

# Konstrukce poloautomatické vysokorychlostní vrtačky

Pavel Sasin

---

Bakalářská práce  
2014

 Univerzita Tomáše Bati ve Zlíně  
Fakulta technologická

---

Univerzita Tomáše Bati ve Zlíně

Fakulta technologická

Ústav výrobního inženýrství

akademický rok: 2013/2014

## ZADÁNÍ BAKALÁŘSKÉ PRÁCE

(PROJEKTU, UMĚLECKÉHO DÍLA, UMĚLECKÉHO VÝKONU)

Jméno a příjmení: **Pavel SASIN**  
Osobní číslo: **T10110**  
Studijní program: **B3909 Procesní inženýrství**  
Studijní obor: **Technologická zařízení**  
Forma studia: **kombinovaná**

Téma práce: **Konstrukce poloautomatické vysokorychlostní vrtačky**

Zásady pro vypracování:

1. Provedte literární studii
2. Vypracujte návrhovou sestavu vrtačky
3. Zhotovte výrobní dokumentaci
4. Provedte ekonomické zhodnocení

Rozsah bakalářské práce:

Rozsah příloh:

Forma zpracování bakalářské práce: **tištěná/elektronická**

Seznam odborné literatury:

**Dle doporučení vedoucího bakalářské práce**

Vedoucí bakalářské práce:

**Ing. František Volek, CSc.**

Ústav výrobního inženýrství

Datum zadání bakalářské práce:

**10. února 2014**

Termín odevzdání bakalářské práce:

**23. května 2014**

Ve Zlíně dne 10. února 2014

  
doc. Ing. Roman Čermák, Ph.D.  
*děkan*



  
prof. Ing. Berenika Hausnerová, Ph.D.  
*ředitel ústavu*

Příjmení a jméno: **Sasin Pavel** .....

Technologická zařízení  
Obor: .....

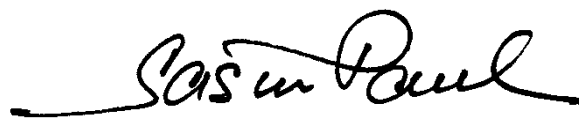
## PROHLÁŠENÍ

Prohlašuji, že

- beru na vědomí, že odevzdáním diplomové/bakalářské práce souhlasím se zveřejněním své práce podle zákona č. 111/1998 Sb. o vysokých školách a o změně a doplnění dalších zákonů (zákon o vysokých školách), ve znění pozdějších právních předpisů, bez ohledu na výsledek obhajoby <sup>1)</sup>;
- beru na vědomí, že diplomová/bakalářská práce bude uložena v elektronické podobě v univerzitním informačním systému dostupná k nahlédnutí, že jeden výtisk diplomové/bakalářské práce bude uložen na příslušném ústavu Fakulty technologické UTB ve Zlíně a jeden výtisk bude uložen u vedoucího práce;
- byl/a jsem seznámen/a s tím, že na moji diplomovou/bakalářskou práci se plně vztahuje zákon č. 121/2000 Sb. o právu autorském, o právech souvisejících s právem autorským a o změně některých zákonů (autorský zákon) ve znění pozdějších právních předpisů, zejm. § 35 odst. 3 <sup>2)</sup>;
- beru na vědomí, že podle § 60 <sup>3)</sup> odst. 1 autorského zákona má UTB ve Zlíně právo na uzavření licenční smlouvy o užití školního díla v rozsahu § 12 odst. 4 autorského zákona;
- beru na vědomí, že podle § 60 <sup>3)</sup> odst. 2 a 3 mohu užít své dílo – diplomovou/bakalářskou práci nebo poskytnout licenci k jejímu využití jen s předchozím písemným souhlasem Univerzity Tomáše Bati ve Zlíně, která je oprávněna v takovém případě ode mne požadovat přiměřený příspěvek na úhradu nákladů, které byly Univerzitou Tomáše Bati ve Zlíně na vytvoření díla vynaloženy (až do jejich skutečné výše);
- beru na vědomí, že pokud bylo k vypracování diplomové/bakalářské práce využito softwaru poskytnutého Univerzitou Tomáše Bati ve Zlíně nebo jinými subjekty pouze ke studijním a výzkumným účelům (tedy pouze k nekomerčnímu využití), nelze výsledky diplomové/bakalářské práce využít ke komerčním účelům;
- beru na vědomí, že pokud je výstupem diplomové/bakalářské práce jakýkoliv softwarový produkt, považují se za součást práce rovněž i zdrojové kódy, popř. soubory, ze kterých se projekt skládá. Neodevzdání této součásti může být důvodem k neobhájení práce.

**04.04.2014**

Ve Zlíně .....



.....

---

<sup>1)</sup> zákon č. 111/1998 Sb. o vysokých školách a o změně a doplnění dalších zákonů (zákon o vysokých školách), ve znění pozdějších právních předpisů, § 47 Zveřejňování závěrečných prací:

(1) Vysoká škola nevydělečně zveřejňuje disertační, diplomové, bakalářské a rigorózní práce, u kterých proběhla obhajoba, včetně posudků oponentů a výsledku obhajoby prostřednictvím databáze kvalifikačních prací, kterou spravuje. Způsob zveřejnění stanoví vnitřní předpis vysoké školy.

(2) Disertační, diplomové, bakalářské a rigorózní práce odevzdané uchazečem k obhajobě musí být též nejméně pět pracovních dnů před konáním obhajoby zveřejněny k nahlížení veřejnosti v místě určeném vnitřním předpisem vysoké školy nebo není-li tak určeno, v místě pracoviště vysoké školy, kde se má konat obhajoba práce. Každý si může ze zveřejněné práce pořizovat na své náklady výpisy, opisy nebo rozmnoženiny.

(3) Platí, že odevzdáním práce autor souhlasí se zveřejněním své práce podle tohoto zákona, bez ohledu na výsledek obhajoby.

<sup>2)</sup> zákon č. 121/2000 Sb. o právu autorském, o právech souvisejících s právem autorským a o změně některých zákonů (autorský zákon) ve znění pozdějších právních předpisů, § 35 odst. 3:

(3) Do práva autorského také nezasahuje škola nebo školské či vzdělávací zařízení, užije-li nikoli za účelem přímého nebo nepřímého hospodářského nebo obchodního prospěchu k výuce nebo k vlastní potřebě dílo vytvořené žákem nebo studentem ke splnění školních nebo studijních povinností vyplývajících z jeho právního vztahu ke škole nebo školskému či vzdělávacího zařízení (školní dílo).

<sup>3)</sup> zákon č. 121/2000 Sb. o právu autorském, o právech souvisejících s právem autorským a o změně některých zákonů (autorský zákon) ve znění pozdějších právních předpisů, § 60 Školní dílo:

(1) Škola nebo školské či vzdělávací zařízení mají za obvyklých podmínek právo na uzavření licenční smlouvy o užití školního díla (§ 35 odst. 3). Odpirá-li autor takového díla udělit svolení bez vážného důvodu, mohou se tyto osoby domáhat nahrazení chybějícího projevu jeho vůle u soudu. Ustanovení § 35 odst. 3 zůstává nedotčeno.

(2) Není-li sjednáno jinak, může autor školního díla své dílo užít či poskytnout jinému licenci, není-li to v rozporu s oprávněnými zájmy školy nebo školského či vzdělávacího zařízení.

(3) Škola nebo školské či vzdělávací zařízení jsou oprávněny požadovat, aby jim autor školního díla z výdělku jím dosaženého v souvislosti s užitím díla či poskytnutím licence podle odstavce 2 přiměřeně přispěl na úhradu nákladů, které na vytvoření díla vynaložily, a to podle okolností až do jejich skutečné výše; přitom se přihlédne k výši výdělku dosaženého školou nebo školským či vzdělávacím zařízením z užití školního díla podle odstavce 1.

## **ABSTRAKT**

Cílem této bakalářské práce je navrhnout a zkonstruovat jednoúčelové vrtací zařízení pro vrtání díry definovaného tvaru a přesnosti.

Teoretická část práce je souhrnně věnována technologiím v různých oblastech vrtání, požadavkům na jednotlivá vrtací zařízení včetně jejich konstrukce a nevhodnějšího použití. Jsou zde specifikovány principy tvoření a odvádění třísek, materiálové vlastnosti nástrojů i obrobků. Praktická část se zabývá návrhem a konstrukcí vrtacího zařízení dle specifických požadavků výrobního oddělení, doplněnou potřebnými výpočty, porovnáním výhod a nevýhod s běžně dostupnými vrtacími stroji.

Klíčová slova: vrtání, vrtačka, vrták, pneumatický obvod, pneumatický válec, pneumatický rozvaděč

## **ABSTRACT**

Objective this bachelor thesis is design and construction single-purpose drill devices for drilling hole of determined shape and accuracy.

The theoretical part is devoted to collectively technologies in various fields of drilling, drilling requirements for individual facilities, including the construction and best use. There are specified principles of formation and sliver flow, material properties of tools and workpieces. The practical part deals with the design and construction of drilling equipment according to specific requirements of the production department, accompanied by the necessary calculations, comparing the advantages and disadvantages with commercially available drilling machine.

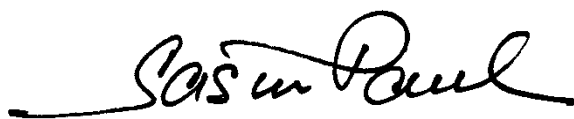
Keywords: drilling, drilling-machine, drill, pneumatic circuit, pneumatic cylinder, pneumatic switchboard

## Poděkování

Děkuji tímto svému vedoucímu práce ing. Františku Volkovi, CSc. za cenné připomínky, rady a korekturu po dobu zpracování bakalářské práce.

Současně děkuji mé rodině a mým blízkým za trpělivost a podporu.

Prohlašuji, že odevzdaná verze bakalářské/diplomové práce a verze elektronická nahraná do IS/STAG jsou totožné.

A handwritten signature in black ink, reading 'Sasin Pavel', written in a cursive style. The signature is positioned above a horizontal dotted line.

Pavel Sasin

## OBSAH

<b>1</b>	<b>ÚVOD</b> .....	<b>10</b>
<b>I</b>	<b>TEORETICKÁ ČÁST</b> .....	<b>11</b>
<b>2</b>	<b>HISTORIE</b> .....	<b>12</b>
<b>3</b>	<b>VRTÁNÍ</b> .....	<b>14</b>
3.1	VRTÁNÍ A VYVRTÁVÁNÍ .....	14
3.2	DOKONČOVACÍ METODY .....	14
3.3	METODY VRTÁNÍ.....	15
3.4	ZÁKLADNÍ CHARAKTERISTIKA VRTÁNÍ.....	15
3.4.1	Kinematika vrtání.....	15
3.4.2	Princip tvoření třísky.....	16
3.4.3	Řezné odpory a síly .....	19
3.4.4	Řezné podmínky.....	21
3.4.5	Řezné kapaliny .....	21
<b>4</b>	<b>VRTACÍ NÁSTROJE</b> .....	<b>22</b>
4.1	ROZDĚLENÍ VRTACÍCH NÁSTROJŮ.....	22
4.2	GEOMETRIE ZÁKLADNÍCH ČÁSTÍ A KONSTRUKCE VRTÁKŮ .....	25
4.3	UPÍNÁNÍ VRTÁKŮ .....	29
4.4	MATERIÁLY VRTÁKŮ.....	30
4.5	OSTŘENÍ VRTÁKŮ .....	30
<b>5</b>	<b>VRTACÍ STROJE (VRTAČKY)</b> .....	<b>32</b>
5.1	ROZDĚLENÍ VRTAČEK .....	32
5.2	KONSTRUKČNÍ ČÁSTI VRTACÍCH STROJŮ .....	35
5.3	RÁM .....	35
5.3.1	Tuhost rámu .....	36
5.3.2	Kmitání v obráběcích strojích .....	37
5.3.3	Síly a momenty statické - převodové ústrojí.....	38
5.3.4	Síly a momenty dynamické - převodové ústrojí .....	38
5.4	POHONY OBRÁBĚCÍCH STROJŮ.....	38
5.4.1	Změny rychlosti, způsoby změny rychlosti .....	38
5.5	VŘETENO .....	40
<b>II</b>	<b>PRAKTICKÁ ČÁST</b> .....	<b>41</b>
<b>6</b>	<b>CÍL BAKALÁŘSKÉ PRÁCE</b> .....	<b>42</b>
6.1	POŽADAVEK NA OPERACI .....	42
<b>7</b>	<b>CHARAKTERISTIKA PROCESU RENOVAČE</b> .....	<b>44</b>
7.1	ROZDĚLENÍ TISKOVÝCH KAZET .....	44
7.2	INTRODUCTORY VS. STANDARD .....	45
7.3	HP 364.....	46
7.4	EPSON T07XX.....	50
<b>8</b>	<b>NÁVRH VRTACÍHO ZAŘÍZENÍ</b> .....	<b>52</b>
8.1	VOLBA KOMPONENTŮ .....	53
8.1.1	Rám .....	53



8.1.2	Rám pro lineární vedení .....	54
8.1.3	Posuv vrtacího zařízení .....	54
8.1.4	Držák vrtacího vřetene .....	55
8.1.5	Vrtací vřeteno .....	55
8.1.6	Pneumatický regulátor .....	56
8.1.7	Pneumatický rozvaděč .....	56
8.1.8	Pneumatický válec .....	57
8.1.9	Škrticí ventil .....	57
8.1.10	Senzory .....	58
8.1.11	Držák kazety .....	58
8.1.12	Nástroj .....	63
8.2	KONSTRUKCE .....	64
8.2.1	Řízení .....	64
8.2.2	Řízení krokového motoru .....	65
8.2.3	Spouštěcí triakové relé .....	65
8.2.4	Pneumatický obvod .....	66
8.2.5	Redukce vibrací .....	71
8.2.6	Krytování .....	72
8.2.7	Montáž .....	72
8.3	VOLBA PODMÍNEK OBRÁBĚNÍ .....	73
8.3.1	Řezná rychlost nástroje .....	73
8.3.2	Posuv na zub nástroje .....	76
8.1	ELEKTROINSTALACE .....	78
8.1.1	Řídicí program PLC 0BA6+DM8 .....	78
8.1.2	Řídicí program krokového motoru .....	81
8.1.3	Elektroinstalace .....	82
8.2	OBSLUHA .....	84
8.2.1	Spuštění stroje .....	84
8.2.2	Pracovní cyklus vrtačky .....	84
<b>9</b>	<b>EKONOMICKÉ ZHODNOCENÍ .....</b>	<b>86</b>
9.1	PŘEDBĚŽNÁ KALKULACE CENY .....	86
<b>10</b>	<b>ZAČLENĚNÍ DO AUTOMATICKÉ LINKY .....</b>	<b>87</b>
10.1	ROTAČNÍ LINKY .....	87
10.2	LINEÁRNÍ LINKY .....	88
	<b>ZÁVĚR .....</b>	<b>89</b>
	<b>SEZNAM POUŽITÉ LITERATURY .....</b>	<b>90</b>
	<b>SEZNAM POUŽITÝCH SYMBOLŮ A ZKRATEK .....</b>	<b>91</b>
	<b>SEZNAM OBRÁZKŮ .....</b>	<b>93</b>
	<b>SEZNAM TABULEK .....</b>	<b>97</b>
	<b>SEZNAM PŘÍLOH .....</b>	<b>98</b>

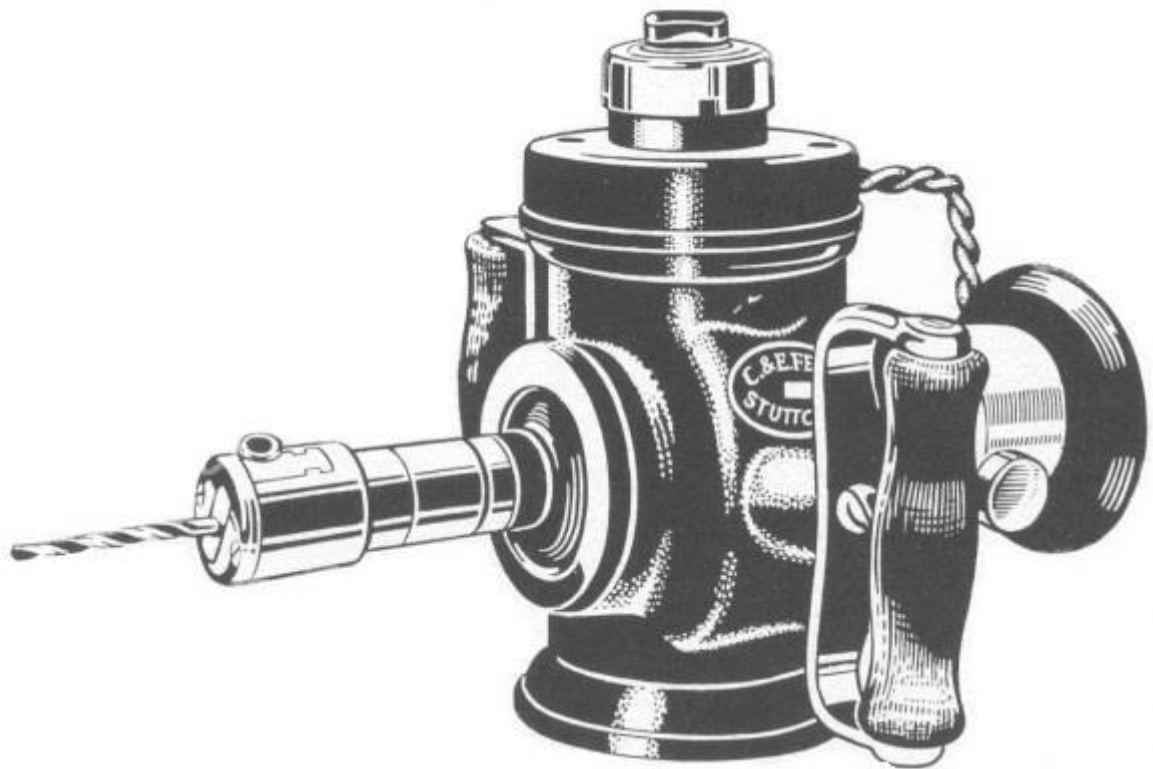
## 1 ÚVOD

ARMOR je francouzská nadnárodní společnost působící po celém světě. Do této skupiny se nedávno dostala i holandská společnost WeCare4, která měla v České republice výrobní oddělení CVM Moravia, nyní Artech Moravia (dále jen Artech). Artech se zabývá renovací inkoustových náplní do tiskáren. Mám možnost být zaměstnancem této společnosti na pozici vývojáře nových výrobních zařízení. Úzce spolupracuji s produktovým inženýrem, který má za úkol uvést nový produkt do výroby. Spolu řešíme možnosti renovace nového produktu a hledáme vhodná řešení. Po zhodnocení všech cenových a realizačních alternativ se nakonec sestaví výrobní proces. Jakmile se definují principy renovace inkoustové náplně, přichází na řadu i nutnost vývoje a konstrukce zařízení pro obsluhu všech výrobních procesů. Splnění všech výrobních požadavků bývá mnohdy obtížný úkol, a proto je vzhledem k obrovské paletě výrobků využito manuální práce a obsluhy. Automatizace se do procesu aplikuje velmi pozvolna, ale vzhledem ke konkurenceschopnosti i to bude nutný krok. Všech těchto zásad jsem využil i při konstrukci vrtacího zařízení.

## **I. TEORETICKÁ ČÁST**

## 2 HISTORIE

Vrtání patří mezi nejstarší způsoby obrábění materiálu, už v době kamenné vznikla smyčcová vrtačka, u níž byl tětivou poháněn vrtací nástroj, vrták. Vrtání zůstávalo po celá stáletí na úrovni ručního obrábění. Pokrok byl učiněn v 15. století použitím vrtačky na dřevo, poháněnou klikovým mechanismem. Na počátku 17. století francouzský inženýr Salomon de Caus navrhl vyvrtávačku poháněnou vodním kolem určenou k výrobě dřevěného vodovodního potrubí z kmenů stromů. První záznamy o vytváření otvorů jsou z roku 1373 z Trieru. Jednalo se o vyvrtávání dělových hlavní. Kolem roku 1500 navrhl geniální konstruktér Leonardo da Vinci svislou i vodorovnou vyvrtávačku dřevěných trub. Z roku 1540 již existuje podrobný popis a vyobrazení vodorovné vyvrtávačky s vodním pohonem. Pokrok v kovoobrábění byl učiněn 1720, kdy Keller sestrojil vyvrtávačku dělových hlavní z plného materiálu. 1765 Angličan Smeaton zkonstruoval vyvrtávačku parních válců. Optimální konstrukce ale byla vytvořena až v letech 1774-1775 Angličanem Johnem Wilkinsonem. Vyvrtávačka byla určena na výrobu dělových hlavní a parních válců. K vrtání neoddělitelně patří i vrtací nástroj, vrták. Jednalo se vždy o rotační nástroj, který rotoval kolem své osy. V době kamenné byl jako vrták použit pazourek s klínovým ostřím a v mladší době kamenné se objevily náznaky trubkového vrtáku. Kovové vrtáky s klínovým se objevily v době bronzové a železné. Spirálově točené vrtáky se vyskytují až v 15. století. Novodobý tvar vrtáku začal používat roku 1770 Angličan P. Cooke. Opravdovým skokem byla až průmyslová revoluce. Postupné nahrazování lidské činnosti stroji přinesla požadavky na výrobu kvalitních a sofistikovaných strojů. Mezi typické vrtací stroje patří ruční, nebo osobní vrtačka. První ruční vrtačku (*Obr. 1*) sestrojil roku 1896 švábský mistr Wilhelm Emil Fein pro montéry stožárů. V dnešní době je rozšířená pistolová ruční vrtačka (*Obr. 2.*), kterou vymysleli Američané Duncan **Black** a Alonso **Decker (Black & Decker)**. V roce 1915 ji patentovali a začali vyrábět [7].



Obrázek 1. *Historicky první ruční elektrická vrtačka [8]*



Obrázek 2. *První pistolová ruční elektrická vrtačka [8]*

### 3 VRTÁNÍ

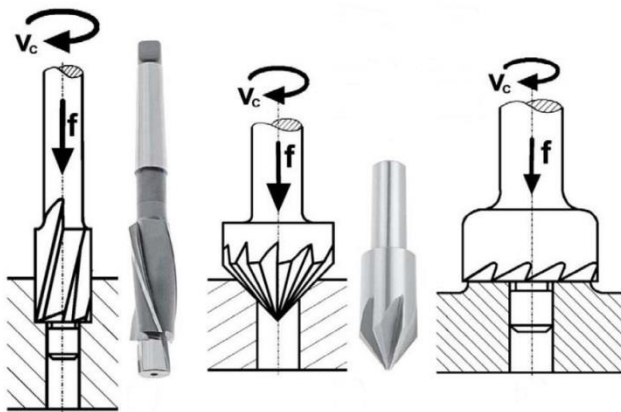
Vrtání se vyskytuje v převážné většině průmyslových a jiných odvětví. S vrtáním se setkáváme v lékařství, stavebnictví, strojírenství, umění, strojírenství, těžební a jiném průmyslu. Vrtání je nejvíce rozšířené ve strojírenství, v oboru obrábění kovů. Po soustružení je to druhá nejrozšířenější technologie obrábění kovů. Vrtání je vytváření rotační cylindrické plochy. Charakteristickým rysem vrtání je rotování nástroje (vrtáku) kolem vlastní osy, popřípadě rotování obrobku kolem osy nástroje. V prvním případě vrták koná hlavní i vedlejší pohyb. V druhém případě vykonává hlavní pohyb obrobek a vedlejší vrták (vrtání na soustruhu). Hlavním řezným pohybem vrtáku je rotování kolem své osy. Vedlejší pohyb (posuv) je posouvání vrtáku ve směru osy [2], [3] a [5].

#### 3.1 Vrtání a vyvrtávání

Vrtáním rozumíme vytvářením otvorů do plného materiálů (vrtání zplna). Vyvrtávání je vrtání do již předvytvořených otvorů, polotovarů vytvořené např. litím, kováním, lisováním nebo předvrtáním, kde je původní díra rozšiřována nebo opět připravována na konečný rozměr [2].

#### 3.2 Dokončovací metody

Mezi dokončovací metody patří vyhrubování, vystružování (*Obr.4*) a zahlubování (*Obr.3*). Při dokončovacích metodách se zvyšuje kvalitativní parametr díry (vyhrubování, vystružování). Zahlubování dokončuje plochy přilehlé k otvoru [3].



Obrázek 3. Dokončovací metody [3]



Obrázek 4. Výstružník [3]

### 3.3 Metody vrtání

Podle technologie vrtání a druhu konstrukce i geometrie použitého vrtáku můžeme vrtání dělit na:

1. Navrtávání začátku otvoru do plného materiálu středícím vrtákem.
2. Vrtání kratších děr zplna, do poměru průměru díry k délce (hloubce) 1:5 až 1:10. Vrtáky – šroubovité a kopinaté.
3. Vrtání kratších děr při stejném poměru průměru k délce, avšak předlité, předkované nebo předlisované. Vrtáky – šroubovité, kopinaté, ojediněle dělové a hlavňové.
4. Vrtání hlubokých děr zplna nebo do předvyrobené díry a to s poměrem průměru k délce větším než 1:5 až 1:10. Vrtáky – dělové nebo hlavňové, popřípadě ejektorové, systému BTA atd.
5. Vrtání průchozích děr větších průměrů a hloubek vrtáním „na jádro“, tzn. odřezáváním obráběného materiálu ve tvaru mezikruží, jednobřitou nebo vícebřitou vrtací hlavou (korunovým vrtákem)
6. Vrtáním ve speciálních případech, např. díry v plechu vrtákem na plech, díry odstupňovaných průměrů sdruženým vrtákem, vrtání díry současně s jejím vystružením, závitníkem nebo záhlubníkem.
7. Vrtání s použitím operačních vrtáků speciální konstrukce nebo geometrie, zejména při vrtání těžko obrobitelných materiálů.

### 3.4 Základní charakteristika vrtání

Podstatou vrtání je odřezávání třísky jedním, dvěma nebo více břity současně, a to při relativním pohybu nástroje vůči obrobku. Vrtáním nástroj odřezává třísku po celé délce ostří. Při vyvrtávání předvyrobených děr jen částí ostří [2] a [3].

#### 3.4.1 Kinematika vrtání

Kinematika se skládá ze dvou hlavních pohybů, a to hlavní rotační a vedlejší posuvný pohyb. Vzhledem k uvedené kinematice vrtání má dráha jednotlivých bodů ostří vrtáku šroubovicové stoupání, které se rovná hodnotě posuvu na otáčku, tzn. délce, o niž se posune nástroj vůči obrobku v axiálním směru za jednu otáčku nástroje nebo obrobku. Obdobný posuv na otáčku je při soustružení, kde se také vyrábí rotační výrobky. Při frézování uvažujeme o posuvu na zub nástroje, a to proto, že frézovací nástroj (fréza) nekoná kontinuální

řez, jako je tomu například u soustružení a vrtání, kde je průřez třísky konstantní, na rozdíl od frézované třísky, kde průřez vzrůstá, nebo naopak klesá, podle typu frézování (nesousledné, sousledné).

Charakteristickou vlastností všech nástrojů na díry, ale v podstatě u všech rotačních obrábění je to, že řezná rychlost každého bodu ostří je různá. Je to zapříčiněno tím, že každý bod ostří od osy nástroje až po jeho největší průměr vykonává rozdílnou dráhu ve stejném čase. Zcela logicky vyhodnotíme, že nejvyšší řezná rychlost bude na nejvzdálenějším bodě ostří od osy nástroje. Směrem k ose nástroje se řezná rychlost snižuje až na hodnotu nula, která leží přímo v ose nástroje. To je potřeba brát v úvahu při přesných teoretických nebo kinematických výpočtech. V praxi se pro dostatečnou přesnost výpočtu řezné rychlosti považuje výpočet maximální řezné rychlosti, tzn. ve výpočtu, počítáme s největším průměrem řezné části nástroje. Pro výpočet velikosti řezné rychlosti  $v$ , a to u obrábění obecně následující rovnici

$$v = \frac{\pi D n}{1000} \quad [m.min^{-1}] \quad (1)$$

$v$  – řezná rychlost

$[m.s^{-1}]$

$n$  – otáčky za minutu

$[ot.min^{-1}]$

$D$  – jmenovitý průměr vrtáku

$[mm]$

Velikost posuvu se při vrtání běžně určuje hodnotou posuvu nástroje vůči obrobku za otáčku  $f_{ot}$  ( $mm.ot^{-1}$ ). Pro konstrukci nástroje však používáme, podobně jako při frézování posuv na zub nástroje  $f_z \cdot z$  ( $mm$  na zub) [2] [3]. Platí zde:

$$f_{ot} = f_z \cdot z \quad [mm] \quad (2)$$

$z$  – počet zubů nástroje

$[-]$

$f_{ot}$  – posuv na otáčku

$[mm]$

$f_z$  – posuv na zub

$[mm]$

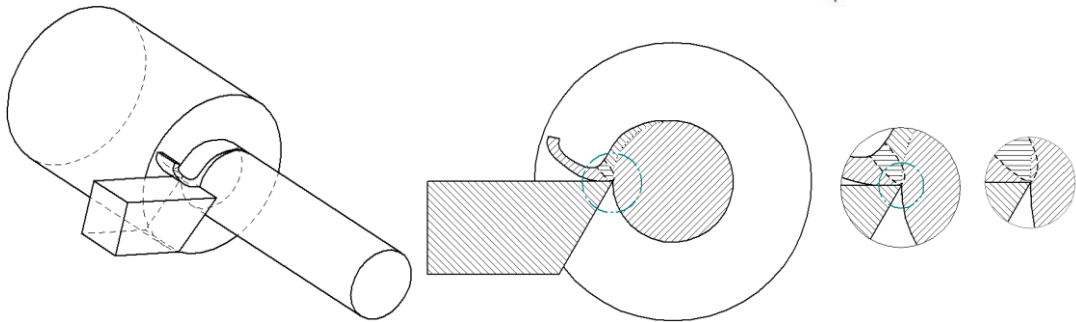
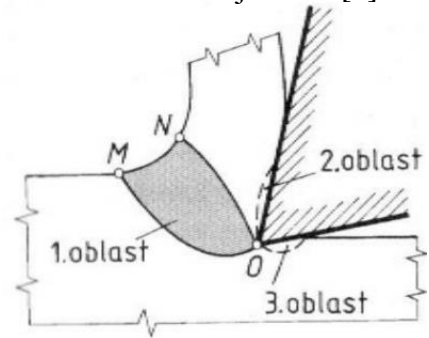
### 3.4.2 Princip tvoření třísky

Proces řezání technických materiálů (krystalických i amorfních) probíhá za trvalého zatěžení odřezávané vrstvy řezným nástrojem. Pojmem řezání označujeme všechny formy obrábění, při nichž se část materiálu, oddělována z obrobku břitem řezného nástroje, přetváří v třísku. Tvoření třísky je velmi složitým procesem, jehož průběh závisí na mnoho činitelích. Především jsou to fyzikální vlastnosti obráběného materiálu a jejich závislost na podmínkách plastické deformace, která je podstatou vytváření třísek (*Obr.5*). Fyzikální



vlastnosti pevných látek určuje kromě jejich chemického složení též jejich krystalická stavba a typický druh atomové vazby. U krystalických látek dochází pod vlivem zatížení k plastické deformaci obráběného materiálu, tzn. k jeho tváření. Mluvíme tak tedy o tříse tváření. Při řezání látek nekystalických se odděluje tříška křehkým lomem nebo štěpením. Zde mluvíme o tříse netváření. Mechanismus vzniku obou třísek se navzájem liší [4].

- 1 – oblast primární plastické deformace
- 2 – oblast sekundární plastické deformace
- 3 – oblast deformace v povrchové vrstvě



Obrázek 5. Tvoření třísky

Průřez třísky  $S$  odebírané při vrtání jedním břitem závisí na tom, zdali vrtáme, nebo vyvrtáváme.

V prvním případě platí pro dvoubřítý vrták:

$$S = b \cdot a = h \cdot \frac{f_{ot}}{2} = \frac{D \cdot f_{ot}}{4} \quad [mm^2] \quad (3)$$

$S$ – plocha průřezu třísky	$[mm^2]$
$f_{ot}$ – posuv na jednu otáčku	$[mm]$
$h$ – poloměr záběru	$[mm]$
$D$ – průměr nástroje	$[mm]$
$b$ – hrana břitu nástroje	$[mm]$
$a$ – tloušťka odřezané třísky	$[mm]$

V případě druhém platí:

$$S = b \cdot a = h \cdot \frac{f_{ot}}{2} = \frac{(D-d) \cdot f_{ot}}{4} \quad [mm^2] \quad (4)$$

$S$ – plocha průřezu třísky	$[mm^2]$
$f_{ot}$ – posuv na jednu otáčku	$[mm]$
$h$ – poloměr záběru	$[mm]$
$D$ – průměr nástroje	$[mm]$
$b$ – hrana břitu nástroje	$[mm]$
$a$ – tloušťka odřezané třísky	$[mm]$

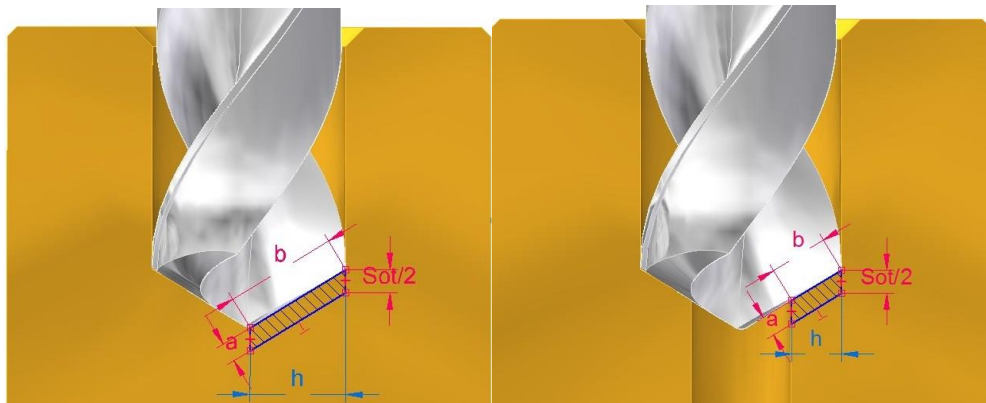
Má-li nástroj pro vrtání více břitů, platí vťah:

$$S = b \cdot a = h \cdot \frac{f_{ot}}{z} \quad [mm^2]$$

$$S = \frac{D \cdot f_{ot}}{2 \cdot z} \quad [mm^2]$$

$$S = \frac{(D - d) \cdot f_{ot}}{2 \cdot z} \quad [mm^2] \quad (5)$$

$S$ – plocha průřezu třísky	$[mm^2]$
$f_{ot}$ – posuv na jednu otáčku	$[mm]$
$h$ – poloměr záběru	$[mm]$
$b$ – hrana břitu nástroje	$[mm]$
$a$ – tloušťka odřezané třísky	$[mm]$
$D$ – průměr nástroje	$[mm]$
$d$ – průměr předvrtané díry	$[mm]$
$z$ – počet břitů nástroje	$[-]$



Obrázek 6. Průřez třísky

Poslední odvozený vztah platí i pro vyhrubování a vystružování. Pro správné utváření třísky má, kromě rezných podmínek, také vliv geometrie nástroje včetně stoupání šroubovice [3] a [5].

### 3.4.3 Řezné odpory a síly

Na odříznutí určité délky odřezávané vrstvy materiálu obrobku a odvedení třísky z místa řezu musíme vynaložit práci  $A$  [J]. Ta je výslednicí jednotlivých složek

$A_e$  – překonání pružné deformace [J]

$A_d$  – překonání plastické deformace [J]

$A_t$  – tření po čele nástroje [J]

$A_p$  – tlak nástroje na povrch obrobku [J]

Obecně můžeme celkovou energii  $A$  vyjádřit vztahem:

$$A = F_z \cdot v \cdot t_o \quad [J] \quad (6)$$

$F_z$  – síla působící v hlavním řezném pohybu [N]  
 $v$  – řezná rychlost [m.s<sup>-1</sup>]  
 $t_o$  – doba řezání [s]

Lepší pro hodnocení práce řezání je **měrná práce  $e$**  (práce na jednotku objemu odřezaného materiálu za sekundu).

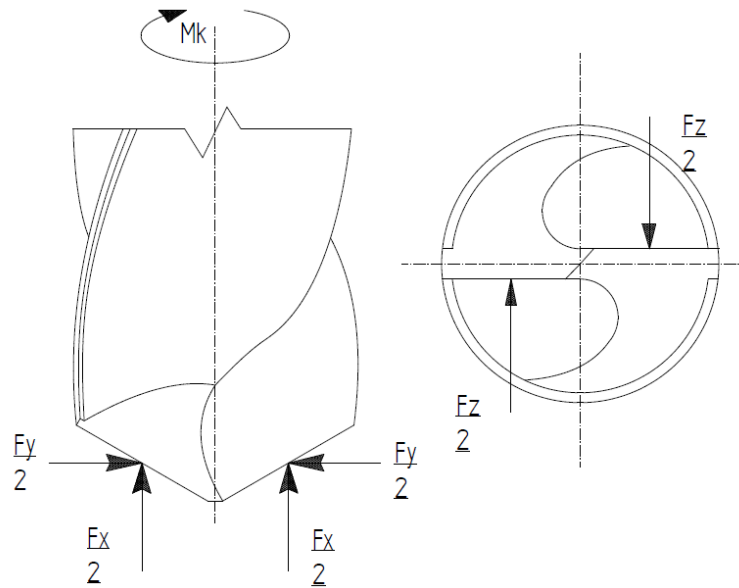
$$e = \frac{F_z \cdot v}{a_x \cdot b_x \cdot v} = \frac{F_z}{a_x \cdot b_x} \quad [N \cdot mm^{-2}; J \cdot cm^{-3}] \quad (7)$$

$F_z$  – síla působící v hlavním řezném pohybu [N]  
 $v$  – řezná rychlost [m.s<sup>-1</sup>]  
 $a_x, b_x$  – rozměr plochy [mm]

Procentuální podíl jednotlivých složek měrné práce činí:

1. 2% - pružné deformace
2. 40 až 80% - plastická deformace
3. 10 až 40% - tření

Procentuální podíl jednotlivých složek ovlivňuje zejména řezná rychlost a úhel řezu tzn. úhel břitu + úhel hřbetu.



Obrázek 7. Síly působící na vrták

Výsledný řezný odpor, současně i síla, lze vyjádřit třemi souřadnicemi prostoru. Síla  $F_{y/2}$  se vzájemně ruší,  $F_{x/2}$  je síla vyvolaná posuvem a namáhá nástroj na vzpěr, popřípadě tlak. Síla  $F_z$  je hlavní řeznou silou položenou tangenciálně k hlavnímu pohybu, která vyvolává v nástroji namáhání na krut.

Nejčastěji se celková řezná síla  $F_C$  určuje z empirického vztahu:

$$F_C = C_{F_C} \cdot D^{X_{F_C}} \cdot f^{Y_{F_C}} \quad [N] \quad (8)$$

$C_{F_C}$  - je konstanta, vyjadřující zejména vliv obráběného materiálu [-]

$X_{F_C}$  - je exponent, vyjadřující vliv průměru vrtáku [-]

$Y_{F_C}$  - je exponent, vyjadřující vliv posuvu na otáčku [-]

Hodnoty  $C_{F_C}$ ,  $X_{F_C}$ ,  $Y_{F_C}$ , jsou určovány empiricky a nalezneme je v odborné literatuře. Musíme však brát v úvahu i geometrii nástroje a řezné podmínky, které tyto koeficienty většinou nezachycují [5].

Výpočet potřebného výkonu  $P_e$ , respektive příkonu elektromotoru lze s dostatečnou přesností určit ze vztahu:

$$P_e = \frac{F_z \cdot v}{6 \cdot 10^4 \cdot \eta} \quad [kW] \quad (9)$$

$F_z$  – síla v hlavním směru řezného pohybu [N]

$v$  – řezná rychlost [ $m \cdot s^{-1}$ ]

$\eta$  – účinnost elektromotoru [%]

### 3.4.4 Řezné podmínky

Vrtání běžným způsobem je poměrně málo produktivní metoda. Způsobuje to mnoho aspektů, jako relativně nízké řezné rychlosti a posuv, nevhodná geometrie nástroje i po optimalizaci, složitý odvod třísek, špatný odvod tepla a tím tepelné zatížení nástroje. Tyto způsobené potíže se redukuje některými z novějších metod, jako například ejektorovým způsobem, který je dostatečně produktivní, ale v širším použití není možný. Mezi hlavní řezné podmínky tedy patří:

1. Řezná rychlost
2. Posuv
3. Geometrie nástroje

Pro šroubovité vrták jsou pro běžné rozsahy děr a obráběných materiálů uvedený tabulkové hodnoty.

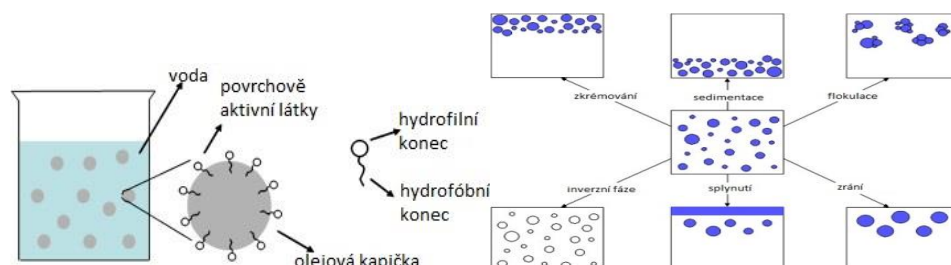
Optimální řezné podmínky lze určit výpočtem, který se v praxi využívá pouze v závažných případech. Využívá se kompletního Taylorova vztahu [4]  $v_c$ :

$$v_c = \frac{C_v}{T^m \cdot h^{x_v} \cdot f_{ot}^{y_v}} \quad [m \cdot \min^{-1}] \quad (10)$$

$v_c$ – řezná rychlost	$[m \cdot \min^{-1}]$
$C_v$ – konstanta z tabulky	$[-]$
$T$ – trvanlivost nástroje	$[min]$
$h$ – hloubka řezu	$[mm]$
$f_{ot}$ – posuv na otáčku	$[mm \cdot ot^{-1}]$
$m, x_v, y_v$ – konstanty z tabulky	$[-]$

### 3.4.5 Řezné kapaliny

Produktivitu a kvalitu vrtání i trvanlivost nástroje je možno zvýšit do určité míry použitím řezných kapalin. Při běžném vrtání do oceli se používá 2 až 10%ních emulzí, při nesehadno obrobitelných ocelí aditivovaných olejů. Litina se obvykle vrtá na sucho. A pro hliníkové slitiny se používá kapaliny Alex [2] a [5].



Obrázek 8. Emulze

## 4 VRTACÍ NÁSTROJE

### 4.1 Rozdělení vrtacích nástrojů

Pro vrtání děr používáme různých vrtacích nástrojů:

1. Středící (navrtávací)
2. Šroubovitě
  - 2.1. Normalizované
  - 2.2. Zkrácené (pro revolvery)
  - 2.3. Odlehčené
  - 2.4. Prodloužené
  - 2.5. Dlouhé
3. Kopinaté
4. Korunkové
5. Ejektorové
6. Vrtáky s BTA
7. Dělové
8. Hlavňové
9. Hadovité
10. Šnekovité (pro obrábění dřeva)
11. Korunkové diamantové s přerušeným ostřím
12. Korunkové diamantové s nepřerušeným ostřím
13. Sdružené
14. S přívodem řezné kapaliny
15. Speciální – pro přikleповé vrtání, vrtací korunky pro vrtání hornin, vrtáky na sklo, vrtáky kombinované, atd.



