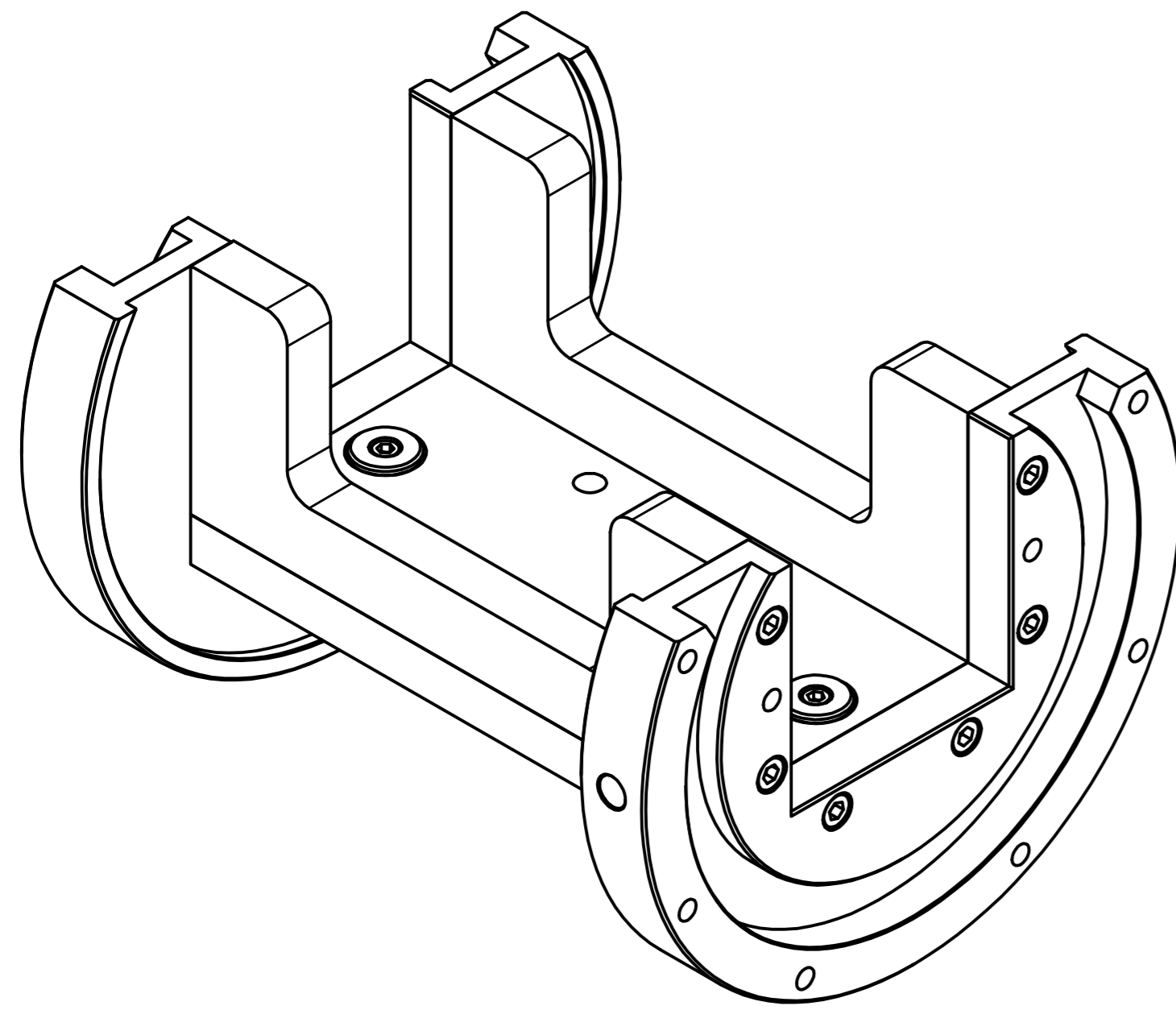
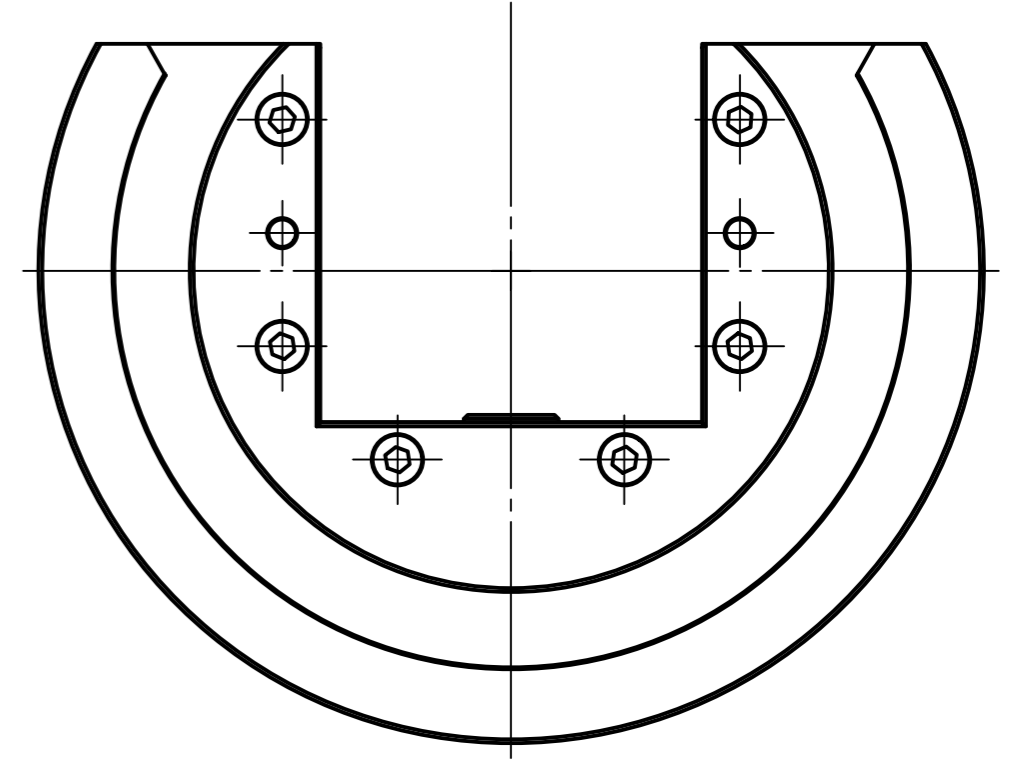
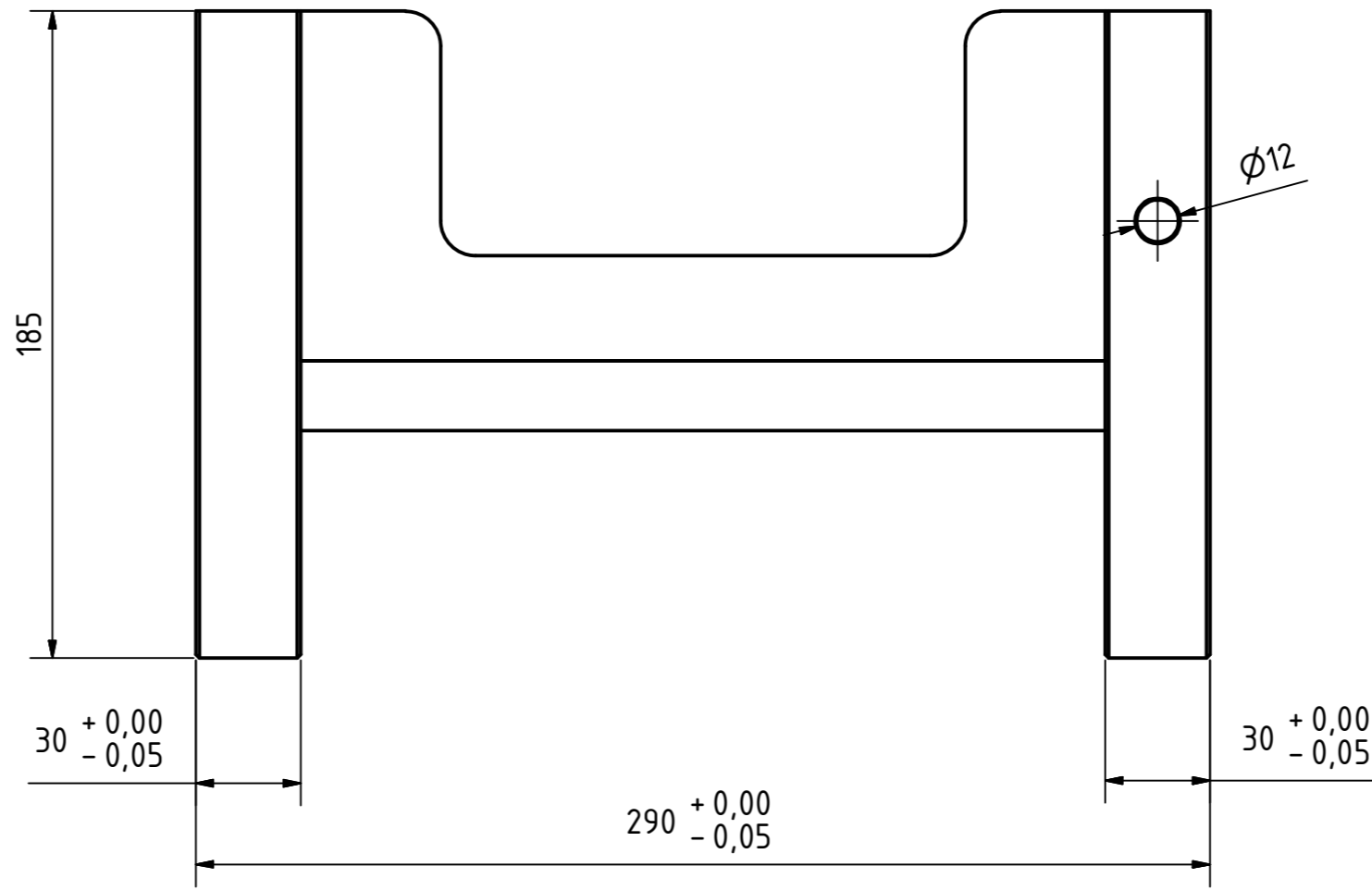
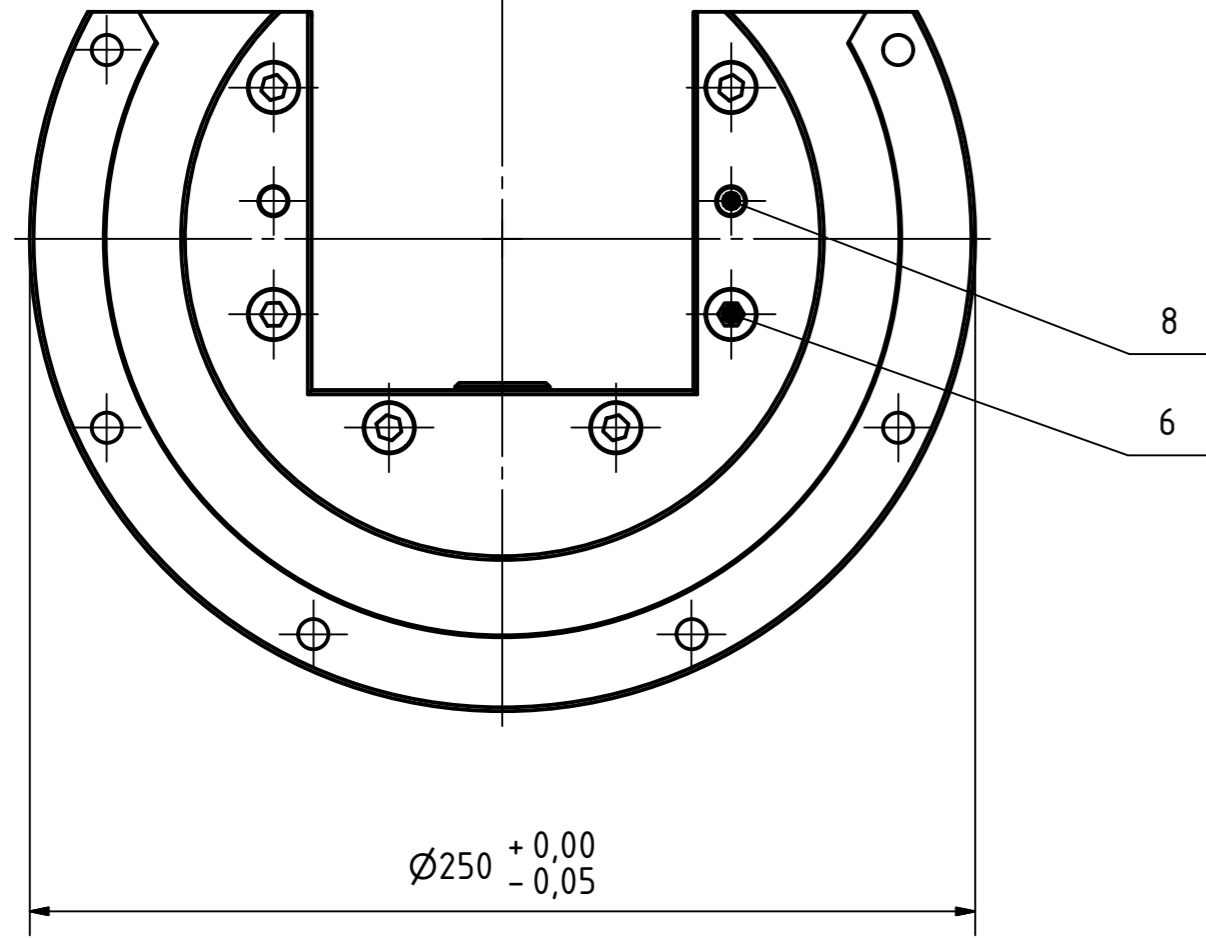


| | | | |
|---|---------------------|---|---------------|
| Textura povrchu | Hrany ISO 13715 | Měřítka | Přesnost |
| | | 1:2 | ISO 2768 - mK |
| Materiál - Polotovár | | Hmotnost (kg) | Tolerování |
| 4HR 90 - 260 - ČSN 42 5520.10 - 12 050.0 | | 9,655 kg | ISO 8015 |
| Kreslil M. POVLNÝ Datum 20.10.2015 | | Promítání | |
| Schválil Datum | | Formát A3 | |
| KTO KATEDRA TECHNOLOGIE OBRÁBĚNÍ Druh dokumentu VÝROBNÍ VÝKRES | | Název DRZAK PRO TRUBKU 70x250 Číslo dokumentu BP KTO 16-05 | |
| | | List 1 Listů 1 | |



| POZICE | NÁZEV - ROZMĚR | VÝKRES - NORMA | MATERIÁL | KS | HMOTNOST |
|--------|----------------------|---------------------|----------|----|-----------|
| 8 | Podložka-10-14.0 HV | ISO 7089 | | 4 | 0,004 kg |
| 7 | Malice-M10 | ISO 4032 | | 4 | 0,010 kg |
| 6 | Šroub pro T-drážky | K0698.104.0 DIN 787 | | 4 | 0,035 kg |
| 5 | Šroub-M10 x 25 | ISO 4762 | | 4 | 0,028 kg |
| 4 | Aretační čep | K074.7.04.308120 | | 2 | 0,044 kg |
| 3 | Světlák HILMA MC 100 | 9.3585.1303 | | 1 | 20,031 kg |
| 2 | Upínací deska | BP KTO 16 - 03 | | 1 | 11,857 kg |
| 1 | Kolébka | BP KTO 16 - 02 | | 1 | 18,027 kg |