Obrázek 9. Středící vrták [3]

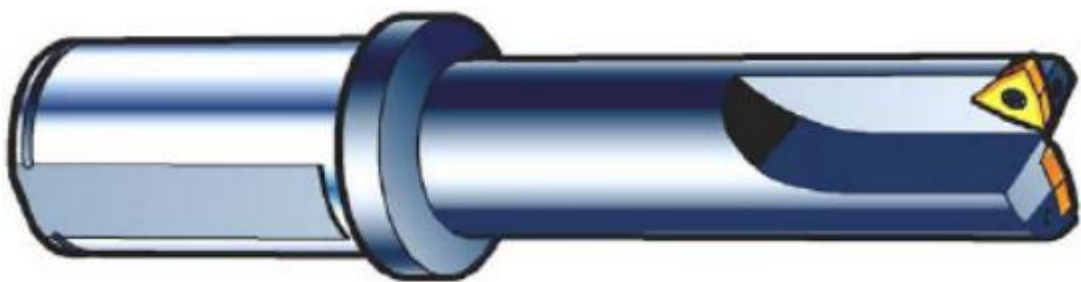




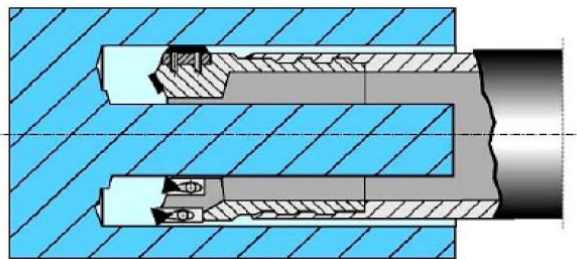
Obrázek 10. Šroubovité vrtáky [15]



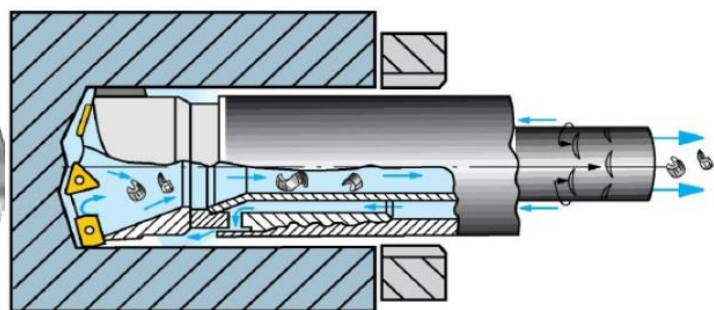
Obrázek 11. Kopinatý vrták



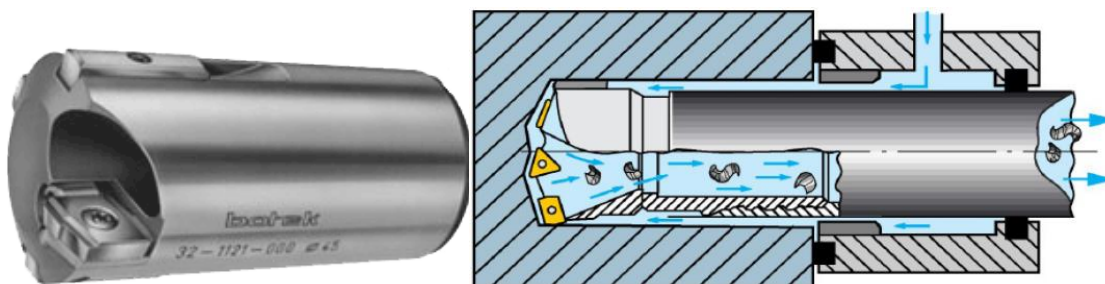
Obrázek 12. Frézovací vrták [3]



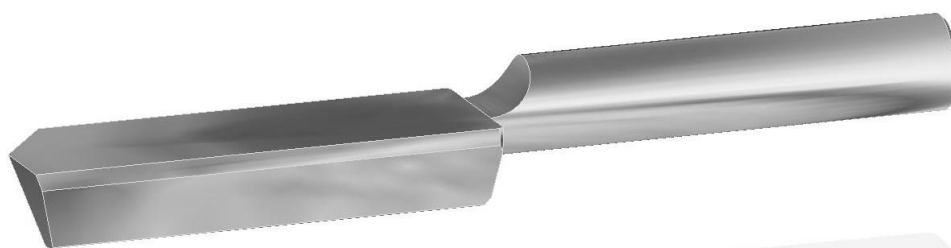
Obrázek 13. Korunkový vrták [3]



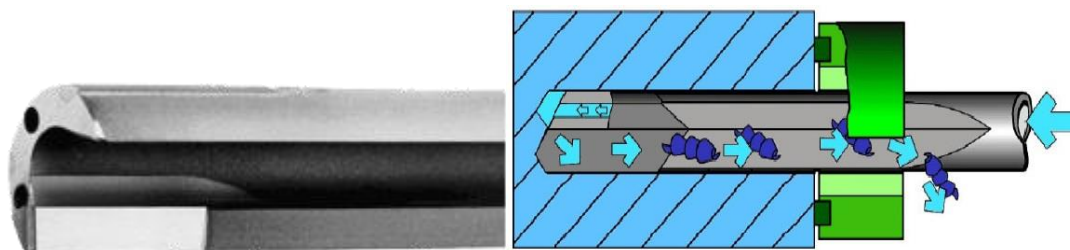
Obrázek 14. Ejektorový vrták [3]



Obrázek 15. Vrták BTA [3]



Obrázek 16. Dělový vrták



Obrázek 17. Hlavňový vrták [3]



Obrázek 18. Hadovitý vrták [15]



Obrázek 19. Šnekový vrták [6]



Obrázek 20. Vrták korunkový diamantový s přerušovaným ostrím [15]

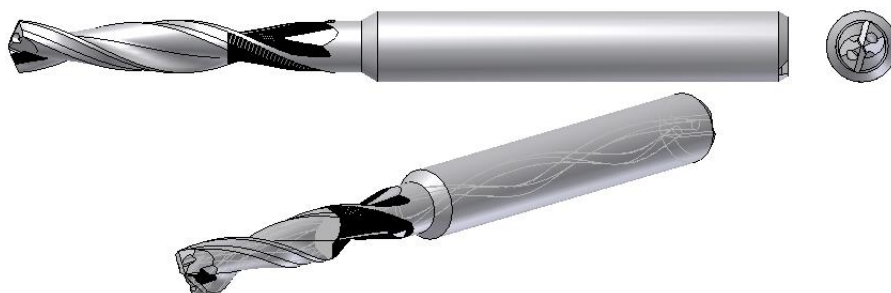




Obrázek 21. Vrták korunkový diamantový s nepřerušovaným ostřím [15]



Obrázek 22. Sdružený vrták [15]



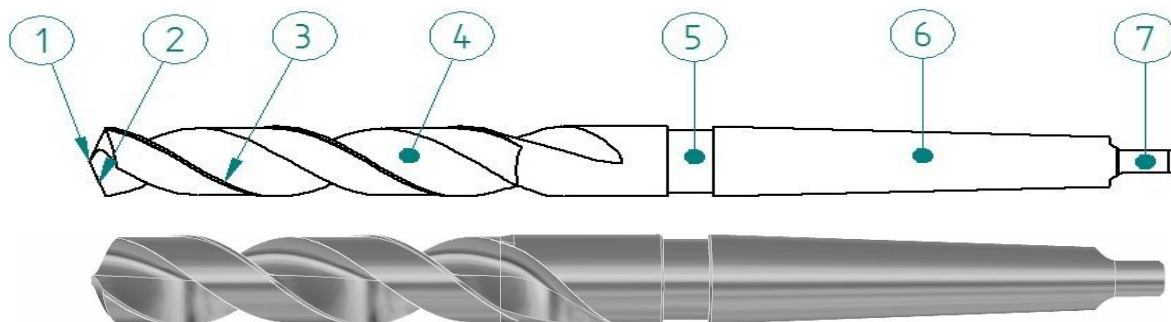
Obrázek 23. Vrták s přívodem řezné kapaliny



Obrázek 24. Těžební vrták Secoroc TC35 [14]

## 4.2 Geometrie základních částí a konstrukce vrtáků

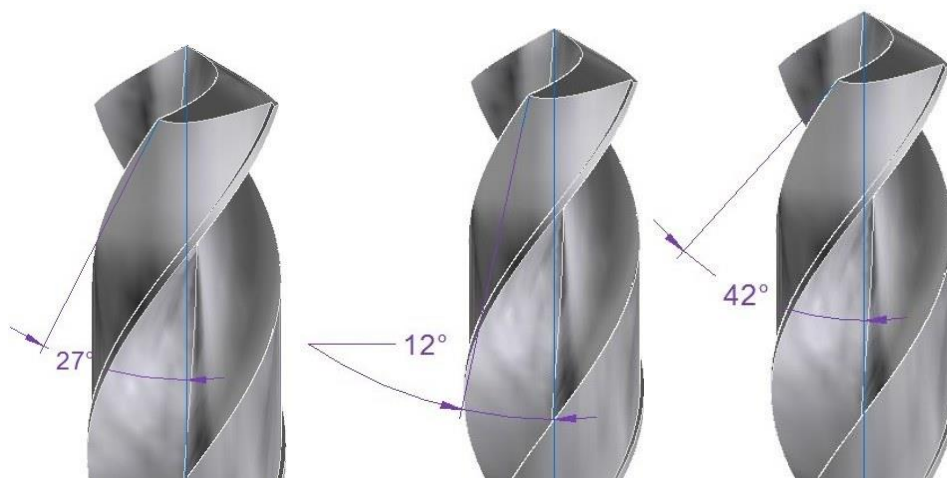
Nejčastěji používaným vrtákem pro běžné způsoby vrtání je vrták šroubovitý. Šroubovitý vrták je vyroben z válcovitého tělesa, do něho jsou vybroušeny zplna nebo vytvářeny za studena nebo za tepla a u vrtáků velkých průměrů vyfrézovány, dvě protilehlé šroubovitě drážky, kterými odcházejí třísky vyvrtané z obrobku.



Obrázek 25. části vrtáku 1 – špička, 2 – ostří, 3 – fazetka, 4 – drážka, 5 – krček, 6 – stopka, 7 - vyrážeč

Úhel stoupání šroubovice je různý:

1.  $27^\circ (\pm 5^\circ)$  – pro vrtání oceli běžné pevnosti a litiny běžné tvrdosti
2.  $12^\circ (\pm 5^\circ)$  – pro materiály s krátkou třískou (bronz, elektron, hliníkové slitiny s Si, atd.)
3.  $42^\circ (\pm 5^\circ)$  – pro materiály s výraznou houževnatostí (měkké cementační oceli, lehké slitiny bez Si, termoplasty, atd.)



Obrázek 26. stoupání šroubovice

Kromě druhu materiálu ovlivňuje úhel stoupání šroubovice značně úhel čela. Je-li potřeba třísku rychle odstranit z místa řezu a snížit tak teplotní zatížení nástroje, volíme vrták s malým stoupáním šroubovice, i bez ohledu na druh vrtaného materiálu. Pokud se materiál příliš pěchuje, drážka se ucpává, je třeba volit větší úhel šroubovice [2] a [3].

Hloubka vytvořených drážek určuje průměr jádra vrtáku, který činí  $0,25 - 0,5 D$ . Jádro určuje pevnost vrtáku v namáhání na krut ( $M_k$ ), popř. na vzpěr ( $F_{krit}$ ):

$$M_k = \vartheta \cdot G \cdot J_p \quad [N.m] \quad (11)$$

$M_k$ – kroučící moment	[N.m]
$\vartheta$ – poměrný úhel zkroucení na jednotku délky	[rad.m <sup>-1</sup> ]
$J_p$ – polární kvadratický moment	[m <sup>4</sup> ]
$G$ – modul pružnosti ve smyku	[MPa]

$$F_{krit} = \frac{\pi^2 \cdot E \cdot I}{l_{red}^2} \quad [N] \quad (12)$$

$F_{krit}$ – síla působící v ose nástroje	[N]
$E$ – modul pružnosti	[MPa]
$I$ – kvadratický moment	[m <sup>4</sup> ]
$l_{red}$ – délka upravená dle případu vzpěru	[m]

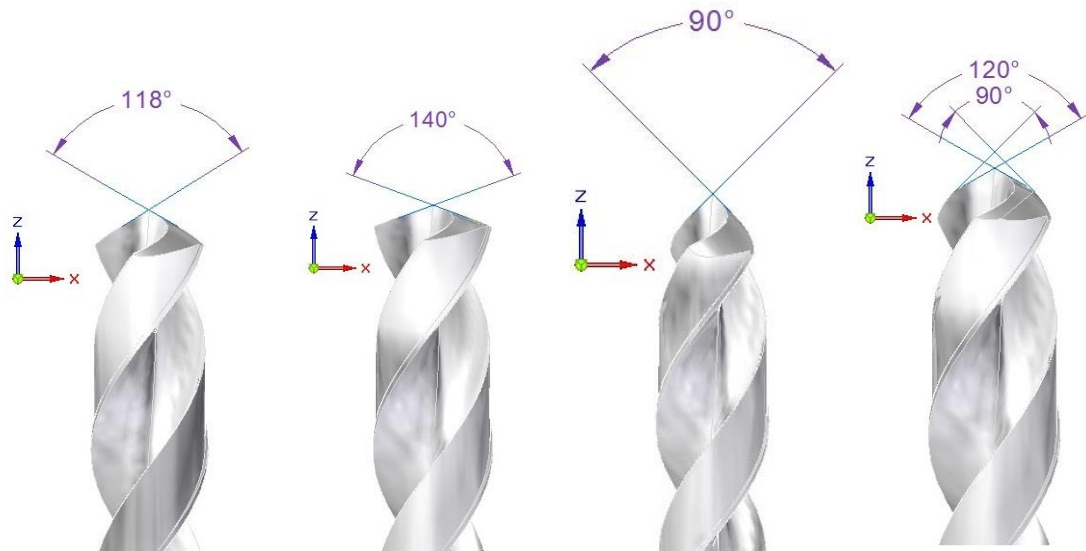


Obrázek 27. Jádro vrtáku

Aby se zmenšilo tření vrtáku ve vrtané díře, zmenšuje se jednak průměr jeho těla a zanechává se jen malá část plochy u hrany každé z drážek, tzv. fazetka a dále se vrták směrem od špičky k upínací části vybrušuje s tzv. zpětnou kuželovitostí. Větší kuželovitost (až 5°) je nutná pro vrtání materiálů s výraznou teplotní roztažností, špatnou tepelnou vodivostí a špatnou obrobiteľností, zejména při vrtání hlubokých děr [1].

Úhel špičky je svým významem podobný úhlu nastavení běžných nástrojů (Obr. 28). U běžného šroubovitého vrtáku volí:

1. 118° - ocel střední pevnosti litina střední tvrdosti
2. 140° - těžkoobrobitelné materiály, kalená ocel, slitiny Al a Cu
3. 90° - plasty a tvrdá pryž
4. 90° a 120° (dvojitý úhel) - těžkoobrobitelné materiály

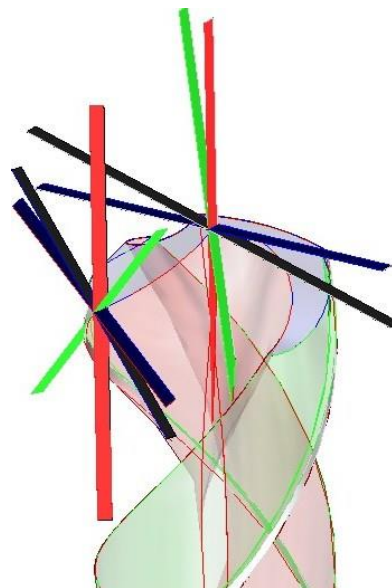


Obrázek 28. Úhly špiček vrtáků

Úhel hřbetu a čela je podél břitu proměnný. Oba úhly jsou určeny tečnami k šroubovitě ploše drážky vrtáku, kuželovité ploše špičky vrtáku, a šroubové ploše řezu vytvářené ostrím vrtáků. Tyto tečny mají v jednotlivých bodech ostří různý směr (Obr. 29), proto je velikost úhlů čela i hřbetu závislá na ostatní geometrii a způsobu ostření.

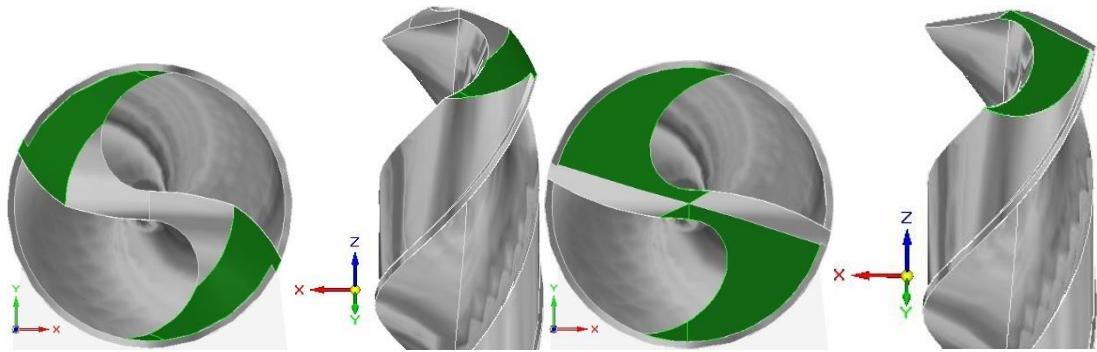
Například pro danou šroubovici a hodnotu úhlu špičky je úhel:

1. Hřbetu;  $+10^\circ$  na okraji,  $+25^\circ$  u středu nástroje
2. Čela;  $+20^\circ$  na okraji,  $-30^\circ$  u středu nástroje



Obrázek 29. Geometrie ostří od okraje ke středu vrtáku (červené příložky-osa Y; černé příložky-osa X; modré příložky-hřbet nástroje; zelené příložky-čelo nástroje)

Všechny průvodní jevy utváření a tvoření třísky, síly, teplotní namáhání a opotřebení, jsou u středu nástroje značně nevýhodné. Oba hlavní břity spojuje příčný břit, který vzhledem ke své nepříznivé geometrii neřeže, ale materiál pěchuje a vytlačuje. Značně tak zvětšuje krouticí moment a axiální složku řezné síly. Tato negativa se částečně kompenzují pomocí různých geometrických úprav (Obr. 30) [3].

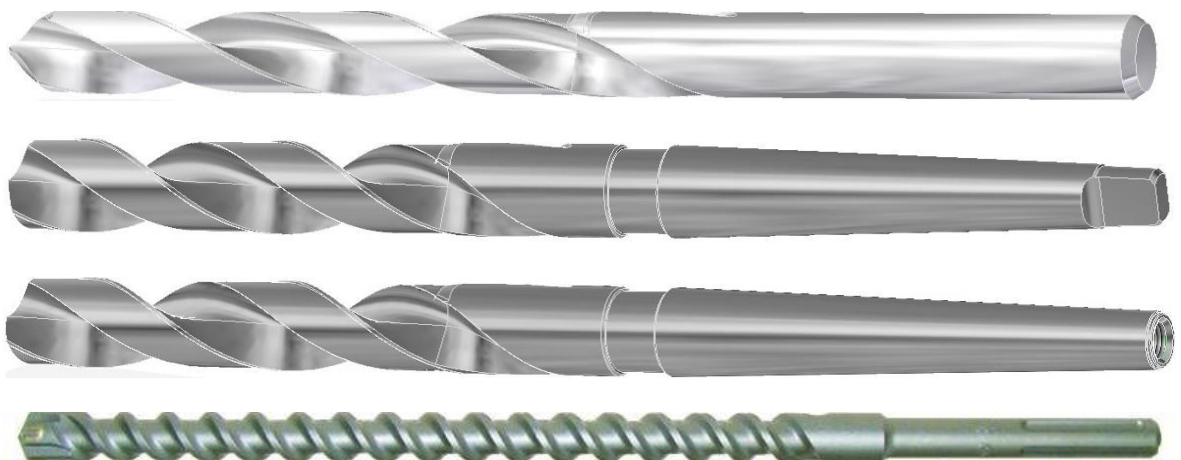


Obrázek 30. Příklad geometrické úpravy vrtáků

### 4.3 Upínání vrtáků

Upínací část vrtáku – stopka, slouží k upnutí vrtacího nástroje do vrtacího stroje (Obr. 31). Stopky můžeme rozdělit na:

1. Válcové – použití u menších průměrů
2. Kuželové (Morse kužel) – použití u větších průměrů
3. Pomocí axiálního šroubu – upínání do CNC center
4. Speciální – upínání speciálních nástrojů (např. ejektorový vrták, bourací kladiva, atd.)



Obrázek 31. Typy upínacích částí vrtáku

#### 4.4 Materiály vrtáků

Vrtáky se běžně vyrábějí z nástrojových rychlořezných ocelí. Vzhledem k tomu, že je jejich tvar poměrně složitý a jsou do značné míry namáhány na krut, vyrábějí se z houževnatých rychloběžných ocelí (např. ČSN 19 802, 19824, 19 830, těžko obrobitelné nebo hluboké díry jsou požity ČSN 19 857, 19861).

Pro vrtání velmi pevných a tvrdých materiálů (zušlechtěné oceli, kameny, beton, legované litiny, atd.) se používají destičky slinutých karbidů, které jsou buď napájeny, nebo mechanicky upnuty. Vzhledem ke složitosti tvaru destičky a nízké řezné rychlosti se používají karbidy druhu K20, K30, někdy i P30 nebo M20.

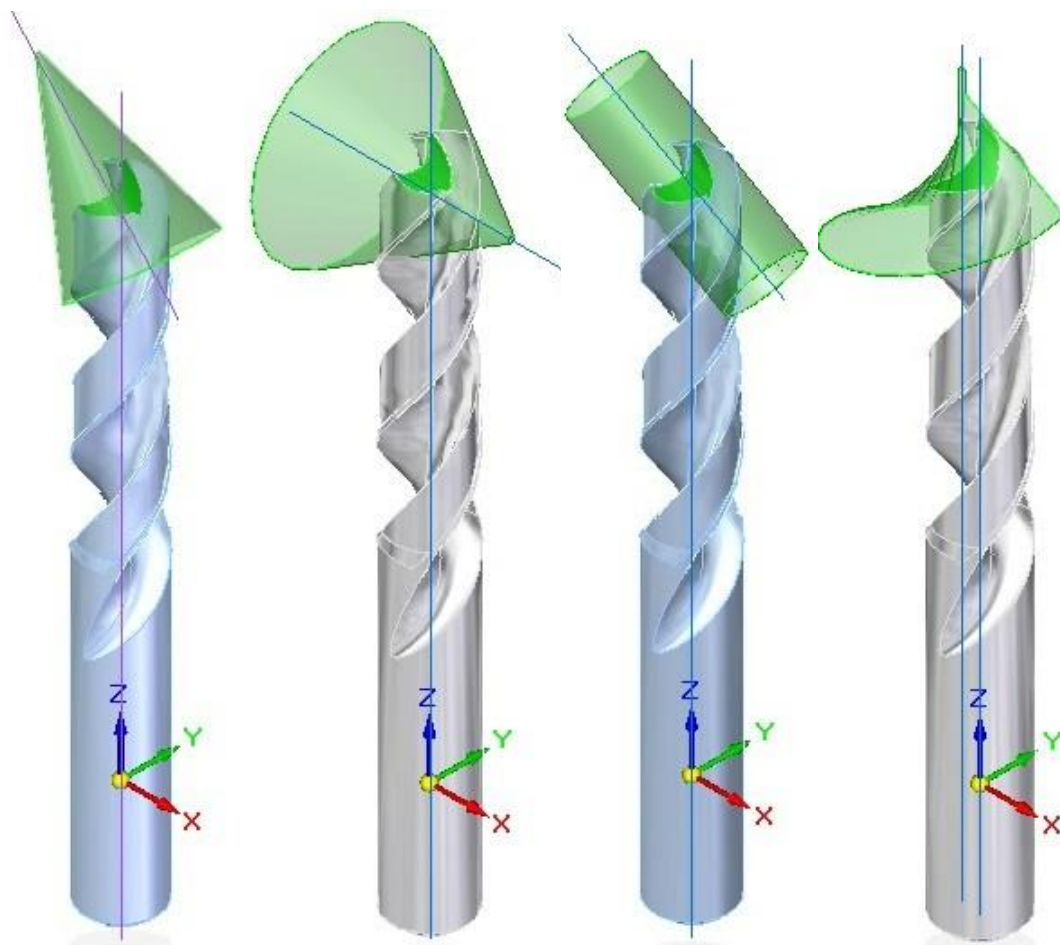
Pro vrtání některých těžko obrobitelných materiálů korunkovým vrtákem se začalo používat jako nástrojového materiálu diamantů nebo KNB (Kubický nitrid boru) [2], [3] a [5].

#### 4.5 Ostření vrtáků

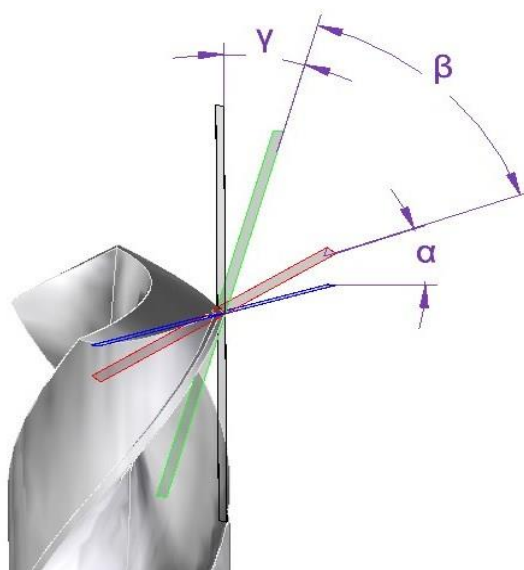
Pro splnění kvalitativních parametrů vrtání je kvalitní strojní naostření vrtáků. V praxi se často brousí ručně. Není ale možné vzhledem ke složité geometrii vrtáku dodržet symetričnost a správnost úhlů. Tyto nedokonalosti mají za následek zvětšení vrtané díry od jmenovitého průměru vrtáku až o několik desetin milimetru. Mimo to se zvyšuje drsnost povrchu a trvanlivost nástroje o 20 až 50%.

Důležitým parametrem, který si při ostření musíme uvědomit je tzv. podbroušení hřbetu na špičce nástroje. Při ponechání kuželového tvaru souosým s osou vrtáku by se úhel hřbetu rovnal nule a při posuvu nástroje by se tento úhel stal záporným a nástroj by neřezal. Podbroušení nástroje děláme několika způsoby (*Obr. 32*):

1. Část špičky nástroje je ve tvaru kužele, avšak osa kužele je mimoběžná s osou nástroje (nejčastější způsob ostření)
2. Osa kužele, jehož částí je plocha hřbetu nástroje, je kolmá k ose nástroje
3. Podbroušení ve tvaru válce, jehož osa je skloněna k ose nástroje (nejjednodušší způsob používaný u malých průměrů vrtáků).
4. Podbroušení ve tvaru šroubovité plochy o větším stoupání, než má plocha řezu vytvářená břitem nástroje (obdobný způsob prvnímu, avšak kinematika brusky je mnohem složitější, lépe dodržitelný úhel hřbetu)

Obrázek 32. *Druhy broušení ostří vrtáků*

Úhel čela vrtáku se nebrousí, jeho hodnota je dána úhlem stoupání šroubovice a úhlem špičky nástroje, tedy ostatní geometrií vrtáku [3].

Obrázek 33. *Geometrie ostří vrtáku*

## 5 VRTACÍ STROJE (VRTAČKY)

Mimo strojírenství se využívá mnoho vrtacích strojů. Ve strojírenství využíváme k vrtání, vyhrubování, vystružování, řezání závitů a zahlubování děr různých typu vrtaček. V některých případech se využívá soustruhů, vodorovných vyvrtávaček a frézek [2] a [3].

### 5.1 Rozdělení vrtaček

Vrtačky dělíme podle konstrukce:

1. Stolní
2. Sloupové
3. Stojanové
4. Radiální (otočné)
5. Speciální

Vrtačky se vyznačují tím, že vřeteno vrtačky vykonává současně rotační (hlavní řezný) i posuvný pohyb. Nástroj se obvykle upíná do kužele ve vřetenu pinoly vrtačky. Na vřeteno se převádí pomocí převodovou skříň otáček rotační pohyb od elektromotoru. Pinola se axiálně vysouvá buď ručně, mechanicky přes převodovou skříň posuvů, nebo hydraulicky s nástrojem do řezu [2].

1. **Stolní vrtačky** mají velmi jednoduchou konstrukci. Jsou určeny pro vrtání děr do průměru 20 mm. Motor je upevněn na vřeteníku, který je posuvný po krátkém sloupu. Výškovou polohu vřeteníku lze snadno měnit vzhledem k pracovnímu stolu. Posuv vřetene s nástrojem po krátkém sloupu je většinou ruční. Vyrábějí se jako jednovřetenové nebo řádové, s uspořádáním vřeten v jedné řadě na společném stole.



Obrázek 34. Stolní vrtačka [12]

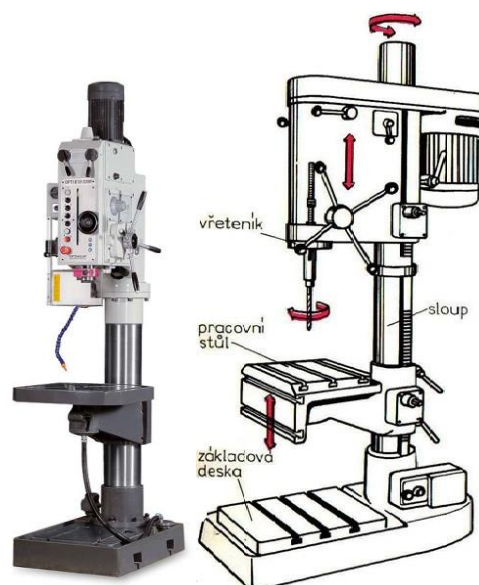


- 1.1. **Stolní řadové vrtačky** jsou tvořeny několika vrtacími vřeteníky, umístěnými na společném stole. V tomto případě se vrtaná součást přestavuje pod jednotlivými vřeteníky a provádí se různé vrtací úseky - např. vrtání, zahlubování, vyhrubování, vystružování.



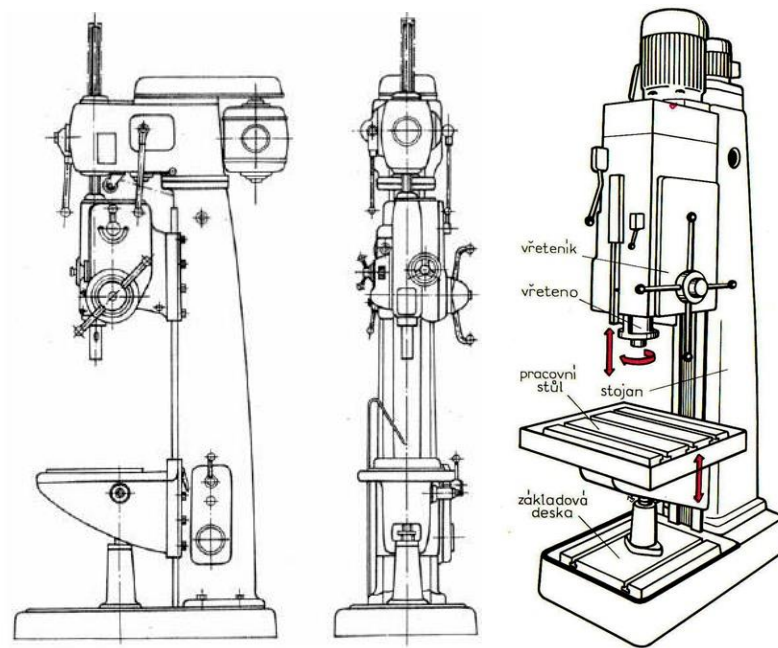
Obrázek 35. Stolní řadové vrtačky [13]

2. **Sloupové vrtačky** pracovní stůl i vřeteník lze svisle posouvat po sloupu, který je jejich základním prvkem. Posuv vřeteníka je mechanický. Obrobky menších rozměrů se upínají na pracovní stůl, obrobky větších rozměrů na podstavec. Jsou určeny pro vrtání děr do průměru 40 mm.



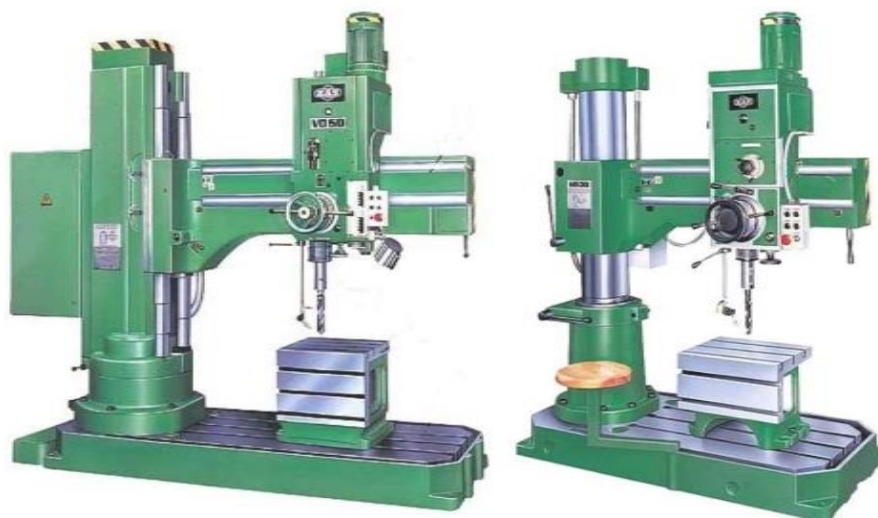
Obrázek 36. Sloupové vrtačky [11]

3. **Stojanové vrtačky** se liší od sloupových vrtaček tím, že pracovní stůl i vřeteník se výškově přesouvají po vedení stojanu (má skříňovitý průřez). Jsou určeny pro vrtání děr do průměru 80 mm.



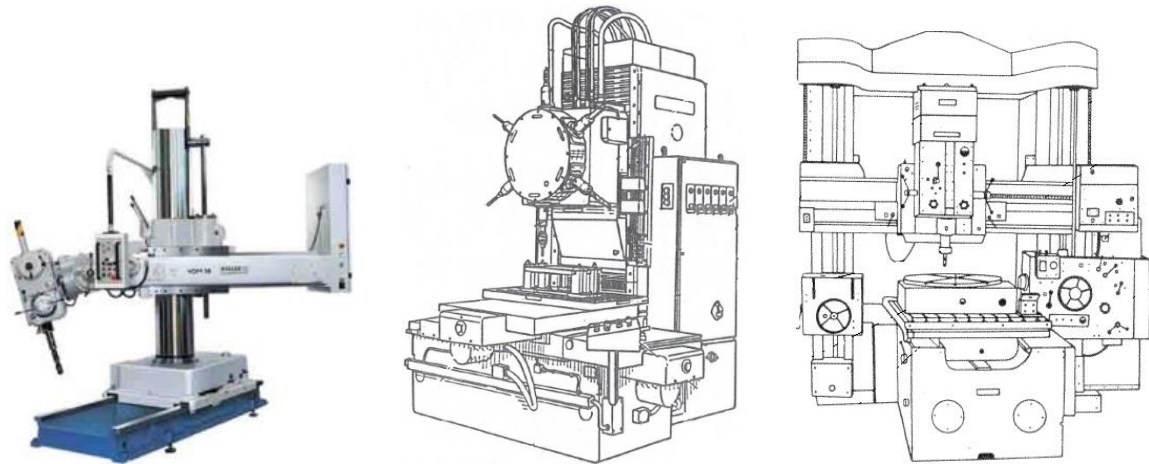
Obrázek 37. Stojanové vrtačky [18]

4. **Radiální vrtačky (otočné)** používají se pro obrábění větších a těžších obrobků. Hlavní součástí těchto vrtaček je rameno, na kterém se po vedení pohybuje ve vodorovném směru pracovní vřeteník.



Obrázek 38. Radiální otočné vrtačky [3]

5. *Speciální vrtačky* patří zde vrtačky na hluboké díry, souřadnicové vrtačky, víceřetěnové vrtačky, stavebnicové vrtačky s vrtacími hlavami, atd. Využívají se pro speciální vrtací operace. [on/line]



Obrázek 39. Montážní vrtačka, programově řízená vrtačka, souřadnicová vrtačka [18]

## 5.2 Konstrukční části vrtacích strojů

Vrtačky jsou stroje skládající se z několika skupin, které bychom mohli nejobecněji rozdělit na:

1. Rám
2. Pohon

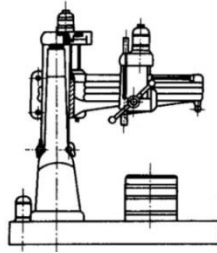
## 5.3 Rám

Rám obráběcího stroje je soustava těles, které mezi sebou přenášejí účinky všech působících statických i dynamických sil. Tyto síly se přenášejí do základu stroje. Hlavními požadavky na konstrukci rámu jsou vysoká tuhost, schopnost přenášet všechny zatěžující síly s minimální deformací, dobrá schopnost tlumit chvění, jednoduchost a snadná obsluha, údržba, dobrý odvod třísek, tepla atd. Je nejčastěji vyrobeno z litiny nebo konstrukční oceli. Rámy strojů jsou odlévány, svařovány nebo lepeny. Materiály používané na výrobu rámu jsou:

1. Ocelové svařence
2. Odlitky z litiny
3. Granit (přírodní žula)

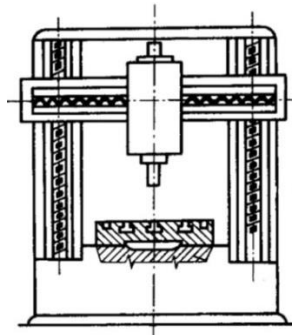
4. Polymerbeton (minerální litina)
5. Hydrobeton (hydropol)
6. Kompozity s vláknovou vyztuží
7. Slitiny z lehkých kovů
8. Vzájemná kombinace (výplně)

Rámy strojů se vyrábí buď otevřené typu C,



Obrázek 40. Rám stroje typu C [16]

nebo uzavřené typu O



Obrázek 41. Rám typu O [16]

### 5.3.1 Tuhost rámu

Na přesnost práce, mají deformace součástí obráběcího stroje, nástroje a obrobku, způsobené řeznou silou (řezným odporem), vliv na relativní polohu nástroje vzhledem k obrobku, a tím přesnost rozměrů a tvaru obrobku. Měřítkem odolnosti proti deformaci je tzv. *tuhost*, která se definuje jako poměr mezi zatížením a přetvořením v místě zatížení. Fyzikálně má tuhost význam pružnostní konstanty.

Tak jako se rozeznávají dva druhy deformací, posunutí a natočení, rozlišují se tak i dva druhy tuhosti  $C_p$ :

1. Tuhost v posunutí  $C_p = \frac{F}{y} \quad [N.mm^{-1}] \quad (13)$

$$2. \text{ Tuhost v natočení} \quad C_n = \frac{M}{\varphi} \quad [N.mm.rad^{-1}] \quad (14)$$

$F$ – působící síla	[N]
$M$ – moment	[N.m]
$y$ – posunutí (deformace)	[mm]
$\varphi$ – natočení (deformace)	[rad]

Podle způsobu zatížení rozeznáváme:

1. Tuhost statická – zatížení je stálé a neměnné
2. Tuhost dynamická – zatížení se periodicky mění

Dynamická tuhost úzce souvisí s kmitáním stroje. Tuhost se určuje buď samostatně, pro každou součást stroje zvlášť, nebo jako určitý celek:

1. Tuhost dílčí
2. Tuhost celková

Někdy se zavádí pojem *poddajnost*  $b$ , což je převrácená hodnota tuhosti.

$$b = \frac{y}{F} = \frac{1}{c} \quad [mm.N^{-1}] \quad (15)$$

$F$ – působící síla	[N]
$y$ – posunutí (deformace)	[mm]
$c$ – tuhost	[mm.N <sup>-1</sup> ]

### 5.3.2 Kmitání v obráběcích strojích

Kmitání strojů je jevem velmi škodlivým. Zvyšuje značně namáhání součástí, často až na mez pevnosti materiálu. Kmitání je zdrojem otřesů, které obtěžují okolí, a způsobuje hluk. Přímou se tak podílí i na jakosti obráběné plochy a snižuje trvanlivost nástroje.

Ve skutečnosti je kmitání v obráběcích strojích velmi složitým jevem, neboť jde o soustavu hmotných a pružných těles, různými způsoby spolu spojených, které se při kmitání vzájemně ovlivňují. Sestavení pohybových rovnic je velmi obtížné, není-li až nemožné. Proto se zavádějí zjednodušené předpoklady:

1. Absolutně tuhá hmota – je uložena na nehmotných pružinách. V tom případě mluvíme o tzv. diskrétních hmotách a diskrétních pružinách.
2. Pružiny – mají lineární charakter modulu pružnosti. Zanedbává se vliv vůlí mezi jednotlivými stýkajícími součástmi. Platí zde Hookeův zákon.

$$E = \frac{\sigma}{\varepsilon} \quad [MPa] \quad (16)$$

<i>E – modul pružnosti</i>	<i>[Pa]</i>
<i>σ - napětí</i>	<i>[Pa]</i>
<i>ε - poměr prodloužení</i>	<i>[-]</i>

Při vyšetřování kmitavých systémů, jde vždy pouze o určení vlastních kmitočtů, amplitud a podmínek pro tzv. dynamickou stabilitu. Jako dynamicky stabilní se definuje takový kmitavý systém, v němž se během kmitání amplitudy nezvětšují.

### 5.3.3 Síly a momenty statické - převodové ústrojí

Mezi statické síly a momenty patří síly vznikající vzájemným působením mezi nástrojem a obrobkem, pasivní odpory a moment hnacího elektromotoru, potřebný k překonání řezných odporů, popř. tíhy součástí stroje a obrobku.

### 5.3.4 Síly a momenty dynamické - převodové ústrojí

Zatěžují převodové ústrojí při rozbíhání a brždění, naprázdno. Na hřídeli elektromotoru nebo hřídeli spojky působí moment. Jelikož bývá větší než jmenovitý moment elektromotoru, je třeba kontrolovat zatížení jednotlivých hřídelů [3].

## 5.4 Pohony obráběcích strojů

### 5.4.1 Změny rychlosti, způsoby změny rychlosti

U obráběcích strojů je nutné, aby relativní pohyb mezi nástrojem a obráběným předmětem se děl různými rychlostmi. Tento pohyb se rozkládá do třech směrů:

1. Směr řezné rychlosti (hlavní pohyb)
2. Směr kolmý na směr rychlosti (posuv)
3. Směr kolmý k obráběné ploše (přísuv)

Řezná rychlost závisí na materiálu nástroje a obrobku, na velikosti a tvaru průřezu třísky, na druhu nástroje a druhu požadované operace. Vliv má též konstrukce obráběcího stroje.

Posuv závisí na požadované jakosti obrobené plochy a na přípustném průřezu třísky, omezeném tuhostí obráběcího stroje i obrobku a výkonem hnacího elektromotoru. Při řezání závitu je velikost posuvu dána stoupáním závitu.

Pro dané pracovní podmínky existuje určitá tzv. hospodárná řezná rychlost, při níž je nástroj nejlépe využit.

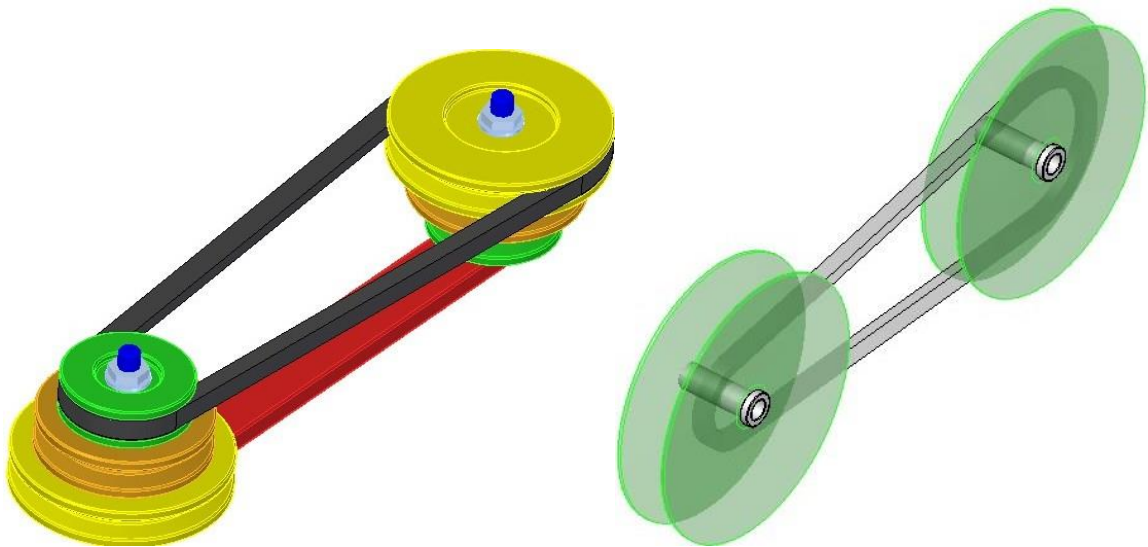
U obráběcích strojů s hlavním pohybem rotačním je řezná rychlost dána známou přímou závislostí otáček na obráběném průměru, nebo průměru nástroje.

$$n = \frac{1000 \cdot v_c}{\pi \cdot D} \quad (17)$$

$n$ – otáčky	[ot/min]
1000 – kompenzace rozměru (rychlost $v_c$ - m/min; nástroj $D$ -mm)	
$v_c$ – řezná rychlost	[m/min]
$\pi$ – Ludolfovo číslo	[-]
$D$ – průměr nástroje	[mm]

Pro změnu rychlosti využíváme dva způsoby:

1. Stupňová změna otáček - vznikají ztráty na strojním čase, neboť je nutné pracovat s nižší řeznou rychlostí příslušící nejbližšímu stupni
2. Plynulá změna otáček – strojní čas je nejkratší, obrábění hospodárnou řeznou rychlostí



Obrázek 42. Stupňovitá a plynulá změna otáček

## 5.5 Vřeteno

Úkolem vřetena je zaručit obrobku nebo nástroji přesný otáčivý pohyb, tj. takový, při němž se dráhy jednotlivých obrobků nebo nástroje liší od kružnice jen v přípustných mezích. Funkce vřetena je shodná s funkcí kruhového vedení a vřeteno se od něho liší pouze tvarem. Vřeteno obráběcího stroje je uloženo ve dvou radiálních a v jednom nebo dvou axiálních ložiskách. Konec vřetena, který vyčnívá ze skříně vřeteníku, se nazývá přední konec a je upraven pro nasazení nebo upnutí obrobku či nástroje. Úprava předního konce vřetena závisí na druhu stroje a je normalizován. Ložisko bližší přednímu konci vřetena se nazývá přední nebo hlavní a má rozhodující vliv na přesnost otáčivého pohybu vřetena [3].

Požadavky na vřetena:

1. Přesnost chodu – je určena velikostí radiálního a axiálního házení
2. Dokonalé vedení – vřeteno nesmí měnit polohu v prostoru, mění-li jeho zatížení směr a smysl
3. Vymezení vůle vzniklé opotřebením – v uložení vřetena
4. Nízké energetické ztráty – ztráty v uložení vřetena musí být co nejmenší
5. Vřeteno musí být tuhé – jeho deformace spolu s přesností chodu má rozhodující vliv na přesnost práce obráběcího stroje.



Obrázek 43. Vřetena [9] [10]



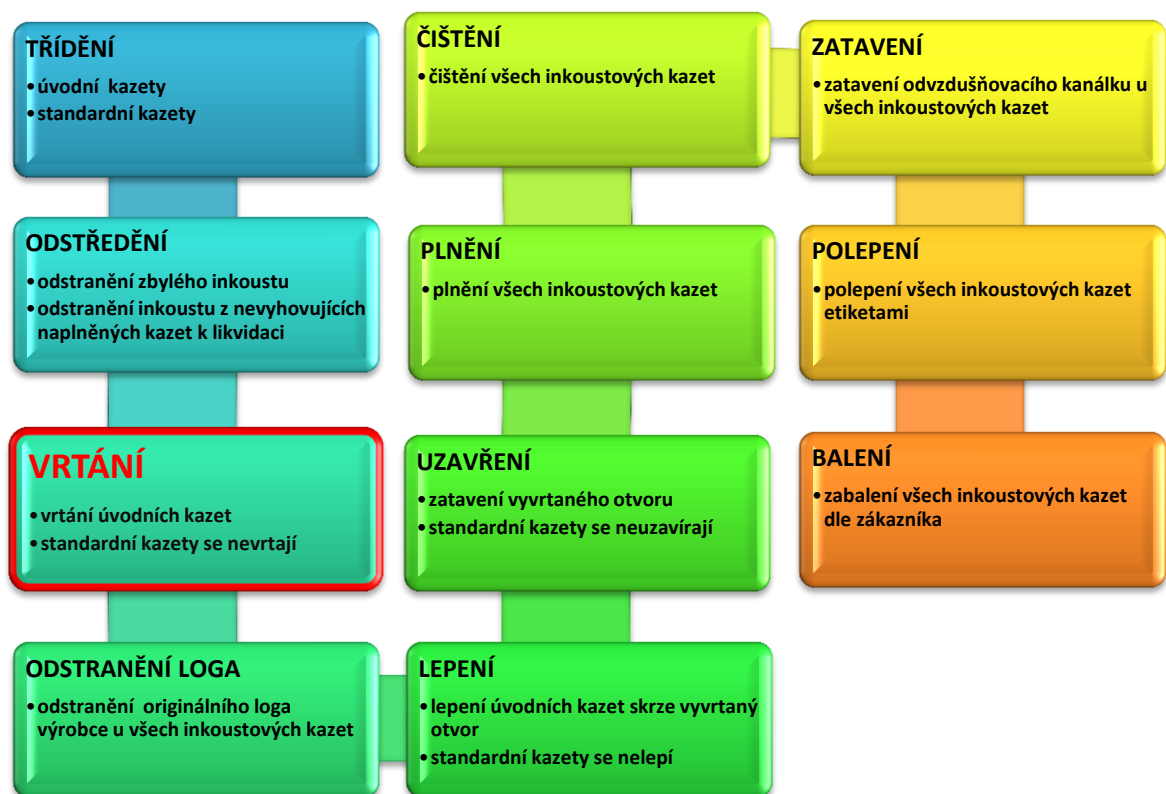
## **II. PRAKTICKÁ ČÁST**

## 6 CÍL BAKALÁŘSKÉ PRÁCE

Cílem bakalářské práce je návrh vhodného vrtacího zařízení pro speciální účel renovace inkoustových zásobníků. Návrh vrtacího zařízení omezuje kritéria, která je nutno akceptovat. Velikost vrtacího zařízení je podmíněna prostorem, do kterého má být stroj zařazen. Zařízení je nutno navrhnout tak, aby jej bylo možné vřazovat do různých výrobních procesů (Tab. 1), (Tab. 2). Efektivita stroje by měla převyšovat konvenční zařízení. Vstupní náklady musí být v mezích návratnosti.

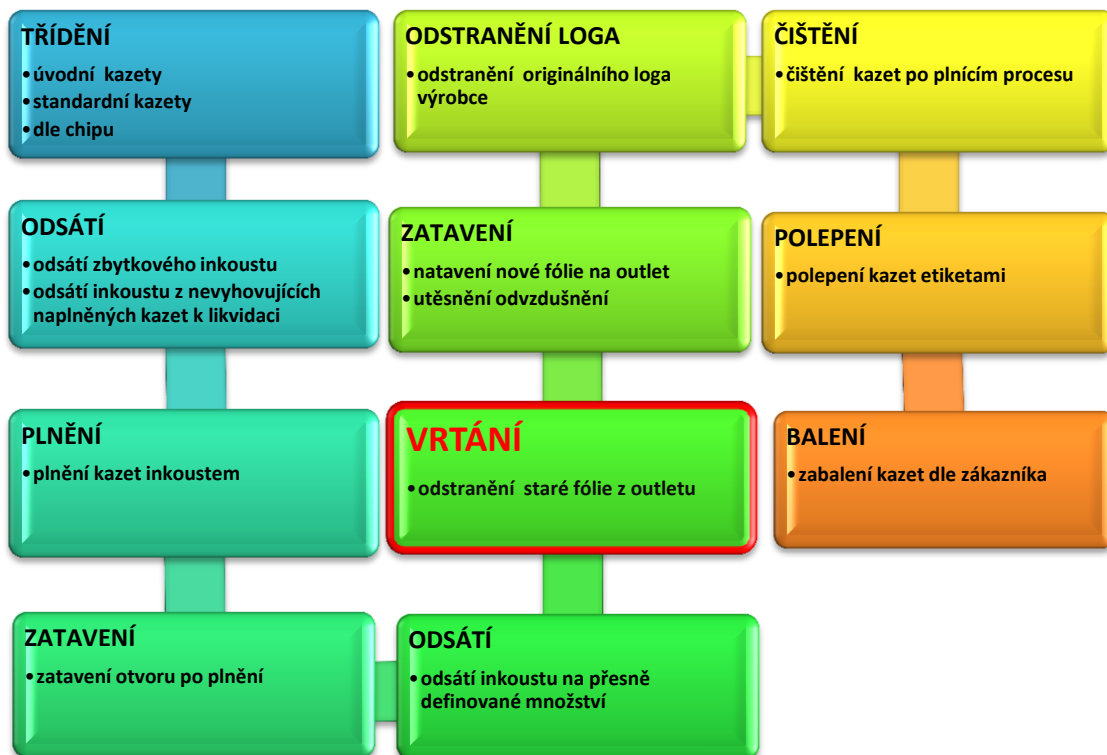
### 6.1 Požadavek na operaci

Vrtací zařízení bude sloužit k vyvrtání otvoru do inkoustového zásobníku HP 364 (inktanku) a k odstranění fólie z výstupního otvoru pro inkoust (outletu) Epson T07xx, T08xx, T012xx (inktanky). Pro HP 364 je požadavkem vytvoření průtokového místa pro zásobování jímací hubky inkoustem a tím zvýšení kapacity kazety. Zároveň bude tak i vytvořen technologický otvor, kterým se zalepí nežádoucí propust mezi zásobovacími komorami. Kazeta musí být dostatečně přesně navedena na pozici pro vrtání. Otvor musí být vytvořen v nejkratším možném čase s maximální možnou efektivitou a bezpečností obsluhy.



Tabulka 1. Výrobní proces pro kazety HP364

Vzhledem ke komplikovanosti konstrukce kazety Epson (*Obr.44*) nebude tvořen otvor rozšiřující zásobovací komory a tím změněna kapacita kazety, ale pouze se odstraní poškozená fólie z outletu. Odstranění fólie z outletu obnáší nutnost dobré opakovatelnosti cyklu. Kazeta musí být přesně navedena na svou pozici a nástroj musí přesně najíždět na pracovní limit. Podmínku navedení kazety řeší konstrukce držáku a podmínku navedení nástroje řeší výběr lineárního vedení.



Tabulka 2. Výrobní proces pro kazet Epson



Obrázek 44. Vnitřní uspořádání přepážek kazety Epson T07xx

## 7 CHARAKTERISTIKA PROCESU RENOVACE

Renovace inkoustových tiskových kazet přináší možnost výběru. Renovovaná kazeta je levnější než originální. Mezi výhody patří především environmentální stránka. Dopady na přírodu jsou při renovaci několikanásobně nižší než výroba nových kazet a jejich následná likvidace, která by měla končit recyklací plastu zásobníku. Recyklaci komplikuje aplikace miniaturních komponentů z různých materiálů a kontaminace plastu zbytkovým inkoustem.

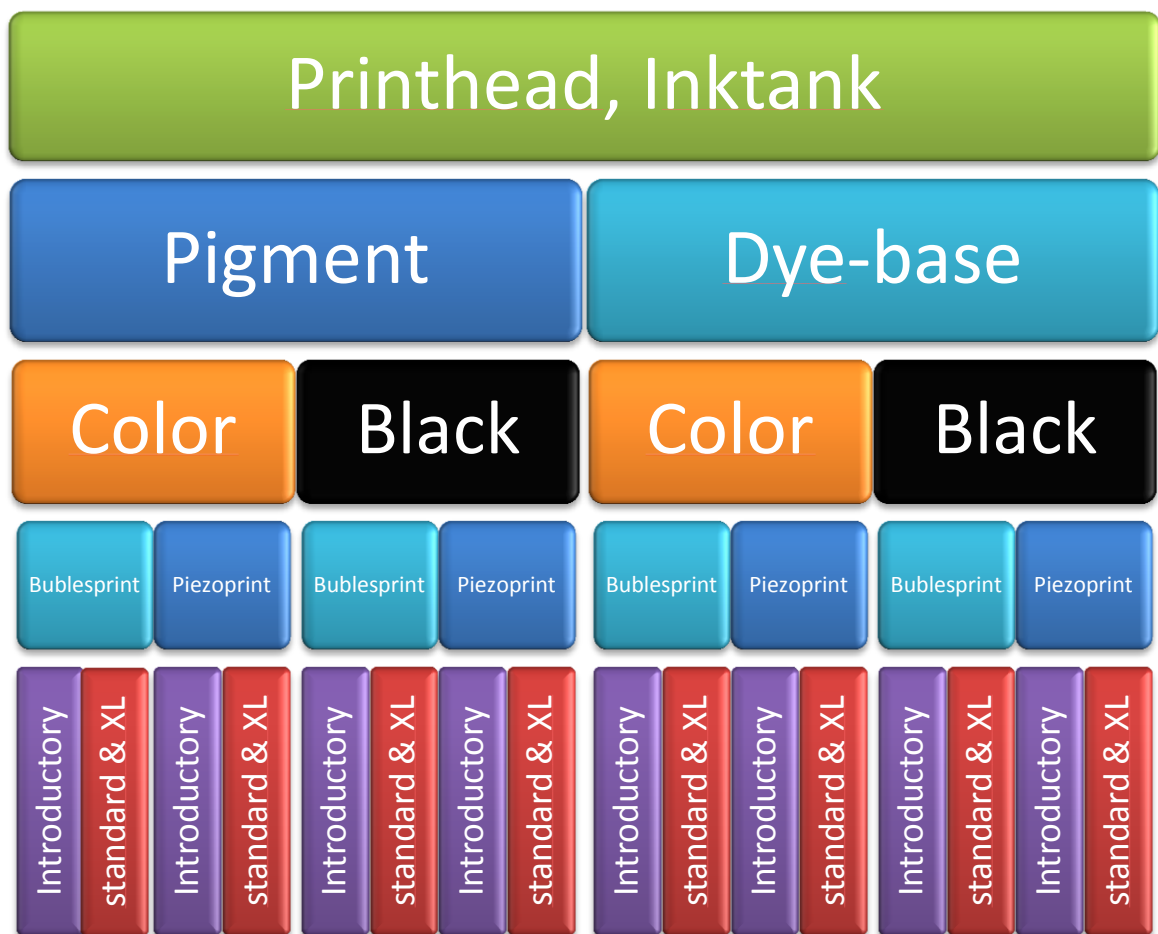
Nevýhodou renovované kazety je její životnost, která se odráží v počtu renovačních cyklů a zejména zacházení zákazníka s tiskovou kazetou. Renovace tiskových kazet je pro výrobce nevýhodnou konkurencí, a tak se již mnohokrát stala předmětem žaloby u mezinárodního soudu. Neúspěchy u soudu výrobci kompenzují plánovanou životností tiskových kazet, popřípadě elektronickým omezením a varovnými pub okny. Renovace je nyní tedy mnohem komplikovanější než v minulosti. Boj v oblasti tiskových kazet je zapříčiněn tím, že cena nákupu nové tiskové kazety tvoří téměř polovinu ceny celé tiskárny. Renovovaná kazeta je přitom o polovinu levnější než nová (originální) kazeta. Proto se snaží výrobci snížit cenu nové kazety redukcí tiskové kapacity. Zde se však nabízí nové prostředí pro renovační společnosti, a to ve zvyšování kapacity takto vyrobených kazet. Zvyšování kapacity tiskové kazety přináší do této oblasti nově i strojírenské technologie jako je frézování a vrtání.

### 7.1 Rozdělení tiskových kazet

Rozdělení tiskových kazet (cartridges) podle použité technologie:



Tabulka 3. Základní dělení tiskových kazet



Tabulka 4. Dělení tiskových kazet

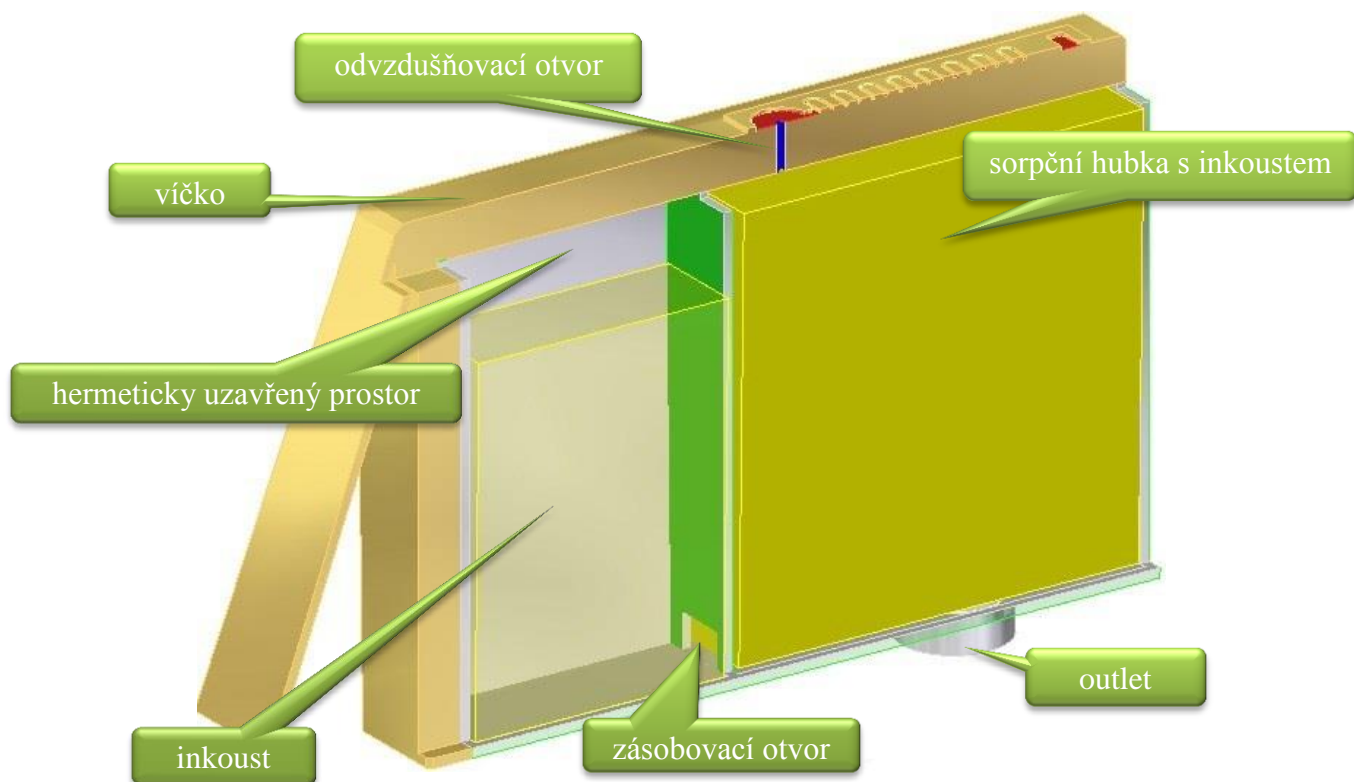
## 7.2 Introductory vs. Standard

Renovace inkoustových tiskových kazet spočívá ve znovu naplnění inkoustové náplně do zásobníku. Problémem je refresh (znovuobnovení průchodnosti trysek) tiskové hlavy, která je velmi citlivá, z důvodu miniaturních rozměrů pohybujících se v mikrometrech. Na ploše  $0,5 \text{ cm}^2$  se nachází 600 trysek o průměru  $9 \mu\text{m}$ . Pročištění tak malých trysek a kanálků je energeticky náročné a ještě se nedá zaručit 100% úspěšnost. Avšak největším aspektem ovlivňujícím kvalitu renovované cartridge (remanu) je vlastní životnost. Bublínkové inkoustové tiskárny, tzv. Bubblesprint, pracují na termálním principu, kde u každé trysky je integrovaný tepelný článek (heater), který velkou rychlostí zahřívá inkoust v prostoru nad tryskou. Z důvodu tepelné roztažnosti inkoustu a vzniku plynů je tento inkoust vystřelen skrze trysku na tištěný předmět. Obecně je známá skutečnost, že každá tepelně namáhaná součást má omezenou životnost. Problém s životností se nevyhýbá ani systému piezotisku,

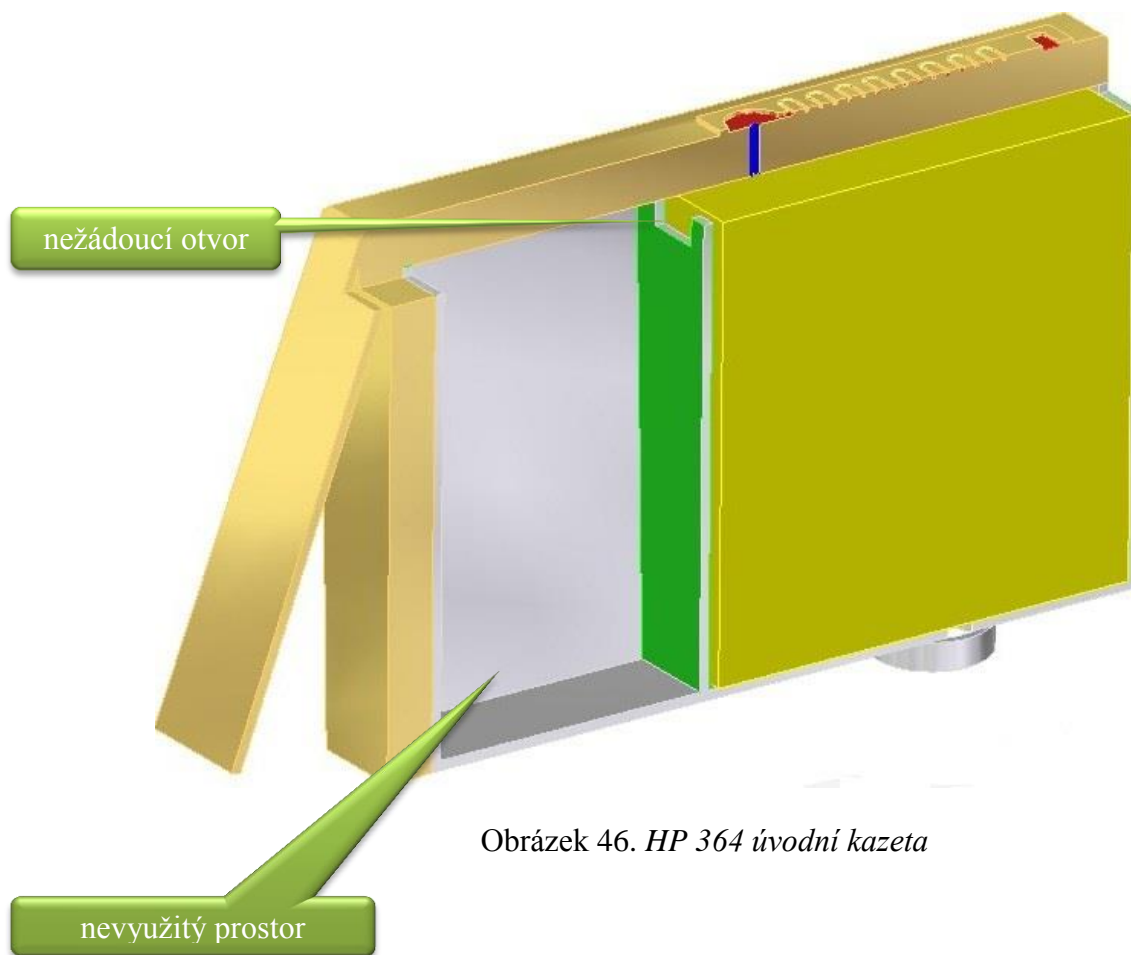
kde je zaměněno tepelné namáhání za mechanické. Navíc je piezotisk citlivý na plyny obsažené v inkoustu. Tento nedostatek je odstraněn odplynováním inkoustu. Poměrně delší životnost a tedy vyšší renovační úspěšnost mají tzv. introductory (úvodní) kazety. Introductory se prodávají spolu s novými tiskárnami. Jedná se o standartní tiskové kazety, které jsou mechanicky, nejčastěji přepážkou, objemově omezeny. Tudíž počet vystříknutých kapek je mnohem menší. Tyto cartridges jsou velkou příležitostí pro renovaci. Zvýšením objemu introduktoru se získá standartní tisková kazeta. Pro tyto úpravy se do polygrafického remanufacturing průmyslu dostává i strojařský průmysl.

### 7.3 HP 364

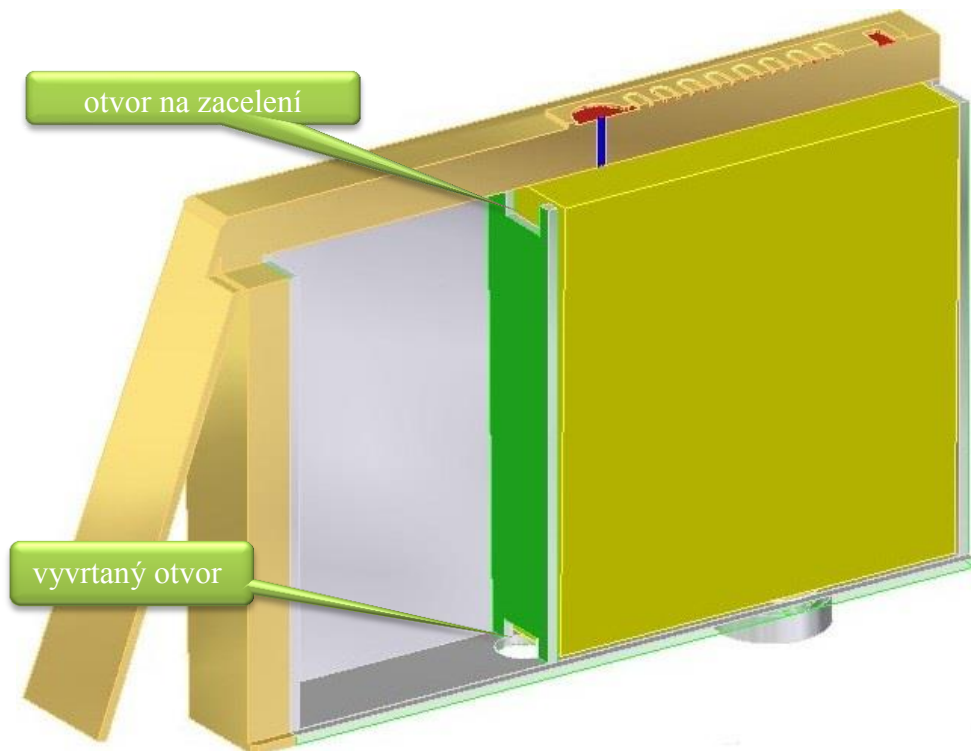
HP 364, HP 364XL je souhrnné označení pro typovou řadu ink tanků HP CB318EE cyan (azurová), HP CB319EE magenta (purpurová), HP CB320EE yellow (žlutá), HP CB321EE black (černá), HP CB323EE cyan XL, HP CB324EE magenta XL, HP CB325EE yellow XL a HP CN684EE black XL. Z rozdělení je podstatné základní dělení na introductory, standard a XL. Rozdíl mezi těmito kazetami je ve vnitřním uspořádání přepážek. Vnější tělo kazety je stejné. Firma HP vyrábí těla HP 364 vstříkáním. Konstruktor navrhl vnitřní přepážky tak, aby bylo možné vytvářet na jedné formě jak introductory, tak standardy. Náplň do standardu je 12ml a výtěžnost 300 stran. Standard má objem 19 ml a výtěžnost 500 stran. Změna introduktoru na standard vyžaduje pouze přesunutí zásobovacího otvoru v přepážce z pozice u víčka na dno kazety (*Obr.45*). Otvor v horní části komory je pro správnou funkci standard kazety závadný, a proto musí být zacelen (*Obr.46*). Kazeta je složena ze dvou komor, víčka s odvzdušňovacím kanálkem a ústím. V komoře, kde je přivedeno odvzdušnění a umístěno i ústí, je sorpční hubka. Ta pomocí kapilárních sil udržuje inkoust v komoře proti samovolnému vytékání. Vedlejší komora je naplněna zásobním inkoustem. Tato komora musí být hermeticky uzavřená. Do komory s hubkou je propojena na dnu kazety pod hladinou inkoustu. Pokud by byl do komory přístup atmosférického vzduchu, nebylo by možné udržet inkoust v komoře a samovolně by přes tiskovou hlavu vytekl do tiskárny. Navíc by se kontaminovaly okolní barvy v tiskové hlavě. Tisk by také nefungoval, jelikož by se na tryskách vytvořila souvislá vrstva inkoustu (kapka) a skrze ni by jednotlivé kapičky inkoustu neprošly.



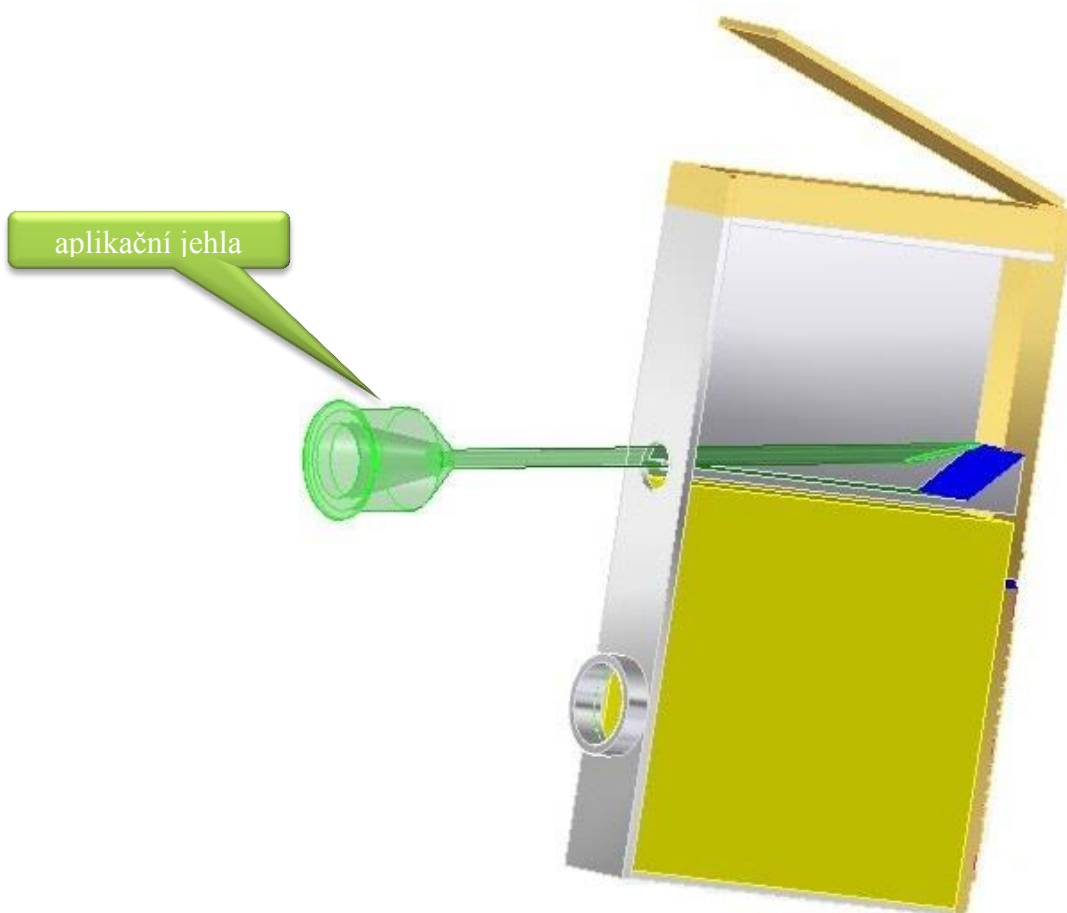
Obrázek 45. HP 364 standartní verze



Obrázek 46. HP 364 úvodní kazeta

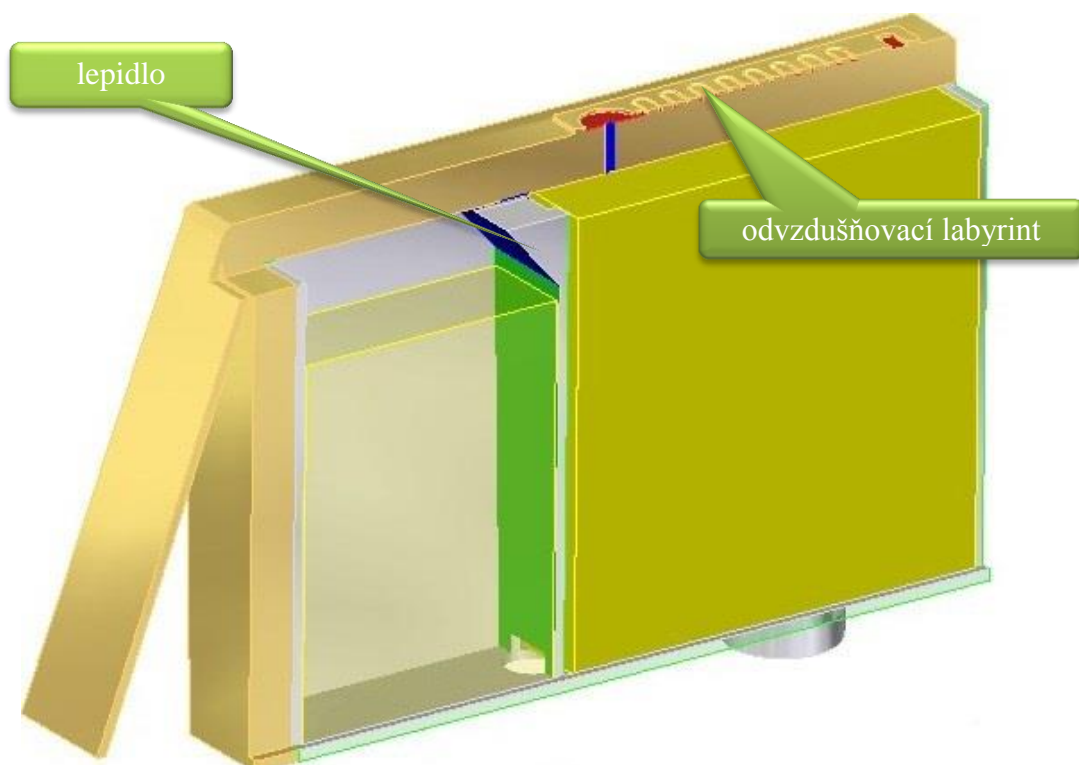


Obrázek 47. HP 364 úvodní kazeta s vyvrtaným otvorem

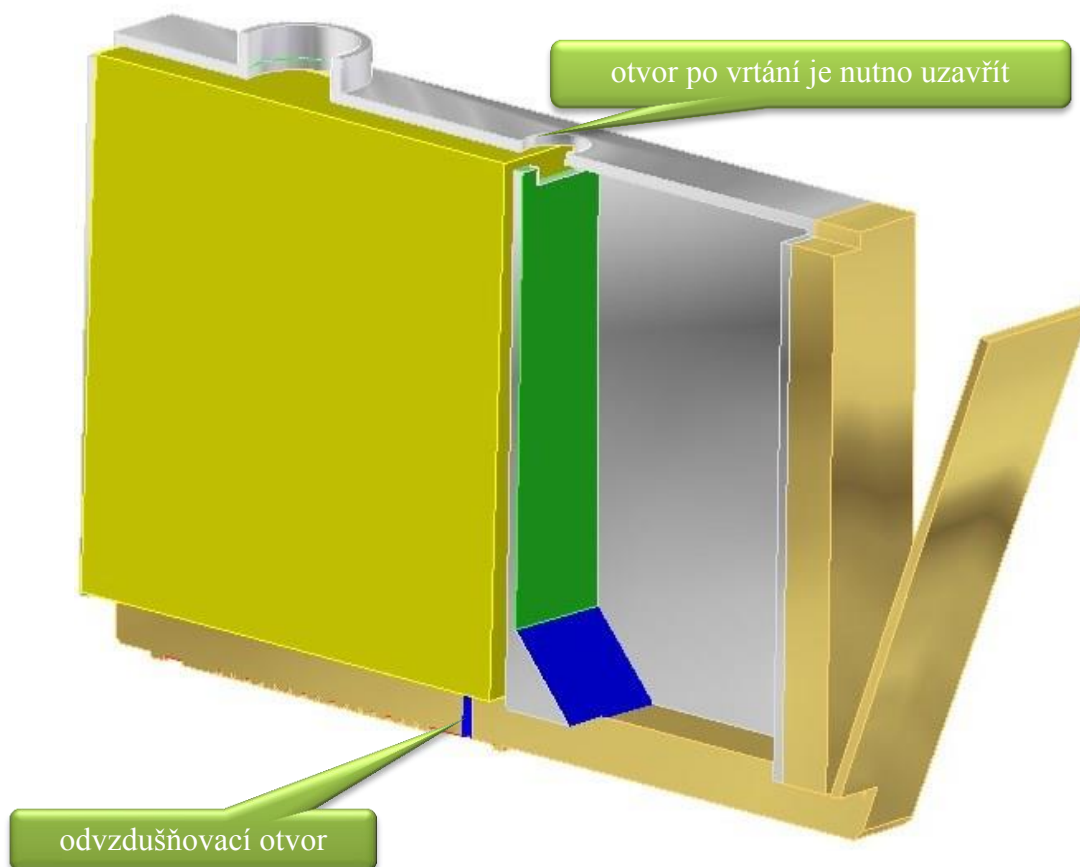


Obrázek 48. HP 364 úvodní kazeta, aplikace lepidla





Obrázek 49. HP 364 úvodní kazeta po úpravě



Obrázek 50. HP 364 úvodní kazeta před uzavřením

## 7.4 Epson T07xx

Kazety Epson jsou děleny obdobným způsobem jako HP. Nacházejí se zde startovací a standardní nebo XL kazety. Epson kazety mají však velmi složité vnitřní uspořádání komůrek, a tak nelze měnit jednotlivé typy kazet na vyšší kapacitu. Složitost kazet je zapříčiněna nepřítomností jímací hubky, jako je tomu u HP. Vrtačka je zde potřeba k odstranění protržené fólie (Obr.52) z výpustního otvoru (outletu). Tato fólie je těsnícím prvkem kazety proti vytečení náplně. Fólie je navařena (Obr.54) tepelnou svářečkou, která rozvaří část těla kazety a proto je prostor pro odvtřání na vytvoření nové vařící plochy velmi malý, v řádech desetin milimetru (Obr.53).



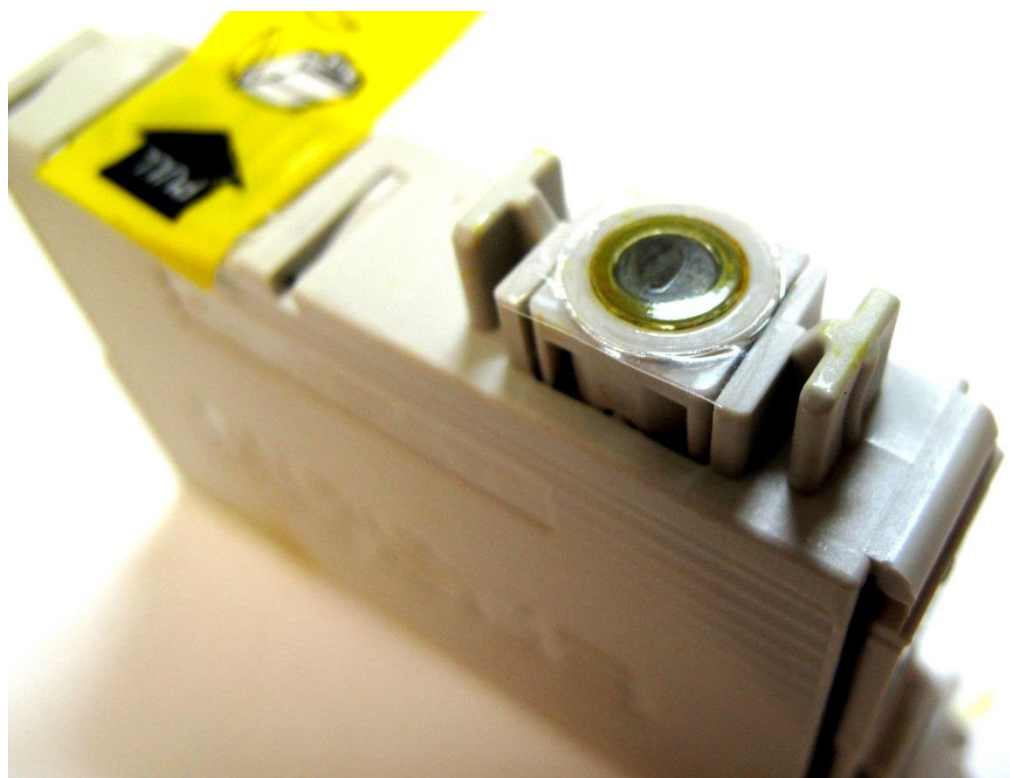
Obrázek 51. Kazeta Epson



Obrázek 52. Kazeta Epson s původní fólií



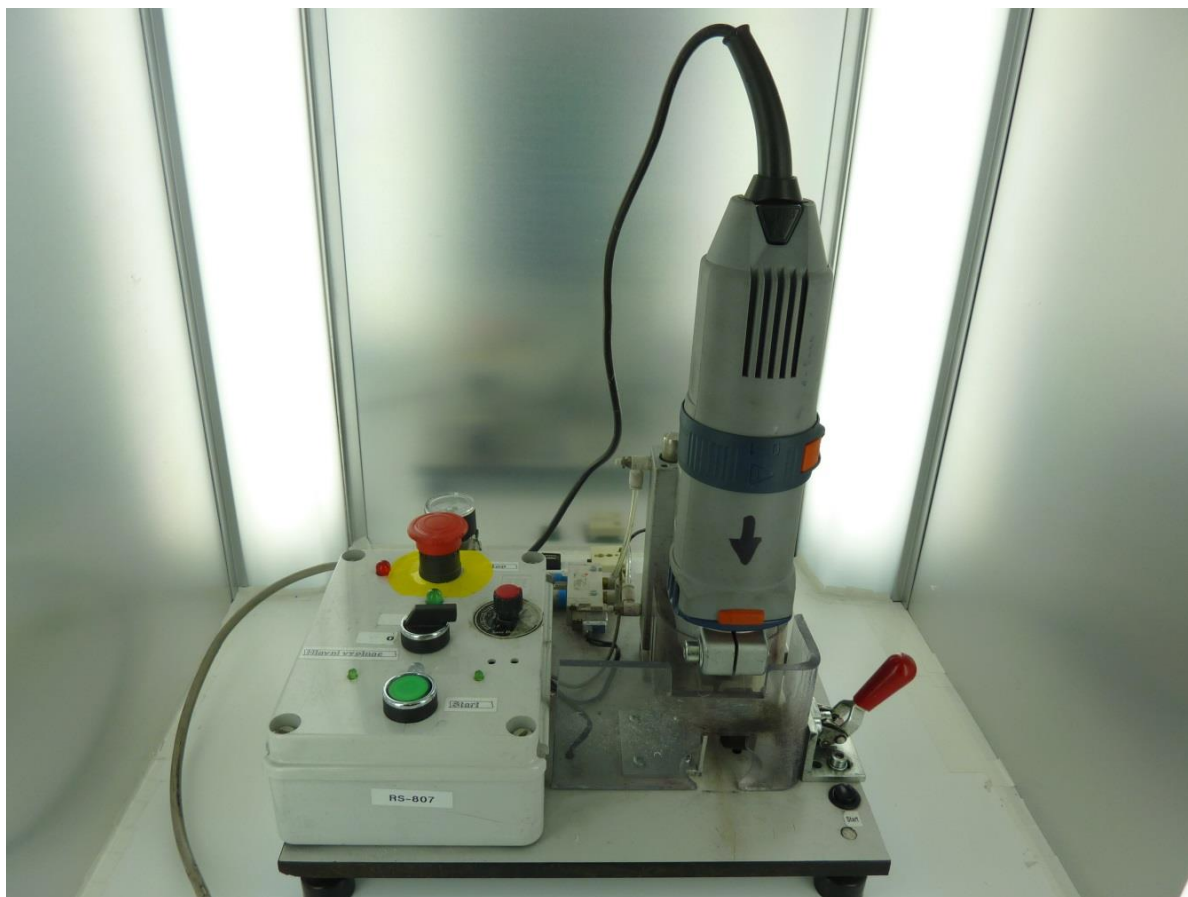
Obrázek 53. Kazeta Epson po odvrtání



Obrázek 54. Kazeta Epson po navaření nové fólie

## 8 NÁVRH VRTACÍHO ZAŘÍZENÍ

Návrh vrtacího zařízení je posuzován vzestupně podle ceny a časové náročnosti. Je zohledněno i hledisko zakomponování stroje do výrobní haly a vlastní linky na renovaci. Rozvržení výrobních linek je v charakteru kontinuální výroby. Haly mají obdélníkový půdorys a jsou obsazeny třemi linkami tvaru U nebo I. Z hlediska nastavených kritérií a celkové koncepce linek je vybíráno stolní zařízení o minimálních rozměrech. Jako finančně i časově nejvýhodnější je vybrána standardní stolní vrtačka. Po testovací výrobě je stolní vrtačka vyhodnocena jako nevyhovující z důvodu nekvality vyvrtaného otvoru a nevyhovujícím řezným podmínkám. Z tohoto hlediska byla vytvořena prototypová poloautomatická vysokorychlostní vrtačka (*Obr.55*). Prototypová vrtačka pracovala v plném provozu dva roky, kdy prokázala správnost konceptu s dobrou finanční návratností. Vzhledem k tomuto závěru bylo přistoupeno k modernizaci vrtacího zařízení. Toto nové zařízení bylo navrhováno s ohledem na různorodost inkoustových kazet, jiných typů a značek.