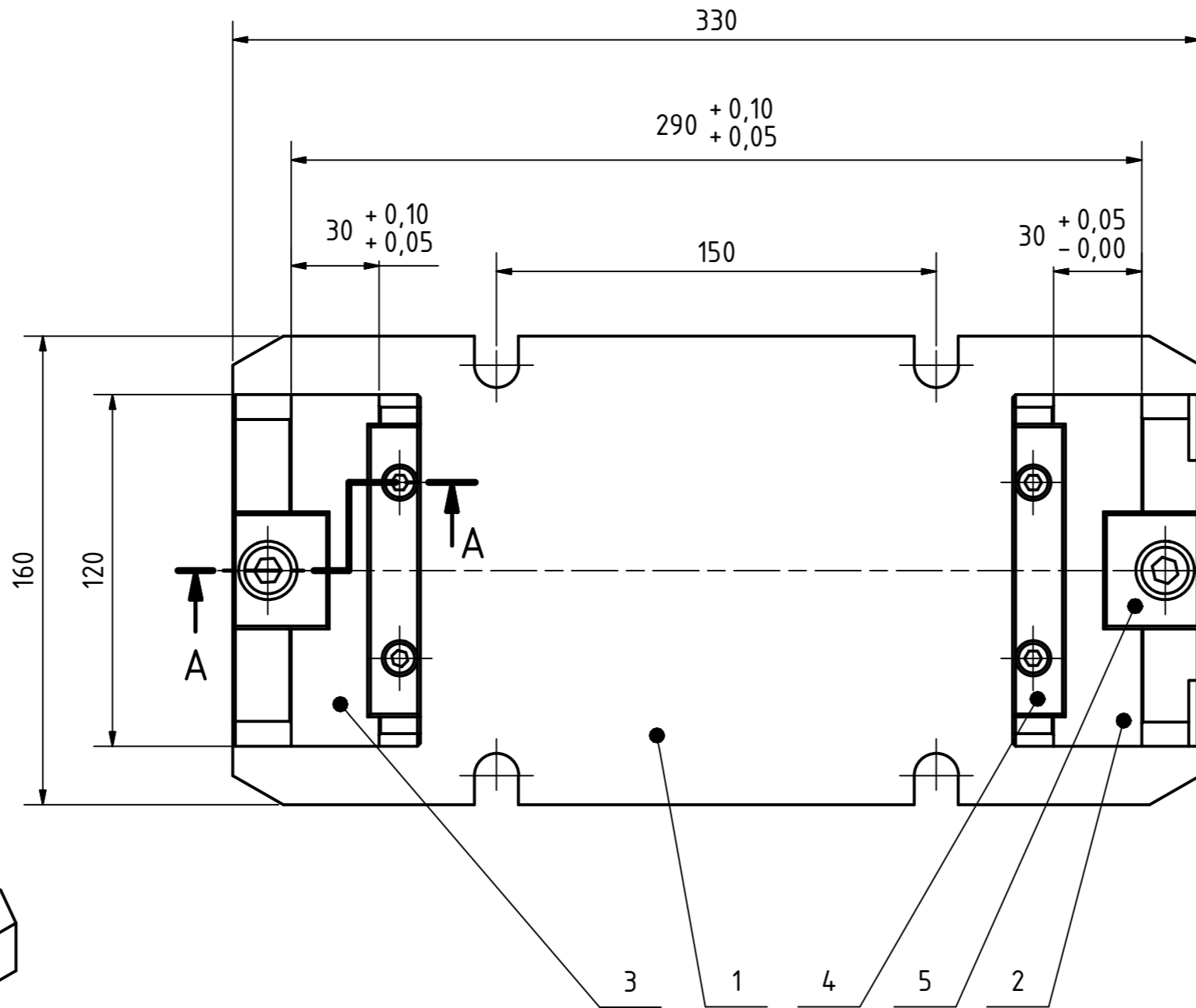
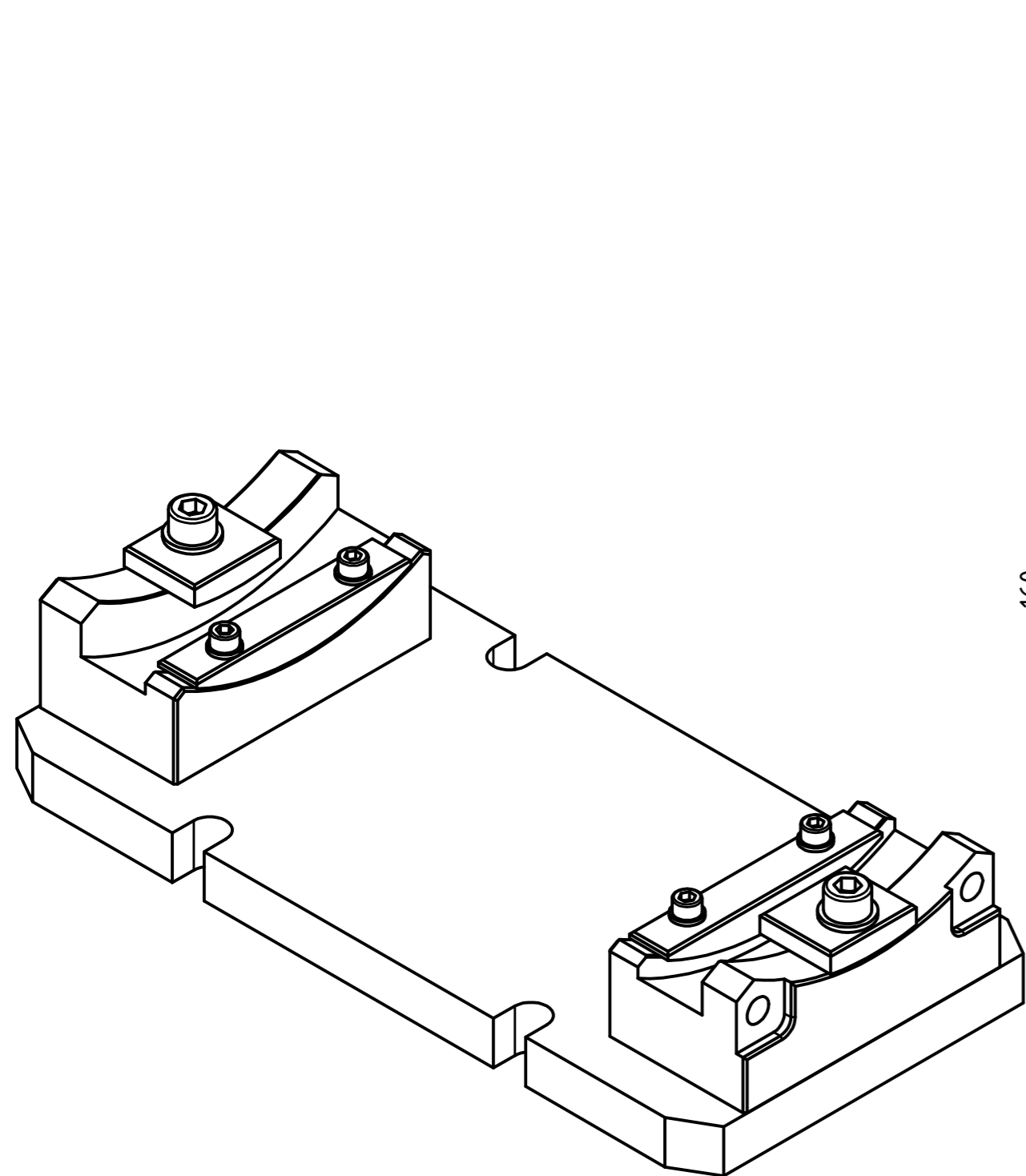
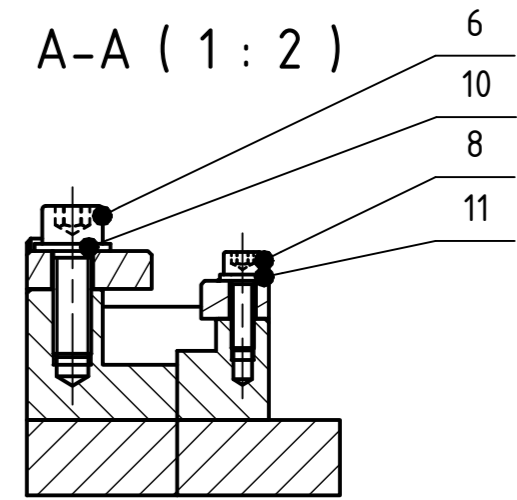
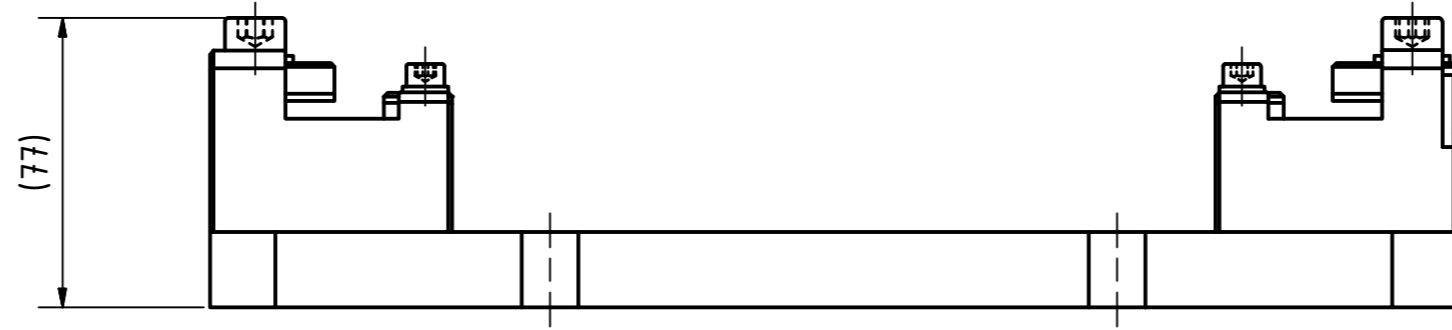
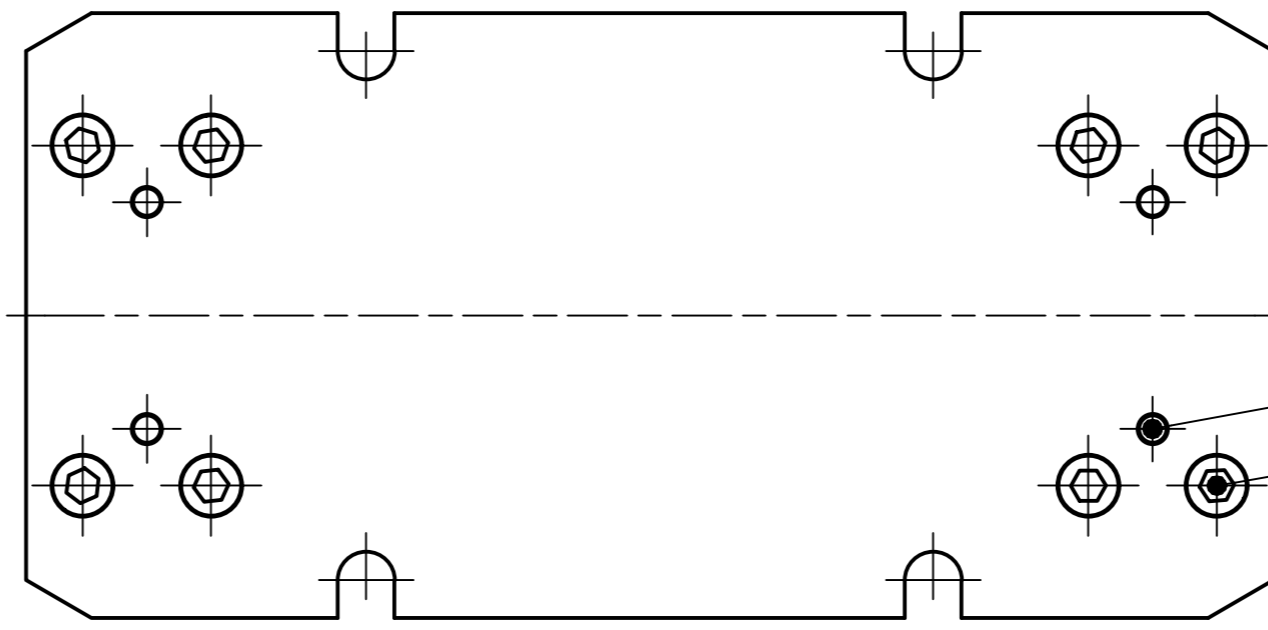
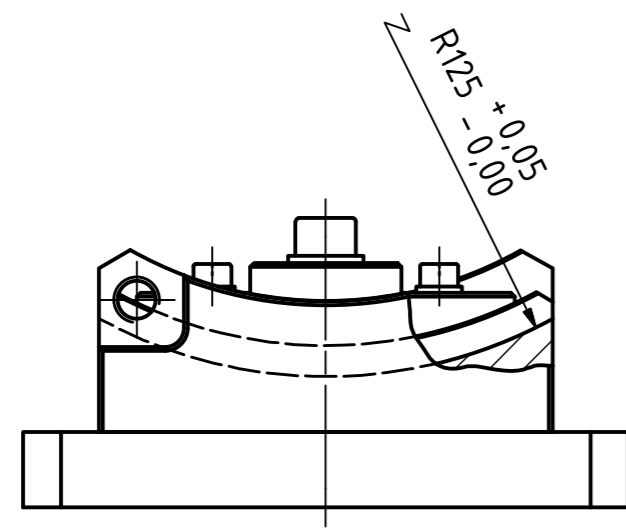
| | | | |
|---------|------------------------------|----------------|----------------|
| 1:1 | 50,354 | ISO | A0 |
| Kreslil | M. Povolný | datum | 3. 5. 2016 |
| Stavěl | | datum | |
| KTO | KATEDRA TECHNOLOGIE OBRÁBĚNÍ | VÝKRES SESTAVY | BP KTO 16 - 01 |



Rozměr $30^{+0,00}_{-0,05}$ a $\varnothing 250^{+0,00}_{-0,05}$ zhotovit na čisto po sestavení

| 8 | Kolík-8 h8x26-B | ISO 2338 | | 8 | 0,010 kg |
|--------|-----------------|------------------|-------------------|----|----------|
| 7 | Šroub - M6 x 12 | ISO 4762 | | 2 | 0,006 kg |
| 6 | šroub - M8 x 25 | ISO 4762 | | 18 | 0,017 kg |
| 5 | Středící čep | BP KTO 16 - 02/5 | C45 (1.0503) | 2 | 0,039 kg |
| 4 | Příruba 2 | BP KTO 16 - 02/4 | S355J2+N (1.0577) | 1 | 4,269 kg |
| 3 | Příruba 1 | BP KTO 16 - 02/3 | S355J2+N (1.0577) | 1 | 4,204 kg |
| 2 | Bočnice | BP KTO 16 - 02/2 | S355J2+N (1.0577) | 2 | 2,051 kg |
| 1 | Spodní deska | BP KTO 16 - 02/1 | S355J2+N (1.0577) | 1 | 4,986 kg |
| POZICE | NÁZEV - ROZMĚR | VÝKRES - NORMA | MATERIÁL | KS | HMOTNOST |

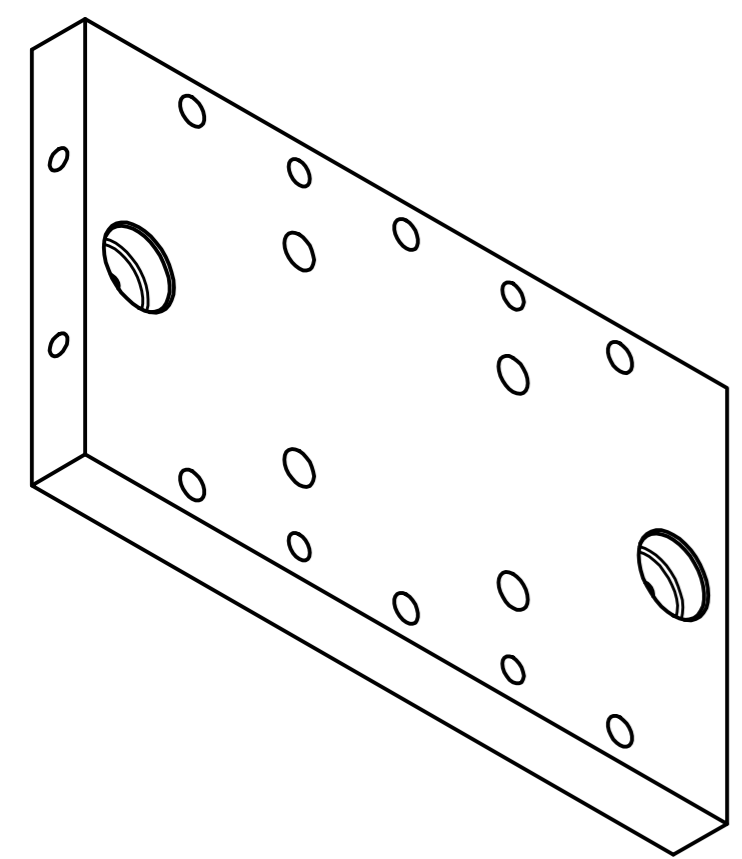
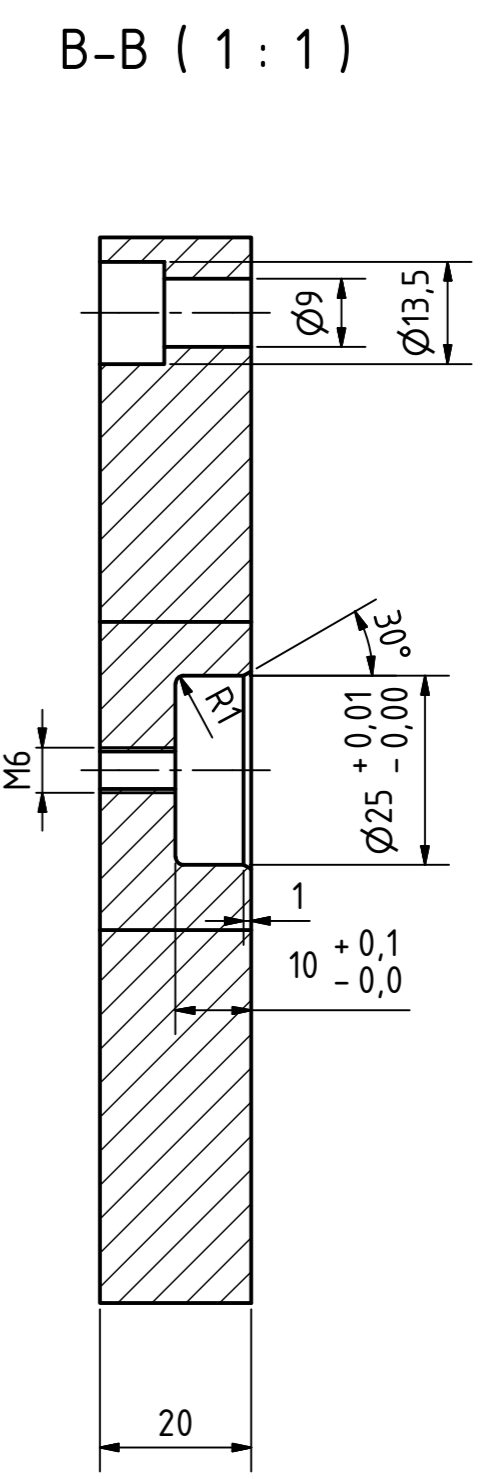
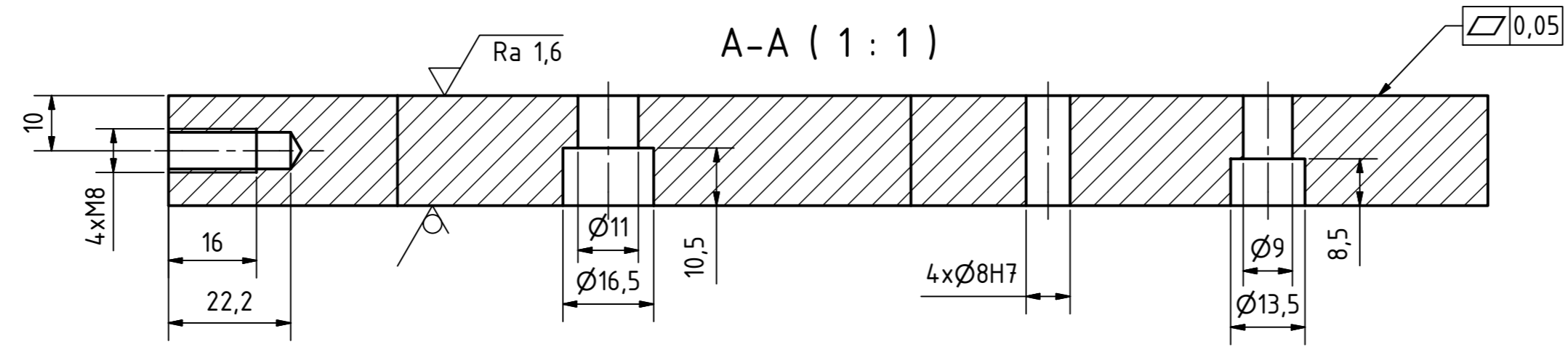
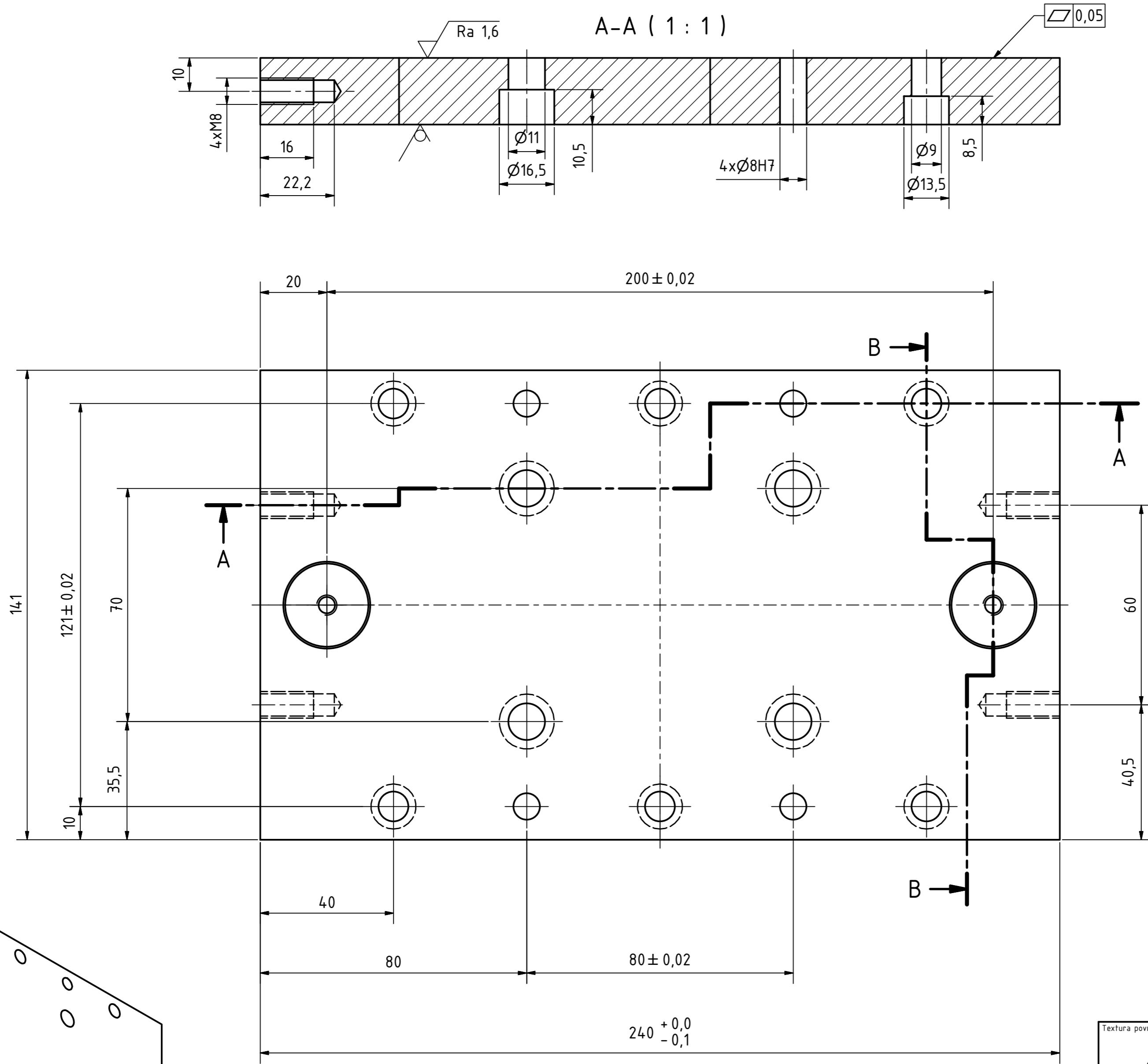
| | | | | | | | |
|---|------------------------------------|---------------|-----------------|-----------|----------------|--------|----|
| Měřítko | 1:2 | Hmotnost (kg) | 18,062 | Promítání | | Formát | A2 |
| FAKULTA STROJNÍ ZÁPADOČESKÉ UNIVERZITY V PLZNI | Kreslil | M. Povolný | Název | | KOLÉBKA | | |
| | Datum | 3. 5. 2016 | Číslo dokumentu | | | | |
| KTO | KATEDRA TECHNOLOGIE OBRÁBĚNÍ | Schválil | BP KTO 16 - 02 | | List 1 Listů 1 | | |
| | | Datum | | | | | |