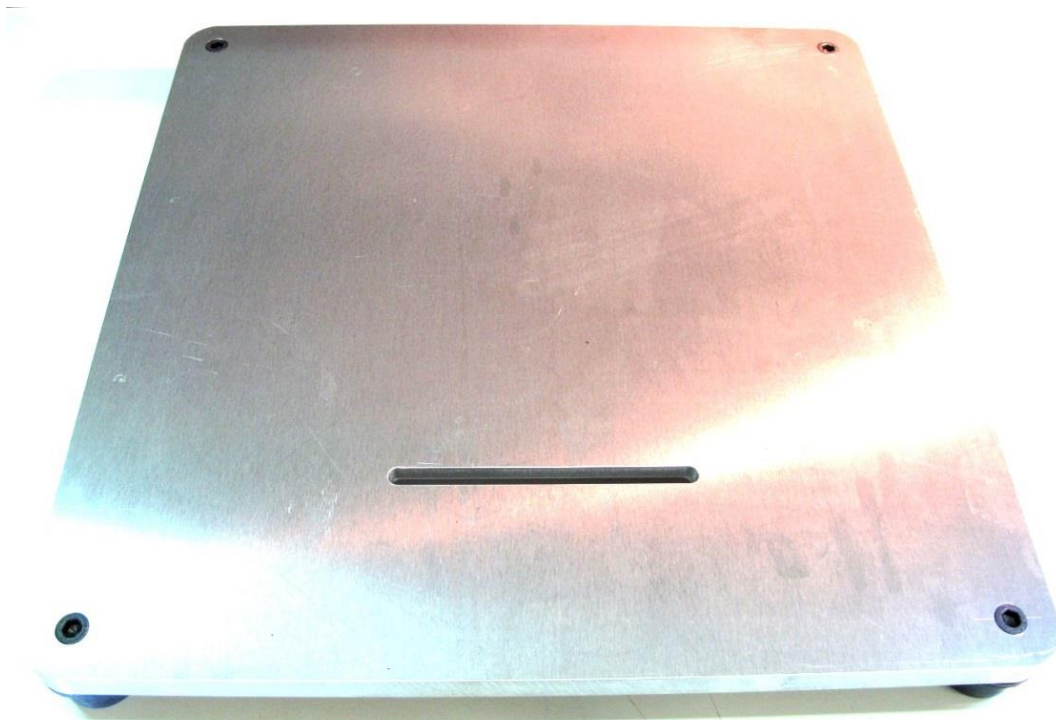
Obrázek 55. Prototypová vrtačka

## 8.1 Volba komponentů

Na prototypové vrtačce byly během provozu nalezeny nedostatky, které bylo nutno odstranit a nahradit vhodnějším řešením. Hlavním nedostatkem stroje byl posuv, který byl zajištěn pomocí pneumatického válce. Pneumatický posuv bylo nutné nahradit standartním lineárním vedením s motorem. Druhým nedostatkem byla aretace kazety pomocí rychloupinky. Správnost a přesnost upnutí obrobku (kazety) ovlivňuje kvalitu a přesnost vyvrtaného otvoru.

### 8.1.1 Rám

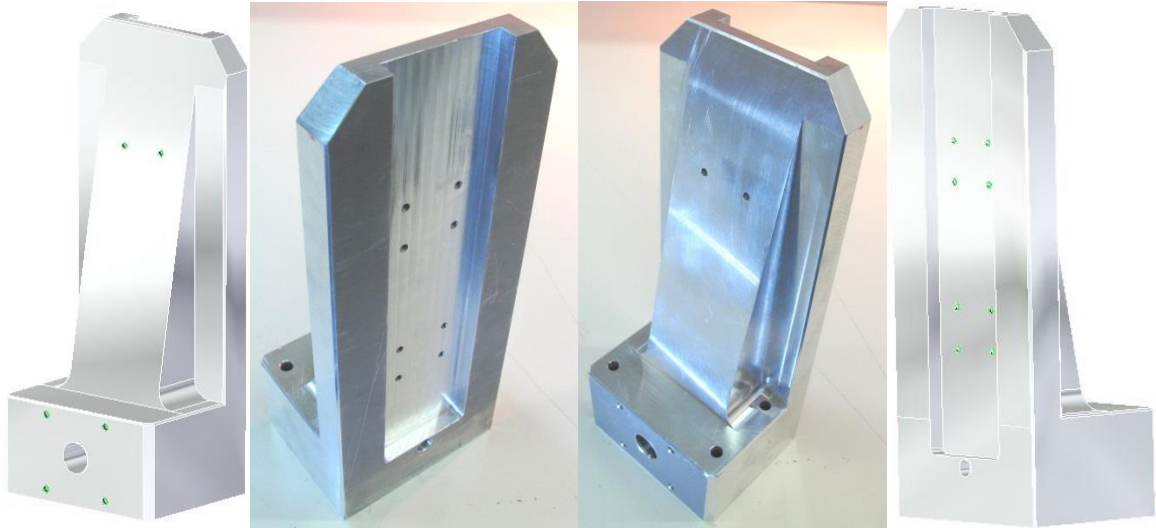
Základní částí každého stroje je rám. Rám nese zatížení stroje jak statické, tak dynamické. Na rám se umísťují všechny součásti zařízení, většinou souose nebo kolmo na hlavní geometrii rámu. Vlastností rámu by měla být tuhost a odolnost proti chvění. Pro aplikaci vrtačího zařízení byl vybrán rám o rozměrech 500x500x20 mm ze slitiny hliníku EN AW 5083[AlMg4,5Mn0,7] (*Obr.56*). Vlastnostmi materiálu jsou dobrá obrobitelnost, eloxovatelnost, velmi dobrá svařitelnost a odolnost proti korozi. Typickým využitím je stavba strojů, přípravků, lodí, svařované konstrukce, ale hodí se i do potravinářského průmyslu. Technická dokumentace pro výrobu rámu je v příloze II.



Obrázek 56. Rám

### 8.1.2 Rám pro lineární vedení

Součástí hlavního rámu je držák pro lineární vedení (LV) (Obr.57). Držák LV je vyroben ze stejného materiálu, jako hlavní rám slitiny hliníku EN AW 5083[AlMg4,5Mn0,7]. Technická dokumentace pro výrobu rámu LV je v příloze III.



Obrázek 57. Rám pro lineární vedení

### 8.1.3 Posuv vrtacího zařízení

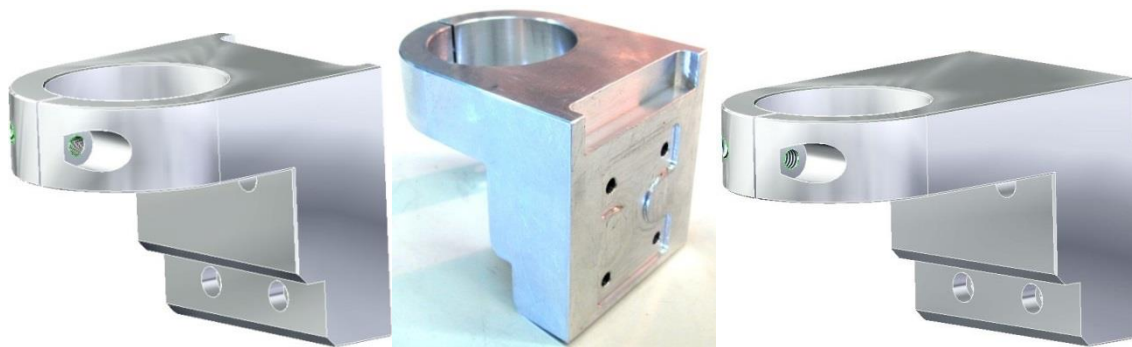
Pro posuv bylo vybráno lineární vedení s motorem od výrobce KURODA s typovým označením *SG2605A-150P-A5NN-NN* (Obr.58). Toto lineární vedení má dostatečnou tuhost v namáhání a velmi dobrou opakovatelnost (příloha XIX). Pohyb jezdce zajišťuje okružovaný kuličkový šroub. Jedná se o šroub s vyšším stupněm přesnosti, používány pro automatizaci, obráběcí stroje, manipulaci a podobně. Šroubem otáčí přes pojistnou spojku krokový motor SX17-0905.



Obrázek 58. Lineární pohon Kuroda

#### 8.1.4 Držák vřetene

Uchycení vřetene vyplynulo z konstrukce ruční frézky, která má vytvořenou válcovou aretační plochu. Válcová plocha má standardizovaný průměr 43 mm pro většinu ručního nářadí. Držáky vřetene jsou navrženy dva zvlášť pro Epson kazety a zvlášť pro kazety HP 364 (Obr.59). Technická dokumentace výroby držáku vřetene je v přílohách IV pro Epson a V pro HP.



Obrázek 59. Držák vřetene pro Epson, HP 364

#### 8.1.5 Vrtací vřeteno

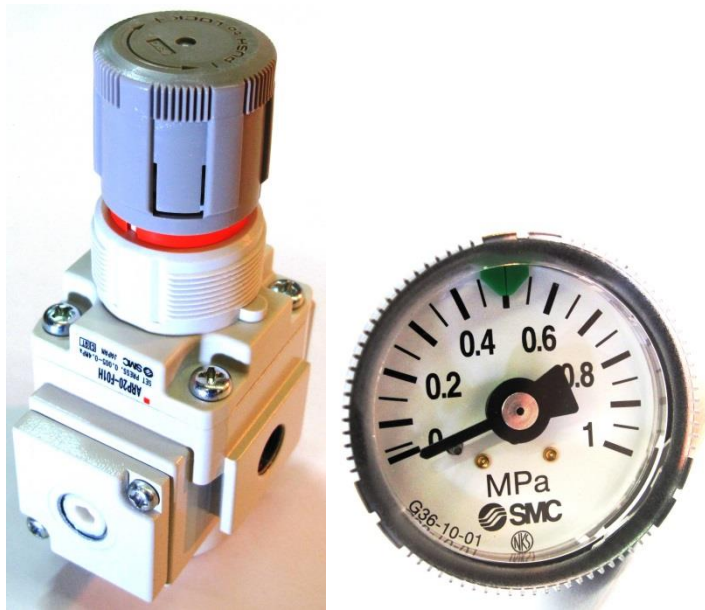
Ruční frézka KRESS 800 FME (Obr.60) je strojní zařízení pro ruční, ale i strojní opracování výrobků. Frézka má válcovou upínací plochu, která je souosá s osou nástroje. Lze ji upnout do stojanu pro ruční nářadí a tím je možné využívat posuvu rotačního nástroje, aniž by bylo potřeba výsuvné pinoly, jako je tomu u stolních vrtaček. Motor se posouvá současně s nástrojem a tak je odstraněna spousta převodových prvků, na kterých vznikají odpory, vůle, chvění a hluk. Volba vřetene byla podmíněna požadavkem na vysokou řeznou rychlost. Otáčky jsou stavitelné od 10000 ot/min do 29000 ot/min pomocí potenciometru, který má 6 základních poloh, mezi nimiž je 6 mezipoloh. Lze tak nastavit 30 stupňů rychlosti.



Obrázek 60. Vrtací vřeteno KRESS 800 FME

### 8.1.6 Pneumatický regulátor

K zajištění stabilního tlaku byl použit regulátor tlaku ARP20-F01H (Obr.61). Regulátor pracuje v rozsahu tlaků 0,05 až 0,85 MPa. Regulátor zajišťuje na svém výstupu stabilní tlak nezávisle na protečeném množství plynu v čase. Omezení nastává, pokud je odebíráno médium mimo stanovené průtokové charakteristiky výrobcem. V tomto případě se regulátor stává škrticím ventilem a neplní tak svou funkci. Regulátor je vybaven kontrolním manometrem G36-10-01.

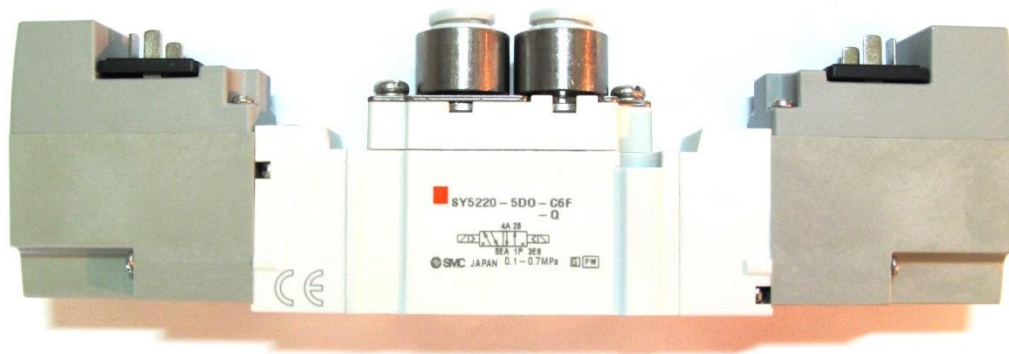


Obrázek 61. Pneumatický regulátor s manometrem

### 8.1.7 Pneumatický rozvaděč

Ovládacím prvkem pneumatického válce je vzduchový elektroventil SMC SY5220-5D0-C6F-Q (Obr.62). Jedná se o bistabilní pneumatický rozvaděč. Ventil zaručuje dvě stabilní polohy. Výhodou bistabilního ventilu je neměnná poslední zadaná poloha i při výpadku proudu. Omezujícím faktorem rozvaděče je výpadek stlačeného vzduchu, avšak tento výpadek není okamžitý, ale je pozvolný. Vzhledem ke konstrukci držáku a použití magnetického senzoru tak při výpadku vzduchu nehrozí žádné nebezpečí, jak na zdraví, tak na výrobku. Kazeta zůstane v dolní poloze a magnetický senzor na válci neumožní spuštění vrtací sekvence.



Obrázek 62. *Pneumatický ventil*

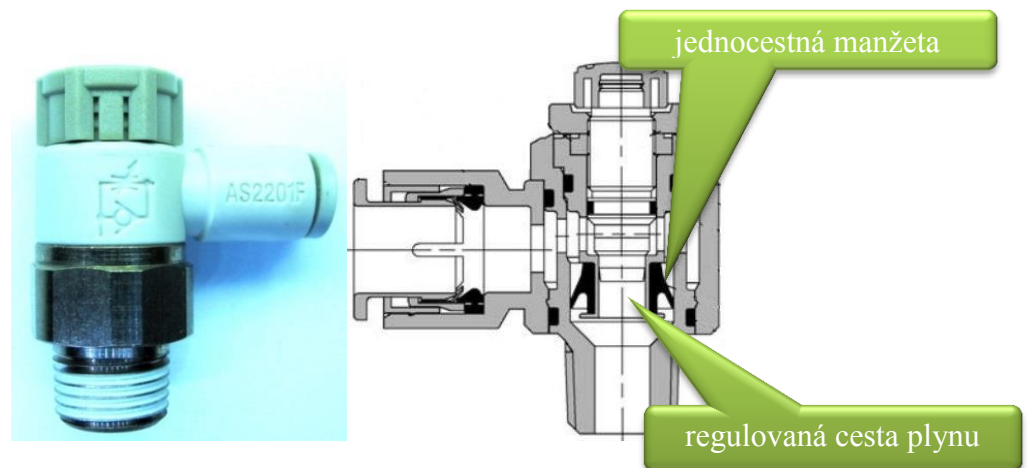
### 8.1.8 Pneumatický válec

Pracovní částí pneumatického obvodu je pneumatický válec (*Obr.63*), který slouží k aretaci obrobku. Válec byl vybrán tak, aby byl zajištěn dostatečný rozsah uzavírací síly obrobku. Typové označení pneumatického válce je CQ2B40TF-50DZ.

Obrázek 63. *Pneumatický válec*

### 8.1.9 Škrticí ventil

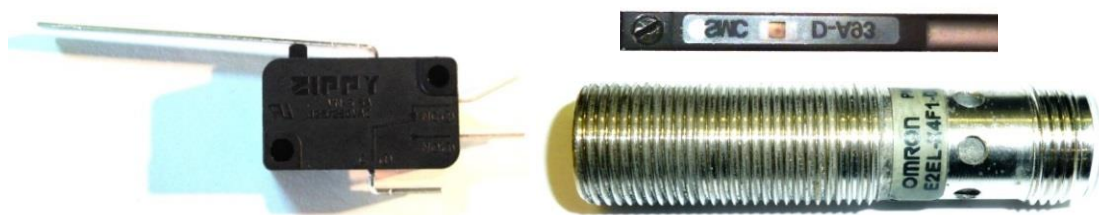
Aby bylo možné zajistit plynulý chod pneumatického válce, je nutné mít stabilní tlak, který obstarává regulátor tlaku, tak i plynulé plnění a vyprazdňování komor pneumatického válce. K zajištění vhodné rychlosti plnění komor slouží škrticí ventily, které omezují objem protečeného plynu v čase. Pneumatický válec je osazen jednocestnými škrticími ventily AS2201F. Regulovaný směr je zvolen při vyprazdňování vzduchu z válce. Vstupní tlak je omezen pouze manžetou, která zajišťuje jednocestně regulovaný průtok plynu. (*Obr.64*)



Obrázek 64. Jednocestný škrticí ventil

### 8.1.10 Senzory

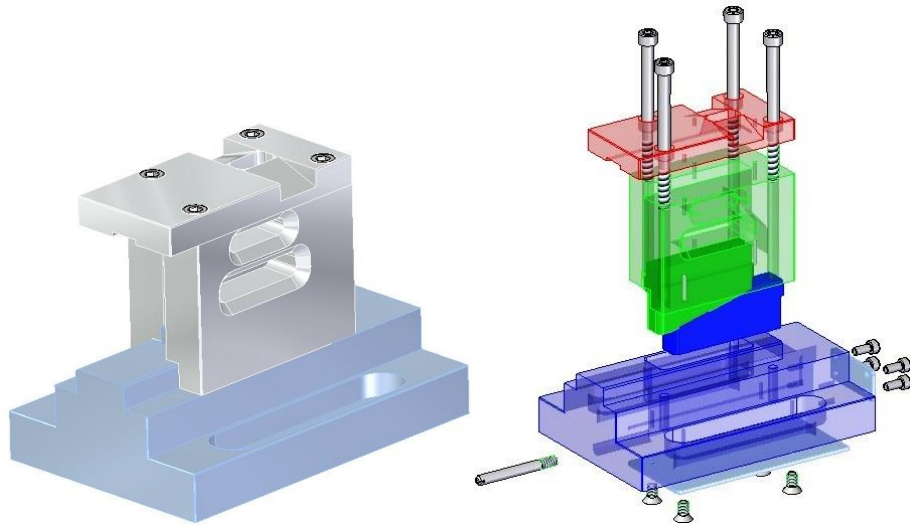
Automatizace je založena na ovládní a regulaci. Ovládní stroje je řízeno programem bez zpětné vazby. Takto vytvořený program se většinou řídí podle časových konstant. Regulace je ovládní se zpětnou vazbou. Vytvořený program může řídit podle časových konstant, ale navíc je zavedena podmínka. Zpětná vazba, která zadává programu podmínku, je realizována senzory. V sestavě jsou použity senzory na klíčových místech. Použity byly koncové přepínače VN-5, indukční snímač E2EL-X4F1-DM1 a magnetický senzor D-A93 (Obr.65). Koncové přepínače se nacházejí na mezních polohách lineárního vedení. Indukční snímač snímá otáčky vřetene, které v nainstalovaném programu pomocí frekvenčního komparátoru spouští operaci. Magnetický senzor snímá správnou polohu držáku, to je uzavřenou.



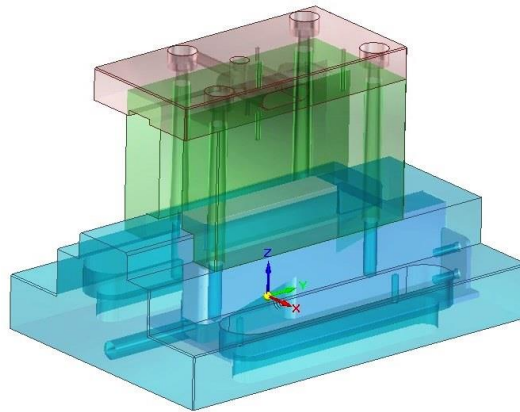
Obrázek 65. Senzory

### 8.1.11 Držák kazety

Držák kazety byl navrhnout s podmínkou na obrobení obráběných ploch, ploch jinak zpracovávaných, musí mít středící schopnost, dostatečnou uzavírací sílu a jednoduchou aplikaci kazety.

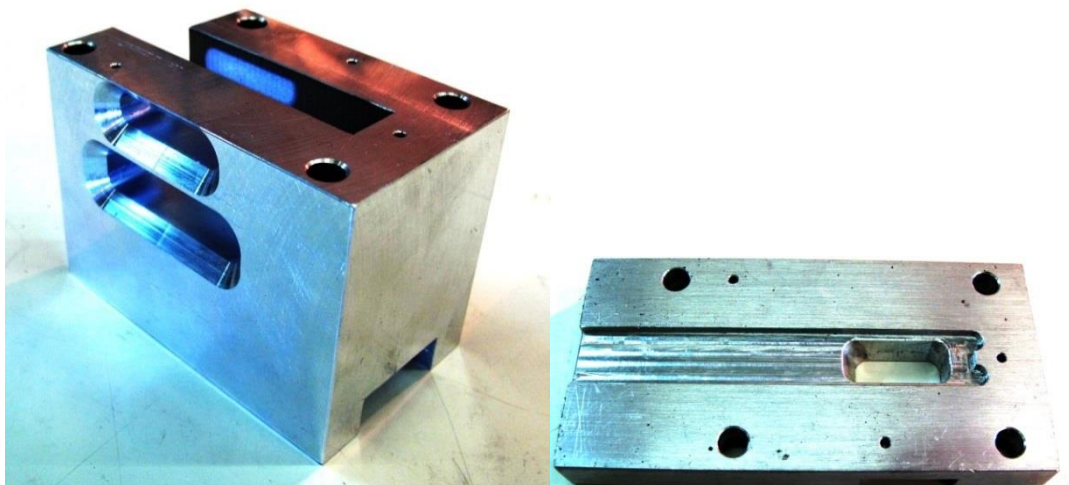


Obrázek 66. Držák kazety Epson T07xx



Obrázek 67. Držák kazety HP 364

Vzhledem k stejnorodosti ink tankových kazet byl držák navržen tak, že záměnou středního a vrchního dílu držáku se přizpůsobí jakémukoli renovovanému typu kazety (Obr.68).

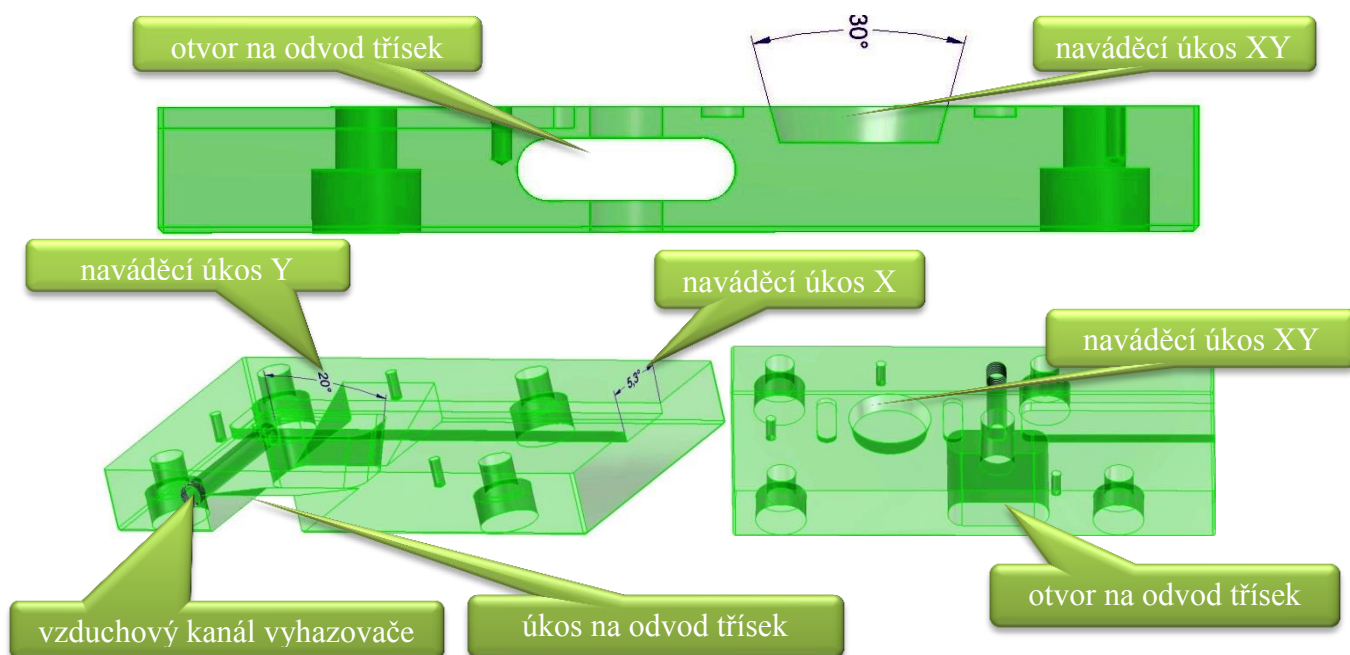


Obrázek 68. Střední a vrchní část držáku typu T07xx



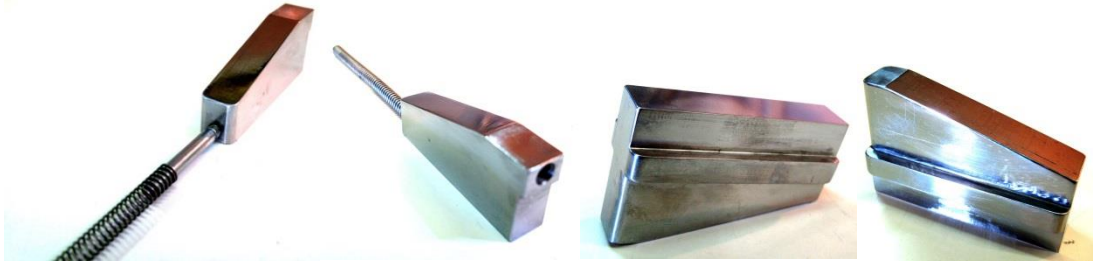
Obrázek 69. Střední a vrchní část držáku typu HP 364

Vrchní část držáku slouží jako opora, ale i jako část naváděcí. Navádí kazety do požadované polohy pomocí úkosů (Obr.70). Další geometrické úpravy pomáhají k snadnějšímu odvodu třísek, které jsou odfukovány tlakovým vzduchem. Mezi další funkce patří vyhození kazety tlakovým vzduchem.



Obrázek 70. Naváděcí úkosy

Upínací mechanismus je součástí spodní části držáku. Převod upínací síly je proveden pomocí klínů (jezdců) (Obr.71). Spodní jezdec se zasouvá pod horního jezdece (upínku). Do výchozí polohy vrátí spodního jezdece pružina (Obr. 72), horní jezdec samovolně sjede.



Obrázek 71. Spodní a horní jezdec



Obrázek 72. Polohy spodního jezdece

Klíny svírají vůči vodorovné základně úhel  $14^\circ$ . Zdvih upínky je v poměru přibližně 1:4, přičemž maximální zdvih upínky v držáku je  $10\text{mm}$ . K plnému zdvihu je potřeba pístu o minimálním zdvihu  $40\text{mm}$ . Držák je konstruovaný se zdvihovou rezervou. K uzavření ka-zety je potřeba  $\frac{3}{4}$  zdvihu.

$$a_j = \tan 14^\circ \cdot a_p$$

$$\tan 14^\circ \cdot 40 = 9,973\text{mm} \quad (18)$$

$a_j$  – zdvih jezdece [mm]  
 $a_p$  – zdvih válce [mm]

Uzavírací síla při zanedbání odporu vratné pružiny a tření a se dá odvodit z následujícího vztahu.

$$F_y = \cos 14^\circ \cdot F \quad (19)$$

$$F = S_p \cdot p \quad (20)$$

$$S_p = \frac{\pi d_p^2}{4} \quad (21)$$

$F_y$  – uzavírací síla [N]  
 $F$  – síla pneumatického válce [N]  
 $S_p$  – ploch pístu [m<sup>2</sup>]

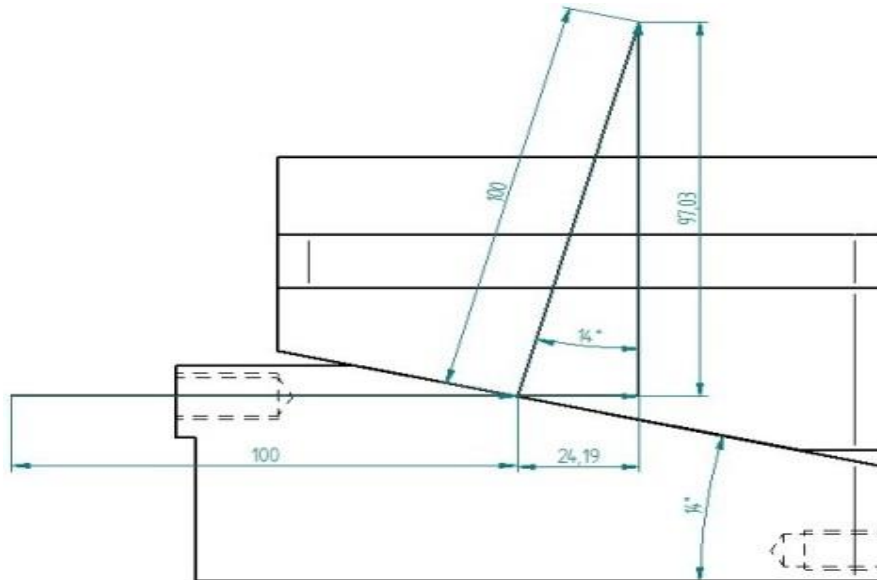
$p$  – tlak

[Pa]

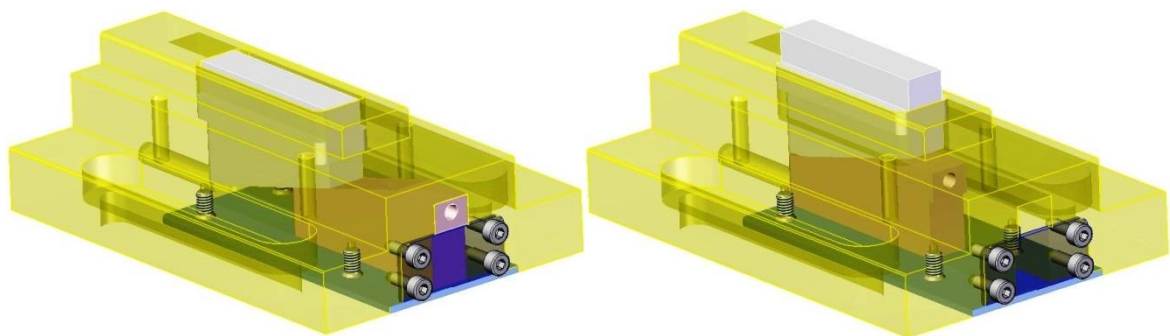
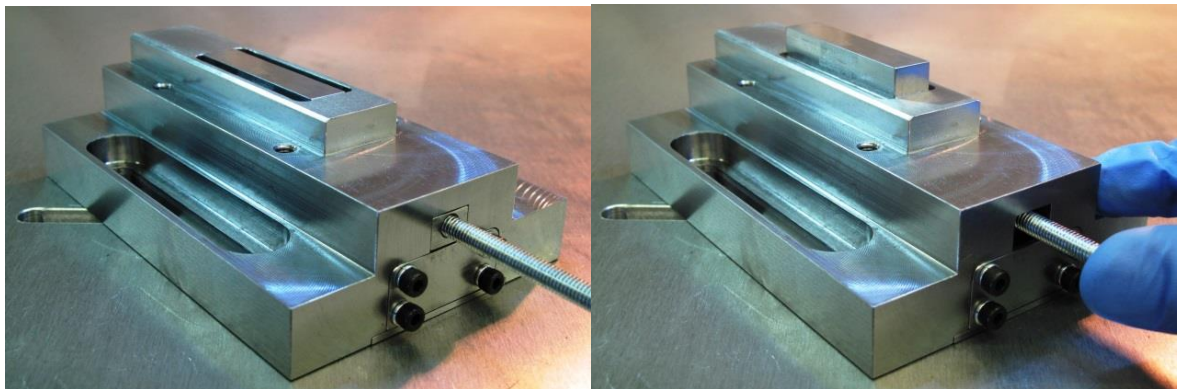
$d_p$  – průměr pístu

[m]

Ze vztahu  $\cos 14^\circ = 0,9703$  lze určit přibližně 97% převodu síly válce na upínku. Při započtení ztrát bude upínací síla menší viz. Pneumatický obvod.



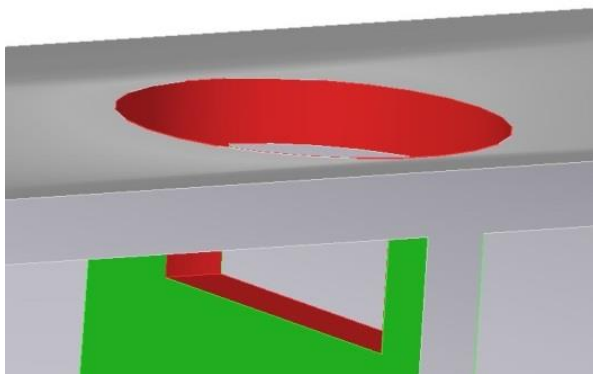
Obrázek 73. Převod síly držáku



Obrázek 74. Upínací část držáku s vysunutým a zasunutým jezdce

### 8.1.12 Nástroj

Volba nástroje pro HP 364 (*Obr. 76*) byla podmíněna tvarem požadovaného otvoru a tvarem obráběné plochy (*Obr. 75*). Výsledný otvor musí mít stejnou styčnou plochu inkoustu s hubkou, jakou má standardní verze kazety. Druhý argument tvaru obrobku je podstatný. Hlavní obráběná část kazety má tvar tenkostěnné přepážky. Směr obrábění je ve směru plochy, a tudíž obrábění pomocí vrtáku by nebylo možné. Pro kazety HP 364 byla zvolena jednobřítá válcová čelní fréza GARANT 190730 Ø 6x60. Nástroj pro kazety Epson T07xx (*Obr.77*) byl taktéž definován dle požadovaného tvaru obráběné plochy. Obrobená plocha musí být co nejméně obrobena a tvar se musí blížit rovině. Byla vybrána fréza HW 12x20x8.



Obrázek 75. Tvar otvoru HP 364



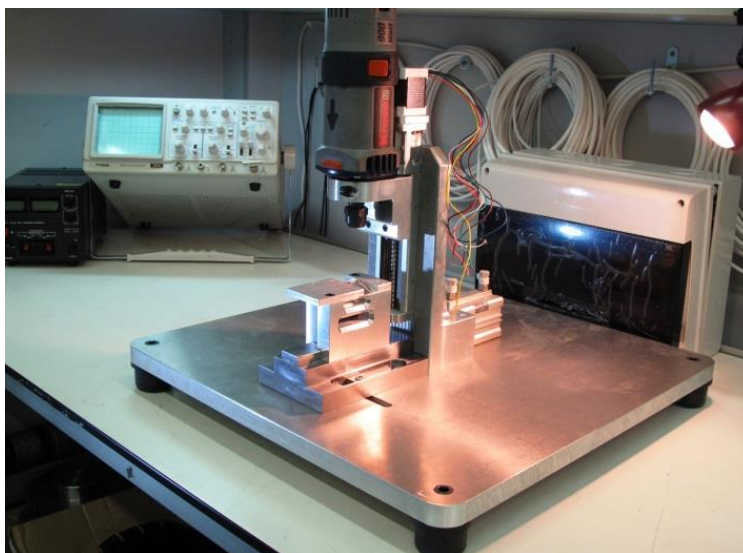
Obrázek 76. Nástroj GARANT 190730 Ø 6x60



Obrázek 77. Nástroj HW 12x20x8

## 8.2 Konstrukce

Sestavení vrtačky bylo zaměřeno s ohledem na bezpečnost obsluhy. Vrtačka musí splňovat možnost instalace do automatické linky systému karusel. Vrtačka je tak proto centrována se všemi pohyblivými prvky, jako je aretační válec. Držák kazety není s tímto válcem pevně spojen. Nebude tak problém uchytit držák na rotační stůl a vrtačku na rám automatu.



Obrázek 78. Hlavní části vrtačky

### 8.2.1 Řízení

Pro řízení vrtačky byl zvolen systém PLC (programmable logic control) Siemens 6ED1 052-1HB00-0BA6 s rozšiřujícím modulem DM8 12/24R (obr.79). Logo 0BA6 má jednoduché intuitivní programování pomocí funkčních bloků. Program vrtačky je uveden v příloze XX.

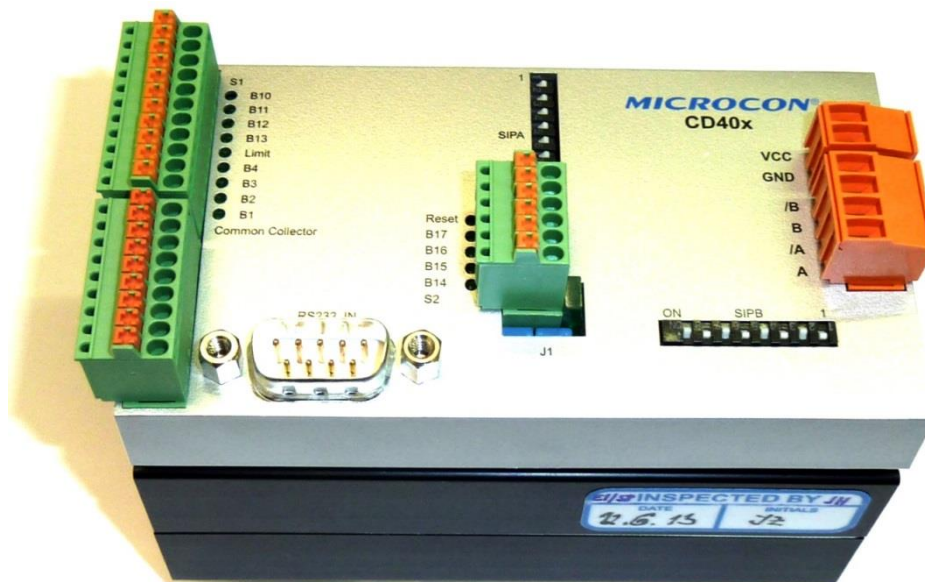


Obrázek 79. LOGO 0BA6 s modulem DM8



### 8.2.2 Řízení krokového motoru

K řízení krokového motoru posuvu bylo použito systému Microcon CD40x (*Obr.80*) osazený kontrolérem M1486. Kontrolér je programován přes port RS 232 (sériový port) pomocí ASCII (American Standard Code Information Interchange).



Obrázek 80. *Microcon CD40x*

### 8.2.3 Spouštěcí triakové relé

Vřeteno je spouštěno pomocí triaku WG A5 6D 25Z. Výhodou je bezkontaktní spouštění bez mechanických prvků, jako jsou kontakty, které se mohou ojiskřit a vytvořit přechodový odpor. Triakový spínač je bezúdržbový a spolehlivý (*Obr.81*). Tímto spínačem se může spínat napětí do 280V a proudu 25 A.



Obrázek 81. *Triakové relé*

### 8.2.4 Pneumatický obvod

Pneumatický obvod obsluhuje aretaci kazety v držáku. Dále odfuk třísek a vysunutí kazety z držáku (Obr.87). Odfuk třísek je ovládán asynchronním generátorem pulzů v programu Loga 0B6. Obdobně je naprogramováno i vyhazování kazety z držáku. Aretaci kazety zajišťuje dvojčinný válec se škrticími ventily, bistabilním přepouštěcím ventilem a regulátorem tlaku s manometrem (Obr.86). Uzavírací síla a síla válce je uvedena v příloze PI (Tab.5). Výpočet sil je teoretický se ztrátami, třením, tíhy jezdce a kazety a odporu pružiny. Vzhledem k tomu, že pracovní pohyb válce je výsuvný nemusí se od plochy pístu odečítat plocha řezu pístnice a síla se dá vypočítat ze vztahu (20):

$$F = S_p \cdot p$$

$p$ – tlak	[Pa]
$F$ – síla	[N]
$S_p$ – plocha pístu	[m <sup>2</sup> ]

Součinitel tření je tabulkový (ocel – ocel mazáno, v klidu 0,1 – 0,12). Odpor tření byl vypočítán podle vztahů (24,25,26,27). Odpor pružiny byl odvozen (Obr. 82) ze vztahu (22). Tíha jezdce a kazety (Obr. 83) byla odvozena ze vztahu (23).