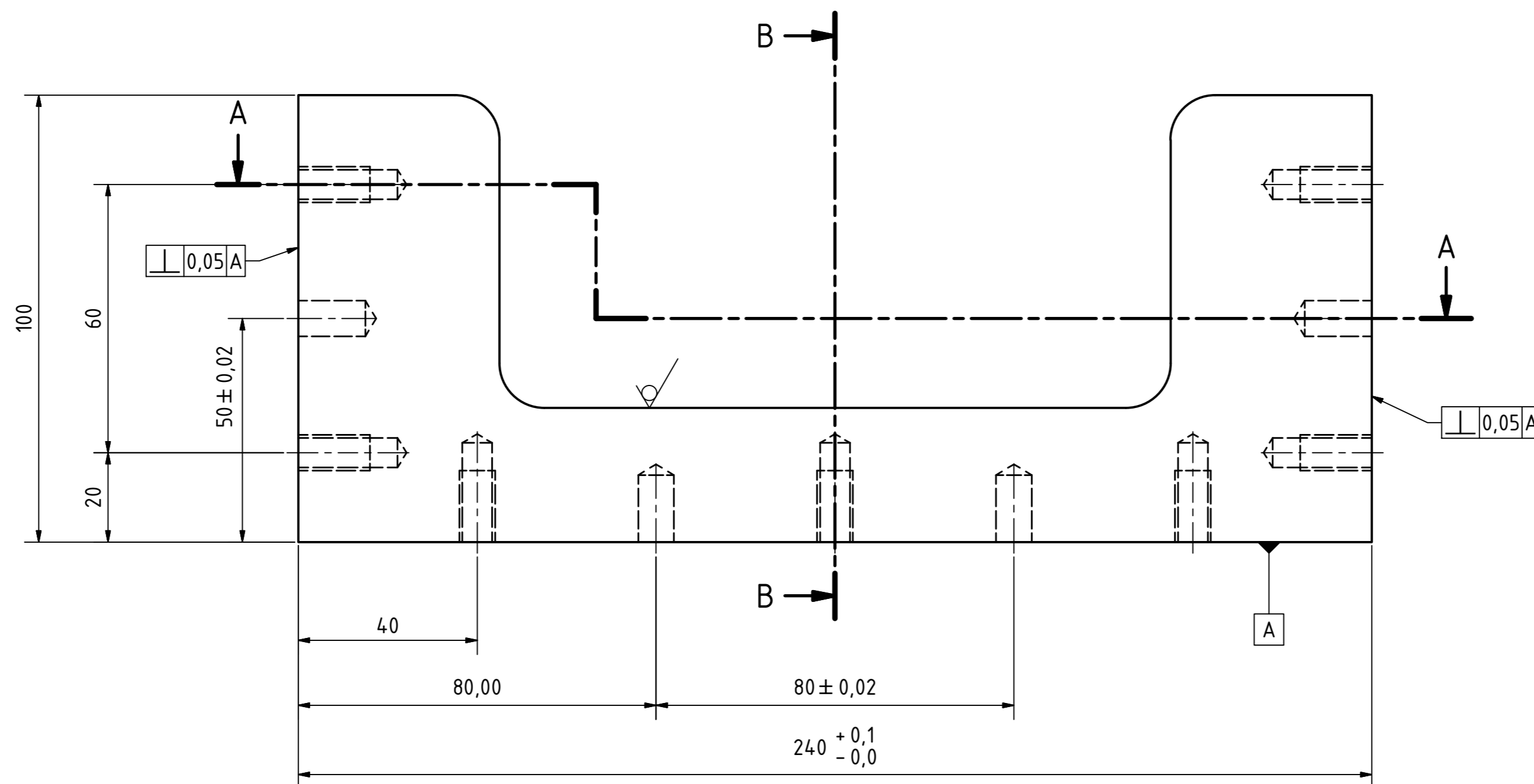
Rozměr $30^{+0,1}_{-0,05}$ $30^{+0,05}_{-0,00}$ zhotovit na čisto po sestavení
 Rozměr $R125^{+0,05}_{-0,00}$ zhotovit na čisto po sestavení
 Obrábění provádět před sestavením příložek a upínek

| 11 | Podložka-6-140 HV | ISO 7089 | | 4 | 0,001 kg |
|--------|--------------------|-------------------|-------------------|----|----------|
| 10 | Podložka-10-140 HV | ISO 7089 | | 2 | 0,004 kg |
| 9 | kolík - 8 h8x26-B | ISO 2338 | | 4 | 0,010 kg |
| 8 | Šroub - M6x20 | ISO 4762 | | 4 | 0,007 kg |
| 7 | Šroub - M10x25 | ISO 4762 | | 8 | 0,028 kg |
| 6 | Šroub - M10x30 | ISO 4762 | | 2 | 0,031 kg |
| 5 | Upínka | BP KTO 16 - 03/05 | C45 (1.0503) | 2 | 0,089 kg |
| 4 | Příložka | BP KTO 16 - 03/04 | S355J2C+C(1.0579) | 2 | 0,139 kg |
| 3 | Vedení 2 | BP KTO 16 - 03/03 | C45 (1.0503) | 1 | 1,617 kg |
| 2 | Vedení 1 | BP KTO 16 - 03/02 | C45 (1.0503) | 1 | 1,565 kg |
| 1 | Základní deska | BP KTO 16 - 03/01 | S355J2+N (1.0577) | 1 | 7,856 kg |
| POZICE | NÁZEV - ROZMĚR | VÝKRES - NORMA | MATERIÁL | KS | HMOTNOST |

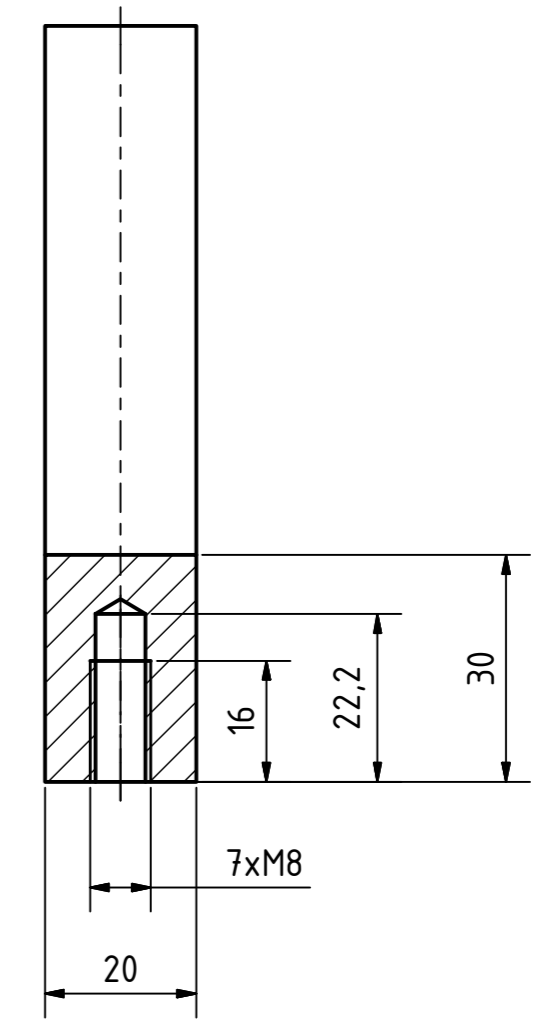
| | | | | | | | |
|---|----------------------------------|---------------|-----------------|-----------|----------------|--------|----|
| Měřítko | 1:2 | Hmotnost (kg) | 11,864 | Promítání | | Formát | A2 |
| FAKULTA STROJNÍ ZÁPADOČESKÉ UNIVERZITY V PLZNI | Kreslil | M. Povolný | Název | | UPÍNAČÍ DESKA | | |
| | Datum | 3. 5. 2016 | Číslo dokumentu | | BP KTO 16 - 03 | | |
| KTO | KATEDRA TECHNOLIE OBRÁBĚNÍ | | Druh dokumentu | | VÝKRES SESTAVY | | |
| | | | | | List 1 Listů 1 | | |



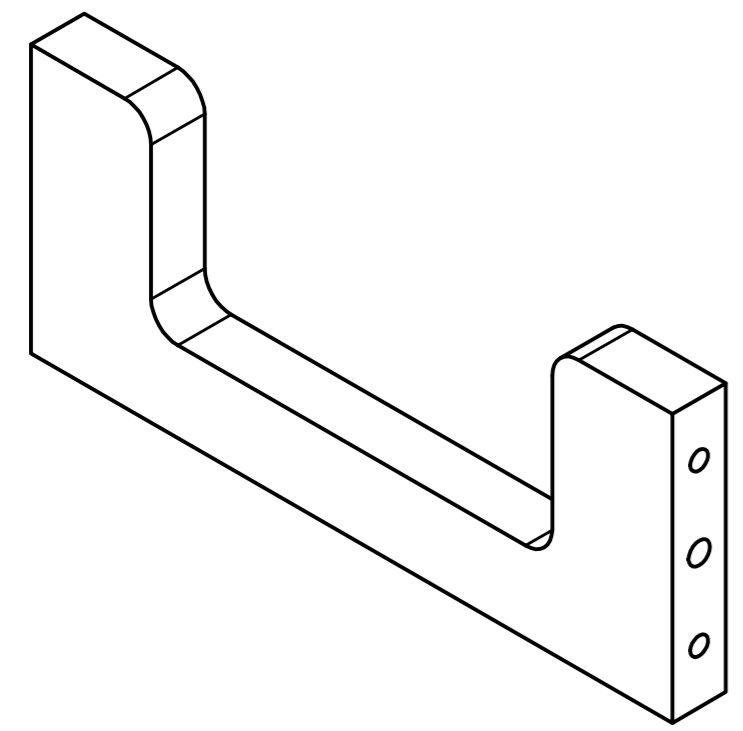
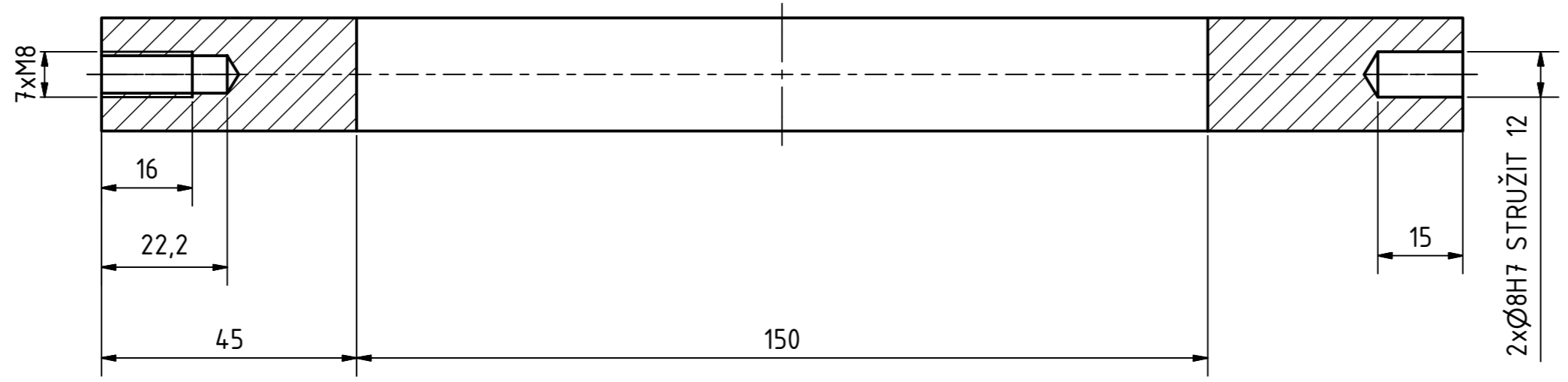
| | | | |
|---|--------------------------------|-------------------------------------|---------------------------|
| Textura povrchu Ra 3,2 (✓) | Hrany ISO 13715 -0,4 / +0,4 | Měřítko 1:1 | Přesnost ISO 2768 - mK |
| | | Hmotnost (kg) 4,986 kg | Tolerování ISO 8015 |
| | | | Promítání ☑ |
| Materiál - Polotovár Výpalek 22x150x250 S355J2+N (1.0577) dle EN 10025-2 | | Formát A2 | |
| FAKULTA STROJNÍ ZÁPADOČESKÉ UNIVERZITY V PLZNI | Kreslil M.Povolný | Název SPODNÍ DESKA | |
| | Datum 27.4.2016 | Číslo dokumentu BP KTO 16 - 02/1 | |
| KTO KATEDRA TECHNOLÓGIE OBRÁBĚNÍ | Schválil | | |
| | Datum | | |
| Druh dokumentu VÝROBNÍ VÝKRES | | | |



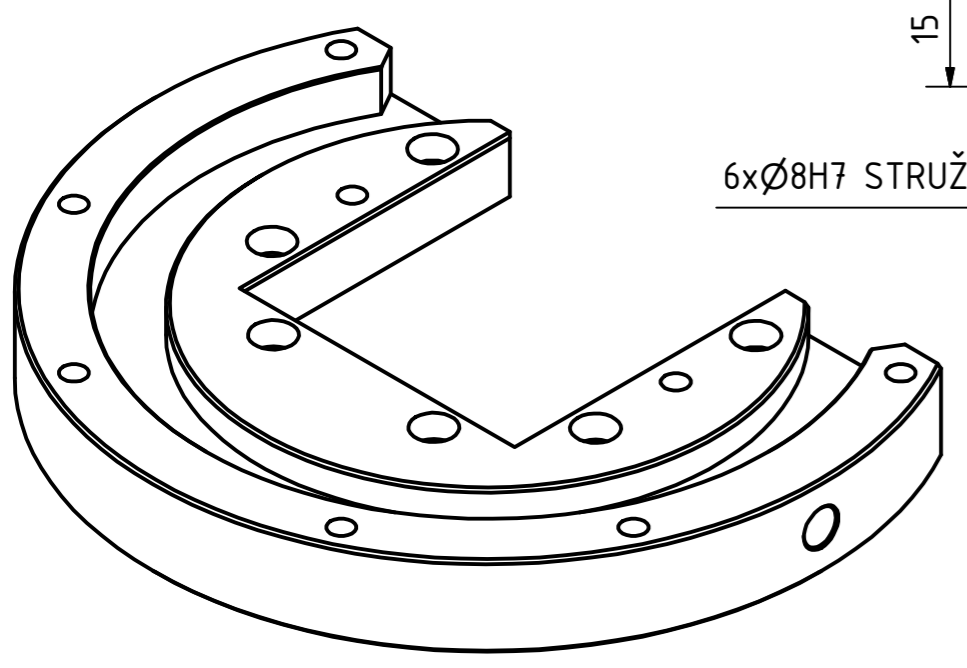
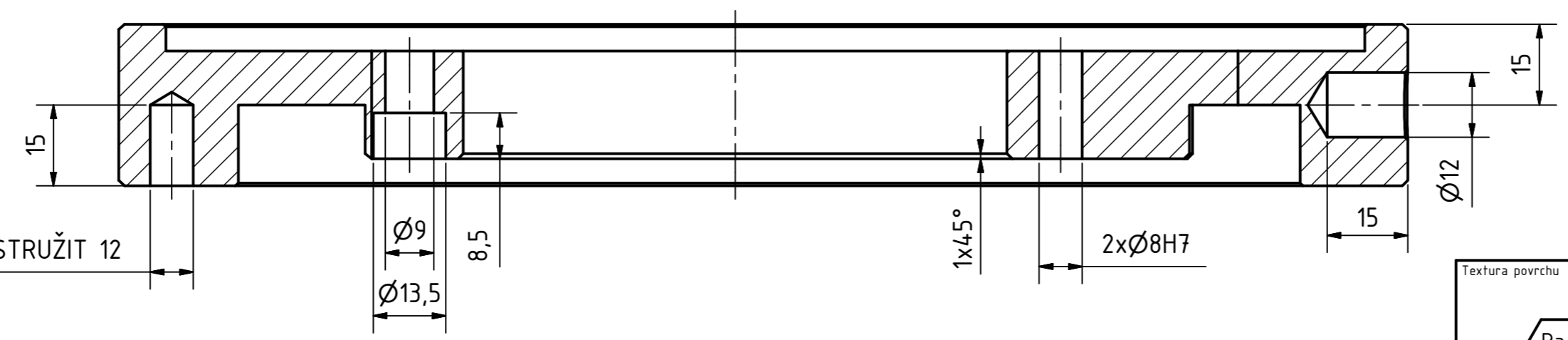
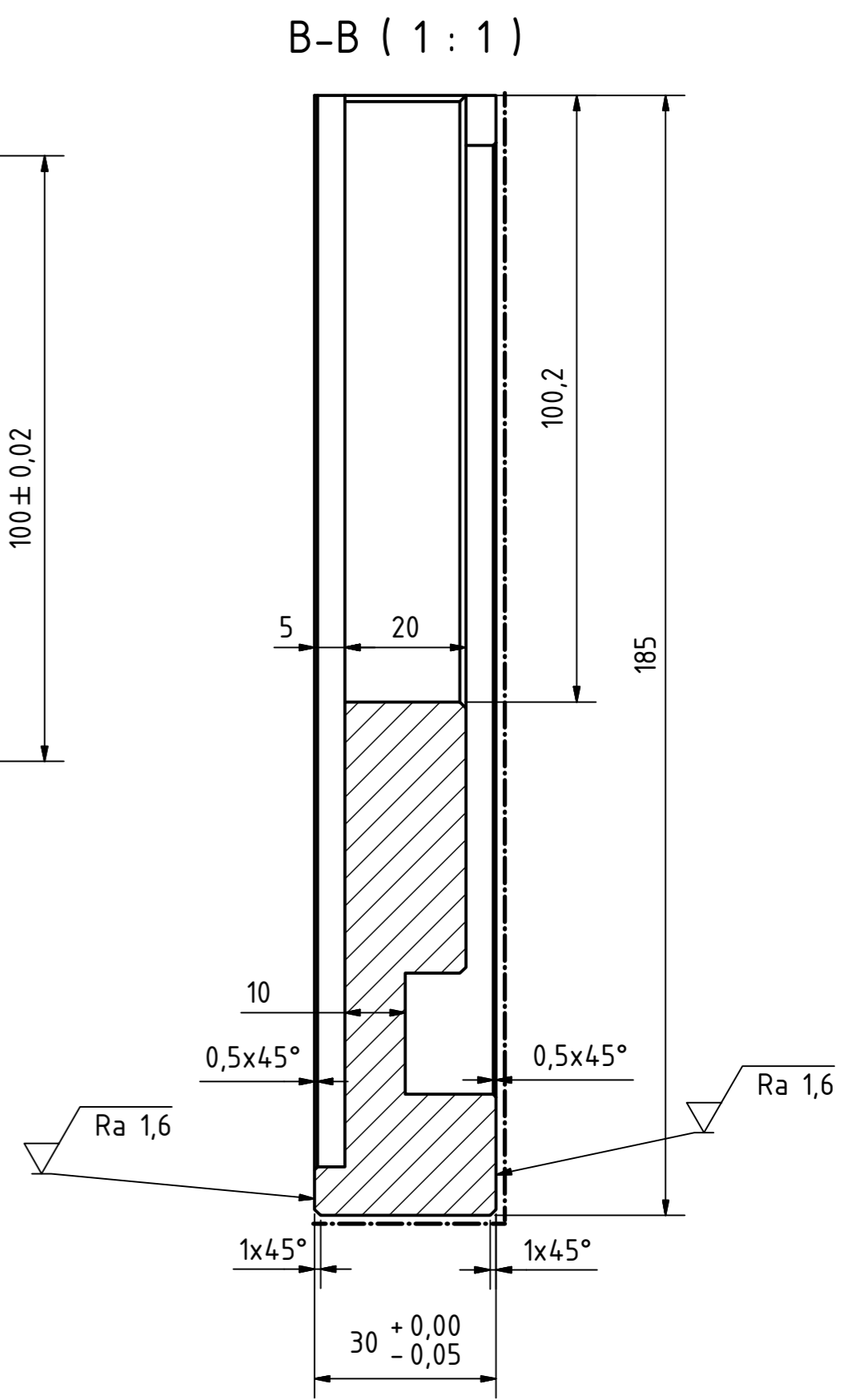
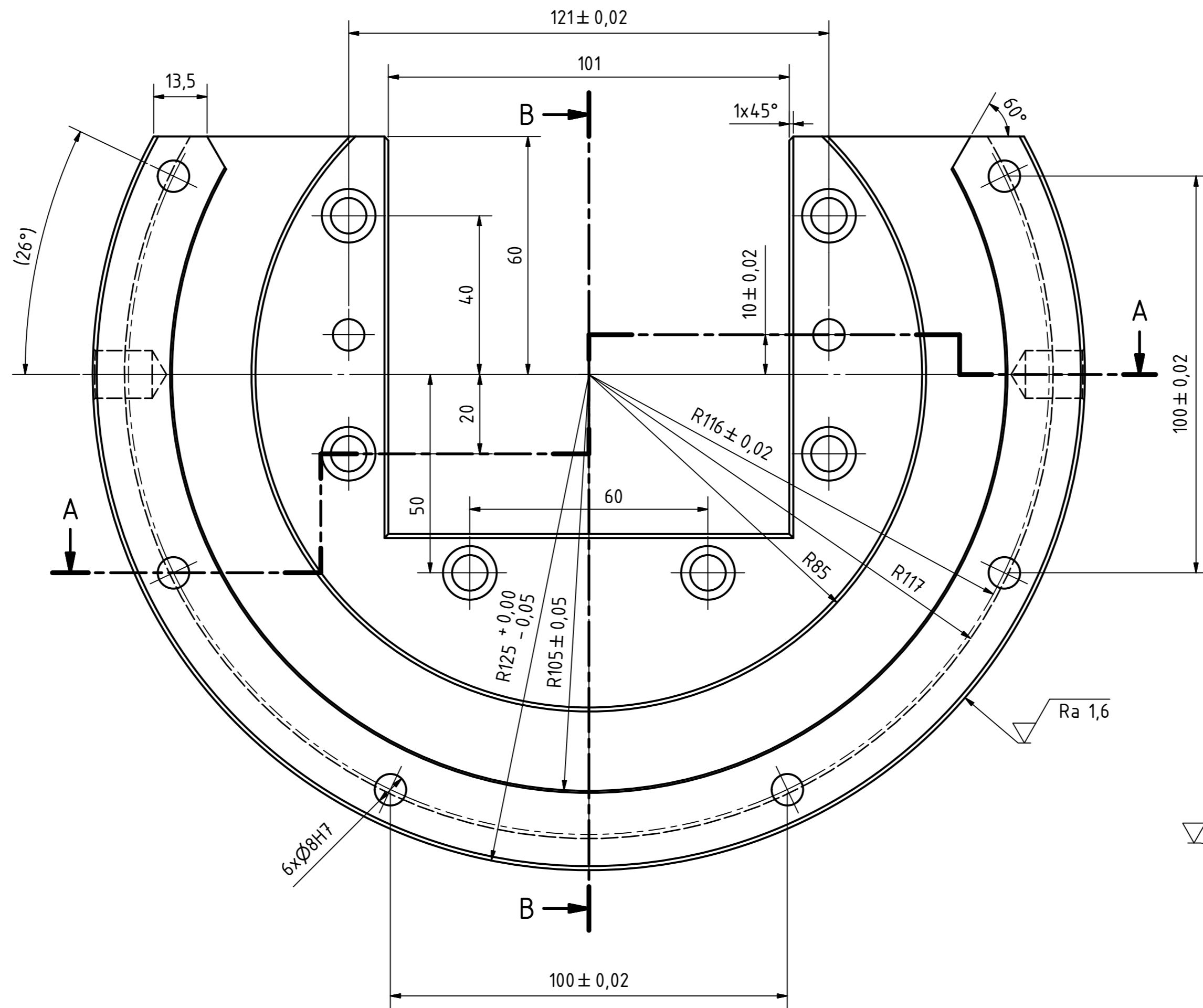
B-B (1 : 1)



A-A (1 : 1)



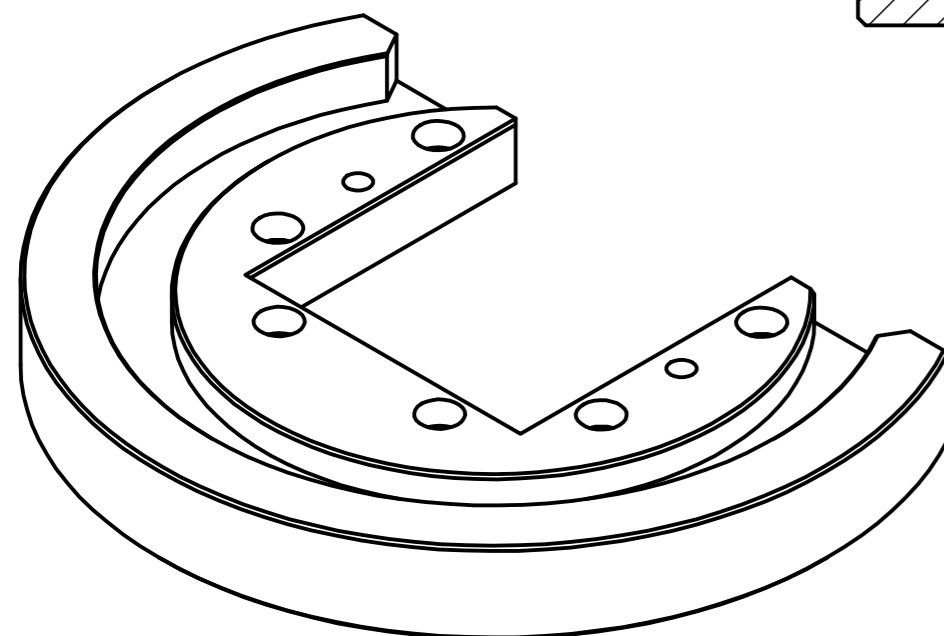
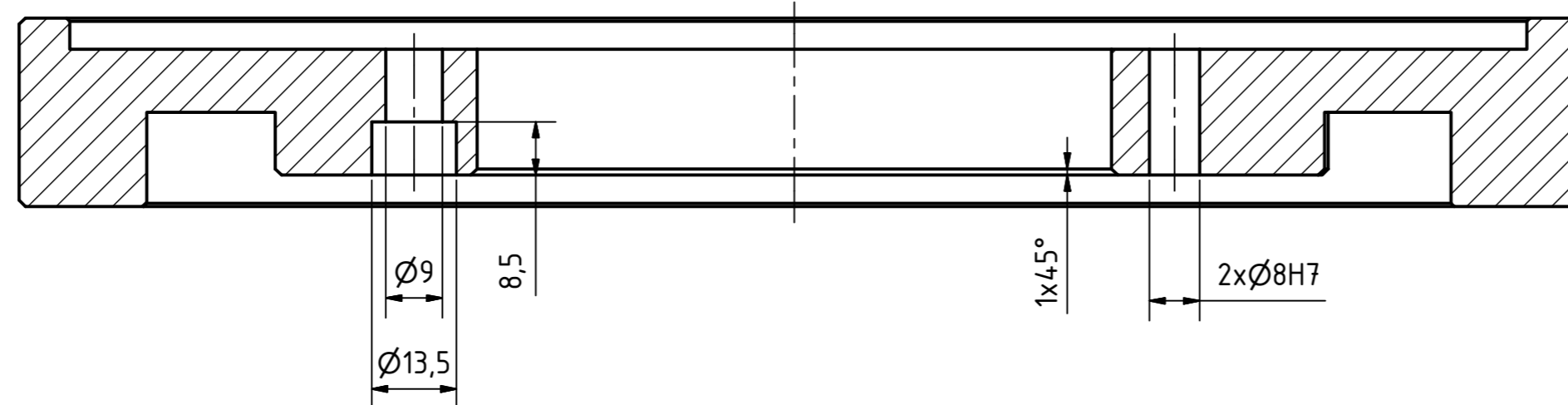
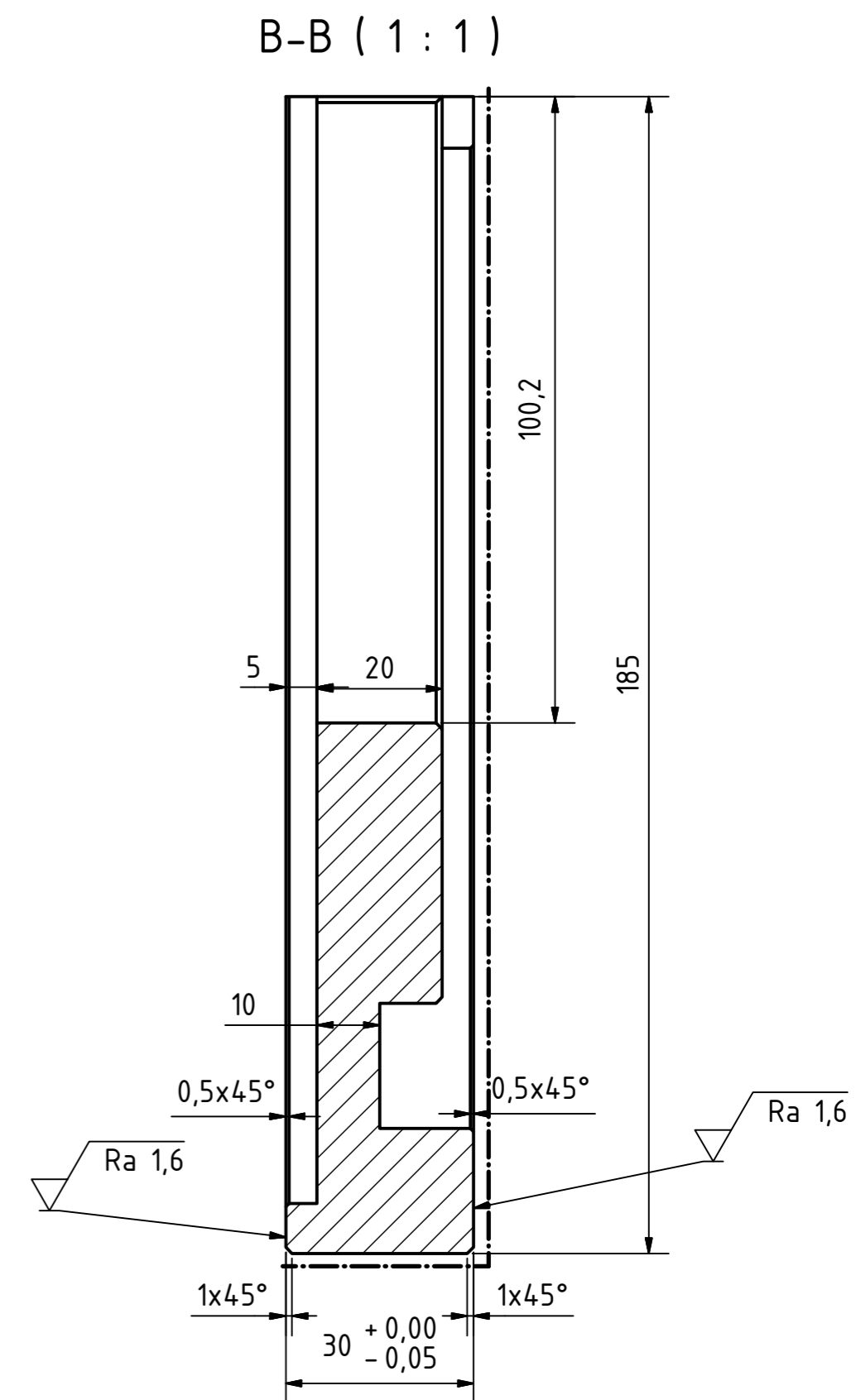
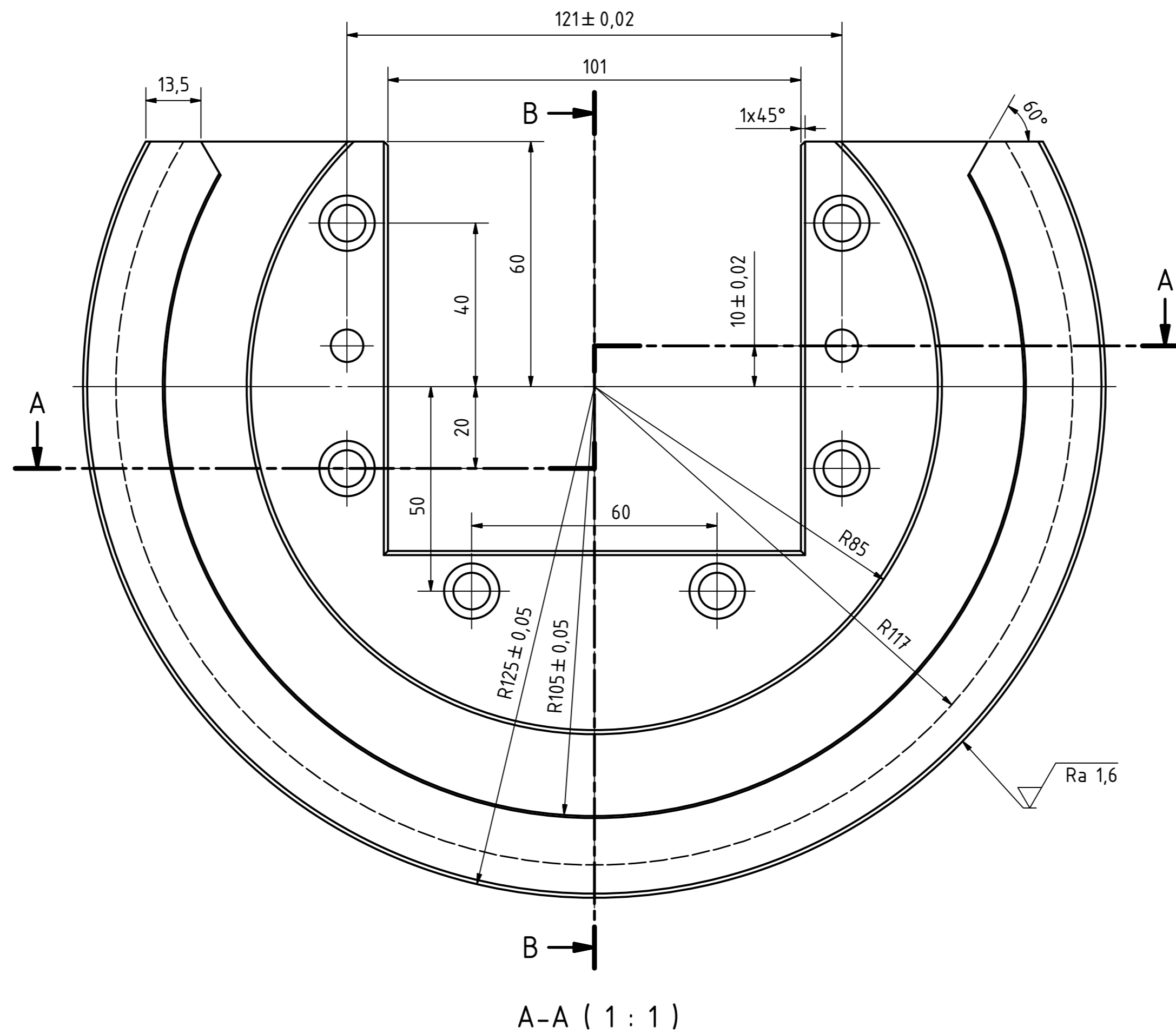
| | | | |
|---|---------------------------------|-------------------------------------|---------------------------|
| Textura povrchu Ra 3,2 (✓) | Hrany ISO 13715 -0,4 +0,4 | Měřítko 1:1 | Přesnost ISO 2768 - mK |
| | | Hmotnost (kg) 2,051 kg | Tolerování ISO 8015 |
| | | | Promítání ☑ |
| Materiál - Polotovár Výpalek 22x105x245 S355J2+N (1.0577) dle EN 10025-2 | | Formát A2 | |
| FAKULTA STROJNÍ ZÁPADOČESKÉ UNIVERZITY V PLZNI | Kreslil M.Povolný | Název BOČNICE | |
| | Datum 27.4.2016 | Číslo dokumentu BP KTO 16 - 02/2 | |
| KTO KATEDRA TECHNOLÓGIE OBRÁBĚNÍ | Schválil | Druh dokumentu VÝROBNÍ VÝKRES | |
| | Datum | List 1 List 1 | |