Obrázek 82. Tíha reakce pružiny

Odpor vratné pružiny:

$$F_p = m_p \cdot g \quad (22)$$

$$F_p = 0,690,9,81275 = 6,7707975N$$

$$F_p = 6,77N$$

$F_p$ – tíha pružiny	[N]
$m_p$ – hmotnost pružiny	[kg]
$g$ – gravitační zrychlení	[m.s <sup>-2</sup> ]

Tíha horního jezdce a kazety:

$$F_m = m_{jk} \cdot g \quad (23)$$

$$F_m = (0,2171 + 0,0193) \cdot 9,81275 = 2,3197341N$$

$$F_m = 2,32N$$

$F_m$  – tíha jezdce a kazety

[N]

$m_{jk}$  – součet hmotnosti jezdce a kazety

[kg]

$g$  – gravitační zrychlení

[m.s<sup>-2</sup>]

Tření o horního jezdce:

$$F_{t_1} = F_m \cdot f \quad (24)$$

$$F_{t_1} = (0,2171 + 0,0193) \cdot 9,81275 \cdot 0,12 = 0,278368092N$$

$$F_{t_1} = 0,29N$$

$F_{t1}$  - třecí síla mezi horním a dolním jezdce

[N]

$F_m$  – tíha jezdce a kazety

[N]

$f$  – součinitel tření

[-]

Tření o horního jezdce rozloženého do os X a Y:

$$F_{t_x} = F_{t_1} \cdot \cos 14^\circ \quad (25)$$

$$F_{t_y} = F_{t_1} \cdot \sin 14^\circ \quad (26)$$

$$F_{t_x} = 0,29 \cdot \cos 14^\circ = 0,28138576N$$

$$F_{t_x} = 0,2814N$$

$$F_{t_y} = 0,29 \cdot \sin 14^\circ = 0,070157349N$$

$$F_{t_y} = 0,0702N$$

$F_{tx}$  – třecí síla mezi horním a spodním jezdce v ose x

[N]

$F_{ty}$  – třecí síla mezi horním a spodním jezdce v ose y

[N]

$F_{t1}$  - třecí síla mezi jezdce a podložkou

[N]

Tření spodního jezdce:

$$F_{t_2} = F_n \cdot f \quad (27)$$

$$F_{t_2} = (0,2171 + 0,1558 + 0,0193) \cdot 9,81275 \cdot 0,12 = 0,461827266N$$

$$F_{t_2} = 0,46N$$

$F_{t2}$  - třecí síla mezi jezdce a podložkou

[N]

$F_n$  – součet tíhy horního jezdce, spodního jezdce a kazety

[N]

$f$  – součinitel tření

[-]

Převodový poměr v záporném směru:

$$T_r = \sin 14^\circ \cdot 100 \quad (28)$$

$$T_r = \sin 14^\circ \cdot 100 = 24,19218956\%$$

$$T_r = 24,19\%$$

$T_r$  – zpětný převodový poměr

[%]

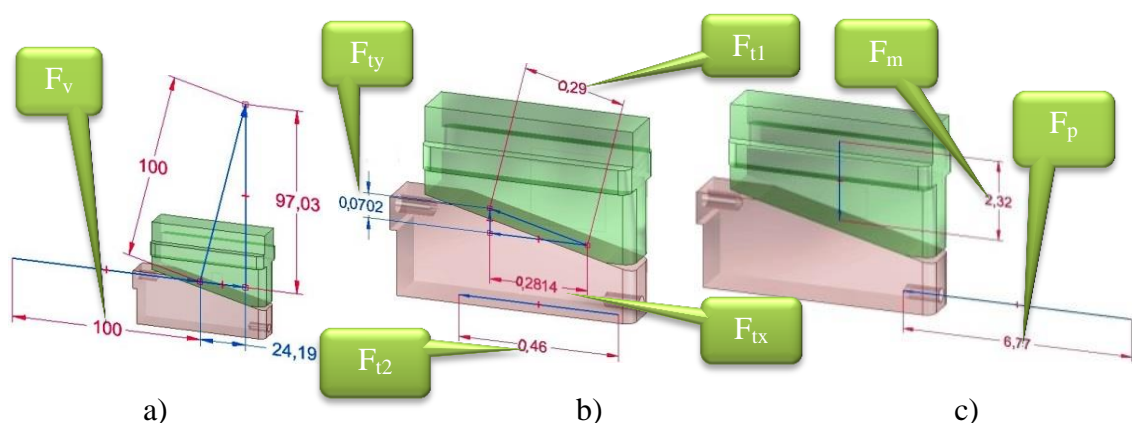


Obrázek 83. Váha jezdců (horní, spodní) a obráběných kazet (Epson, HP)

Pro převod uzavíracích sil bylo použito vztahu (29). Uvedené síly ve vztahu jsou znázorněny na obrázku 84.

$$F_y = ((F_v + F_{t_y} - F_p - F_{t_x} - F_{t_2}) \cdot 0,9703) - F_m \quad (29)$$

- $F_y$  – uzavírací síla [N]
- $F_v$  – síla pneumatického válce [N]
- $F_p$  – síla pružiny [N]
- $F_{t_2}$  - třecí síla mezi jezdcem a podložkou [N]
- $F_{t_x}$  – třecí síla mezi horním a spodním jezdcem v ose x [N]
- $F_m$  – tíha jezdce a kazety [N]
- $F_{t_y}$  – třecí síla mezi horním a spodním jezdcem v ose y [N]



Obrázek 84. Působící síly a) převod síly bez ztrát [%] b) třecí síly v[N] c) odpor pružin s tíhou jezdce a kazety v [N]

Síla potřebná pro překonání pracovního válce po uzavření kazety je odvozena z následujícího vztahu. Tato síla se dá počítat za sílu pro řezný odpor, jelikož k nechtěnému otevření by bylo zapotřebí minimálně právě jí.

$$(F_x + F_m + F_{t_y}) \cdot 0,2419 = F_v + F_{t_x} + F_{t_2} - F_p$$

$$F_x \cdot 0,2419 + F_m \cdot 0,2419 + F_{t_y} \cdot 0,2419 = F_v + F_{t_x} + F_{t_2} - F_p$$

$$F_x = \frac{F_v + F_{t_x} + F_{t_2} - F_p - F_m \cdot 0,2419 - F_{t_y} \cdot 0,2419}{0,2419} \quad (30)$$

$F_x$  – síla potřebná k nechtěnému otevření držáku [N]

$F_v$  – síla pneumatického válce [N]

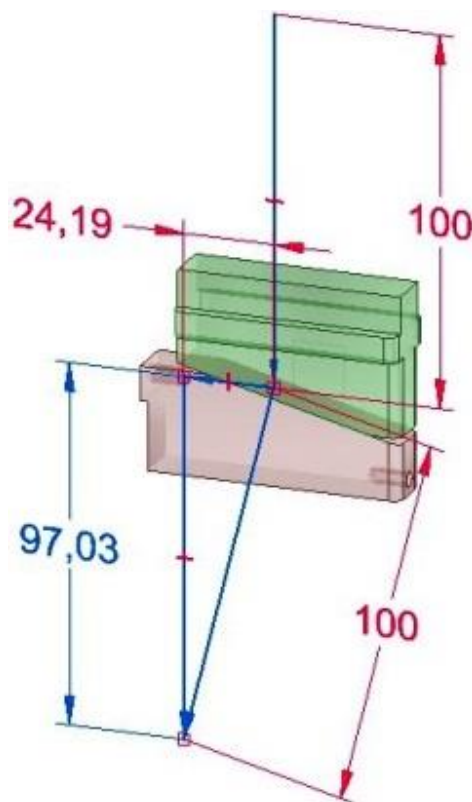
$F_p$  – síla pružiny [N]

$F_{t_2}$  – třecí síla mezi jezdcem a podložkou [N]

$F_{t_x}$  – třecí síla mezi horním a spodním jezdcem v ose  $x$  [N]

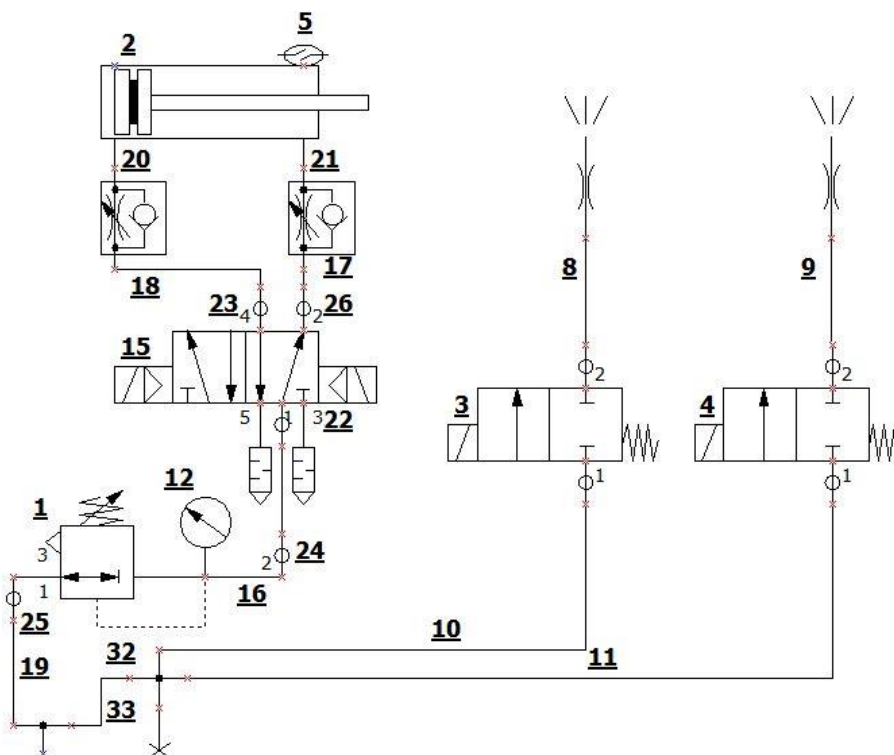
$F_m$  – tíha jezdce a kazety [N]

$F_{t_y}$  – třecí síla mezi horním a spodním jezdcem v ose  $y$  [N]



Obrázek 85. Převod sil v záporném směru

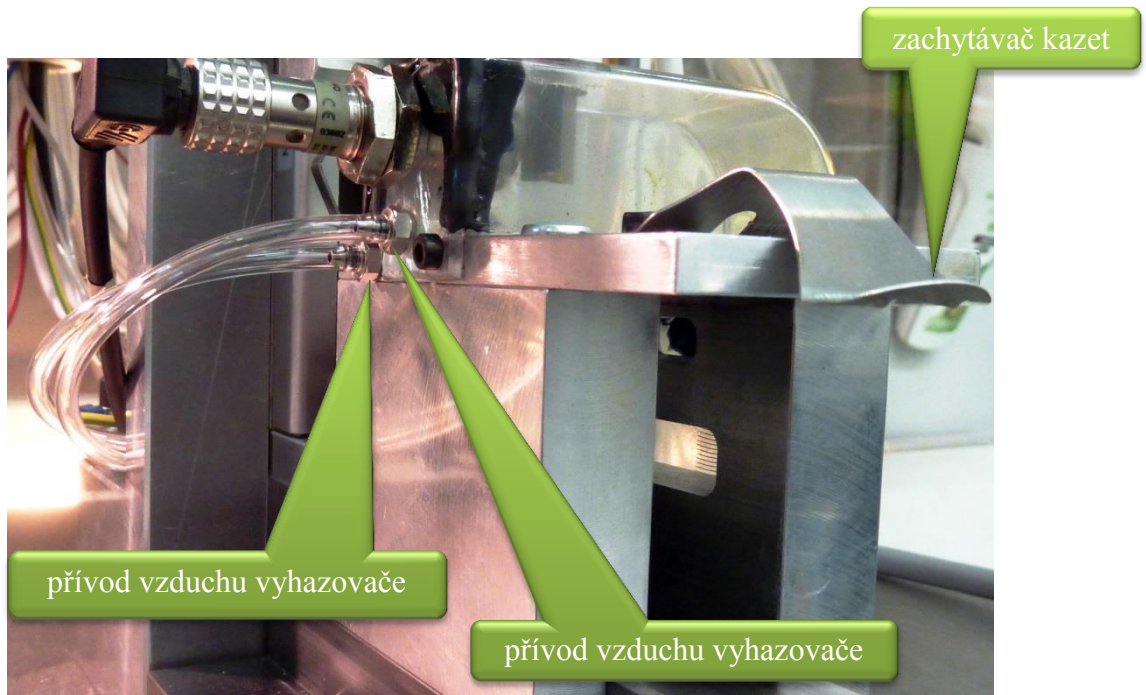
V příloze I je uvedena tabulka uzavíracích sil a sil pro nechtěné otevření držáku v rozsahu od nejmenších tlaků až po maximálně nastavitelný tlak. Z tabulky je patrná dostatečná uzavírací síla již od nejnižších tlaků.



Obrázek 86. Schéma zapojení pneumatického obvodu

Pozice	Název prvku	Objednací kód
1	Regulátor tlaku, G1/8, 0.05-0.85MPa	AR20-F01H
2	Kompaktní válec pr.40, zdvih 50, vnější závit pístnice	CDQ2B40TF-50DMZ
3	2/2-elektromagnetický ventil N.C., 24 V DC	VDW24VAAA
4	2/2-elektromagnetický ventil N.C., 24 V DC	VDW24VAA
5	Snímač polohy, jazýčkový, 24 DC, 100V AC, s LED, 3m kabel v ose	D-A93L
8	Polyuretanová hadice, transparentní 4/2,5mm	TU0425C-20
9	Polyuretanová hadice, transparentní 4/2,5mm	TU0425C-20
10	Polyuretanová hadice, transparentní 6/4mm	TU0604C-20
11	Polyuretanová hadice, transparentní 6/4mm	TU0604C-20
12	Manometr, 0-1 MPa, přípojovací závit Rc 1/8	G36-10-01
15	5/2 elektromagnetický ventil, bistabilní, 24V DC, A,B 6mm	SY5220-5D0-C6F-Q
16	Polyuretanová hadice, transparentní 6/4mm	TU0604C-20
17	Polyuretanová hadice, transparentní 4/2,5mm	TU0425C-20
18	Polyuretanová hadice, transparentní 4/2,5mm	TU0425C-20
19	Polyuretanová hadice, transparentní 6/4mm	TU0604C-20
20	Škrtkáč a zpětný ventil, 1/8,4mm	AS2201F-01-04S
21	Škrtkáč a zpětný ventil, 1/8,4mm	AS2201F-01-04S
22	Nástrčná spojka, průchodka pr. 6mm, G1/8	QS-1/8-6 153002
23	Nástrčná spojka, průchodka pr. 4mm, G1/8	QSL-1/8-4 L 153045
24	Nástrčná spojka, průchodka pr. 6mm, G1/8	QS-1/8-6 153002
25	Nástrčná spojka, průchodka pr. 6mm, G1/8	QS-1/8-6 153032
26	Nástrčná spojka, průchodka pr. 4mm, G1/8	QSL-1/8-4 L 153045
33	Polyuretanová hadice, transparentní 4/2,5mm	TU0425C-20

Tabulka 5. Seznam dílů pneumatického obvodu



Obrázek 87. Připojení tlakového vzduchu pro odfuk třísek a vyhození kazety

### 8.2.5 Redukce vibrací

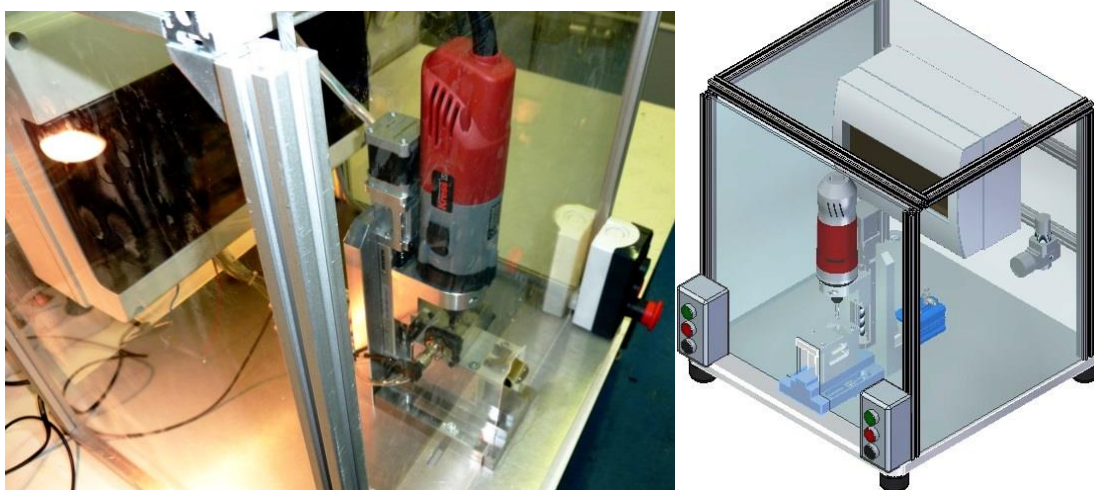
Mezi faktory ovlivňující kvalitu obráběného povrchu patří i vibrace stroje, nástroje a obrobku. V tomto případě jsou vibrace značně potlačeny volbou a kvalitou vřetene, které je určeno pro ruční použití při vysokých otáčkách. Výrobce vřetene tak musí splňovat přísné bezpečnostní pravidla, mezi které spadá i vyvážení rotoru a všech rotujících komponentů. Tím se značně kompenzují vibrace. Nástroj musí toto pravidlo splňovat také. Pro odstranění chyby usazení nástroje ve sklíčidle je použito upínací kleštiny, která svou konstrukcí vadné usazení nástroje eliminuje. Další vibrace vznikají při oddělování třísky, tedy při vlastním obrábění. Vibrace při obrábění se obecně odstraňují mohutností a tuhostí rámu celého stroje. Zbylé vibrace byly kompenzovány usazením celého rámu na pryžové nohy (Obr. 65).



Obrázek 88. Pryžová noha rámu

### 8.2.6 Krytování

Krytování stroje (*Obr.66*) je provedeno vsazením PC desek do extrudovaného hliníkového profilu, tak aby byla možná snadná výměna nástroje a přístup k servisním a seřizovacím činnostem. PC je houževnatý a odolný proti mechanickému zatěžování. Použití PMMA je nevhodné z důvodu své křehkosti a tříštivosti. Z PC se vyrábějí např. ochranné pracovní brýle.



Obrázek 89. Bezpečnostní krytování

### 8.2.7 Montáž

Na základní rám jsou namontovány všechny komponenty (*Obr. 67*). Všechny části jsou připevněny pomocí šroubů a matic. Sváry a lepené spoje nebyly použity z důvodu snadné vyměnitelnosti. Dalším důvodem je demontáž celé vrtačky po uplynutí zkušební výroby. Následně bude vrtačka součástí automatizované výroby.



Obrázek 90. Kompletní sestava



### 8.3 Volba podmínek obrábění

Konstrukci vrtačky ovlivnily podmínky obrábění. Podmínkou byly dostatečné otáčky vřetene, minimální vibrace vřetene, dostatečná přesnost a tuhost posuvu, ale i hlučnost a automatizace.

#### 8.3.1 Řezná rychlost nástroje

Při frézování závisí volba řezných podmínek nejen na obrobitelnosti materiálu a řezivosti materiálu nástroje, ale také ve značné míře na druhu nástroje, na řezném prostředí a na způsobu frézování. Kromě toho je často nutné korigovat řezné podmínky se zřetelem na tuhost frézovaného obrobku a též při vzniku chvění soustavy stroj-nástroj-obrobek. Obráběný materiál je technický plast PP (polypropylen). Při zkoušce zakoupené stolní vrtačky vyplynulo jako zásadní problém velké vůle pinoly a především malé otáčky vřetene a z toho plynoucí malá řezná rychlost. Vůle pinoly se projevovala v ovalitosti otvoru. Špatná řezná rychlost způsobovala otřepy na okraji díry. Oba problémy vyřešila vysokorychlostní ruční frézka.

Řezná rychlost byla zvolena v rozmezí dle doporučení výrobce nástroje (Tab.7). Údaj byl ověřen z obecných řezných podmínek pro plasty. Například dle [5] a [19] (Tab.6).

Obráběný materiál	Hrubování [m/min]		Na čisto [m/min]	
	Frézy			
	S frézovanými zuby	S podsoustruž. zuby	S frézovanými zuby	S podsoustruž. zuby
Ocel lití	20	15	25	20
Litina temperovaná	20	15	25	20
Mosaz křehká	80	30	100	50
Mosaz měkká	100	25	150	35
Měď	150	—	200	—
Bronz	30	—	40	—
Slitiny Al tvářené	200	—	300	—
Slitiny Al lité	100	—	200	—
Duroplasty	40	—	50	—
Termoplasty	300	—	500	—

Tabulka 6. Doporučené řezné podmínky pro frézy HSS [19]

**Garant** Fréza 1-břitá pro stroje ELU pro hliník a neželezné kovy

Provedení: Speciální geometrie břitu pro hliník a plasty. Pouze jeden břit, který řeže čelně.  
 19 0750 – S odsazenou stopkou.  
 Vel. 5x100 speciálně pro vodní drážkové frézy.  
 Použití: Pro frézování drážek na dveřích a oknech z hliníku či plasty na vysokotáčkových speciálních frézách (ELU, Haffner atd.).

$v_c = \text{m/min}$	AI Plasty	AI Litina >10% Si	AI Litina <500 N	AI Litina <750 N	AI Litina <900 N	AI Litina <1100 N	AI Litina <1400 N	AI Litina <55 HRC	AI Litina <60 HRC	AI Litina <67 HRC	INOX <900 N	INOX >900 N	TI >850 N	Litina	CuZn	Grafit GFK CFK	Uni	max	min	Air
ISO-kód:	N	N	N	P	P	P	P	H	H	H	M	M	S	K	N	N				
19 0730/0750 –	200	120	100	75											90					

Velikost = $\varnothing \times \text{délka}$ js14 $D_c$	19 0730		19 0750		$L_2$	19 0750	$L_4$	h6	45°
	TIAIN	TIAIN							
mm			mm	mm	mm	mm	mm	mm	mm
3x 60	XXX	—	12	—	8	0,13			
4x 60	XXX	—	12	—	8	0,13			
5x 60	XXX	—	14	—	8	0,13			
5x 80	—	XXX	18	35	8	0,13			
5x 100	—	XXX	40	54	8	0,13			

Tabulka 7. Doporučené řezné podmínky výrobce frézy HSS

Rozsah otáček dle vztahu (1):

$$v_c = \frac{\pi \cdot D \cdot n}{10^3} \Rightarrow n = \frac{v_c \cdot 10^3}{\pi \cdot D}$$

$$n = \frac{v_c \cdot 10^3}{\pi \cdot D} = \frac{200 \cdot 10^3}{\pi \cdot 6} = 10610 \dots \text{ot} / \text{min}$$

$$n = \frac{v_c \cdot 10^3}{\pi \cdot D} = \frac{300 \cdot 10^3}{\pi \cdot 6} = 15915 \dots \text{ot} / \text{min}$$

$v_c$  – řezná rychlost

[ $\text{m} \cdot \text{s}^{-1}$ ]

$n$  – otáčky za minutu

[ $\text{ot} \cdot \text{min}^{-1}$ ]

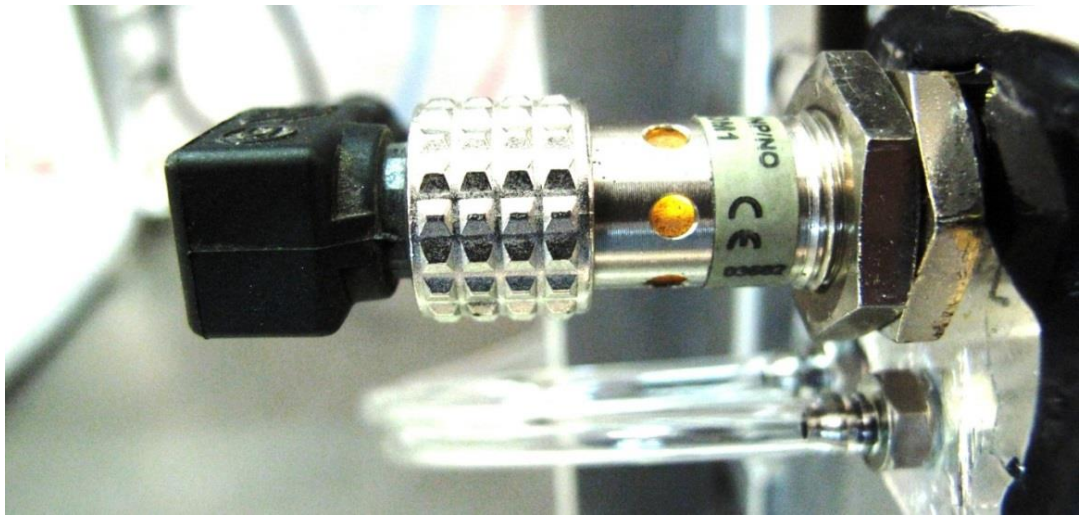
$D$  – jmenovitý průměr vrtáku

[mm]

Rozsah otáček se pohybuje od 10000 ot/min do 16000ot/min. Optimální otáčky byly odvozeny empiricky, porovnávací metodou. Otáčky jsou snímány indukčním snímačem, který tuto informaci dodává PLC kontroléru. PLC kontrolér pomocí komparátoru otáčky vyhodnocuje a po splnění podmínky spustí program vrtání. Přesné otáčky se dají určit odečtením z osciloskopu Protek 6506 (Obr. 91). Na vrtačce jsou vyvedeny kontaktní boby, na které je možné připojit sondu osciloskopu a sejmout tak signál z indukčního senzoru (Obr. 92).



Obrázek 91. Osciloskop Protek 6506 se zobrazeným signálem otáček



Obrázek 92. Indukční senzor E2EL-X4F1-DM1

Z výsledků zkušební dávky byly otáčky nastaveny na hodnotu 10 000 ot/min. Otáčky byly vypočítány odečtením hodnot z osciloskopu a vypočítány podle následujícího vzorce:

$$n = \frac{Hz}{2} \cdot 60 \quad \text{ot / min} \qquad Hz = \frac{1}{T} \qquad T = \text{time / div.div} \qquad (28)$$

$$T = 0,001.3 = 0,003s \qquad Hz = \frac{1}{0,003} = 333,33 \quad \text{per / sek}$$

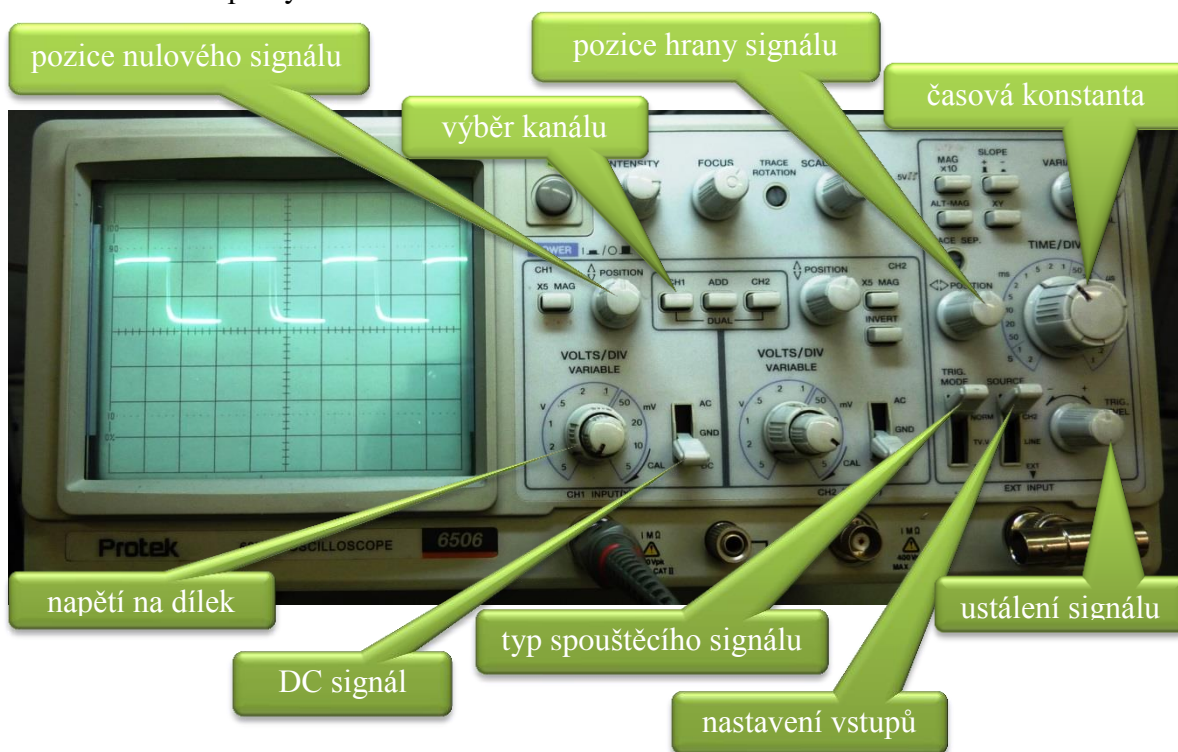
$$n = \frac{333,33}{2} \cdot 60 = 10000 \quad \text{ot / min}$$

$n$  – otáčky [ot/min]  
 $Hz$  – počet period [per/sek]  
 $T$  - perioda [s]



Obrázek 93. Osciloskop při zobrazení signálu, vyznačení jedné periody

Dělení dvěma ve vzorci je z důvodu snímání dvou impulzů za jednu otáčku. Základní nastavení osciloskopu bylo:



Obrázek 94. Nastavení osciloskopu

- |   |      |
|---|------|
| 1. časová konstanta (čas, který odpovídá jednomu dílku) | 1ms  |
| 2. napětí na jeden dílek                                | 5 V  |
| 3. nastavení vstupu                                     | int  |
| 4. spouštěcí signál                                     | auto |
| 5. typ signálu  | DC   |
| 6. kanál  | CH1  |

### 8.3.2 Posuv na zub nástroje

Kombinace posuvu a řezné rychlosti jsou hlavními složkami pro obrábění. Velikost posuvu byl odvozen z doporučených posuvů dle [19] (Tab. 8).

Obráběný materiál	Posuv na jeden zub frézy $f_z$ [mm]			
	Frézy			
	válcové a čelní válcové	stopkové $\phi$ 10-63	kotoučové	tvarové a podsoustružené
Ocel litá	0,04-0,08	0,008-0,05	0,03-0,06	0,04-0,06
Litina temperovaná	0,04-0,08	0,008-0,05	0,04-0,08	0,04-0,06
Mosaz křehká	0,05-0,1	0,018-0,08	0,03-0,06	0,05-0,08
Mosaz měkká	0,06-0,12	0,014-0,07	0,04-0,07	0,04-0,06
Měď	0,06-0,09	0,012-0,06	0,04-0,08	-
Bronz	0,04-0,08	0,014-0,07	0,03-0,07	-
Slitiny Al tvářené	0,06-0,09	0,018-0,08	0,04-0,08	-
Slitiny Al tvářené lité	0,04-0,08	0,014-0,07	0,03-0,06	-
Duroplasty	0,04-0,08	0,015-0,08	0,04-0,08	-
Termoplasty	0,08-0,12	0,02-0,09	0,08-0,12	-

Tabulka 8. Doporučené posuvy pro frézy z HSS [19]

Rozsah posuvu dle vztahu:

$$f_s = n \cdot z \cdot f_z \quad (29)$$

$$f_s = n \cdot z \cdot f_z = 10610 \cdot 1 \cdot 0,08 = 849 \dots \text{mm} / \text{min} \Rightarrow 14,15 \dots \text{mm} / \text{s}$$

$$f_s = n \cdot z \cdot f_z = 10610 \cdot 1 \cdot 0,12 = 1273 \dots \text{mm} / \text{min} \Rightarrow 21,22 \dots \text{mm} / \text{s}$$

$$f_s = n \cdot z \cdot f_z = 15915 \cdot 1 \cdot 0,08 = 1273 \dots \text{mm} / \text{min} \Rightarrow 21,22 \dots \text{mm} / \text{s}$$

$$f_s = n \cdot z \cdot f_z = 15915 \cdot 1 \cdot 0,12 = 1910 \dots \text{mm} / \text{min} \Rightarrow 31,83 \dots \text{mm} / \text{s}$$

$z$  – počet zubů nástroje

[-]

$n$  – otáčky

[ot/min]

$f_z$  – posuv na zub

[mm]

$f_s$  – posuv za sekundu

[mm/s]

Rozsah posuvů pro jednobřítý nástroj se pohybuje v intervalu 14 mm/s až 32 mm/s, pro dvoubřítý je rozsah dvojnásobný. Výsledný posuv byl určen empiricky z jakosti povrchu vytvořeného otvoru a vyčíslen počtetně. Posuv zajišťuje lineární vedení s krokovým motorem, který je možno programovat s počáteční rychlostí, se zrychlením a maximální rychlostí pomocí programovatelného kontroléru M1486. Základní nejmenší rozlišení krokového motoru je mikrokrok (dále jen *mk*) 1/64 celokroku. Otáčka krokového motoru o 360° je složena z 200 celokroků (dále jen *ck*), což činí 12800 *mk*. Stoupání okružované kuličkové šroubovice je 5 mm. Pokud chceme vykonat dráhu např. 181,25 mm, nastavíme hodnotu  $(181,25/5) \times 12800 = 464000$  *mk*. Rychlost a zrychlení je definována v *ck* za sekundu bez ohledu na nastavení *mk*. Jednotkou dráhy je *mk* bez ohledu na nastavení *mk*. Teoretická přesnost použitého lineárního vedení je  $5/12800 = 0,000390625$  mm to je 390,625 nm. Vzhledem ke konstrukci řídicí jednotky to je pouze teoretická přesnost. Jednotka CD40x je osazena čtyřbitovým D/A převodníkem a skutečný *mk* může mít hodnoty

$64/1 = 64$ , to je délka  $mk$  složená z 64 nejmenších kroků ( $mk = ck$ ),  $64/2 = 32$ ,  $64/4 = 16$ . Na jednotce lze nastavit ještě dělení 8 a 16, které nezvyšuje přesnost ale jen plynulost chodu motoru. V tabulce 9 jsou vypočteny hodnoty posuvů, časů a vzdáleností podle zapisovaných hodnot do programu krokového motoru pro jednobřítý nástroj.

start/stop [kr/s]	zrychlení [kr/s]	rychlost [kr/s]	čas zrychlení [s]	kroků ve zrychlení [kr]	vzdálenost ve zrychlení [mm]	kroků v rychlosti [mk]	vzdálenost v rychlosti [mm]	zrychlení [mm/s <sup>2</sup> ]	rychlost [mm/s]	celkem kroků vzdálenosti	celková vzdálenost [mm]	čas vrtání [s]	celkový čas s návratem [s]
384	1984	576	0,243	59	0,023	56843	22,204	49,60	14,40	56960	22,250	2,028	4,057
448	2176	640	0,244	65	0,025	56831	22,199	54,40	16,00			1,875	3,751
512	2368	704	0,244	71	0,028	56819	22,195	59,20	17,60			1,750	3,500
576	2560	768	0,245	77	0,030	56806	22,190	64,00	19,20			1,646	3,291
640	2752	832	0,245	83	0,032	56794	22,185	68,80	20,80			1,557	3,114
704	2944	896	0,246	89	0,035	56782	22,181	73,60	22,40			1,481	2,963
768	3136	960	0,246	95	0,037	56770	22,176	78,40	24,00			1,416	2,832
832	3328	1024	0,246	101	0,039	56758	22,171	83,20	25,60			1,358	2,717
896	3520	1088	0,246	107	0,042	56746	22,167	88,00	27,20			1,308	2,615
960	3712	1152	0,247	113	0,044	56734	22,162	92,80	28,80			1,263	2,525
1024	3904	1216	0,247	119	0,046	56722	22,157	97,60	30,40			1,222	2,445
1088	4096	1280	0,247	125	0,049	56710	22,152	102,40	32,00			1,186	2,372

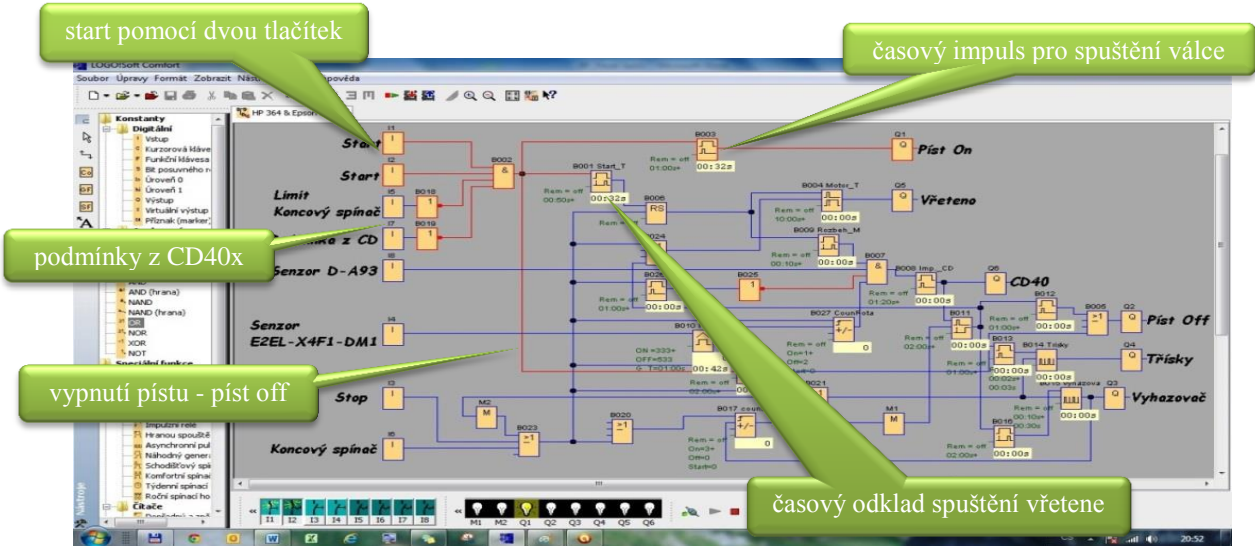
Tabulka 9. Nastavovací hodnoty pro posuv

Dle zkušební dávky byl posuv nastavený na hodnotu 20,80 mm/s. Výsledky zkušební dávky neodhalily závažnou chybu v jakosti obrobenej plochy v celém rozsahu posuvů.

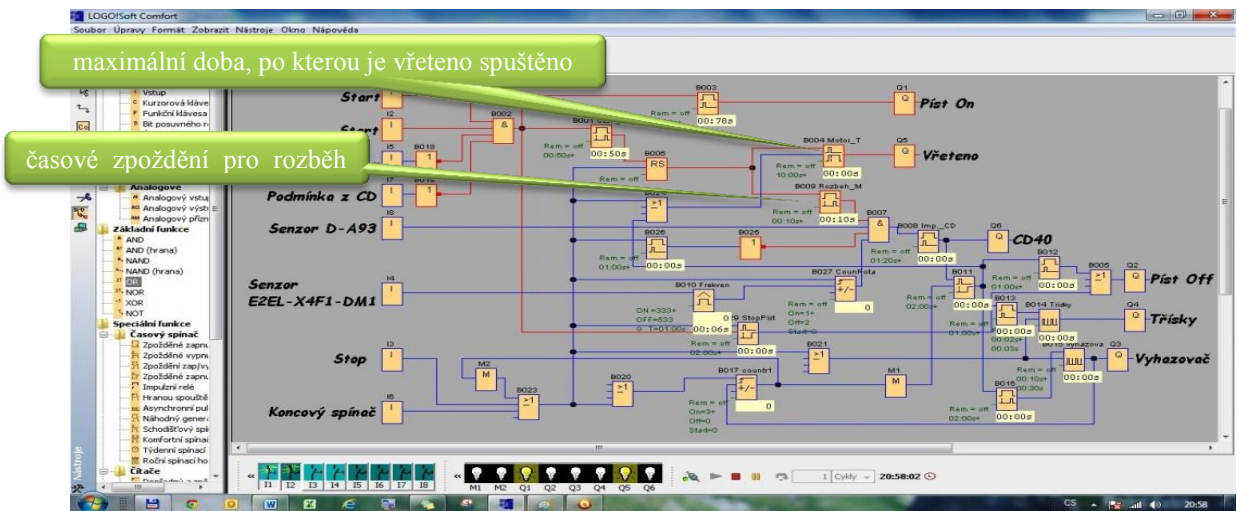
## 8.1 Elektroinstalace

### 8.1.1 Řídící program PLC 0BA6+DM8

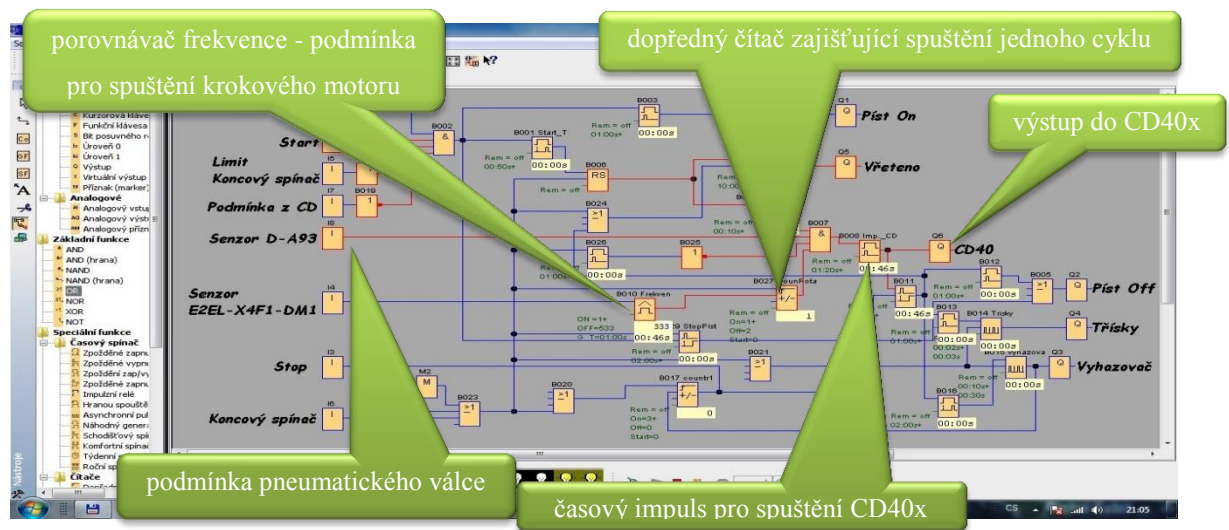
Hlavní řídicí jednotkou je Logo Siemens 0BA6 s rozšiřujícím modulem DM8. Jednotka je programovatelná pomocí softwaru LOGO!Soft Comfort. V tomto programu je možné programovat pomocí funkčních bloků. Jednotka 0BA6 má 8 digitálních vstupů z toho 4 vysokorychlostní a to I3, I4, I5, I6, které pracují s frekvencí až 5 kHz a 4 relátkovými výstupy. Při programování programu pro vrtačku byla tato vlastnost vysokorychlostního vstupu využita pro vyhodnocování otáček vřetene. Vzhledem k malému počtu výstupů, byla jednotka 0BA6 rozšířena modulem DM8. Na obrázcích 95 až 100 je znázorněno blokové schéma řídicího programu.



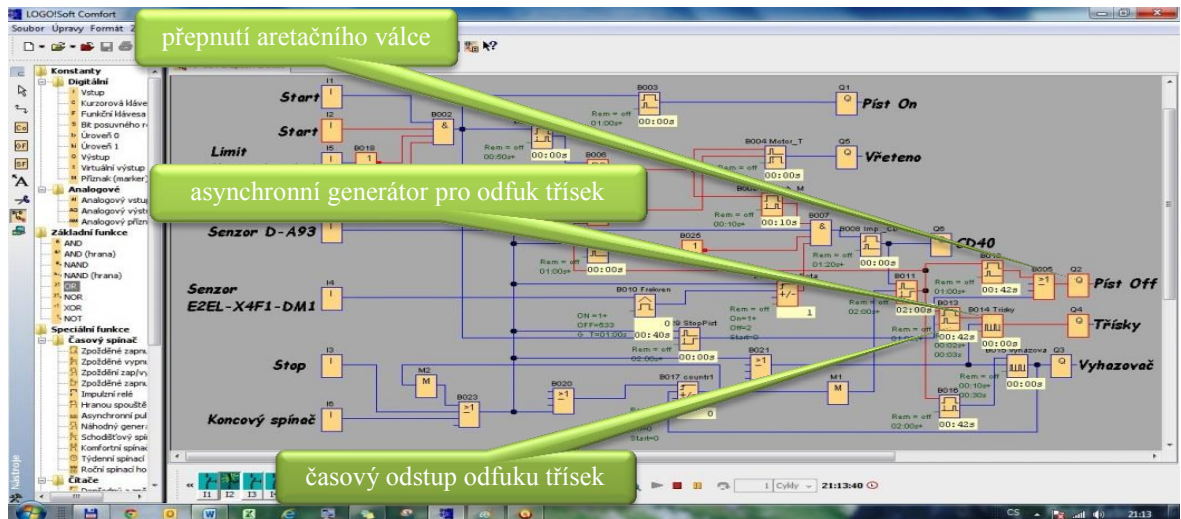
Obrázek 95. Startovací sekvence



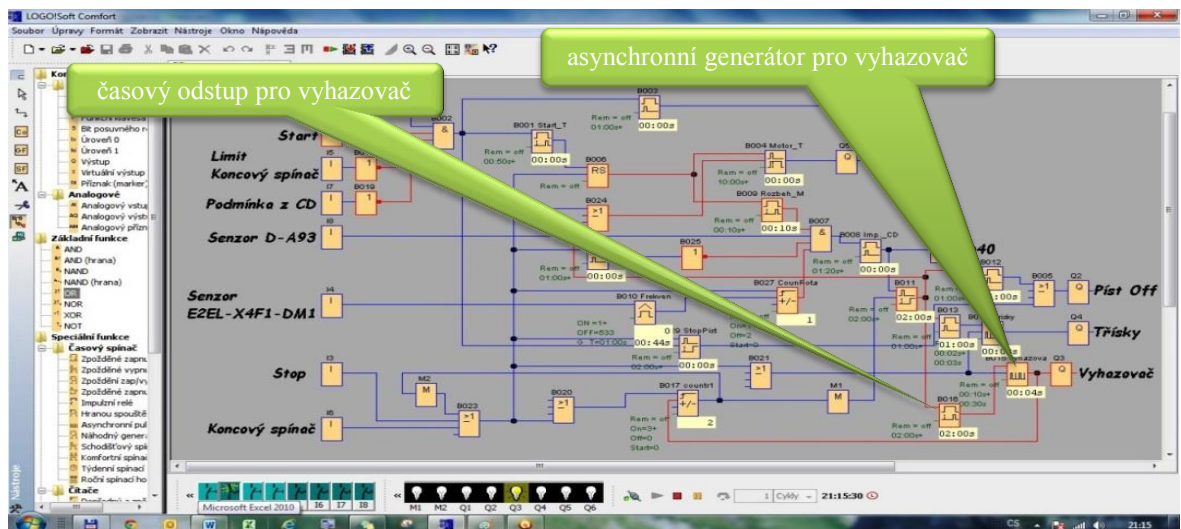
Obrázek 96. Spuštění vřetene



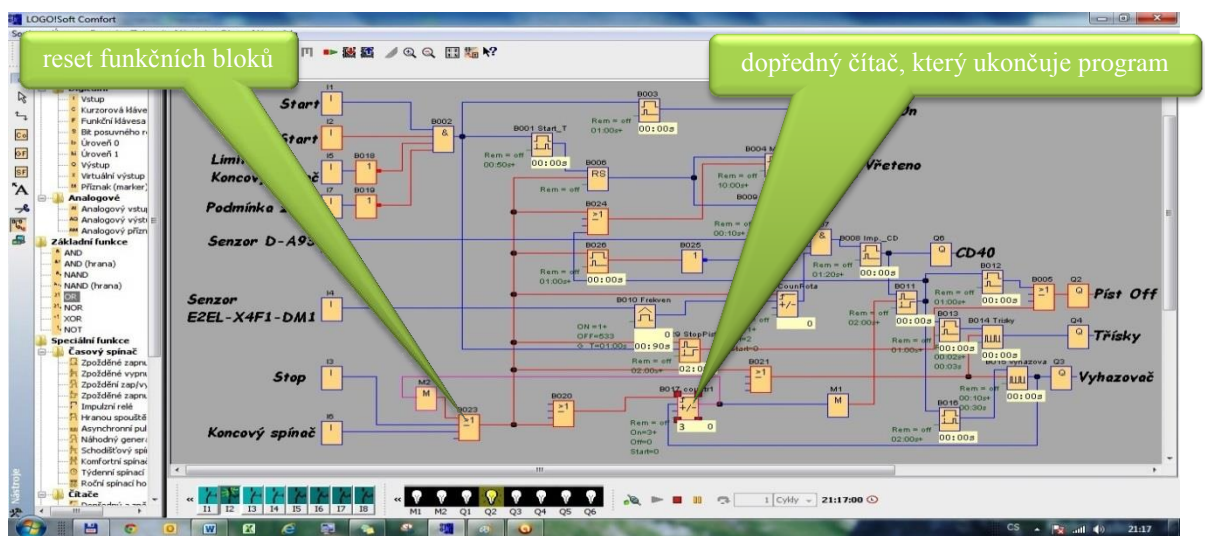
Obrázek 97. Signál pro spuštění programu vrtání



Obrázek 98. Odaretace držáku a odfuk třísek



Obrázek 99. Vyhazování kazety



Obrázek 100. Resetující sekvence



Program je z důvodu bezpečnosti spouštěn dvěma tlačítky start. Start lze spustit jen ve chvíli, kdy není na vstupu I5 „limit koncový spínač“ a I7 „ podmínka z CD“ logická 1. Tuto podmínku kontroluje funkce „and“. Jeli podmínky „and“ splněna spustí se časový impuls B003 pro zapnutí elektroventilu aretace kazety. Společně s B003 se spustí zpožděné zapnutí B001, která po uplynutí času spustí vřeten. Vřeten má maximální dobu chodu určenou zpožděným vypnutím B004. Současně se zapnutím vřete se spouští časový odklad B009, který je pojistkou při chybném vyhodnocení komparátoru B010. Pro spuštění Jednotky CD40x musí být splněna podmínka B009, B025 v závislosti na B026, vstup I8 (magnetický senzor D-A93) a B027 v závislosti na B010, který vyhodnocuje otáčky vřete ze vstupu I4 (indukční senzor E2EL-X4F1-DM1). Po splnění podmínek se na výstupu Q6 objeví signál pro jednotku CD40x. Společně se spustí zpožděné zapnutí B011 závěrečné sekvence. Po uplynutí času B011 se vypne vřeten, spustí se impuls B012 pro od aretování držáku a ještě se spustí impuls pro odfuk třisek. Odfuk třisek řídí asynchronní pulsní generátor B014. Po uplynutí času B011 je ještě spuštěno zpožděné zapnutí B016, které po uplynutí času spustí asynchronní pulzní generátor B015 pro vyhazovač. B015 je snímán dopředným čítačem B017, který po načtení zadané hodnoty pulzů spustí resetovací sekvenci. Závěrečná resetovací sekvence vyresetuje všechny načtené hodnoty funkčních bloků a program se tak dostane do spouštěcího nastavení.

### 8.1.2 Řídící program krokového motoru

motor je řízen jednotkou CD40x. Jednotka obsahuje volitelné vstupy a výstupy. Pracovní program CD40x spouští výstup Q6 z jednotky 0BA6. Nastavovací sekvence je spuštěna po zapnutí zdroje napětí. Krokový

[	odklad předchozích povelů	- zápis do paměti
C7	zapnutí koncového stupně	
J4	skoč na návěstí @4	
@1	návěstí @1	
C2	vypnutí výstupu 2	- podmínka pro 0BA6
I14H4	pokud je na vstupu 14 logická 1 skoč na návěstí @4	- spodní prepínač
S576	počáteční rychlost 576 <i>ck/s</i>	
V768	provozní rychlost 768 <i>ck/s</i>	
A2176	zrychlení 2176 <i>ck/s<sup>2</sup></i>	
F51200	pohyb vpřed 51200 <i>mk/s</i>	
O11	čekej, až bude na vstupu 11 logická 1	- spuštění operace
W1000	poté čekej 1 s	
R	vykonej příkazy	
D	změň hod forward za backward	

R	vykonej příkazy	
J1	skoč na návěstí @1	
@2	návěstí @2	
W500	čekej 0,5 s	
J1	skoč na návěstí @1	
@3	návěstí @3	
T2	zapnutí výstupu 2	- podmínka pro 0BA6
I10H2	pokud je na vstupu 10 logická 0 skoč na návěstí @2	- vrchní přepínač
S400	počáteční rychlost 400 ck/s	
V560	maximální rychlost 560 ck/s	
A2000	zrychlení 2000 ck/s <sup>2</sup>	
F6400	pohyb dopředu 6400 mk	
W10	čekej 0,01 s	
R	vykonej příkazy	
J3	skoč na návěstí @3	
@4	návěstí @4	
T2	zapnutí výstupu 2	- podmínka pro 0BA6
(	jed' v záporném směru na limit	- vrchní přepínač
R	vykonej příkazy	
J3	skoč na návěstí @3	
]	zapnutí předchozích povelů	- zápis do paměti

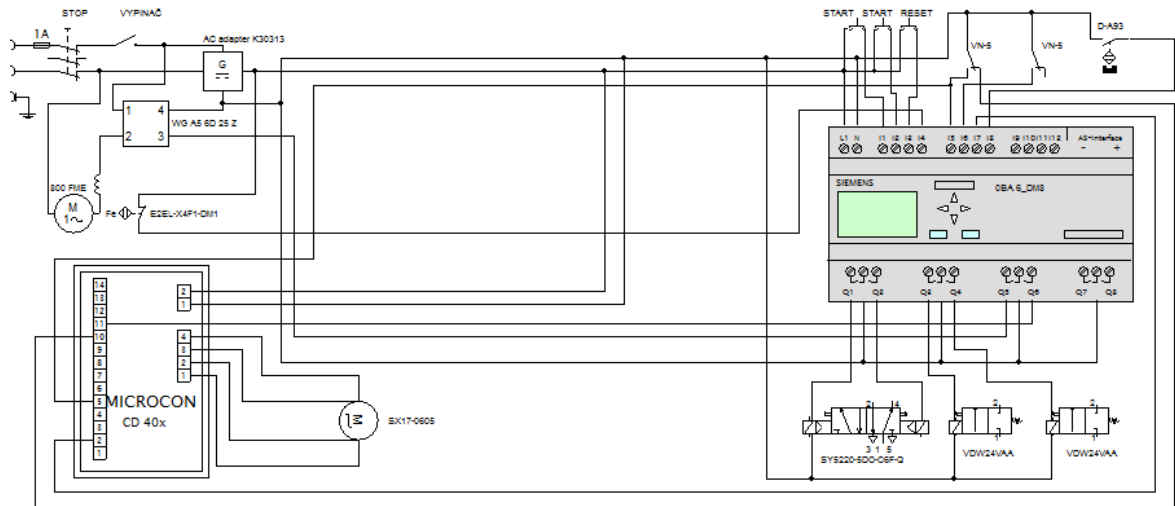
Po zapnutí stroje se zapne koncový stupeň a začnou se vykonávat příkazy z návěstí @4 motor ve zpětném směru jede interně nastavenou rychlostí na limit (koncový přepínač VN-5). Poté skočí na návěstí @3 minikrokuje až do přerušení limitu směrem dopředu, jakmile je limit přerušen vykoná se pohyb nav navolený návěstím @3. Mezi tím je zapnut koncovým přepínačem vstup 10 a po vykonání povelů z návěstí @3 na podmínku vstupu 10 skočí na návěstí @2, kde čeká 0,5 s a skočí na návěstí @1, které je vlastním vrtacím programem. Po skoku na návěstí @1 program čeká na spuštění operace jednotkou 0BA6.

### 8.1.3 Elektroinstalace

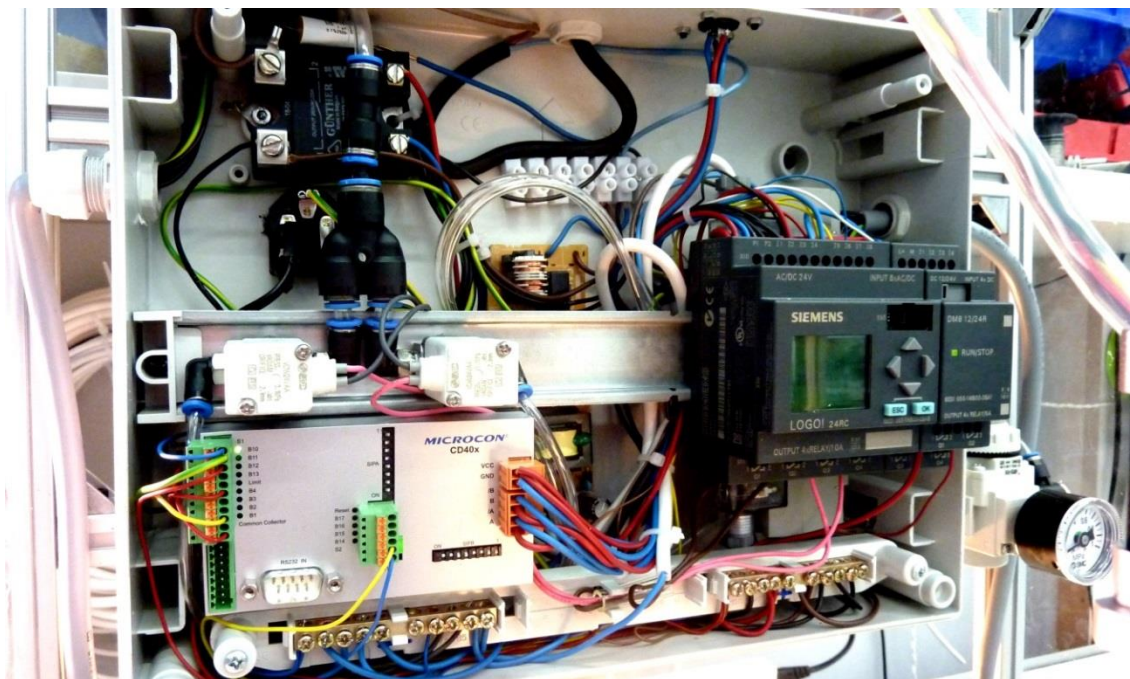
Konstrukce elektroinstalace podléhá bezpečnostním opatřením před úrazem elektrickým proudem. Základním bezpečnostním prvkem je bezpečnostní odpojovač od elektrické sítě označený ve schématu jako stop (*Obr. 102*). Síťové napětí 230 V je použito pouze pro vřeteno. Zbylé části vrtačky jsou napájeny transformovaným stejnosměrným (ss) bezpečným napětím 24 V. Zdroj ss (*Obr. 101*) 24 V/1,2 A je použit z vyřazené inkoustové tiskárny. Zdroj ss je dostatečně tvrdý pro napájení všech komponentů, včetně krokového motoru.



Obrázek 101. Zdroj ss 24V/1,2A



Obrázek 102. Elektroschéma



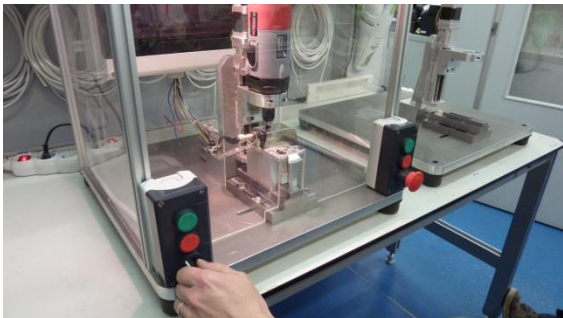
Obrázek 103. Zapojení v rozvaděči

## 8.2 Obsluha

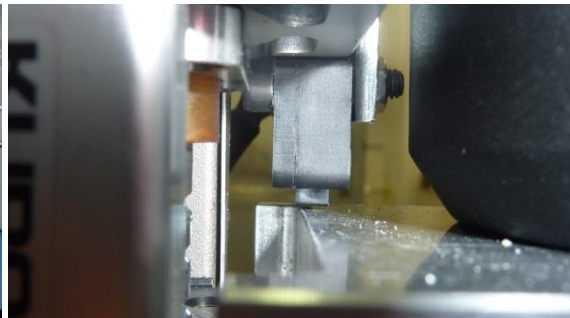
Vrtačka je jednoúčelové zařízení pro renovaci inkoustových kazet, které obsluhuje jeden operátor. Operátor spouští stroj a kontroluje provedenou operaci.

### 8.2.1 Spuštění stroje

Vrtačka je napojena na přípoj tlakového rozvodu vzduchu o provozním tlaku 8 barů a elektrickou síť 230V. Stroj se spouští hlavním vypínačem (*Obr.104*), poté se automaticky nastaví výchozí startovací bod LV najetím na koncový přepínač (*Obr.105*) v záporném směru. Po najetí na koncový přepínač LV mikrokrokuje v kladném směru do chvíle rozepnutí koncového přepínače. Jakmile je přepínač vypnut najede LV na nastavenou hodnotu startovacího bodu. Vrtačka je připravena na pracovní cyklus.



Obrázek 104. Zapnutí stroje

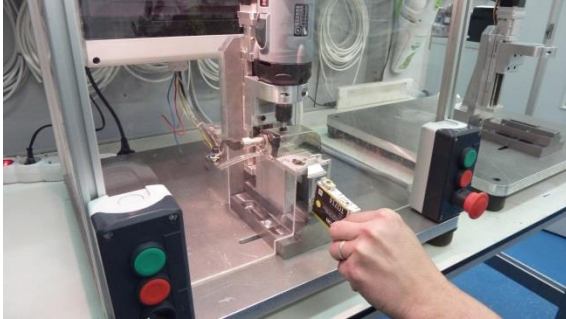


Obrázek 105. Koncový přepínač (limit)

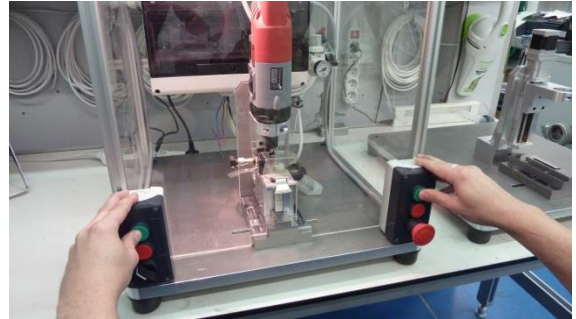
### 8.2.2 Pracovní cyklus vrtačky

Operátor vloží kazetu do držáku (*Obr.106*) a spustí pracovní cyklus zelenými tlačítky (*Obr.107*). Po spuštění program sepne vzduchový elektroventil a pneumatický válec zasune spodního jezdce držáku pod horního jezdce, který upne kazetu (*Obr.108*). Kazeta je navedena na přesnou polohu horní částí držáku (*Obr.109*). Tato část je současně u typu kazety T07xx pracovním otvorem. Současně s upínací sekvencí je sepnuto vřeteno. Správné najetí kazety ověří magnetický senzor D-A93. Pokud by se kazeta někde vzpříčila (nedostatečným zasunutím do držáku) senzor umístěný na pneumatickém válci by vyhodnotil nedostatečné vysunutí válce a tím by nebyla splněna jedna z podmínek ke spuštění programu vrtání. Současně s touto podmínkou jsou kontrolovány otáčky vřetene indukčním senzorem E2EL-X4F1-DM1. Program porovnává signál senzoru frekvenčním komparátorem a po splnění podmínky spolu s ostatními podmínkami spustí vrtací sekvenci. Po vlastním vrtání je přepnut pneumatický elektroventil, který vrátí pneumatický válec do výchozí polohy. Pružina, která je umístěna v držáku, odjistí kazetu. Současně program spustí odfuk

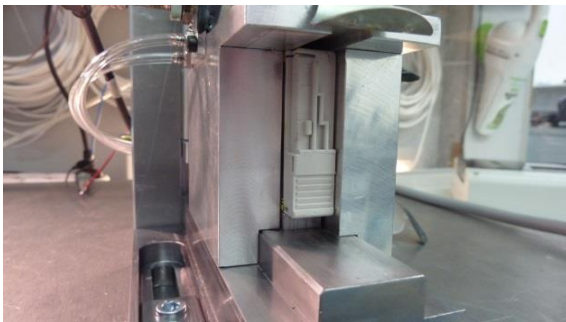
třísek. Po sekvenci odvodu třísek je spuštěna sekvence vyhození kazety z držáku (Obr.110). Ta se zachytí v přídržovači umístěném na držáku. Nyní může operátor kazetu vyjmout a cyklus opakuje. V době pracovního cyklu kontroluje operátor kvalitu obrobení.



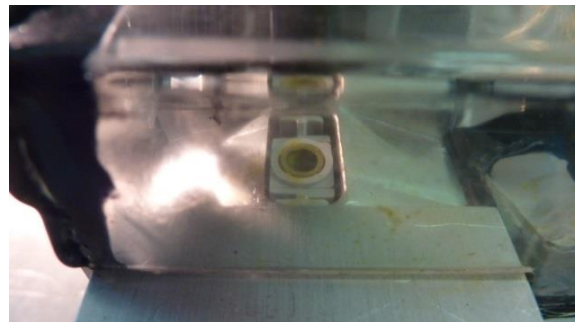
Obrázek 106. Vložení kazety



Obrázek 107. Spuštění stroje



Obrázek 108. Zajištění kazety



Obrázek 109. Vycentrování kazety



Obrázek 110. Zachycení kazety v zachytávači

## 9 EKONOMICKÉ ZHODNOCENÍ

Ekonomické hledisko bylo při konstrukci a výběru komponentů nejdůležitějším vedlejším kritériem. Z tohoto důvodu byla první volena originální stolní vrtačka, která se nacházela v zásobách náhradních dílů a strojů společnosti Artech. Při vývoji prototypové vrtačky byly využity díly z vyřazených strojů a zařízení. V uplynulé zkušební době prototyp vrtačky zvýšil trvanlivost a životnost nástroje o 400%. Stolní vrtačka vyrobila od výměny nástroje po další výměnu 5000 ks, zatímco nová vrtačka vyrobí 20000 ks. Vzhledem k tomu, že plánovaná dočasná výroba se prodloužila na dobu neurčitou a potřeby vrtání se rozšířily i na jiný typ kazet, bylo rozhodnuto o zkonstruování nové poloautomatické vrtačky.

### 9.1 Předběžná kalkulace ceny

díl	ks	cena	poznámka
Lineární pohon LC2605N40x05-150	1	18 971,43	Microcon
Držák kazety a rám LV	1	20 160,00	David obal
modul LOGO 6ED1052-1HB00-0BA6	1	3 545,00	Jakub/RS
modul DM8 12/24 R	1	2 057,00	Jakub/RS
MI_K0576.05003555 nohy ke stolům	4	280,00	Marek Industrial
Rozvaděčová skříň na zeď Domino IP66	1	857,00	Josef Kyncl-Nexton
ENAW2017T451 20.0x500x500	1	500,00	Alfun
XALD03	2	524,00	MG centrum
ZB5AD2 hlava otočná černá 20 pol. pevn	1	84,00	MG centrum
ZB5AA3 hlava stiskací zelená	2	128,00	MG centrum
ZB5AA4 hlava stiskací rudá	2	128,00	MG centrum
ZB5AS844 Hlav. Hrib. AR. RU Otoc.	1	64,00	MG centrum
ZB5AZ009 sroub. spojovací díl	6	180,00	MG centrum
ZBE101 jedn. zapin. jednoducha	6	180,00	MG centrum
ZBE102 jedn. rozpina.. jednoducha	2	60,00	MG centrum
KRESS	1	4 200,00	Kress-elektik
Profil 20x20, 4H, LP (4m)	4m	1 000,00	Moas CS
E2EL-X4F1-DM1	1	2 200,00	Omron Industrial
PC. Deska gr.50x1000x1000mm	1m <sup>2</sup>	400,00	Hansanet/19-1459
AR20-F01H, regulátor tlaku	1	1 000,00	SMC
G36-10-01, manometr, kruhový typ	1	250,00	SMC
CDQ2B40TF-50DMZ kompaktní válec	1	1 200,00	SMC
AS2201F-01-04S štkící ventil	2	320,00	SMC
SY5220-5D0-C6F-Q elektromagn.ventil 5/2	1	2 400,00	SMC
TU0604C	1m	20,00	SMC
TU0425C	1m	20,00	SMC
D-A93L snímač polohy	1	400,00	SMC
VDW24VAA	2	1 600,00	SMC
QS-1/8-6 nástrčné šroubení 153002	2	800,00	FESTO
QSL-1/8-4 L-šroubení 153045	2	800,00	FESTO
QSL-1/8-6 L-šroubení 153046	2	800,00	FESTO
QS-1/8-6 spojka 153032	1	400,00	FESTO
Aktivace práce		14 532,00	
<b>Cena celkem</b>		<b>80 060,43</b>	

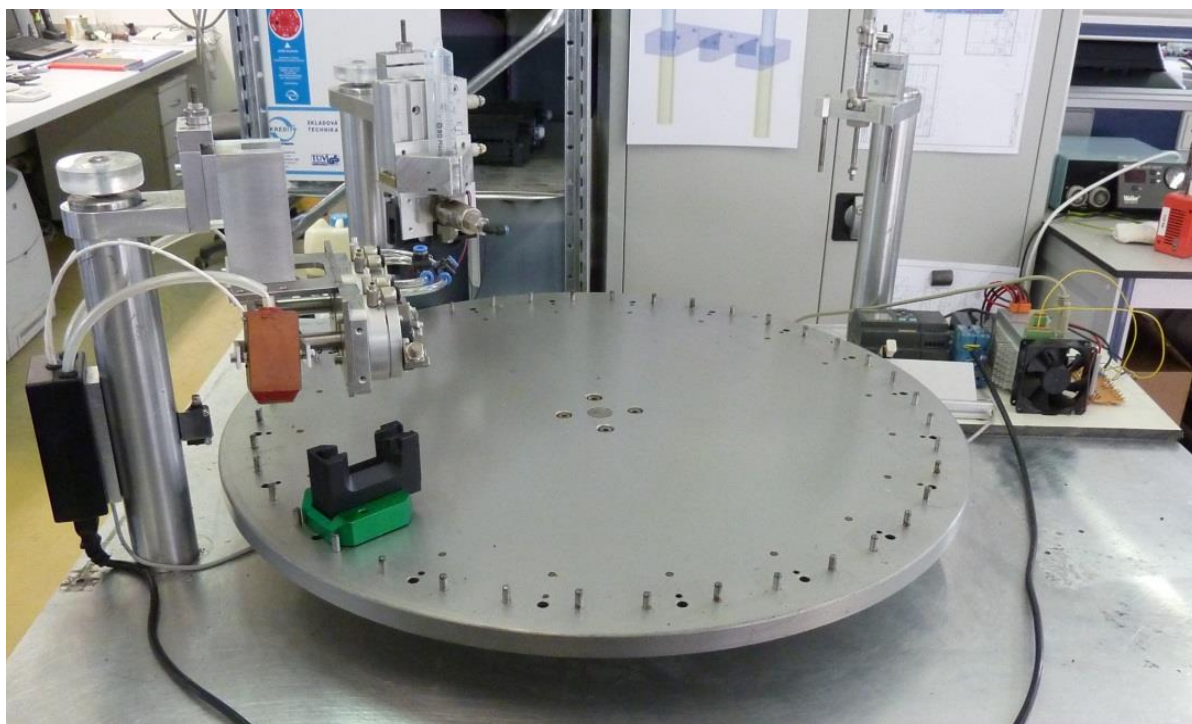
Tabulka 10. Materiálová rozpiska

## 10 ZAČLENĚNÍ DO AUTOMATICKÉ LINKY

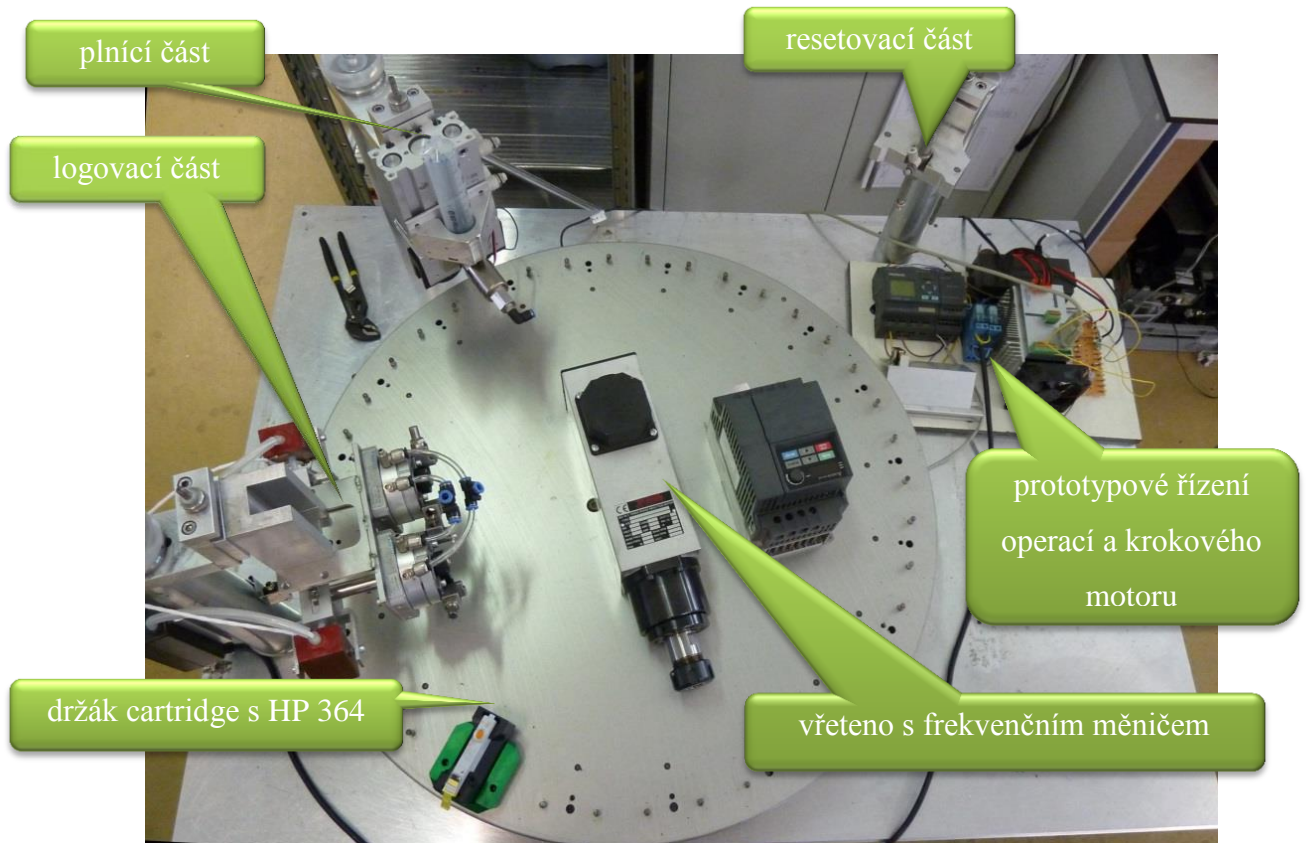
Konstrukce vrtačky byla ovlivněna požadavkem na začlenění do automatické linky. Proto je držák kazety samostatný komplet, který bude možný namontovat na rotační stůl. Zbytek vrtačky bude upevněn na rámu karuselu. Rotační stůl bude pootáčet s držáky kazet o nastavený úhel a optický senzor vyhodnotí přítomnost kazety a na tomto základě spustí vrtací cyklus.

### 10.1 Rotační linky

Rotační linka (karusel) je výhodná z hlediska prostoru. Koncept rotační linky se hodí pro inkoustové zásobníky, jako je HP 364, Canon CLI 8, atd.. Inkoustové zásobníky mají shodnou výrobní technologii. Nyní je již v provozu karusel na kazety CLI 8. Nízký počet výrobních operací CLI 8, tak více vyhovuje pro seřízení všech činností stroje. Vrtačka byla konstruována s ohledem na začlenění do automatické linky typu karusel (*Obr. 68, 69.*).



Obrázek 111. Rotační automatická linka

Obrázek 112. *Karusel*

## 10.2 Lineární linky

Lineární linka bude konstruována pro kazety s tiskovou hlavou (printhead). Printheady jsou mnohem komplikovanější a citlivější než inktranky. Důležitým faktorem je přístup přímo zespodu, k tiskovým tryskám. Dalším požadavkem je přesné a pevné uchycení kazety v držáku, z důvodu invazivnějších zásahů do kazety.

Obrázek 113. *Lineární dopravník [17]*



## ZÁVĚR

Tato bakalářská práce se zabývá speciálním typem vrtačky – vrtacího zařízení pro konkrétní potřeby společnosti Artech Moravia.

Úvod práce je věnován rešerši vrtacích zařízení a možnostem jejich využití.

V praktické části se zabývám problematikou renovace inkoustových náplní a kritériem technologického postupu výroby. Návrh vrtačky je podmíněn celkovou strategií společnosti, jejíž požadavky jsou kladeny na konstrukci vrtačky. Samotná konstrukce byla ovlivněna těmito podmínkami - velikost stroje, vstupní náklady, logické bezpečnostní prvky pro ovládání, přesnost obrábění, výkonnost stroje a možnost začlenění do automatické linky. Jsou zde uvedeny důvody výběru jednotlivých součástí pro konstrukci vrtačky, jejich klady a zápory. Nejobtížnější částí konstrukce byl návrh držáku kazety tak, aby splňoval začlenění vrtačky do automatické linky.

I přes uvedená omezení bylo vyvinuto a zkonstruováno vrtací zařízení dle zadaných kritérií. Prototypová vrtačka ve zkušebním provozu, prokázala vyhovující výsledky a tak bylo zařízení upraveno dle získaných zkušeností. Pružné a rychlé uvedení linky do provozu mělo zásadní dopad na postavení dceřiné společnosti Artech Moravia v mezinárodní mateřské společnosti Armor. Vedlejším produktem tohoto úspěšně splněného projektu je postupné rozšiřování technického zázemí společnosti, které dosud bylo tvořeno pouze oddělením údržby, na oddělení vývoje a konstrukce. Jsou tak do výrobní společnosti zabývající se polygrafií přinášeny strojírenské technologie a zkušenosti.

## SEZNAM POUŽITÉ LITERATURY

- [1] VOLEK, František. *Základy pružnosti a pevnosti*. Vyd. 2. Ve Zlíně: Univerzita Tomáše Bati, 2006, 157 s. ISBN 978-80-7318-440-7.
- [2] VIGNER, Miloslav a Zdeněk PŘIKRYL. *Obrábění: Obrábění*. Vyd. 1. Praha: SNTL, 1984, 800 s. Česká matice technická. 04-250-84.
- [3] HUMÁR, Anton. *Technologie I: Technologie obrábění – 2. část* [online]. 2004 [cit. 2013-02-23]. Dostupné z: [http://ust.fme.vutbr.cz/obrabeni/opory-save/TI\\_TO-2cast.pdf](http://ust.fme.vutbr.cz/obrabeni/opory-save/TI_TO-2cast.pdf)
- [4] HUMÁR, Anton. *Technologie I: Technologie obrábění – 1. část* [online]. 2003 [cit. 2013-02-23]. Dostupné z: [http://ust.fme.vutbr.cz/obrabeni/opory-save/TI\\_TO-1cast.pdf](http://ust.fme.vutbr.cz/obrabeni/opory-save/TI_TO-1cast.pdf)
- [5] KOCMAN, Karel. *Technologické procesy obrábění*. Vyd. 1. Brno: Akademické nakladatelství CERM, 2011, 330 s. ISBN 978-80-7204-722-2.
- [6] *Vesko Jičín: Nebozez* [online]. [cit. 2013-02-27]. Dostupné z: <http://www.vesko.cz/nebozez-navrtavaci-8300-5-ph-39120.html>
- [7] TOS VARNSDORF a.s. vzpomínky: historie obrábění 1 - 4. <Http://www.tosvarnsdorf.cz/cz/o-spolecnosti/historie/vzpominky/> [online]. [cit. 2013-02-23].
- [8] *Toolscomp* [online]. [cit. 2013-02-27]. Dostupné z: <http://www.toolscomp.cz/technologie/elektricka-vrtacka-po-110-letech/>
- [9] *Technický deník: upínače nástrojů 5* [online]. [cit. 2013-02-27]. Dostupné z: [http://www.technickytydenik.cz/rubriky/serial/upinace-nastroju/upinace-nastroju-5-pohanene-nastroje-a-jejich-upinani\\_8501.html](http://www.technickytydenik.cz/rubriky/serial/upinace-nastroju/upinace-nastroju-5-pohanene-nastroje-a-jejich-upinani_8501.html)
- [10] *Stránský a Petržík: konstrukce* [online]. [cit. 2013-02-27]. Dostupné z: <http://www.stranskyapetrzik.cz/stroje/feeler/hmc/fmh/fmh-400/fmh-400-konstrukce/>
- [11] *První hanácká BOW: Sloupová vrtačka* [online]. [cit. 2013-02-27]. Dostupné z: <http://www.bow.cz/produkt/3034503-sloupova-vrtacka-opti-b-50-gsm/>
- [12] VOTOČEK, Jaroslav. *Praktika ze strojírenství: Vrtání* [online]. [cit. 2013-02-27]. Dostupné z: [http://www.technomat.cz/data/katedry/kom/KOM\\_PZS\\_CV\\_04\\_CZE\\_Votocek\\_Vrtani.pdf](http://www.technomat.cz/data/katedry/kom/KOM_PZS_CV_04_CZE_Votocek_Vrtani.pdf)
- [13] *HELTOS: Vrtačka* [online]. [cit. 2013-02-27]. Dostupné z: <http://www.heltos.cz/vrtacka-stolni-radova-vr-3-20-b-2-17.html>
- [14] *Atlas copco: secoroc TC 35* [online]. [cit. 2013-02-27]. Dostupné z: [http://www.atlascopco.com/czcs/news/productnews/090218\\_secoroc\\_tc35\\_-\\_the\\_latest\\_innovation\\_in\\_bench\\_drilling.aspx](http://www.atlascopco.com/czcs/news/productnews/090218_secoroc_tc35_-_the_latest_innovation_in_bench_drilling.aspx)
- [15] [online]. [cit. 2014-02-27]. Dostupné z: <http://www.vrtaky.cz/>
- [16] DRIML, Bohuslav. *VRTÁNÍ, VYHRUBOVÁNÍ, VYSTRUŽOVÁNÍ A ZAHLUBOVÁNÍ* [online]. Brno [cit. 2013-02-06]. Dostupné z: <http://www.elitalycea.wz.cz/files/tep/tep22.pdf>. Střední průmyslová škola strojnická a Vyšší odborná škola technická.
- [17] *Řetězový dopravník* [online]. [cit. 2013-03-28]. Dostupné z: <http://www.haberkorn.cz/retezovy-dopravnik-80cd-ms/>
- [18] NĚMEC, Dobroslav a kolektiv. *Strojírenská technologie II*. 1. vyd. Praha: SNTL, 1985. 240s. ISBN 04-223-85.
- [19] *ŘEZNÉ PODMÍNKY NÁSTROJŮ* [online]. 2013 [cit. 2013-02-06]. Dostupné z: <http://www.tumlikovo.cz/rubriky/rezne-podminky-nastroju/>

## SEZNAM POUŽITÝCH SYMBOLŮ A ZKRATEK

$v$ – řezná rychlost	$[m.s^{-1}]$
$n$ – otáčky	$[ot.min^{-1}]$
$f_{ot}$ – posuv na otáčku	$[mm]$
$f_z$ – posuv na zub	$[mm]$
$S$ – plocha průřezu třísky	$[mm^2]$
$h$ – hloubka záběru	$[mm]$
$b$ – hrana břitu nástroje	$[mm]$
$a$ – tloušťka odřezané třísky	$[mm]$
$D$ – průměr nástroje	$[mm]$
$d$ – průměr předvrtané díry	$[mm]$
$z$ – počet břitů nástroje	$[-]$
$A_e$ – překonání pružné deformace	$[J]$
$A_d$ – překonání plastické deformace	$[J]$
$A_t$ – tření po čele nástroje	$[J]$
$A_p$ – tlak nástroje na povrch obrobku	$[J]$
$F_z$ – síla působící v hlavním řezném pohybu	$[N]$
$t_o$ – doba řezání	$[s]$
$a_x, b_x$ – rozměr plochy	$[mm]$
$C_{Fc}$ - je konstanta, vyjadřující zejména vliv obráběného materiálu	$[-]$
$X_{Fc}$ - je exponent, vyjadřující vliv průměru vrtáku	$[-]$
$Y_{Fc}$ - je exponent, vyjadřující vliv posuvu na otáčku	$[-]$
$F_z$ – síla v hlavním směru řezného pohybu	$[N]$
$F_c$ – celková řzná síla	$[N]$
$\eta$ – účinnost elektromotoru	$[\%]$
$C_v$ – konstanta z tabulky	$[-]$
$T$ – trvanlivost nástroje	$[min]$
$m, x_v, y_v$ – konstanty z tabulky	$[-]$
$M_k$ – krouticí moment	$[N.m]$
$\vartheta$ – poměrný úhel zkroucení na jednotku délky	$[rad.m^{-1}]$
$J_p$ – polární kvadratický moment	$[m^4]$
$G$ – modul pružnosti ve smyku	$[MPa]$
$F_{krit}$ – síla působící v ose nástroje	$[N]$
$E$ – modul pružnosti	$[MPa]$
$I$ – kvadratický moment	$[m^4]$
$l_{red}$ – délka upravená dle případu vzpěru	$[m]$
$F$ – působící síla	$[N]$
$E$ – modul pružnosti	$[Pa]$
$\sigma$ - napětí	$[Pa]$
$\varepsilon$ - poměr prodloužení	$[-]$
$M$ – moment	$[N.m]$
$y$ – posunutí (deformace)	$[mm]$
$\varphi$ – natočení (deformace)	$[rad]$
$y$ – posunutí (deformace)	$[mm]$
$c$ – tuhost	$[N.mm^{-1}]$
1000 – kompenzace rozměru (rychlost $v_c$ - m/min; nástroj D-mm)	
$v_c$ – řezná rychlost	$[m/min]$
$\pi$ – Ludolfovo číslo	$[-]$
$a_j$ – zdvih jezdce	$[mm]$

$a_p$ – zdvih válce	[mm]
$F_y$ – uzavírací síla	[N]
$S_p$ – ploch pístu	[m <sup>2</sup> ]
$d_p$ – průměr pístu	[m]
$p$ – tlak	[Pa]
$F$ – síla	[N]
$F_p$ – tíha pružiny	[N]
$m_p$ – hmotnost pružiny	[kg]
$g$ – gravitační zrychlení	[m.s <sup>-2</sup> ]
$F_m$ – tíha jezdce a kazety	[N]
$m_{kj}$ – součet hmotnosti jezdce a kazety	[kg]
$F_{t1}$ - třecí síla mezi horním a dolním jezdcem	[N]
$F_n$ – součet tíhy horního jezdce a kazety	[N]
$f$ – součinitel tření	[-]
$F_{tx}$ – třecí síla mezi horním a spodním jezdcem v ose x	[N]
$F_{ty}$ – třecí síla mezi horním a spodním jezdcem v ose y	[N]
$F_{t1}$ - třecí síla mezi jezdcem a podložkou	[N]
$F_{t2}$ - třecí síla mezi jezdcem a podložkou	[N]
$F_n$ – součet tíhy horního jezdce, spodního jezdce a kazety	[N]
$F_y$ – uzavírací síla	[N]
$F_v$ – síla pneumatického válce	[N]
$F_x$ – síla potřebná k nechtěnému otevření držáku	[N]
$f_z$ – posuv na zub	[mm]
$f_s$ – posuv za sekundu	[mm/s]
Hz – počet period	[per/sek]
T- perioda	[s]
$T_r$ – zpětný převodový poměr	[%]
PC – polykarbonát	
PMMA – plexisklo (polymethylmethakrylát)	
PP – polypropylen	

## SEZNAM OBRÁZKŮ

Obrázek 1. <i>Historicky první ruční elektrická vrtačka [8]</i> .....	13
Obrázek 2. <i>První pistolová ruční elektrická vrtačka [8]</i> .....	13
Obrázek 3. <i>Dokončovací metody [3]</i> Obrázek 4. <i>Výstružník [3]</i> .....	14
Obrázek 5. <i>Tvoření třísky</i> .....	17
Obrázek 6. <i>Průřez třísky</i> .....	18
Obrázek 7. <i>Síly působící na vrták</i> .....	20
Obrázek 8. <i>Emulze</i> .....	21
Obrázek 9. <i>Středící vrták [3]</i> .....	22
Obrázek 10. <i>Šroubovité vrtáky [15]</i> .....	23
Obrázek 11. <i>Kopinatý vrták</i> .....	23
Obrázek 12. <i>Frézovací vrták [3]</i> .....	23
Obrázek 13. <i>Korunkový vrták [3]</i> .....	23
Obrázek 14. <i>Ejektorový vrták [3]</i> .....	23
Obrázek 15. <i>Vrták BTA [3]</i> .....	24
Obrázek 16. <i>Dělový vrták</i> .....	24
Obrázek 17. <i>Hlavňový vrták [3]</i> .....	24
Obrázek 18. <i>Hadovitý vrták [15]</i> .....	24
Obrázek 19. <i>Šnekový vrták [6]</i> .....	24
Obrázek 20. <i>Vrták korunkový diamantový s přerušovaným ostřím [15]</i> .....	24
Obrázek 21. <i>Vrták korunkový diamantový s nepřerušovaným ostřím [15]</i> .....	25
Obrázek 22. <i>Sdružený vrták [15]</i> .....	25
Obrázek 23. <i>Vrták s přívodem řezné kapaliny</i> .....	25
Obrázek 24. <i>Těžební vrták Secoroc TC35 [14]</i> .....	25
Obrázek 25. <i>části vrtáku 1 – špička, 2 – ostří, 3 – fazetka, 4 – drážka, 5 – krček, 6 – stopka, 7 - vyrážeč</i> .....	26
Obrázek 26. <i>stoupání šroubovice</i> .....	26
Obrázek 27. <i>Jádro vrtáku</i> .....	27
Obrázek 28. <i>Úhly špiček vrtáků</i> .....	28
Obrázek 29. <i>Geometrie ostří od okraje ke středu vrtáku (červené příložky-osa Y; černé příložky-osa X; modré příložky-hřbet nástroje; zelené příložky-čelo nástroje)</i> .....	28
Obrázek 30. <i>Příklad geometrické úpravy vrtáků</i> .....	29