$6 \times \text{Ø}8\text{H}7$ STRUŽIT 12

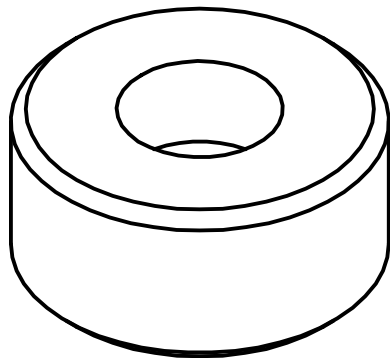
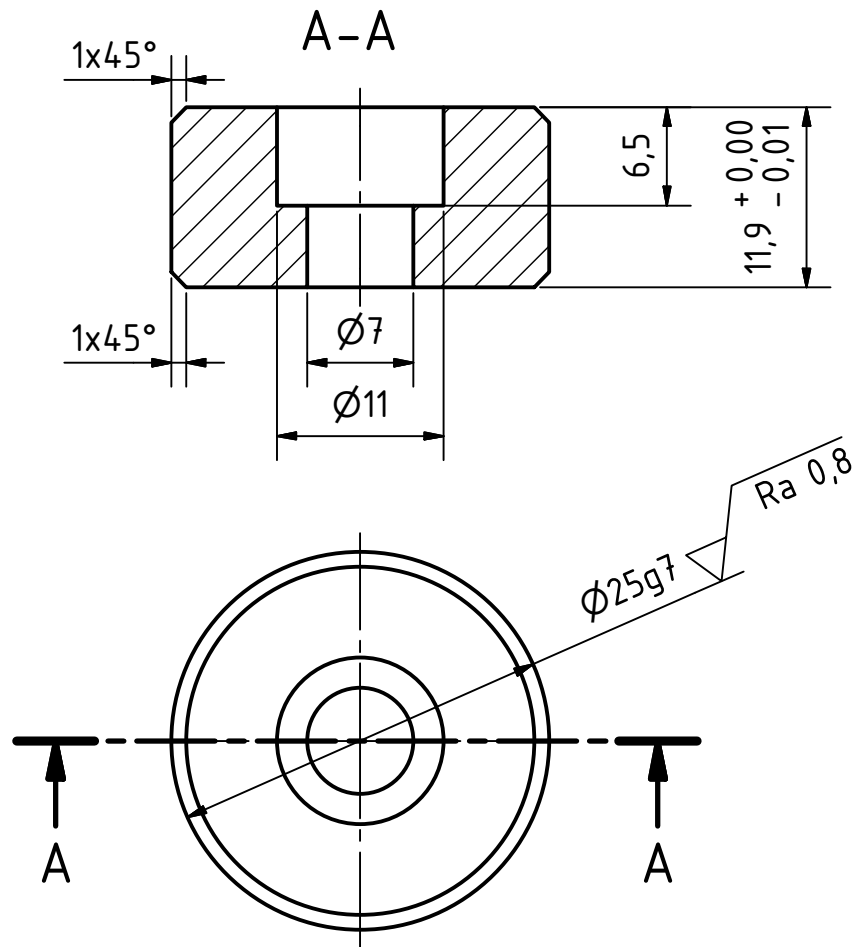
----- Přídavek na obrobení po sestavení 0,5 mm
 Rozměr $30^{+0,0}_{-0,05}$ a $R125^{+0,0}_{-0,05}$ zhotovit na čisto po sestavení

| | | | |
|---|----------------------------------|-------------------------------------|---------------------------|
| Textura povrchu $\sqrt{Ra 3,2}$ (✓) | Hrany ISO 13715 $-0,4$ $+0,4$ | Měřítko 1:1 | Přesnost ISO 2768 - mK |
| | | Hmotnost (kg) 4,204 kg | Tolerování ISO 8015 |
| | | | Promítání ☑ |
| Materiál - Polotovár Výpalek čv. BP KTO 16 - 04 S355J2+N (1.0577) dle EN 10025-2 | | | Formát A2 |
| FAKULTA STROJNÍ ZÁPADOČESKÉ UNIVERZITY V PLZNI | Kreslil M.Povolný | Název PŘÍRUBA 1 | |
| | Datum 28.4.2016 | Číslo dokumentu BP KTO 16 - 02/3 | |
| KTO KATEDRA TECHNOLÓGIE OBRÁBĚNÍ | Datum | Druh dokumentu VÝROBNÍ VÝKRES | |

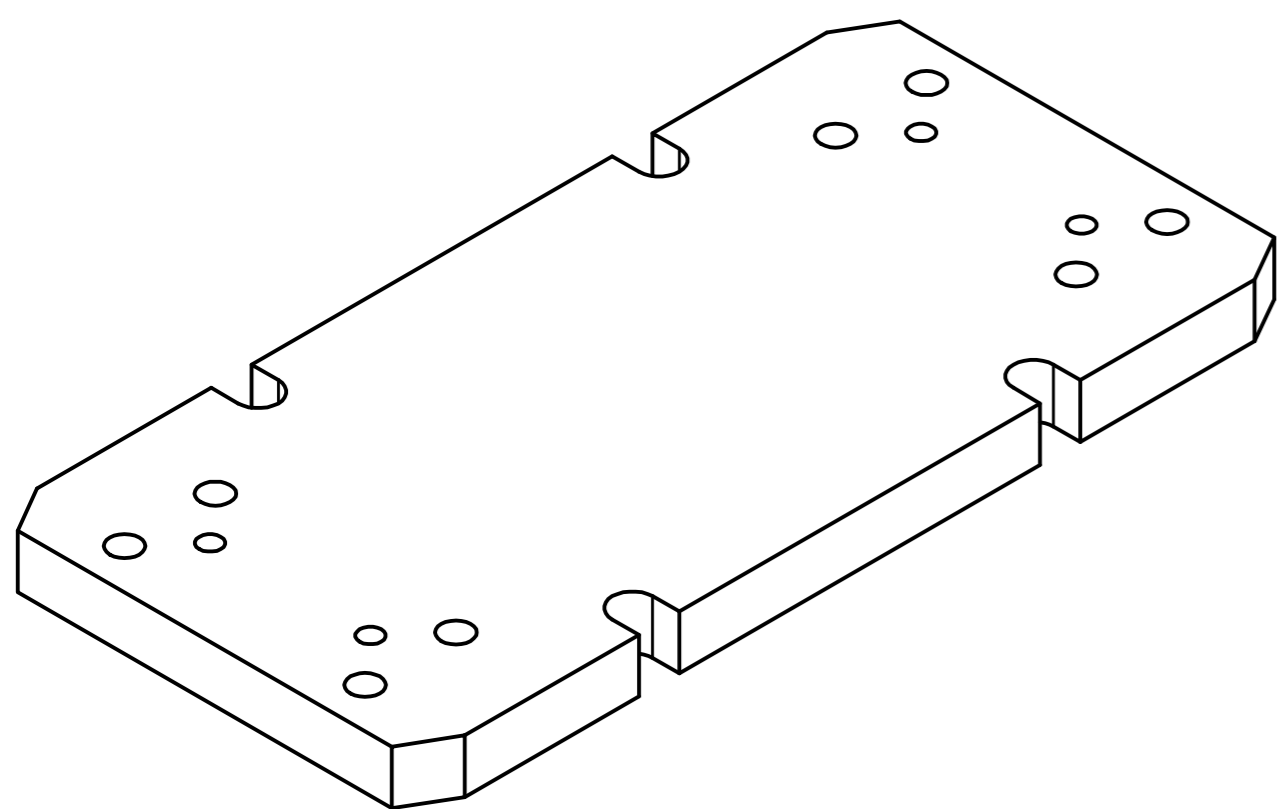
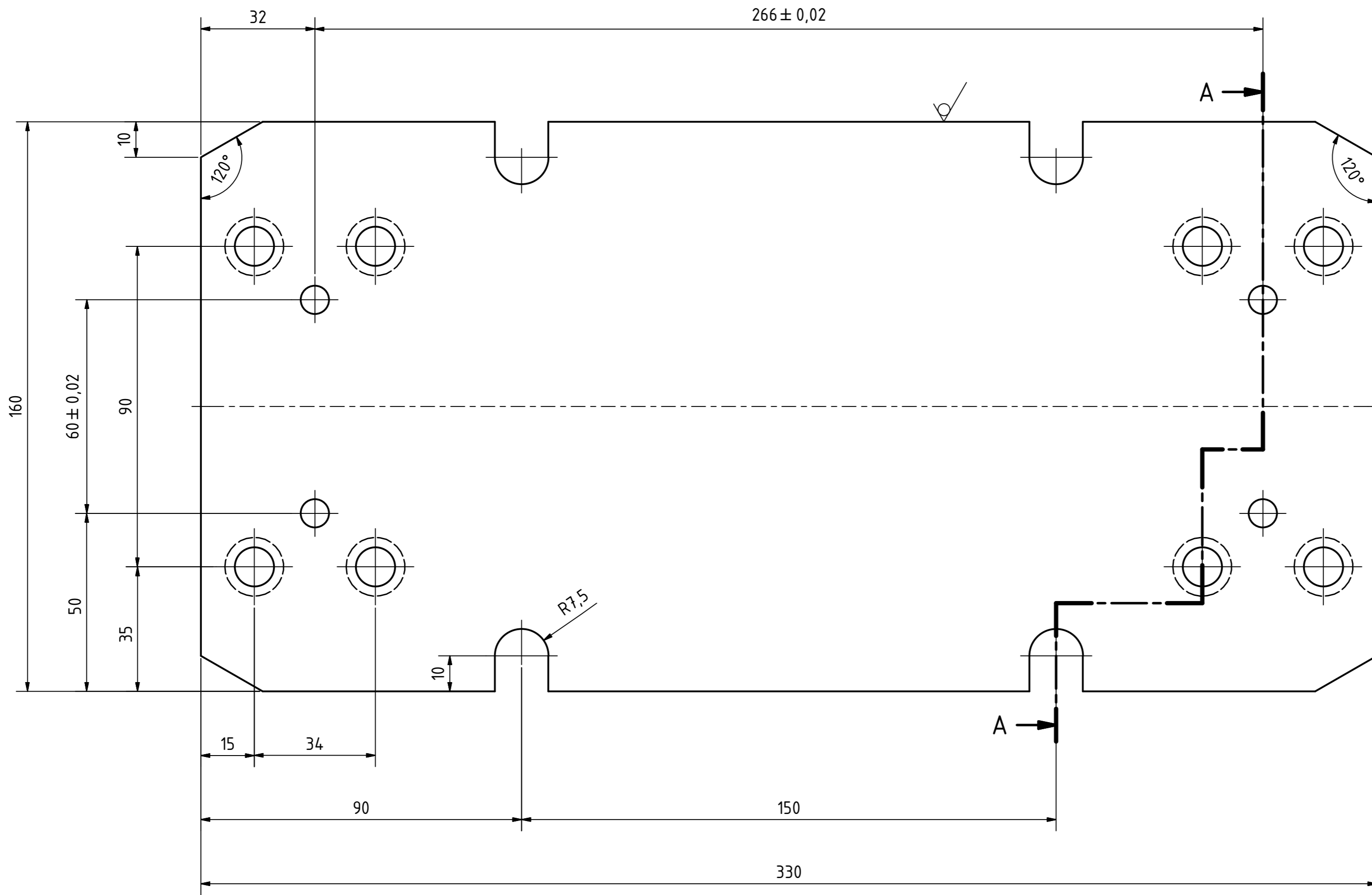