Obrázek 31. <i>Typy upínacích částí vrtáku</i> .....	29
Obrázek 32. <i>Druhy broušení ostří vrtáků</i> .....	31
Obrázek 33. <i>Geometrie ostří vrtáku</i> .....	31
Obrázek 34. <i>Stolní vrtačka [12]</i> .....	32
Obrázek 35. <i>Stolní řadové vrtačky [13]</i> .....	33
Obrázek 36. <i>Sloupové vrtačky [11]</i> .....	33
Obrázek 37. <i>Stojanové vrtačky [18]</i> .....	34
Obrázek 38. <i>Radiální otočné vrtačky [3]</i> .....	34
Obrázek 39. <i>Montážní vrtačka, programově řízená vrtačka, souřadnicová vrtačka [18]</i> .....	35
Obrázek 40. <i>Rám stroje typu C [16]</i> .....	36
Obrázek 41. <i>Rám typu O [16]</i> .....	36
Obrázek 42. <i>Stupňovitá a plynulá změna otáček</i> .....	39
Obrázek 43. <i>Vřetena [9] [10]</i> .....	40
Obrázek 44. <i>Vnitřní uspořádání prepážek kazety Epson T07xx</i> .....	43
Obrázek 45. <i>HP 364 standartní verze</i> .....	47
Obrázek 46. <i>HP 364 úvodní kazeta</i> .....	47
Obrázek 47. <i>HP 364 úvodní kazeta s vyvrtaným otvorem</i> .....	48
Obrázek 48. <i>HP 364 úvodní kazeta, aplikace lepidla</i> .....	48
Obrázek 49. <i>HP 364 úvodní kazeta po úpravě</i> .....	49
Obrázek 50. <i>HP 364 úvodní kazeta před uzavřením</i> .....	49
Obrázek 51. <i>Kazeta Epson</i> .....	50
Obrázek 52. <i>Kazeta Epson s původní fólií</i> .....	50
Obrázek 53. <i>Kazeta Epson po odvrtání</i> .....	51
Obrázek 54. <i>Kazeta Epson po navaření nové fólie</i> .....	51
Obrázek 55. <i>Prototypová vrtačka</i> .....	52
Obrázek 56. <i>Rám</i> .....	53
Obrázek 57. <i>Rám pro lineární vedení</i> .....	54
Obrázek 58. <i>Lineární pohon Kuroda</i> .....	54
Obrázek 59. <i>Držák vřetene pro Epson, HP 364</i> .....	55
Obrázek 60. <i>Vrtací vřeteno KRESS 800 FME</i> .....	55
Obrázek 61. <i>Pneumatický regulátor s manometrem</i> .....	56
Obrázek 62. <i>Pneumatický ventil</i> .....	57
Obrázek 63. <i>Pneumatický válec</i> .....	57

Obrázek 64. Jednocestný škrticí ventil .....	58
Obrázek 65. Senzory .....	58
Obrázek 66. Držák kazety Epson T07xx .....	59
Obrázek 67. Držák kazety HP 364.....	59
Obrázek 68. Střední a vrchní část držáku typu T07xx .....	59
Obrázek 69. Střední a vrchní část držáku typu HP 364.....	60
Obrázek 70. Naváděcí úkosy.....	60
Obrázek 71. Spodní a horní jezdec .....	61
Obrázek 72. Polohy spodního jezdce.....	61
Obrázek 73. Převod síly držáku .....	62
Obrázek 74. Upínací část držáku s vysunutým a zasunutým jezdcem .....	62
Obrázek 75. Tvar otvoru HP 364.....	63
Obrázek 76. Nástroj GARANT 190730 Ø 6x60 .....	63
Obrázek 77. Nástroj HW 12x20x8 .....	63
Obrázek 78. Hlavní části vrtačky.....	64
Obrázek 79. LOGO OBA6 s modulem DM8.....	64
Obrázek 80. Microcon CD40x .....	65
Obrázek 81. Triakové relé .....	65
Obrázek 82. Tíha reakce pružiny.....	66
Obrázek 83. Váha jezdců (horní, spodní) a obráběných kazet (Epson, HP) .....	68
Obrázek 84. Působící síly a) převod síly bez ztrát [%] b) třecí síly v[N] c) odpor pružin s tíhou jezdce a kazety v [N] .....	68
Obrázek 85. Převod sil v záporném směru .....	69
Obrázek 86. Schéma zapojení pneumatického obvodu .....	70
Obrázek 87. Připojení tlakového vzduchu pro odfuk třísek a vyhození kazety.....	71
Obrázek 88. Pryžová noha rámu .....	71
Obrázek 89. Bezpečnostní krytování.....	72
Obrázek 90. Kompletní sestava .....	72
Obrázek 91. Osciloskop Protek 6506 se zobrazeným signálem otáček .....	75
Obrázek 92. Indukční senzor E2EL-X4F1-DM1 .....	75
Obrázek 93. Osciloskop při zobrazení signálu, vyznačení jedné periody .....	76
Obrázek 94. Nastavení osciloskopu .....	76
Obrázek 95. Startovací sekvence .....	79
Obrázek 96. Spuštění vřetene.....	79

Obrázek 97. <i>Signál pro spuštění programu vrtání</i> .....	79
Obrázek 98. <i>Odaretač držáku a odfuk třísek</i> .....	80
Obrázek 99. <i>Vyhazování kazety</i> .....	80
Obrázek 100. <i>Resetující sekvence</i> .....	80
Obrázek 101. <i>Zdroj ss 24V/1,2A</i> .....	83
Obrázek 102. <i>Elektroschéma</i> .....	83
Obrázek 103. <i>Zapojení v rozvaděči</i> .....	83
Obrázek 104. <i>Zapnutí stroje</i> Obrázek 105. <i>Koncový přepínač (limit)</i> .....	84
Obrázek 106. <i>Vložení kazety</i> Obrázek 107. <i>Spuštění stroje</i> .....	85
Obrázek 108. <i>Zajištění kazety</i> Obrázek 109. <i>Vycentrování kazety</i> .....	85
Obrázek 110. <i>Zachycení kazety v zachytávači</i> .....	85
Obrázek 111. <i>Rotační automatická linka</i> .....	87
Obrázek 112. <i>Karusel</i> .....	88
Obrázek 113. <i>Lineární dopravník [17]</i> .....	88



**SEZNAM TABULEK**

Tabulka 1. <i>Výrobní proces pro kazety HP364</i> .....	42
Tabulka 2. <i>Výrobní proces pro kazet Epson</i> .....	43
Tabulka 3. <i>Základní dělení tiskových kazet</i> .....	44
Tabulka 4. <i>Dělení tiskových kazet</i> .....	45
Tabulka 5. <i>Seznam dílů pneumatického obvodu</i> .....	70
Tabulka 6. <i>Doporučené řezné podmínky pro frézy HSS [19]</i> .....	73
Tabulka 7. <i>Doporučené řezné podmínky výrobce frézy HSS</i> .....	74
Tabulka 8. <i>Doporučené posuvy pro frézy z HSS [19]</i> .....	77
Tabulka 9. <i>Nastavovací hodnoty pro posuv</i> .....	78
Tabulka 10. <i>Materiálová rozpiska</i> .....	86
Tabulka 11. <i>Uzavírací síla a síla pístnice</i> .....	99

## SEZNAM PŘÍLOH

- Příloha I – tabulka sil
- Příloha II – výkres rámu vrtačky
- Příloha III – výkres rámu lineárního vedení
- Příloha IV – výkres držáku vřetene pro Epson
- Příloha V – výkres držáku vřetene pro HP
- Příloha VI – výkres vrchní upínací kostky
- Příloha VII – výkres spodní upínací kostky
- Příloha VIII – výkres spodní desky držáku
- Příloha IX – výkres spodního dílu držáku
- Příloha X – výkres příložky spodního držáku
- Příloha XI – výkres spodního jezdce držáku
- Příloha XII – výkres horního jezdce držáku
- Příloha XIII – výkres středního dílu držáku Epson
- Příloha XIV – výkres středního dílu držáku HP 364
- Příloha XV – výkres středního dílu držáku HP 364 black
- Příloha XVI – výkres horního dílu držáku Epson
- Příloha XVII – výkres horního dílu držáku HP 364
- Příloha XVIII – výkres horního dílu držáku HP 364 black
- Příloha XIX – výkres sestavy
- Příloha XX – Kuroda lineární vedení
- Příloha XXI – Program loga 0BA6
- Příloha XXII – Program CD40x krokového motoru

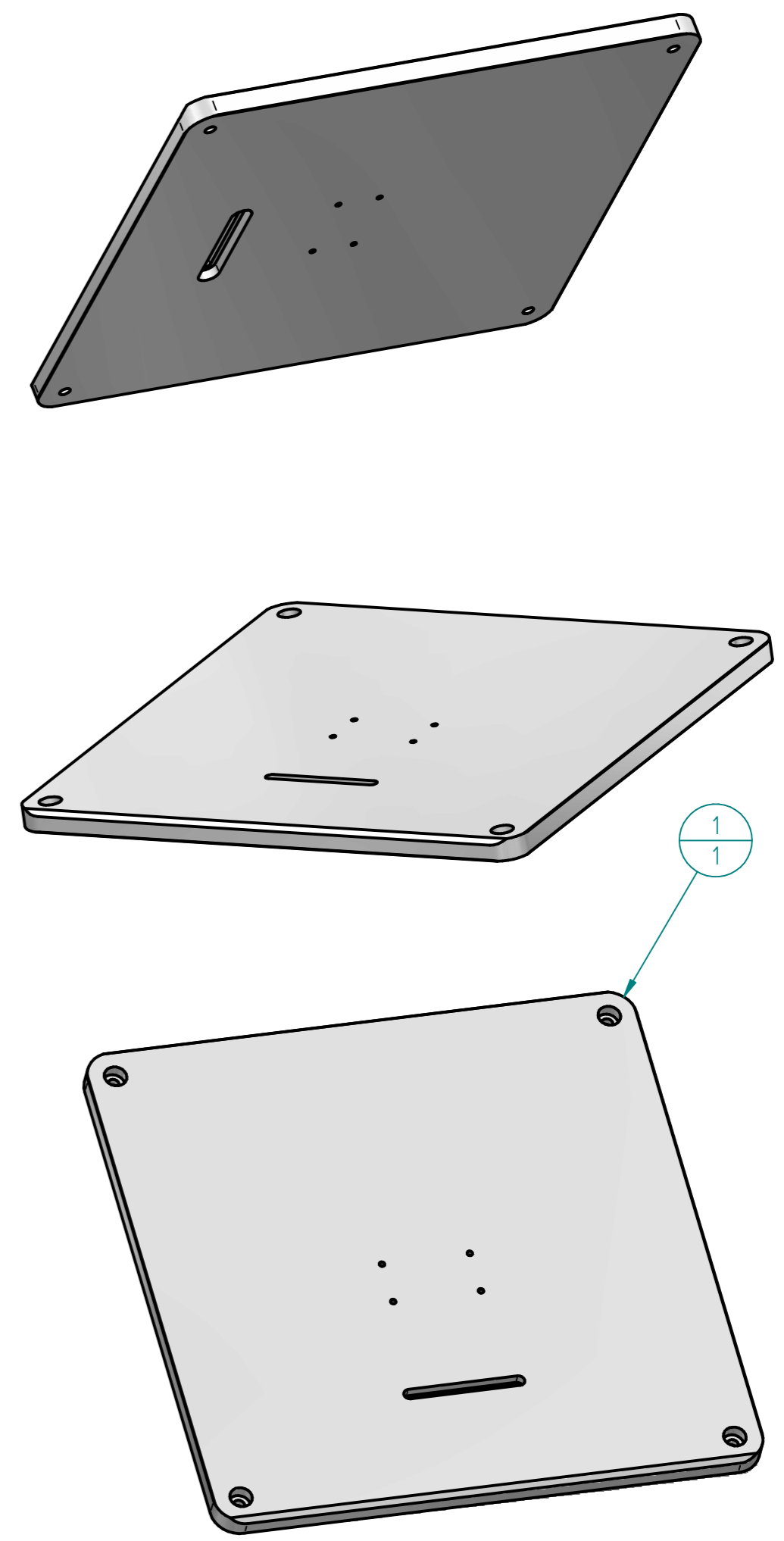
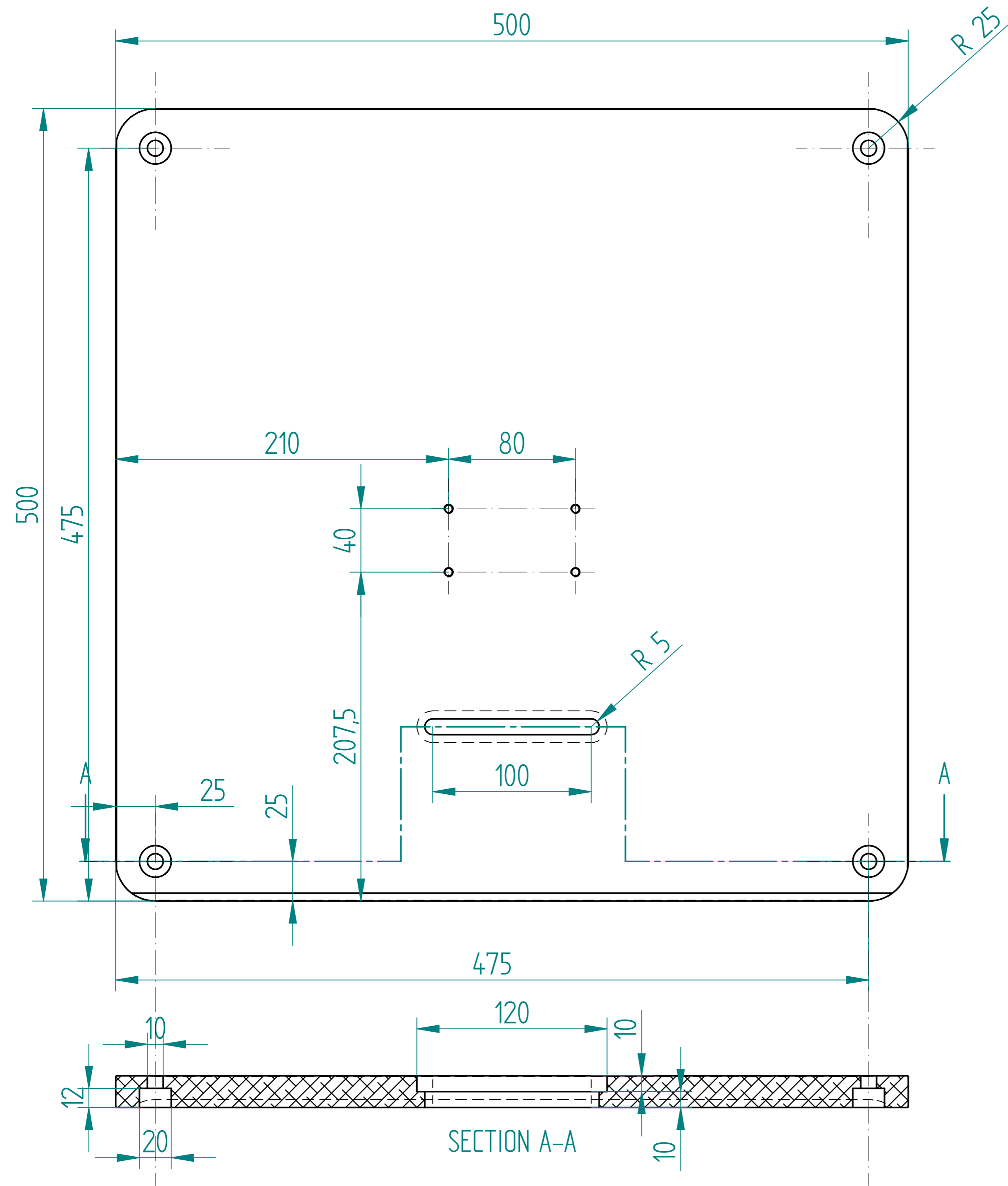
## PŘÍLOHA P I:

Tlak [MPa]	Průměr pístu [mm]	Síla válce [N]	Síla po přičtení odporů a převodového poměru [N]	Síla potřebná pro nechtěné otevření držáku (pro řezný odpor) [N]
0,02	40	25,13	14,76	76,59
0,04		50,27	39,14	180,48
0,06		75,40	63,52	284,38
0,08		100,53	87,90	388,28
0,1		125,66	112,28	492,17
0,12		150,80	136,66	596,07
0,14		175,93	161,04	699,97
0,16		201,06	185,42	803,87
0,18		226,19	209,79	907,76
0,2		251,33	234,17	1011,66
0,22		276,46	258,55	1115,56
0,24		301,59	282,93	1219,45
0,26		326,73	307,31	1323,35
0,28		351,86	331,69	1427,25
0,3		376,99	356,07	1531,15
0,32		402,12	380,45	1635,04
0,34		427,26	404,82	1738,94
0,36		452,39	429,20	1842,84
0,38		477,52	453,58	1946,74
0,4		502,65	477,96	2050,63
0,42		527,79	502,34	2154,53
0,44		552,92	526,72	2258,43
0,46		578,05	551,10	2362,32
0,48		603,19	575,48	2466,22
0,5		628,32	599,85	2570,12
0,52		653,45	624,23	2674,02
0,54		678,58	648,61	2777,91
0,56		703,72	672,99	2881,81
0,58		728,85	697,37	2985,71
0,6		753,98	721,75	3089,60
0,62		779,11	746,13	3193,50
0,64		804,25	770,51	3297,40
0,66	829,38	794,88	3401,30	
0,68	854,51	819,26	3505,19	
0,7	879,65	843,64	3609,09	
0,72	904,78	868,02	3712,99	
0,74	929,91	892,40	3816,89	
0,76	955,04	916,78	3920,78	
0,78	980,18	941,16	4024,68	
0,8	1005,31	965,54	4128,58	

Tabulka 11. Uzavírací síla a síla pístnice

REVISION HISTORY			
REV	DESCRIPTION	DATE	APPROVED

PŘÍLOHA II



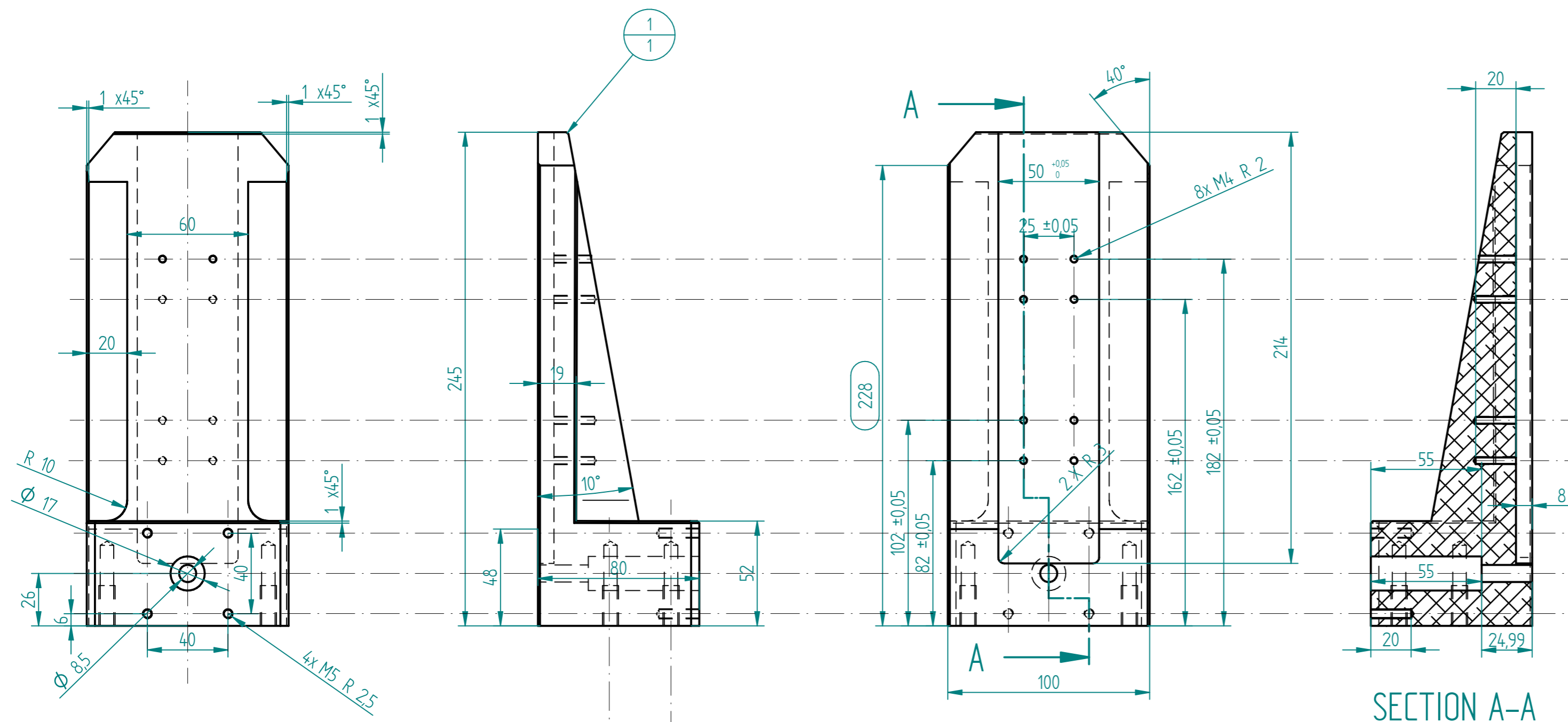
Item Number	Material	Quantity
1	Aluminum, 5083	1

DRAWN	Pavel Sasin	<b>Solid Edge</b> TITLE Rám vrtacky
CHECKED		
ENG APPR		
MGR APPR		
Univerzita Tomáše Bati ve Zlíně Fakulta technologická Ústav výrobního inženýrství		SIZE DWG NO 1 REV 1 FILE NAME: Rám.dft SCALE: WEIGHT: SHEET 1 OF 1

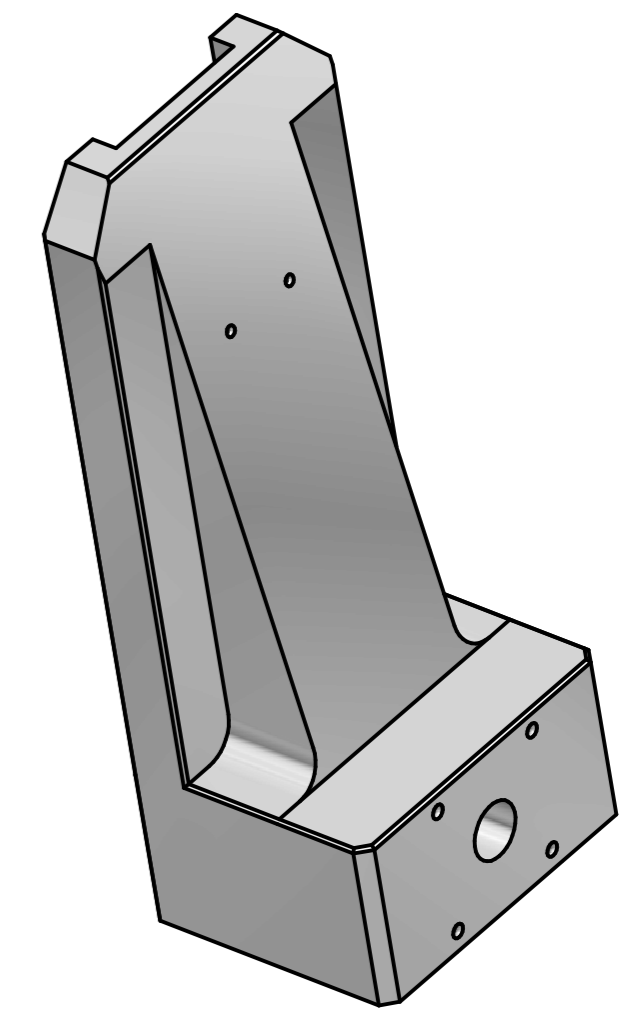
REVISION HISTORY			
REV	DESCRIPTION	DATE	APPROVED

PŘÍLOHA III



SECTION A-A

SECTION B-B



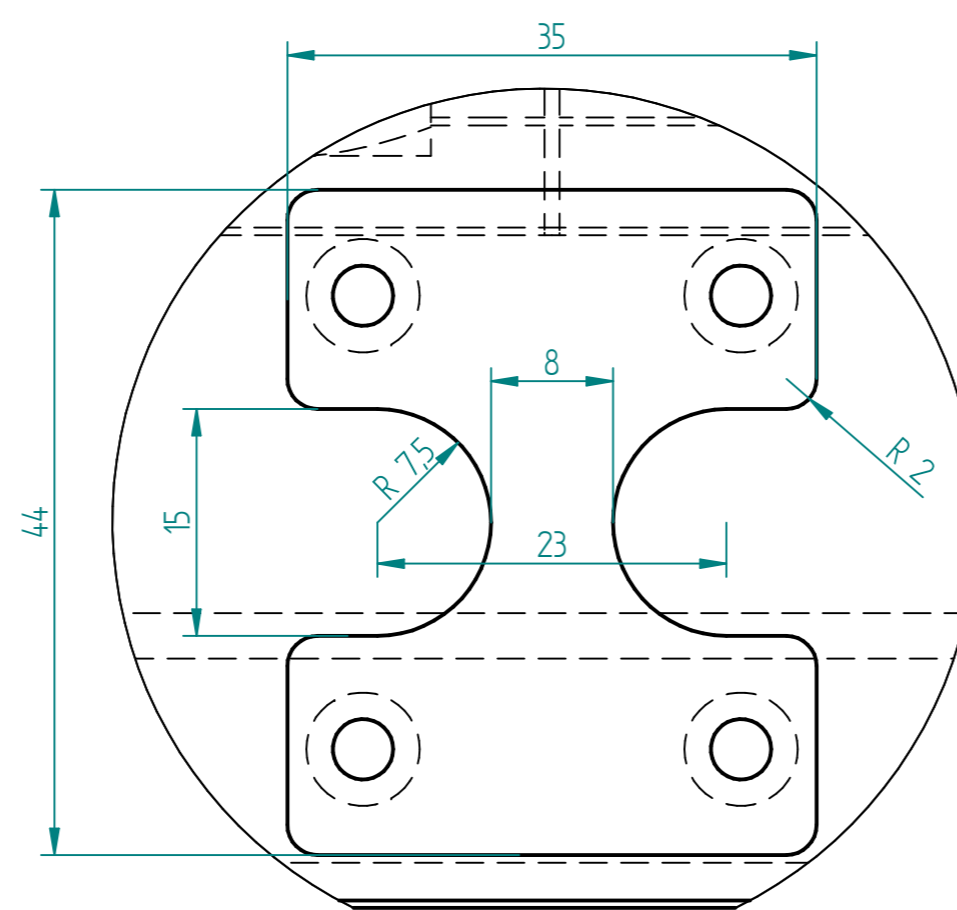
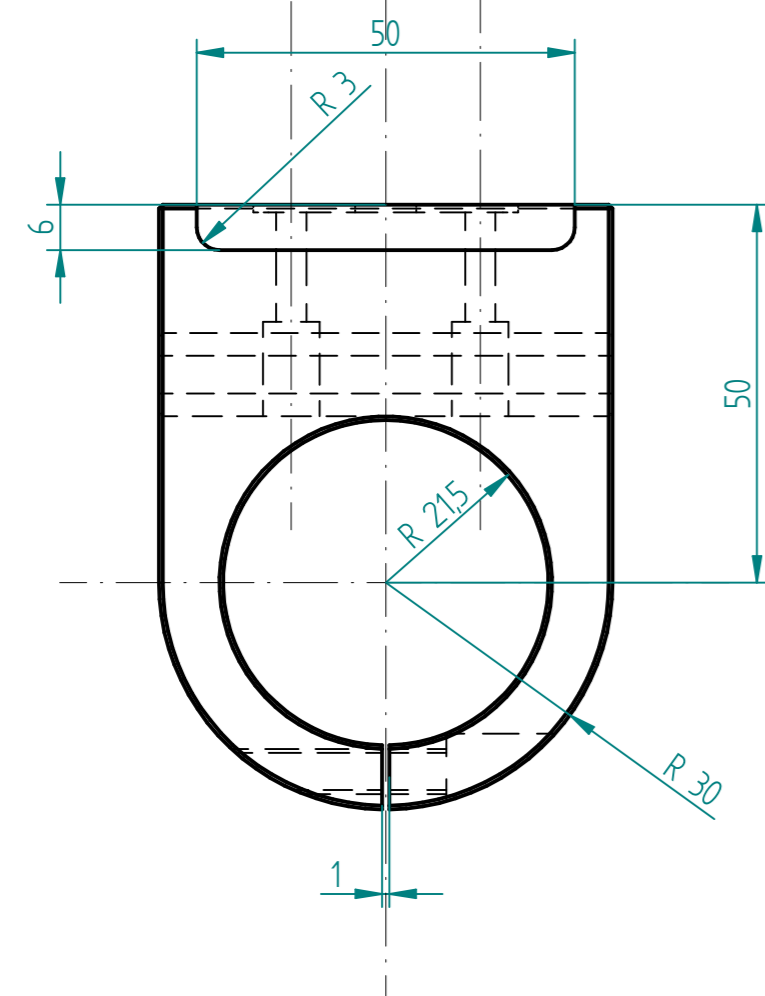
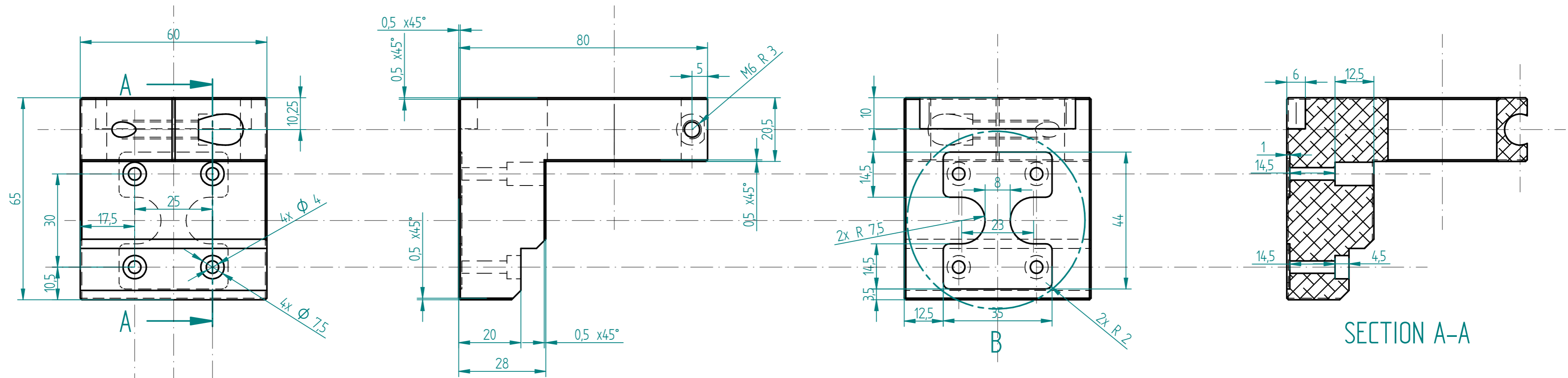
Item Number	Material	Quantity
1	Aluminum, 5083	1

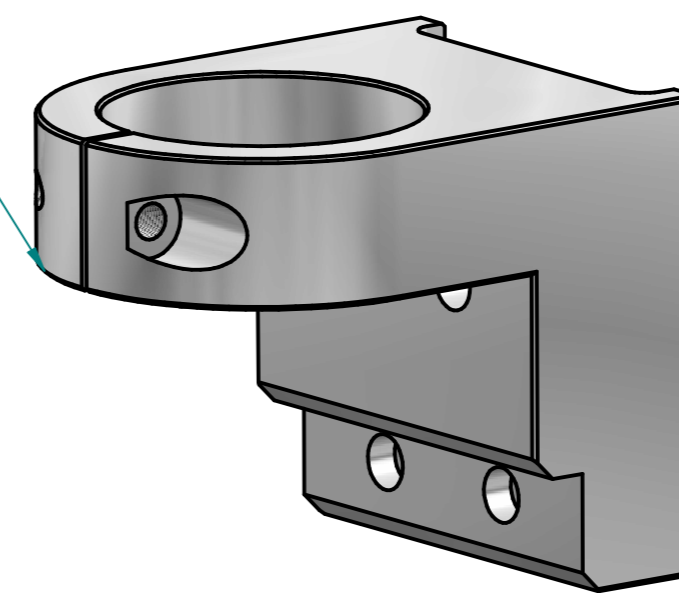
DRAWN	NAME	<b>Solid Edge</b> TITLE Frame linear
CHECKED	Pavel Sasin	
ENG APPR		
MGR APPR		
Univerzita Tomáše Bati ve Zlíně Fakulta technologická Ústav výrobního inženýrství		SIZE DWG NO 1 FILE NAME: Frame.dft SCALE: WEIGHT: SHEET 1 OF 1

REVISION HISTORY			
REV	DESCRIPTION	DATE	APPROVED

PRÍLOHA IV



DETAIL B



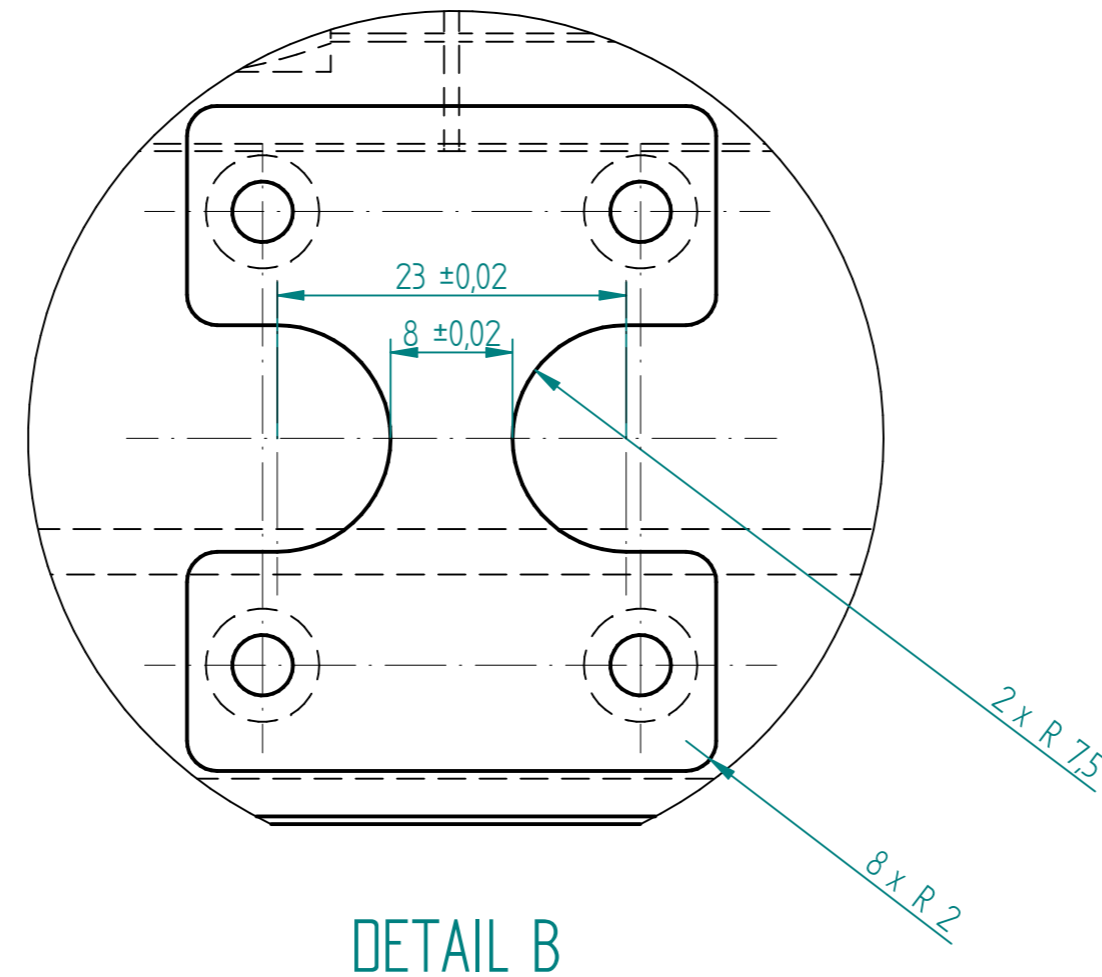
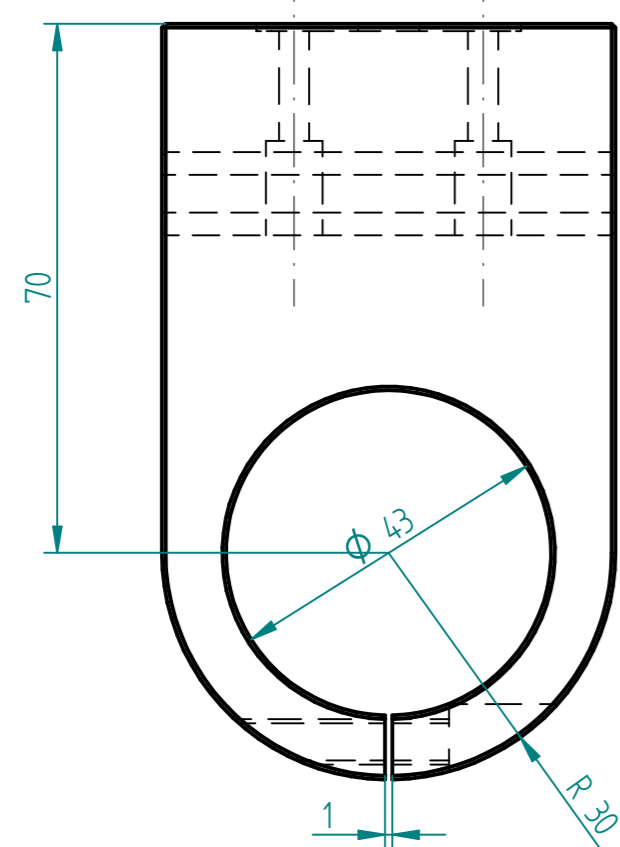
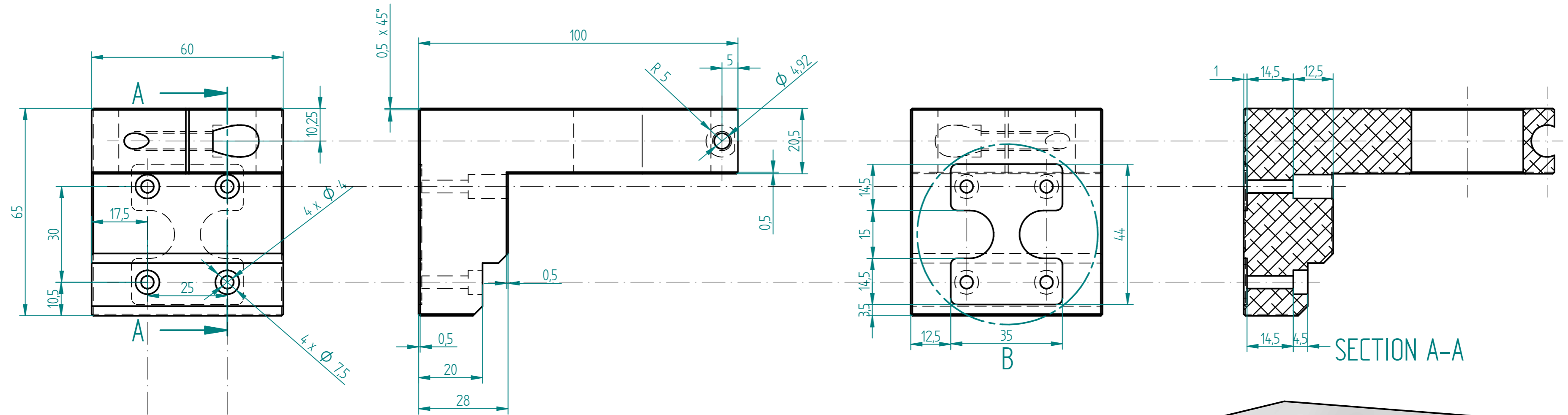
Item Number	Material	Quantity
1	Aluminum, 5083	1

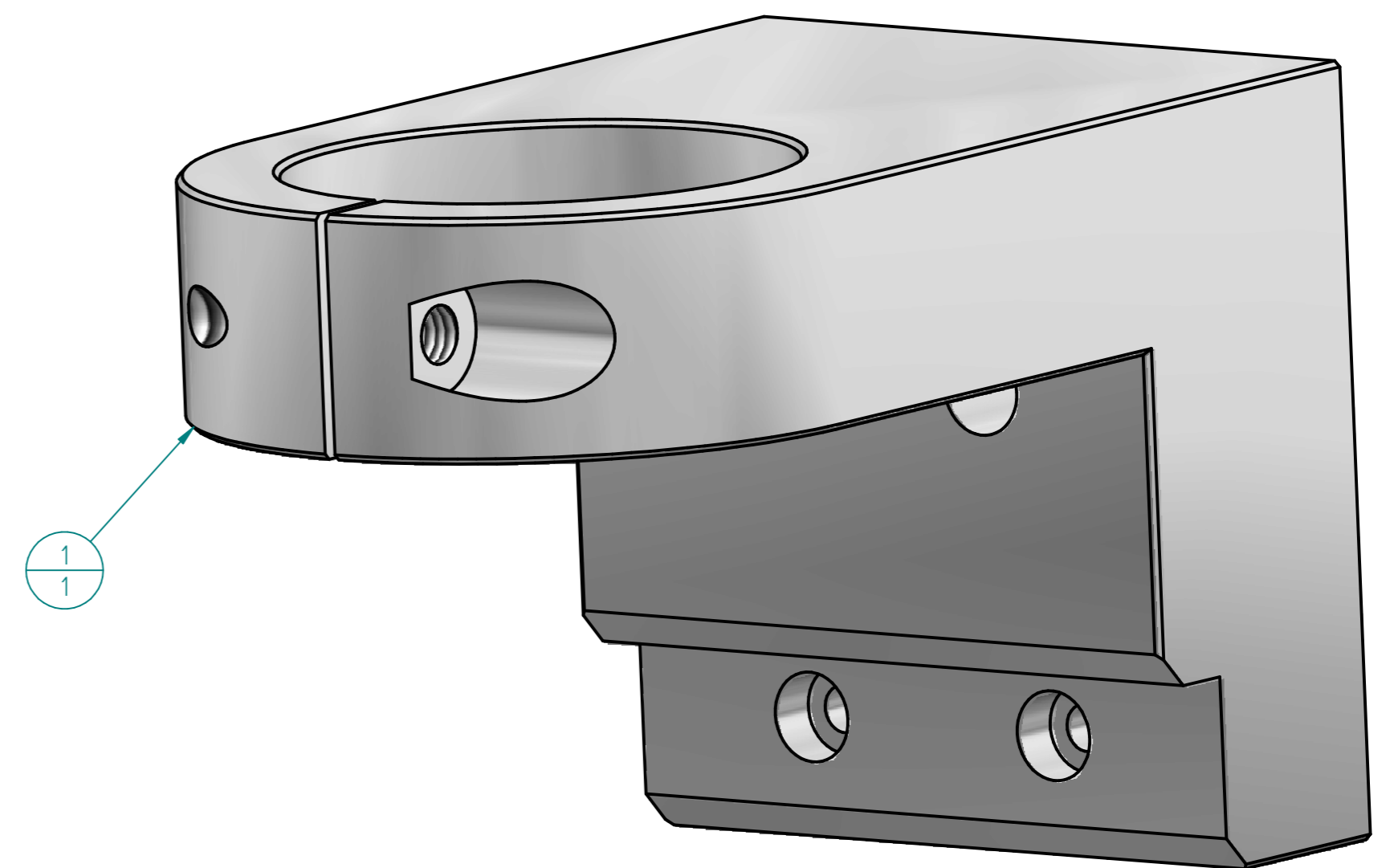
DRAWN	NAME	DATE	<b>Solid Edge</b> TITLE Holder engine
CHECKED	Pavel Sasin	01/20/14	
ENG APPR			
MGR APPR			
UNLESS OTHERWISE SPECIFIED DIMENSIONS ARE IN MILLIMETERS ANGLES ±XX° 2 PL ±XXX 3 PL ±XXXX			SIZE A2
SCALE:		WEIGHT:	DWG NO 1
			REV 1
			FILE NAME: Holder_engine.dft
			SHEET 1 OF 1