----- Přídavek na obrábění po sestavení 0,5 mm
 Rozměr $30^{+0,0}_{-0,05}$ a $R125^{+0,0}_{-0,05}$ zhotovit na čisto po sestavení

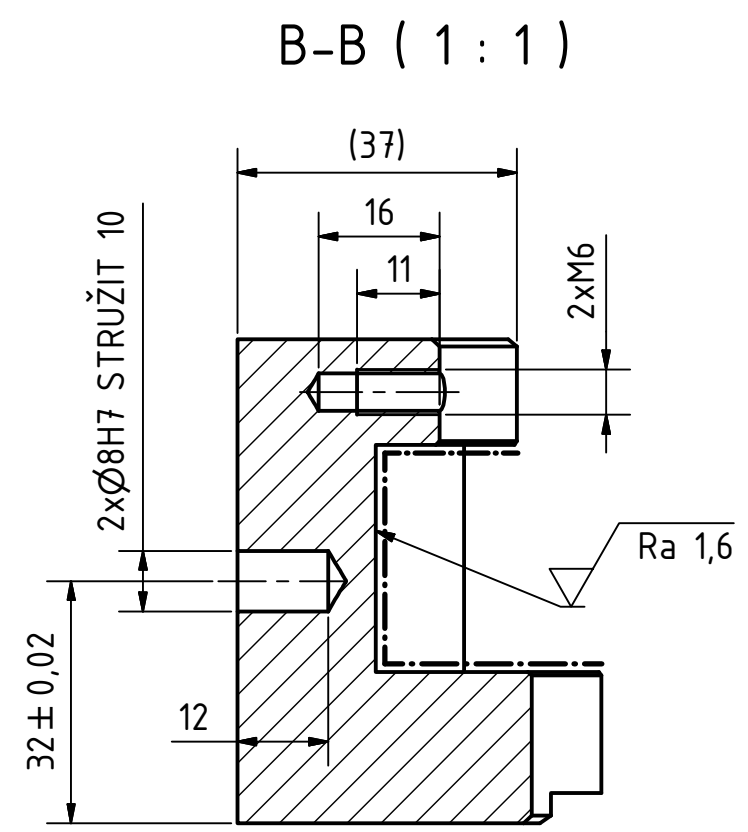
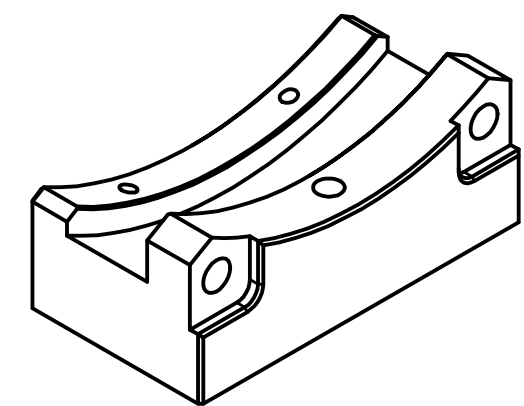
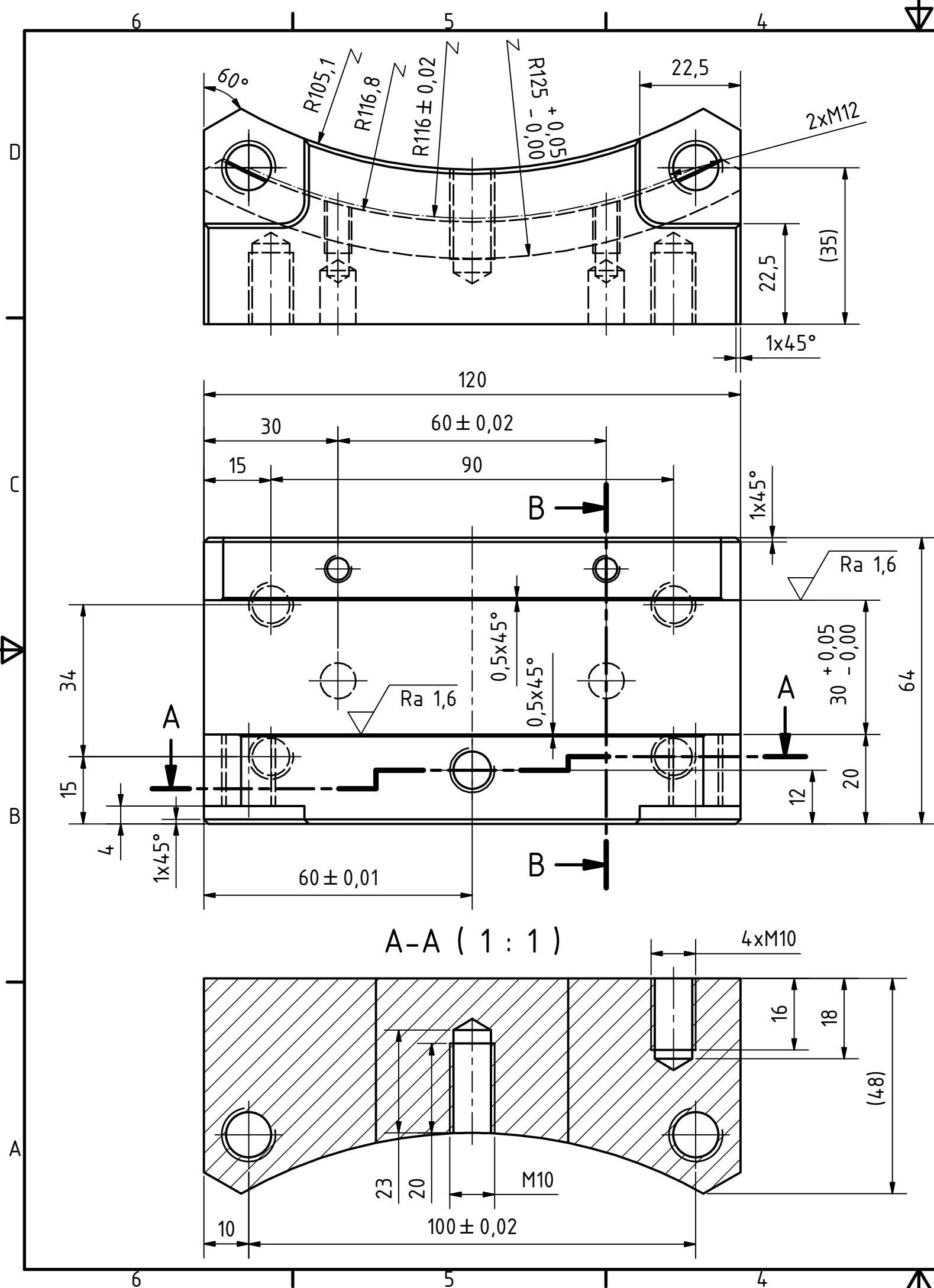
| | | | |
|---|----------------------------------|-------------------------------------|---------------------------|
| Textura povrchu $\sqrt{Ra\ 3,2}$ (✓) | Hrany ISO 13715 -0,4 +0,4 | Měřítko 1:1 | Přesnost ISO 2768 - mK |
| Materiál - Polotovár Výpalek č.v. BP KTO 16 -04 S355J2+N (1.0577) dle EN 10025-2 | Kreslil M.Povolný | Hmotnost (kg) 4,269 kg | Tolerování ISO 8015 |
| Formát A2 | Datum 29.4.2016 | Název PŘÍRUBA 2 | Promítání ☑ |
| FAKULTA STROJNÍ ZÁPADOČESKÉ UNIVERZITY V PLZNI | Schválil | Číslo dokumentu BP KTO 16 - 02/4 | |
| KTO KATEDRA TECHNOLÓGIE OBRÁBĚNÍ | Druh dokumentu VÝROBNÍ VÝKRES | | |



| | | | |
|---|--|----------------------------------|--|
| Textura povrchu | Hrany ISO 13715 | Měřítko 1:1 | Přesnost ISO 2768 - mK |
| | | Hmotnost (kg) 0,039 kg | Tolerování ISO 8015 |
| Materiál - Polotovár KR 28-15 C45 (1.0503) dle EN 10083-2 | | Promítání | |
| Kreslil M.Povolný Datum 27.4.2016 | | Formát A4 | |
| | Schválil Datum Druh dokumentu VÝROBNÍ VÝKRES | | Název STŘEDÍCÍ ČEP |
| | KTO KATEDRA TECHNOLOGIE OBRÁBĚNÍ | | Číslo dokumentu BP KTO 16 - 02/5 |

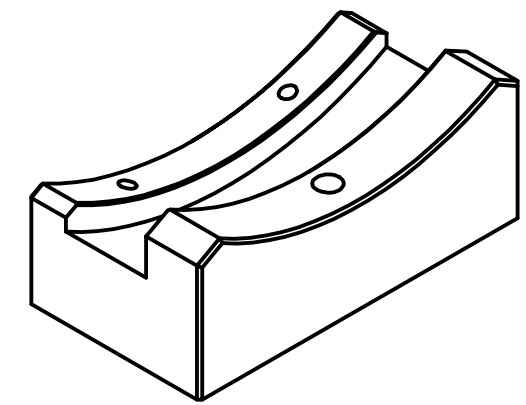
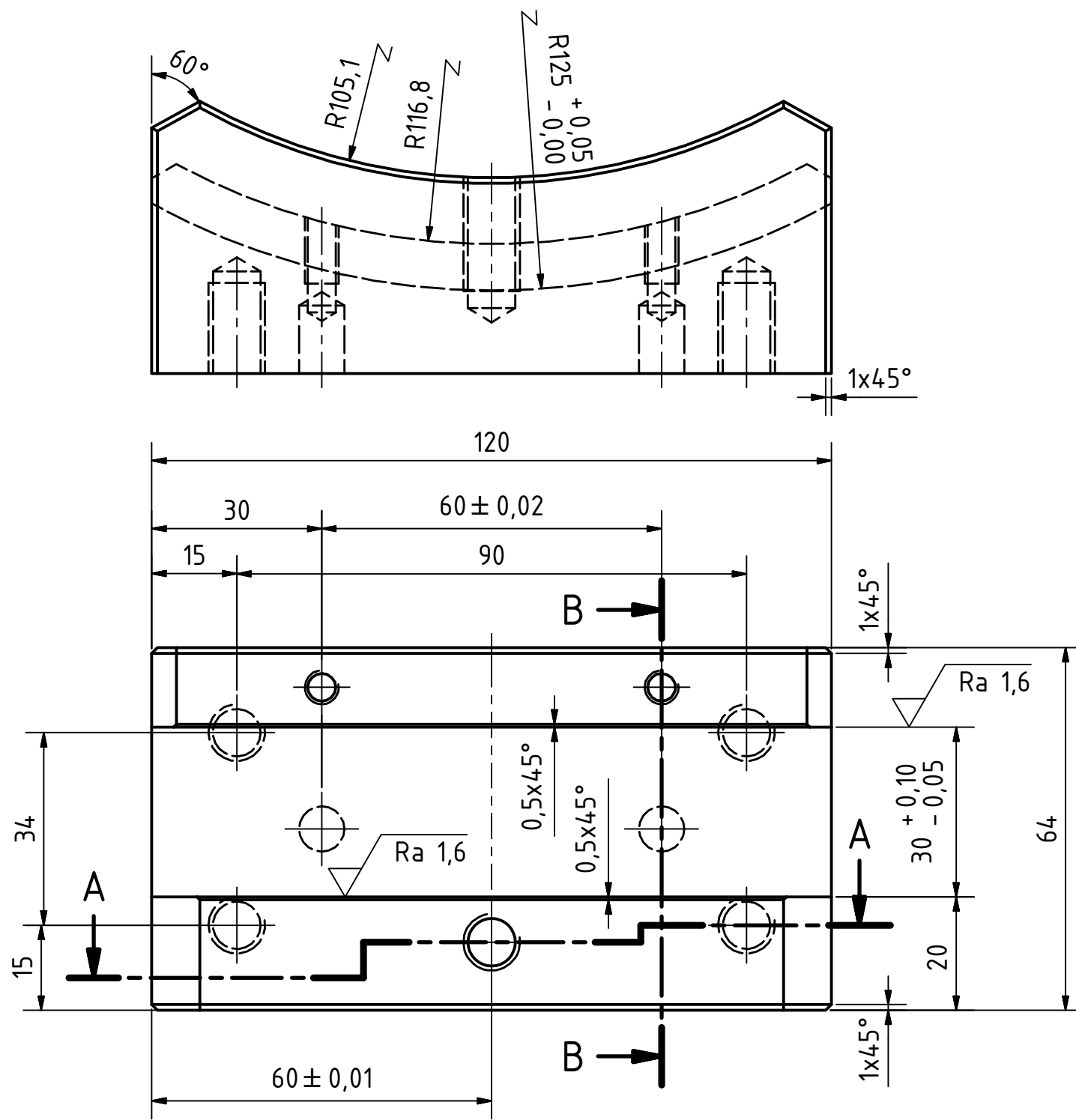


| | | | |
|---|---------------------------------|--------------------------------------|---------------------------|
| Textura povrchu Ra 3,2 (✓) | Hrany ISO 13715 -0,4 +0,4 | Měřítko 1:1 | Přesnost ISO 2768 - mK |
| | | Hmotnost (kg) 7,856 kg | Tolerování ISO 8015 |
| | | | Promítání ☑ |
| Materiál - Polotovár Výpalek 22x160x330 S355J2+N (1.0577) dle EN 10025-2 | | Formát A2 | |
| | Kreslil M.Povolný | Název ZÁKLADNÍ DESKA | |
| | Datum 29.4.2016 | Číslo dokumentu BP KTO 16 - 03/01 | |
| KTO KATEDRA TECHNOLÓGIE OBRÁBĚNÍ | Schválil | | |
| | Datum | | |
| Druh dokumentu VÝROBNÍ VÝKRES | | | |

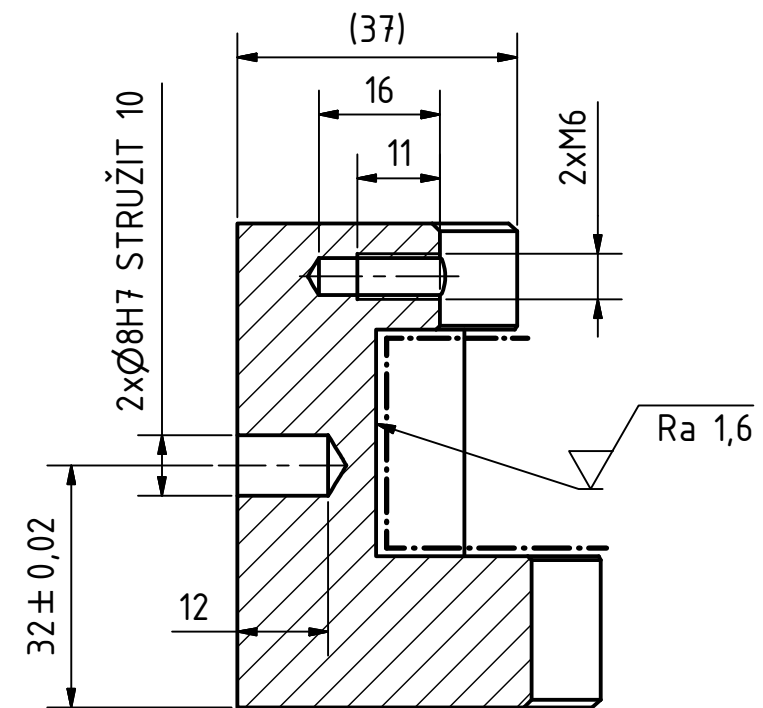


----- Příklad na obrobení po sestavení 0,5 mm
 Rozměr 30^{+0,05}_{-0,00} a R125^{+0,05}_{-0,00} zhotovit na čisto po sestavení

| | | | |
|---|--------------------------------------|---------------------------|---------------------------|
| Textura povrchu | Hrany ISO 13715 | Měřítko 1:1 | Přesnost ISO 2768 - mK |
| Materiál - Polotovár PLO 70x50-130 C45 (1.0503) dle EN 10083-2 | | Hmotnost (kg) 1,565 kg | Tolerování ISO 8015 |
| Kreslil M.Povolný Datum 30.4.2016 | | Formát A3 | |
| Schválil Datum | Název VEDENÍ 1 | | |
| Druh dokumentu VÝROBNÍ VÝKRES | Číslo dokumentu BP KTO 16 - 03/02 | | |

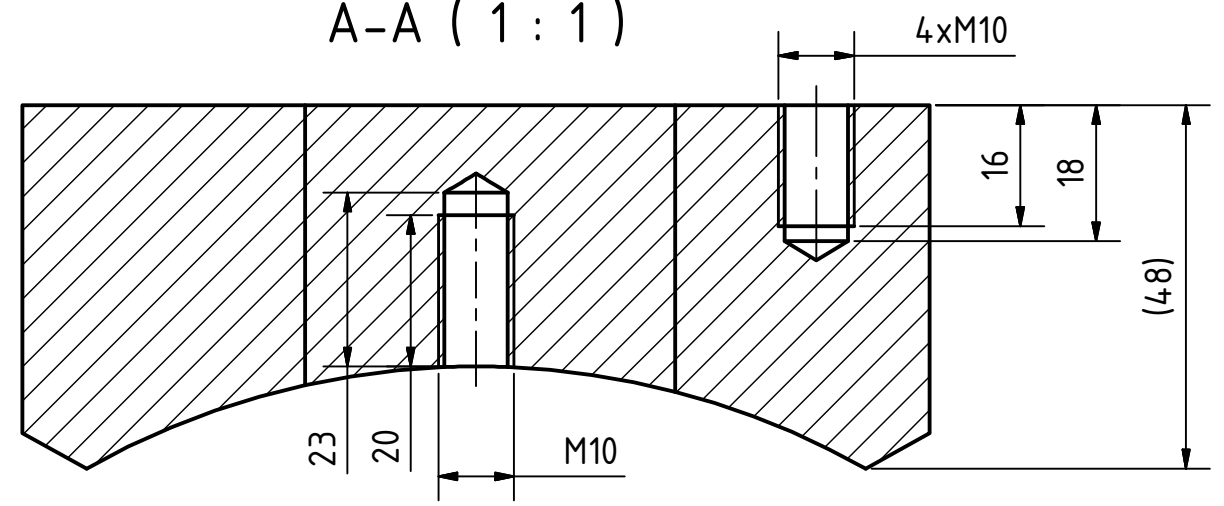


B-B (1 : 1)

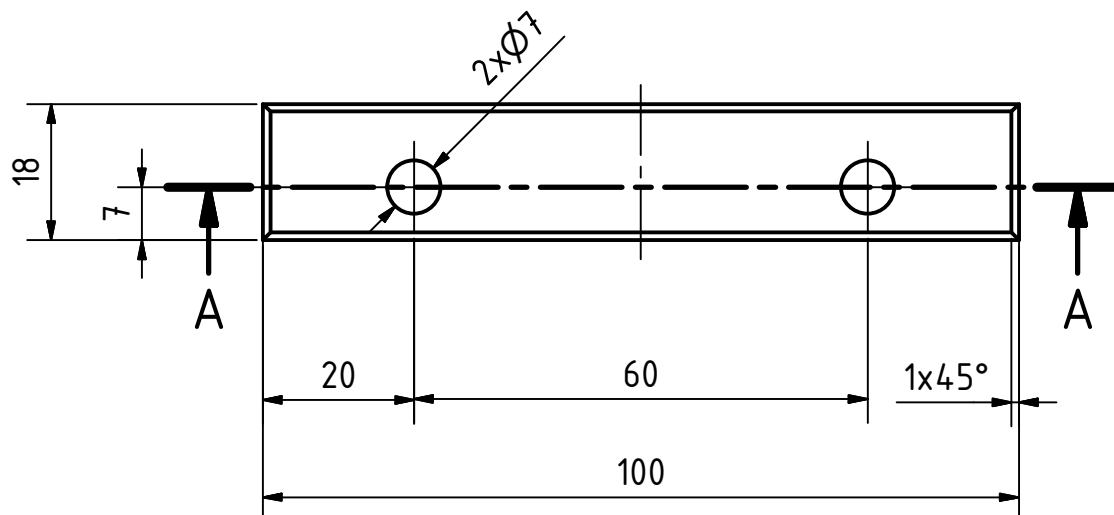
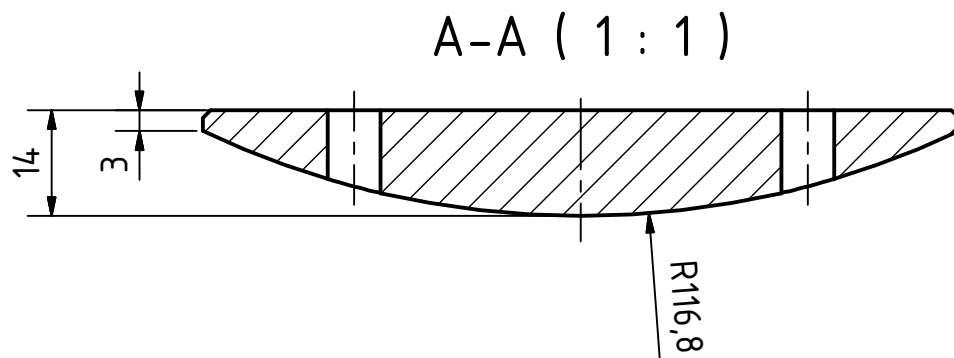


----- Příklad na obrobení po sestavení 0,5 mm
 Rozměr $30^{+0,10}_{-0,05}$ a $R125^{+0,05}_{-0,00}$ zhotovit na čisto po sestavení

A-A (1 : 1)

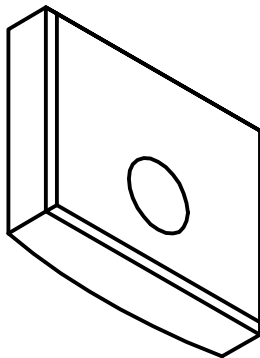
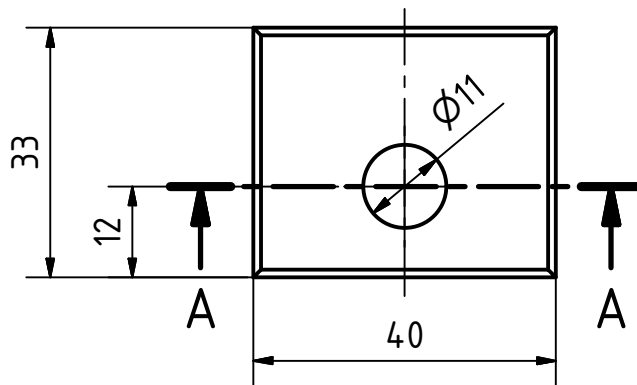
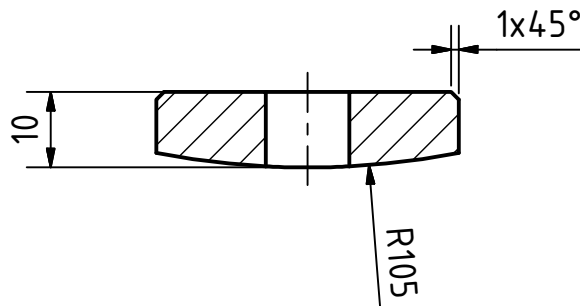


| | | | |
|---|----------------------------------|--------------------------------------|---------------------------|
| Textura povrchu | Hrany ISO 13715 | Měřítko 1:1 | Přesnost ISO 2768 - mK |
| Materiál - Polotovár PLO 70x50-130 C45 (1.0503) dle EN 10083-2 | | Hmotnost (kg) 1,617 kg | Tolerování ISO 8015 |
| Formát A3 | | Název VEDENÍ 2 | |
| Kreslil M.Povolný Datum 30.4.2016 | Schválil Datum | Číslo dokumentu BP KTO 16 - 03/03 | |
| KTO KATEDRA TECHNOLOGIE OBRÁBĚNÍ | Druh dokumentu VÝROBNÍ VÝKRES | | List 1 Listů 1 |



| | | | |
|--|------------------------------|-----------------|---------------|
| Textura povrchu | Hrany ISO 13715 | Měřítko | Přesnost |
| | | 1:1 | ISO 2768 - mK |
| | | Hmotnost (kg) | Tolerování |
| | | 0,139 kg | ISO 8015 |
| | | Promítání | |
| Materiál - Polotovár 4HR 20-110 S355J2C+C (1.0579) dle EN 10277-2 | | Formát | |
| | | A4 | |
| | Kreslil | Název | |
| | M.Povolný | PŘÍLOŽKA | |
| | Datum | Číslo dokumentu | |
| 30.4.2016 | BP KTO 16 - 03/04 | | |
| Schválil | Druh dokumentu | | |
| Datum | VÝROBNÍ VÝKRES | | |
| KTO | KATEDRA TECHNOLOGIE OBRÁBĚNÍ | | |

A-A (1 : 1)



| | | | |
|--|----------------------------------|--|--------------------------------------|
| Textura povrchu | Hrany ISO 13715 | Měřítko 1:1 | Přesnost ISO 2768 - mK |
| | | Hmotnost (kg) 0,089 kg | Tolerování ISO 8015 |
| Materiál - Polotovár PLO 35x15-45 C45 (1.0503) dle EN 10083-2 | | Promítání | |
| Formát A4 | | Kreslil M.Povolný Datum 30.4.2016 | |
| FAKULTA STROJNÍ ZÁPADOČESKÉ UNIVERZITY V PLZNI | Schválil Datum | | Název UPÍNKA |
| | Druh dokumentu VÝROBNÍ VÝKRES | | Číslo dokumentu BP KTO 16 - 03/05 |
| KTO KATEDRA TECHNOLOGIE OBRÁBĚNÍ | | List 1 Listů 1 | |