REVISION HISTORY			
REV	DESCRIPTION	DATE	APPROVED

**PŘÍLOHA V**



DETAIL B



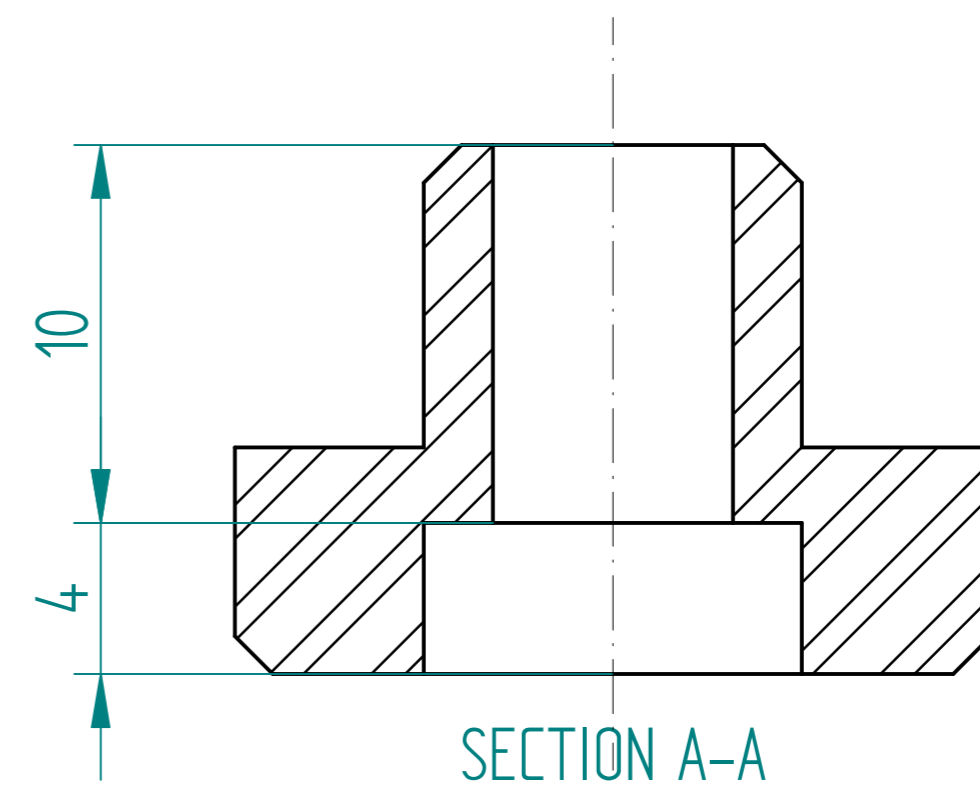
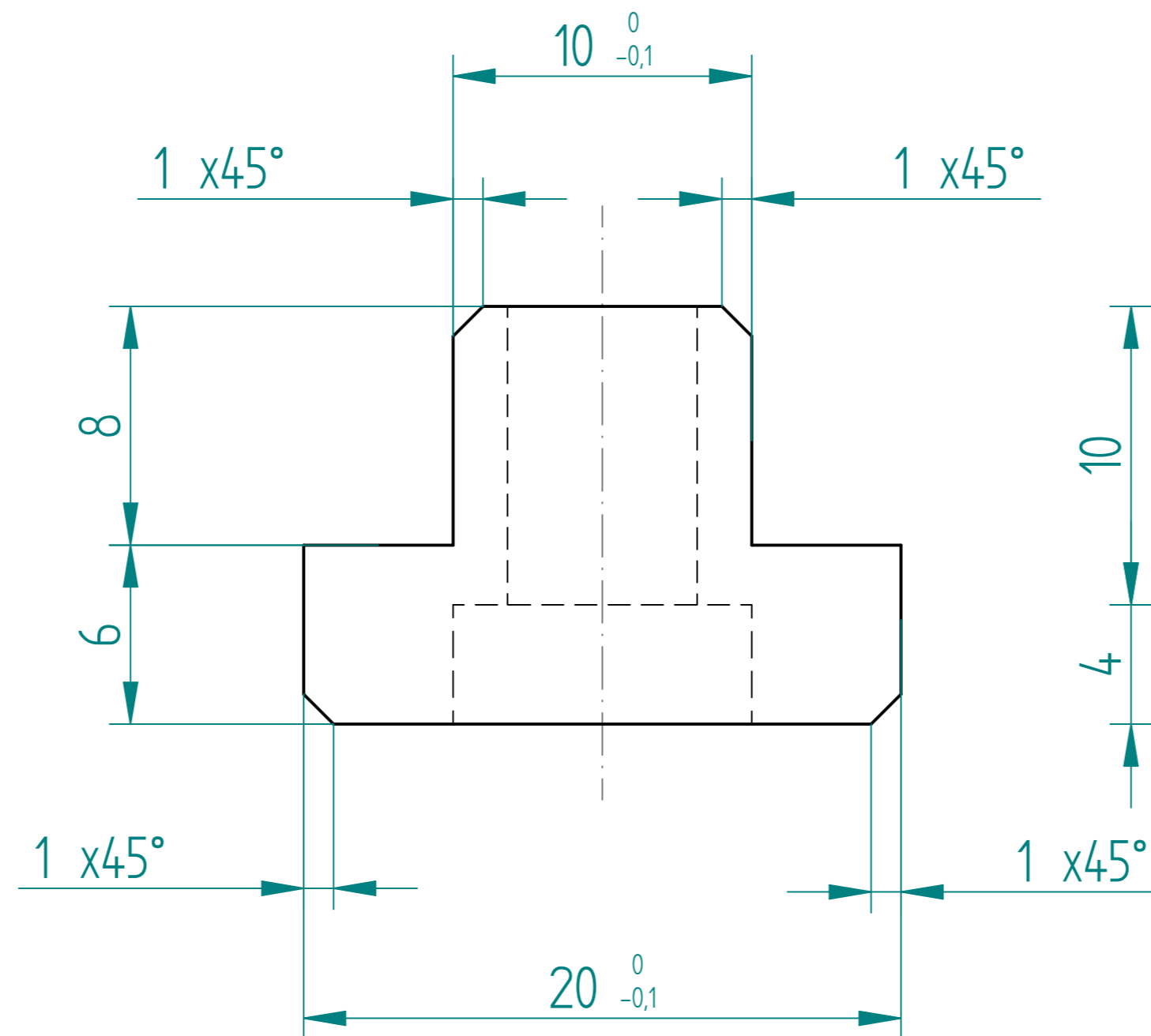
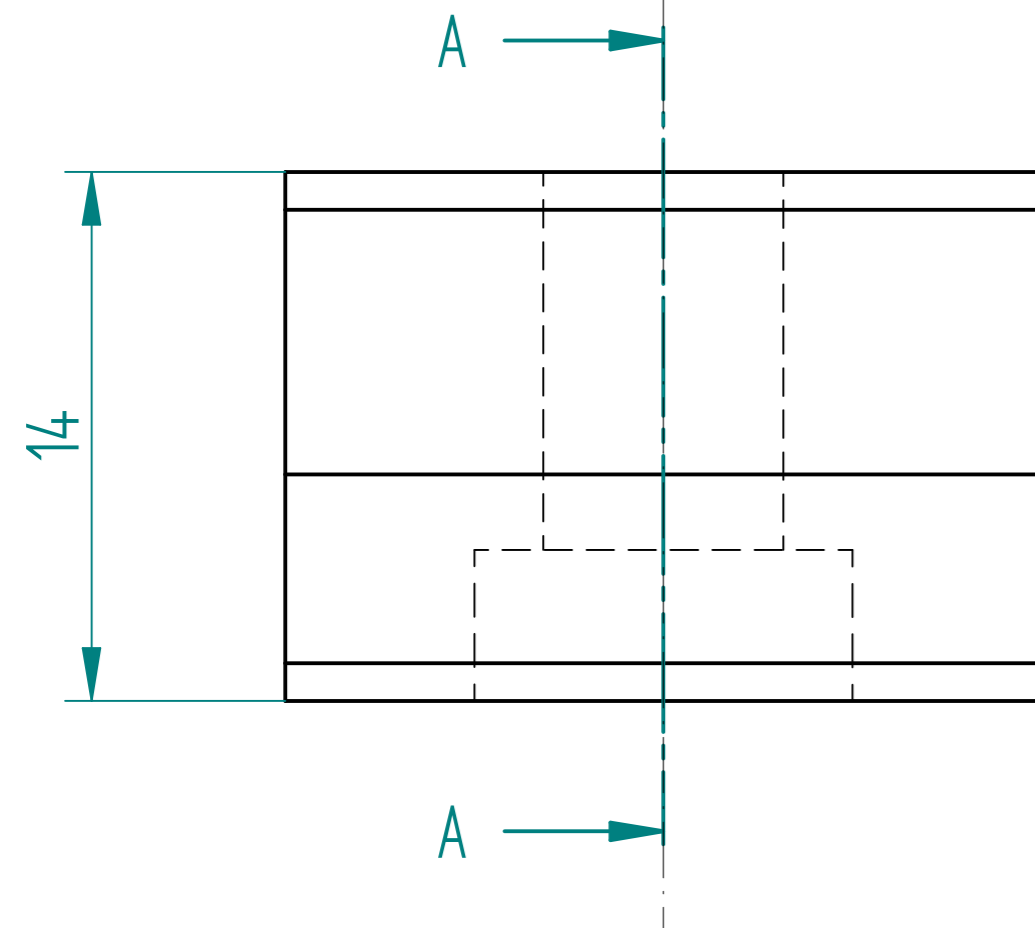
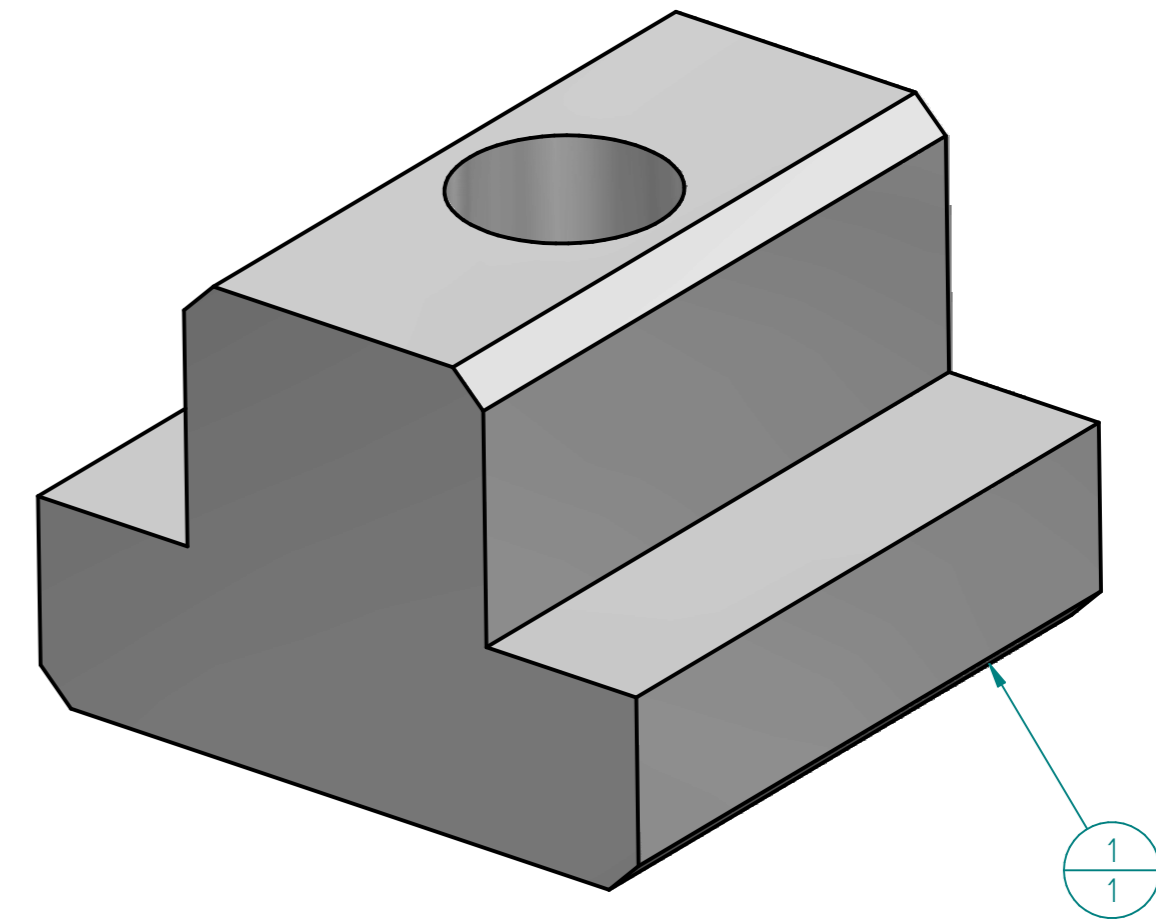
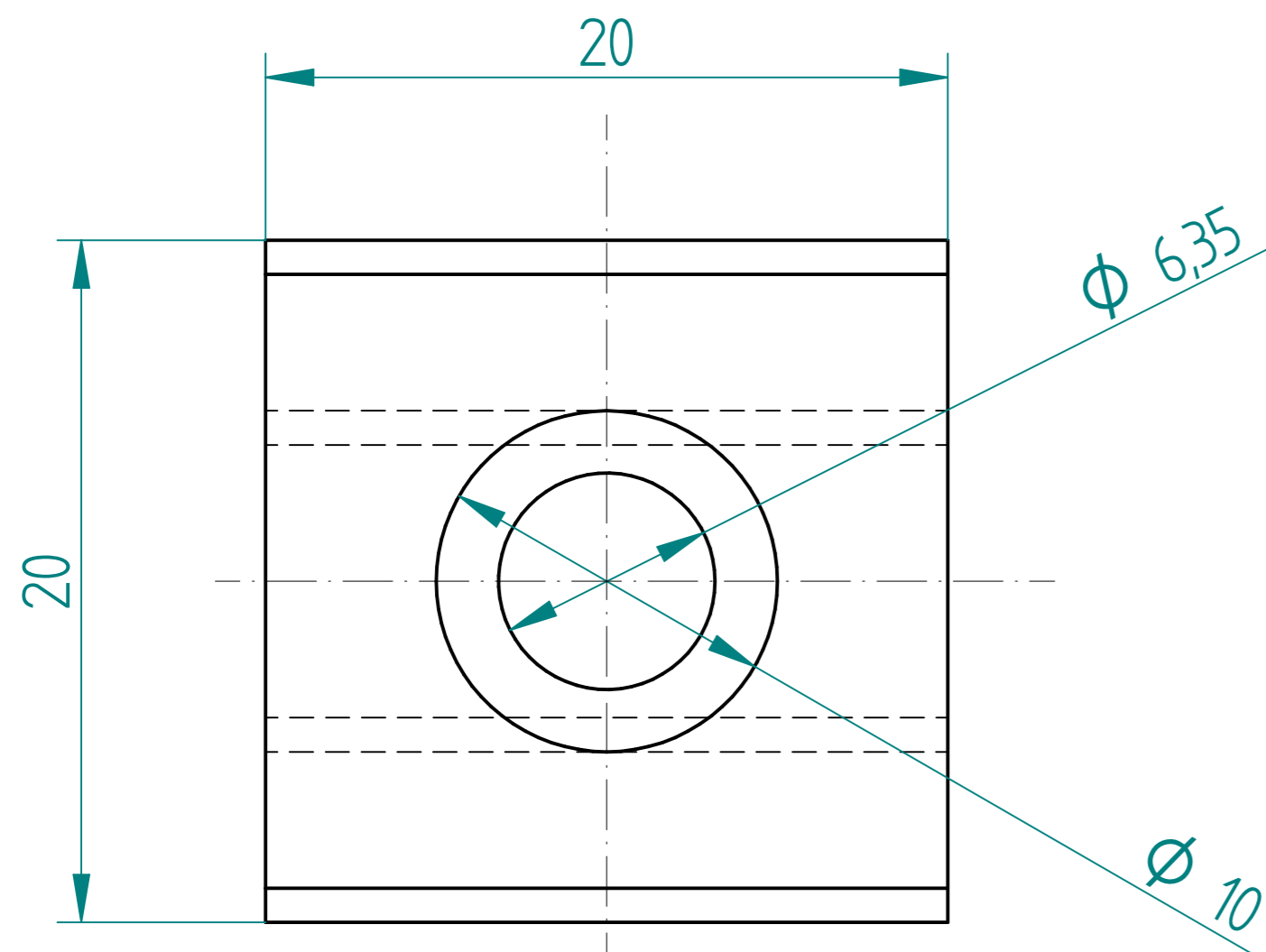
Item Number	Material	Quantity
1	Aluminium 5083	1

DRAWN	Pavel Sasin	<b>Solid Edge</b> TITLE Holder engine 364
CHECKED		
ENG APPR		
MGR APPR		
Univerzita Tomáše Bati ve Zlíně Fakulta technologická Ústav výrobního inženýrství		SIZE DWG NO 1 REV 1 FILE NAME: Holder engine 364.dft SCALE: WEIGHT: SHEET 1 OF 1

REVISION HISTORY			
REV	DESCRIPTION	DATE	APPROVED

PŘÍLOHA VI



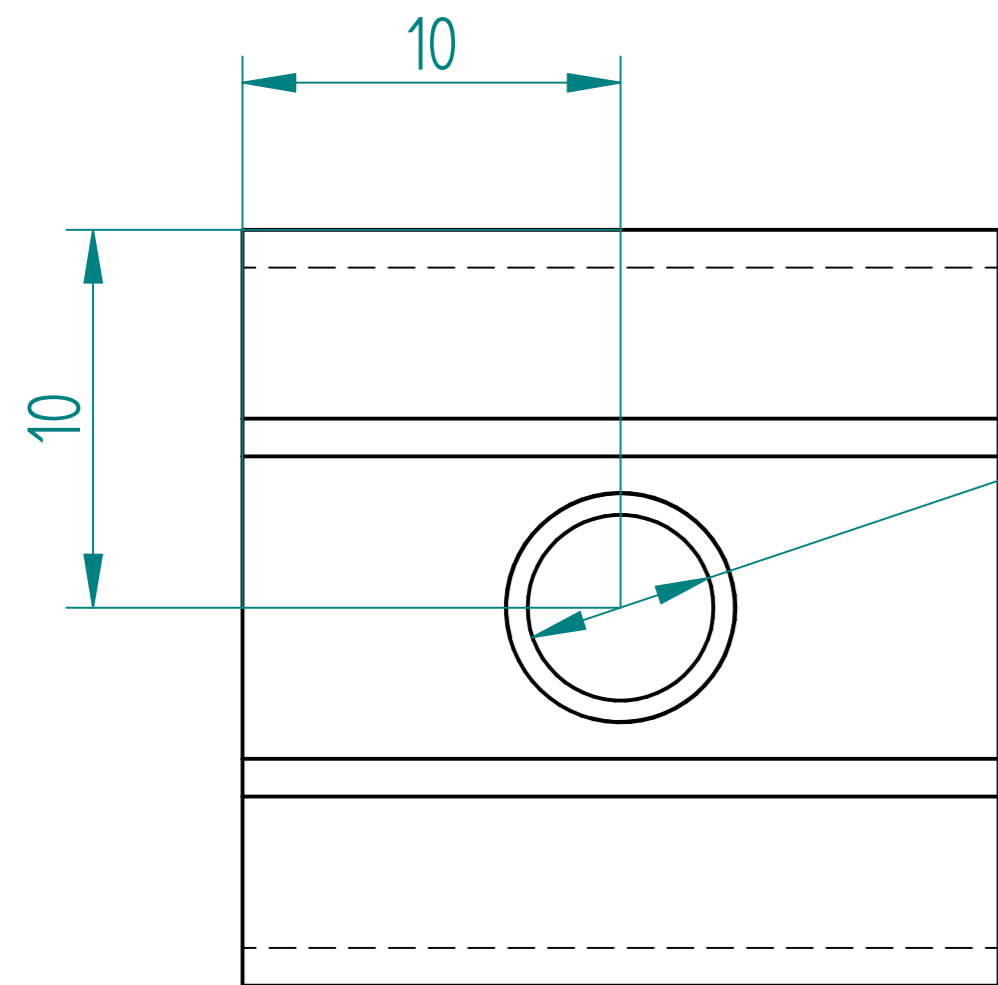
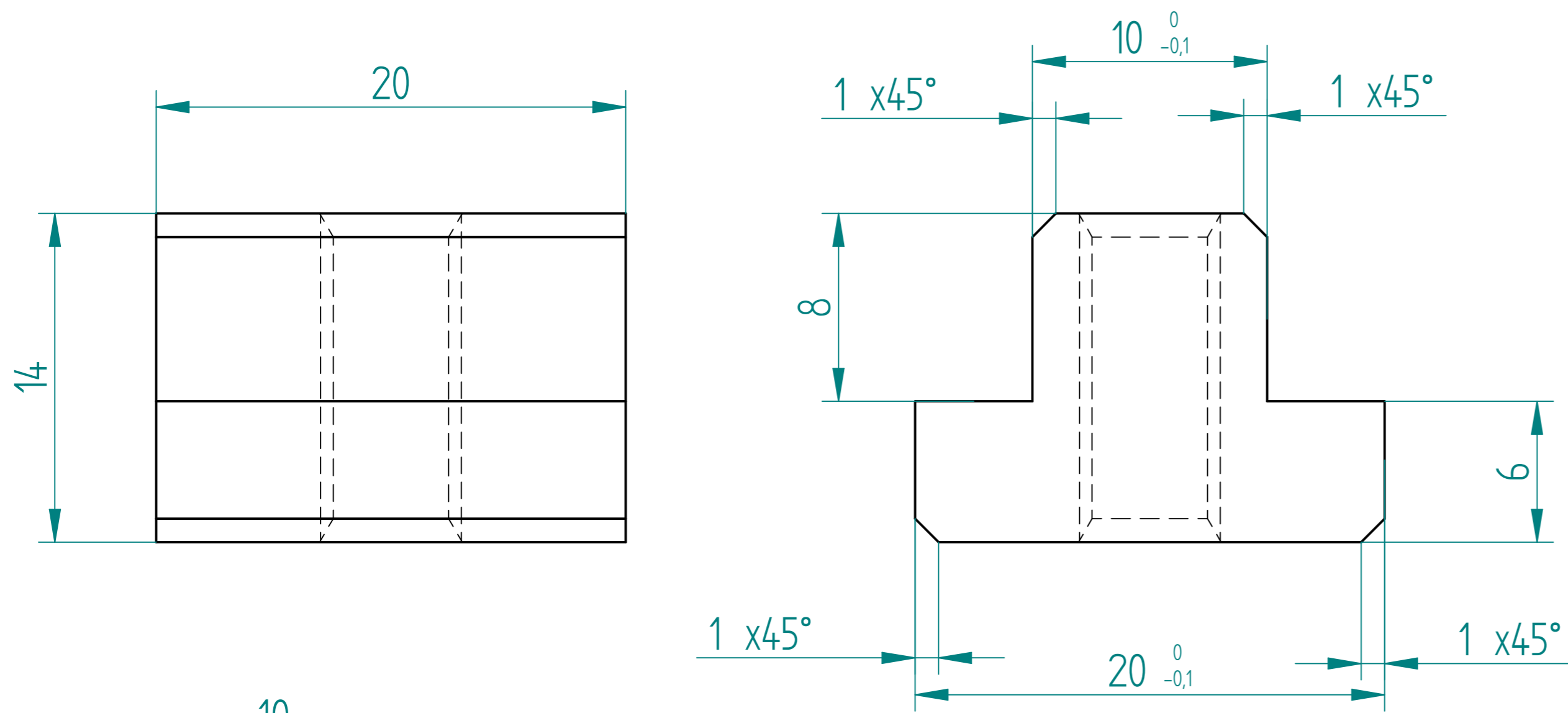
Item Number	Material	Quantity
1	11109	1

NAME	Solid Edge		
DRAWN: Pavel Sasin	TITLE: Cube up		
CHECKED:	SIZE: DWG NO: 1	REV: 1	FILE NAME: Cube_up.dft
ENG APPR:	SCALE:	WEIGHT:	SHEET 1 OF 1
MGR APPR:	Univerzita Tomáše Bati ve Zlíně Fakulta technologická Ústav výrobního inženýrství		

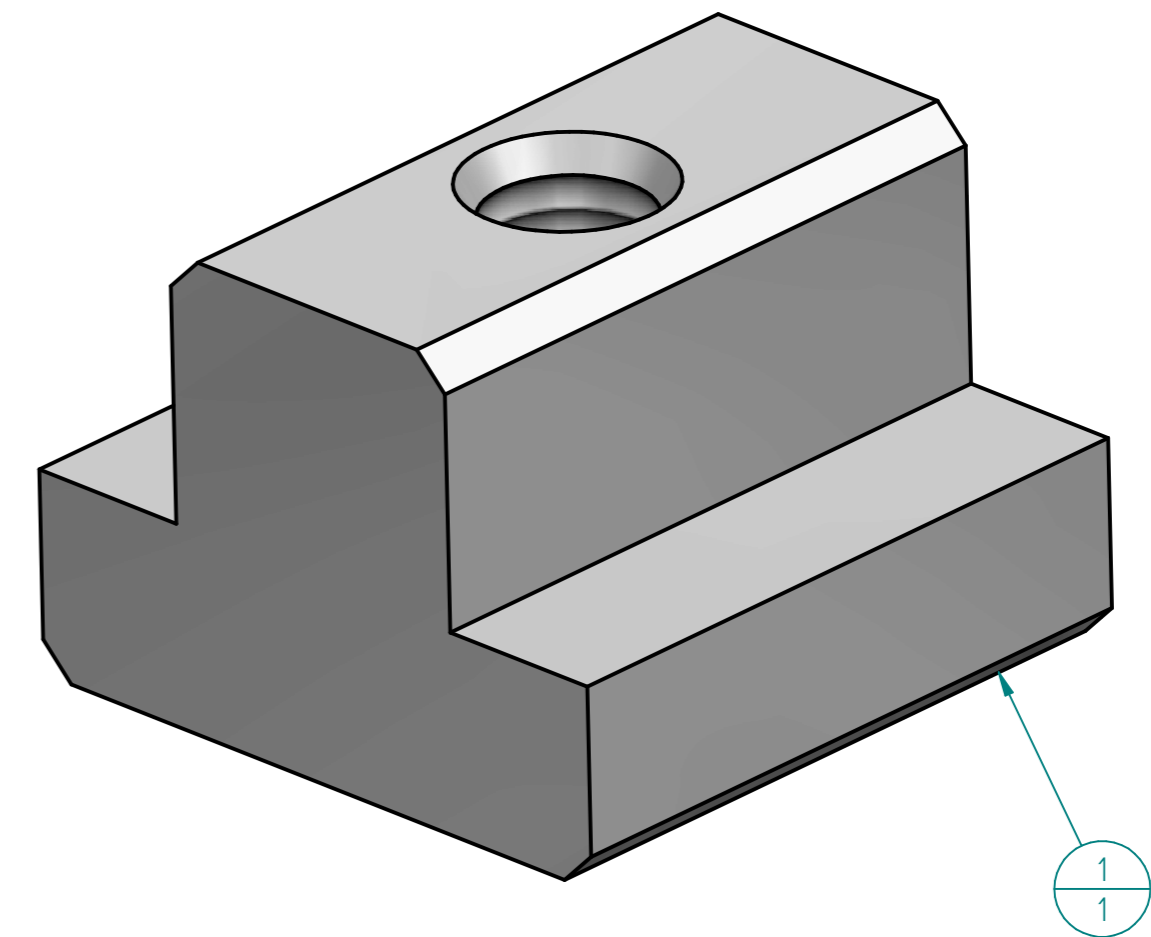


REVISION HISTORY			
REV	DESCRIPTION	DATE	APPROVED

PŘÍLOHA VII



M6  $\Phi$  4,92

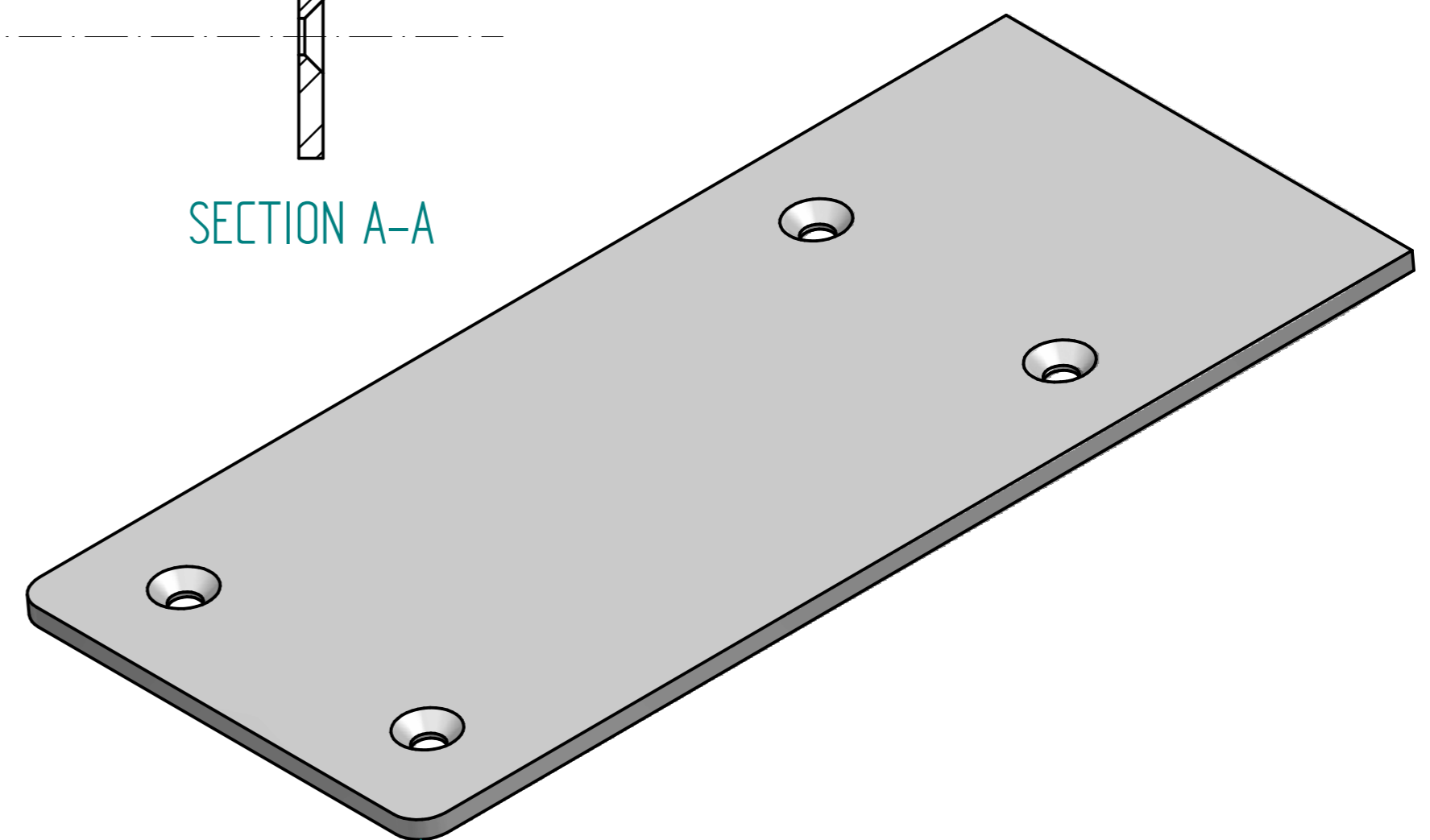
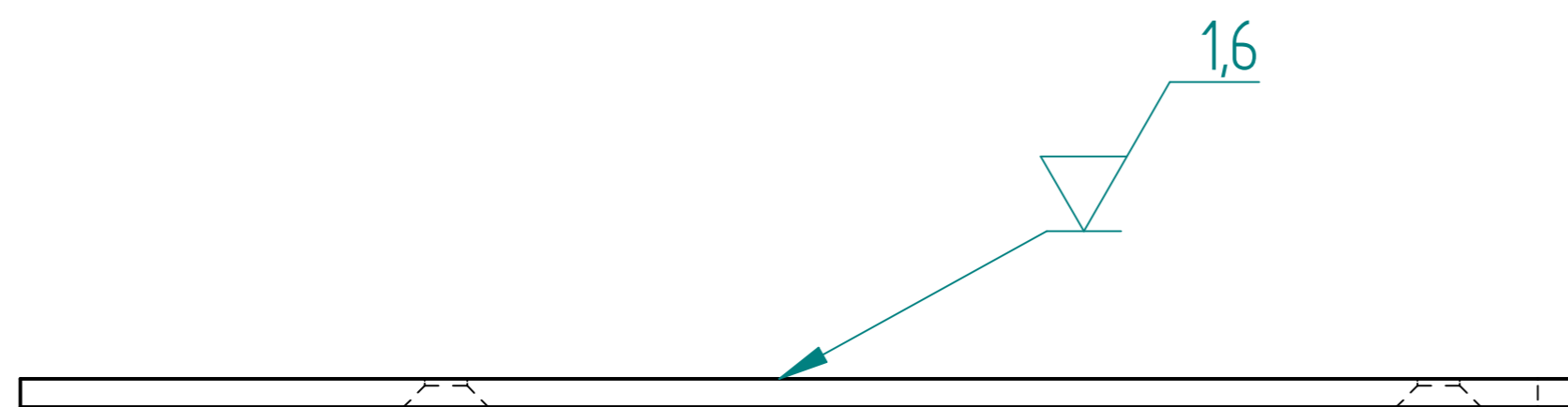
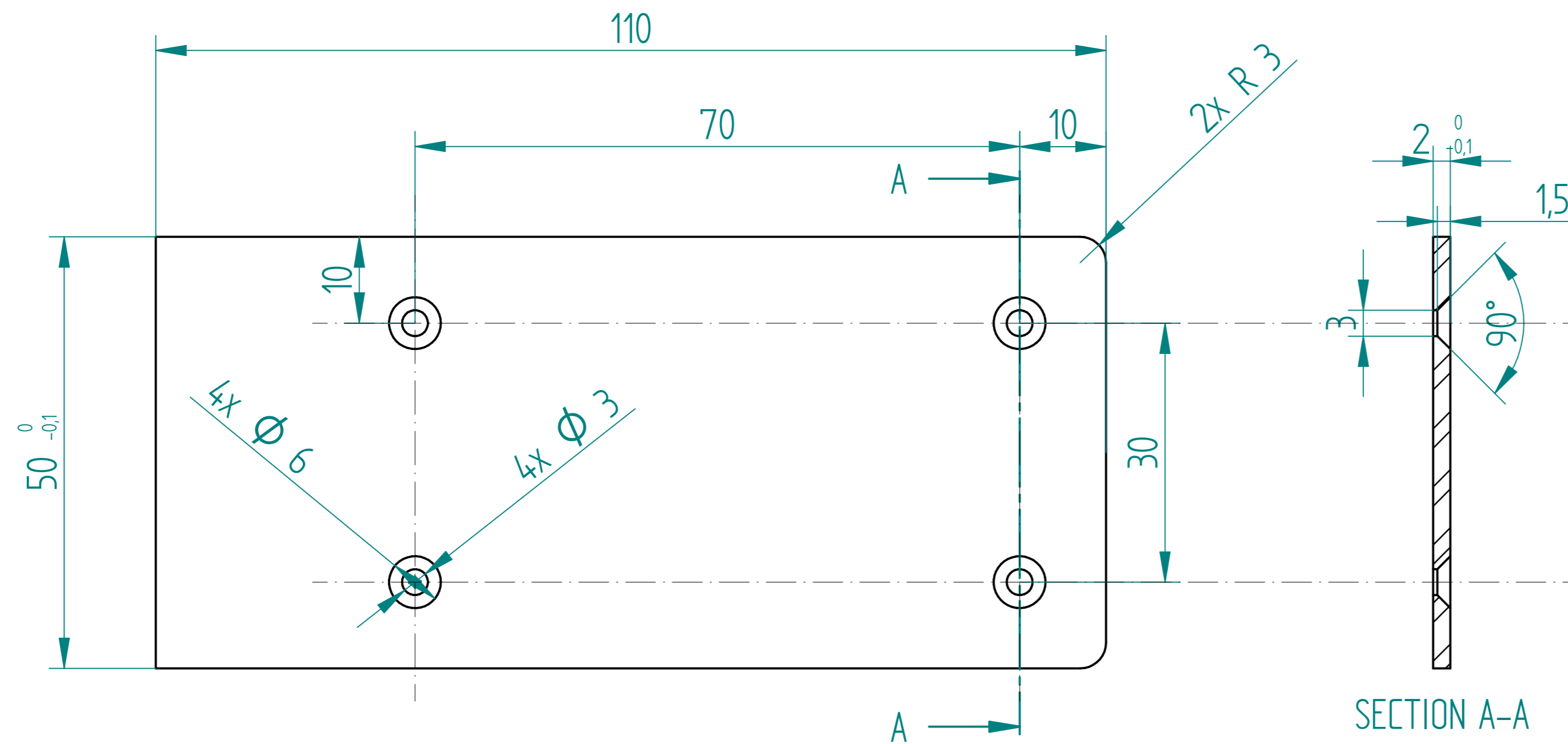


Item Number	Material	Quantity
1	Steel 11109	1

DRAWN	Pavel Sasin	<b>Solid Edge</b> TITLE Cube down
CHECKED		
ENG APPR		
MGR APPR		
Univerzita Tomáše Bati ve Zlíně Fakulta technologická Ústav výrobního inženýrství		SIZE DWG NO 1 REV 1 FILE NAME: Cube_down.dft SCALE: WEIGHT: SHEET 1 OF 1

REVISION HISTORY			
REV	DESCRIPTION	DATE	APPROVED

PŘÍLOHA VIII



Item Number	Material	Quantity
1	12050	1

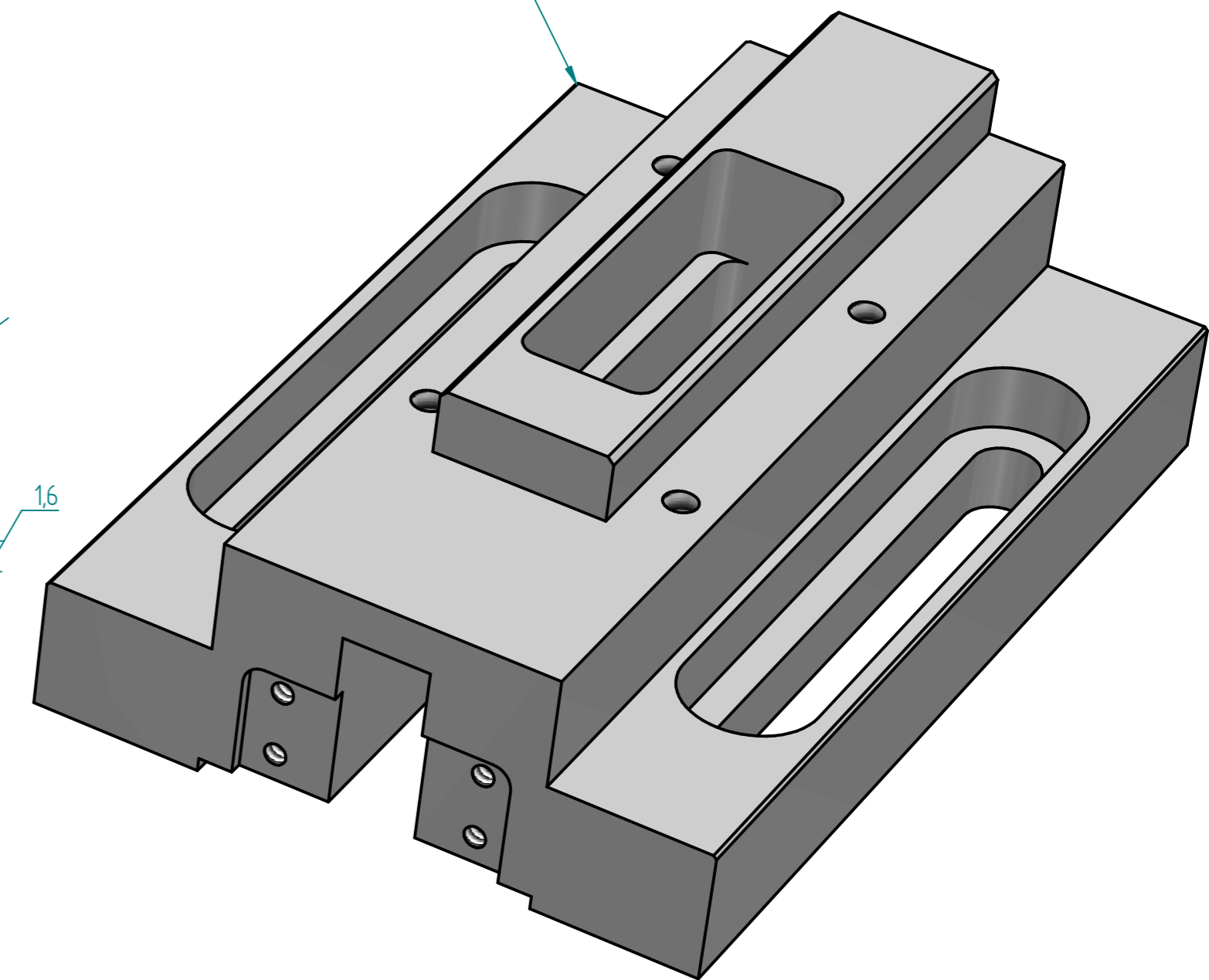
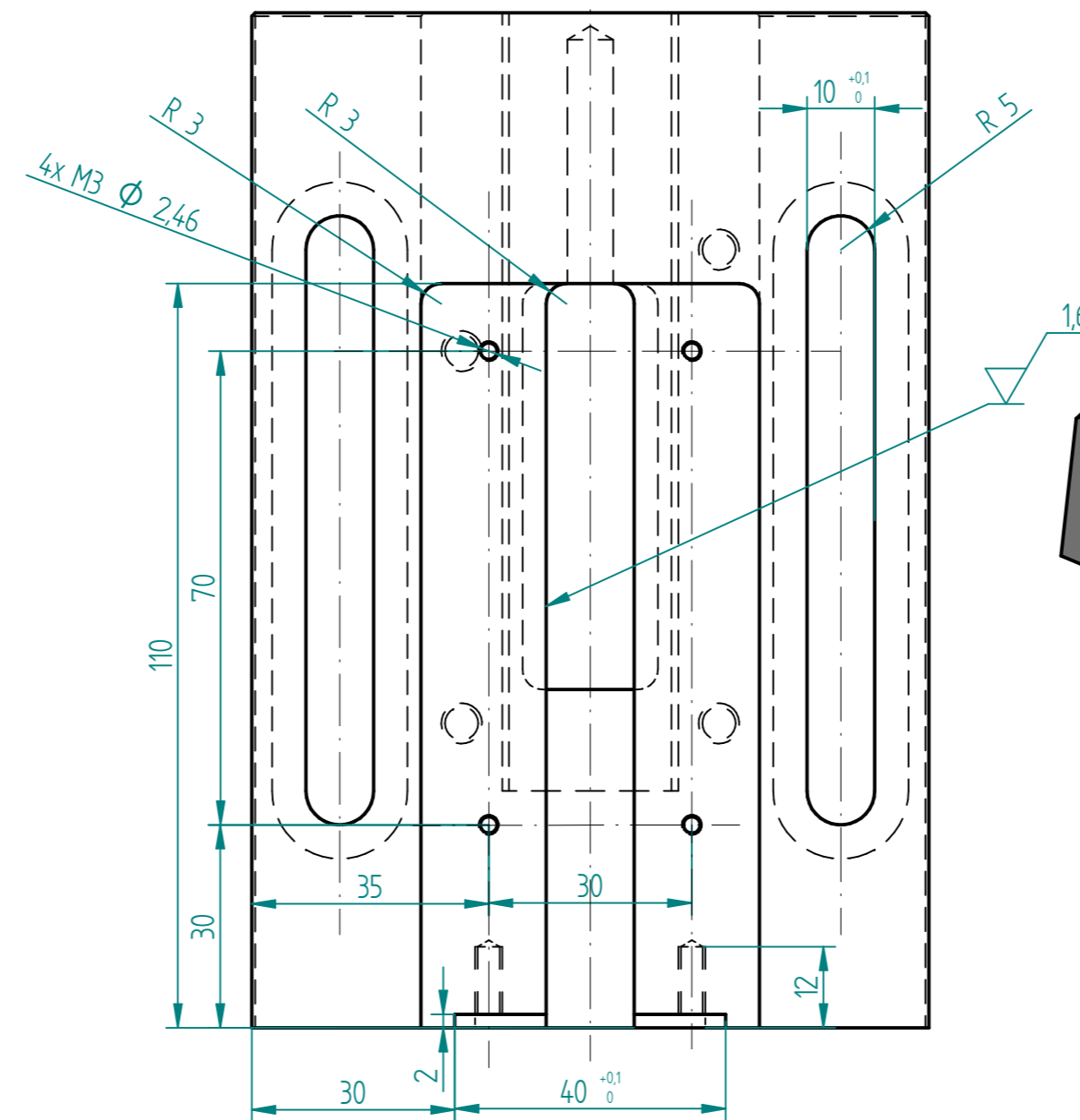
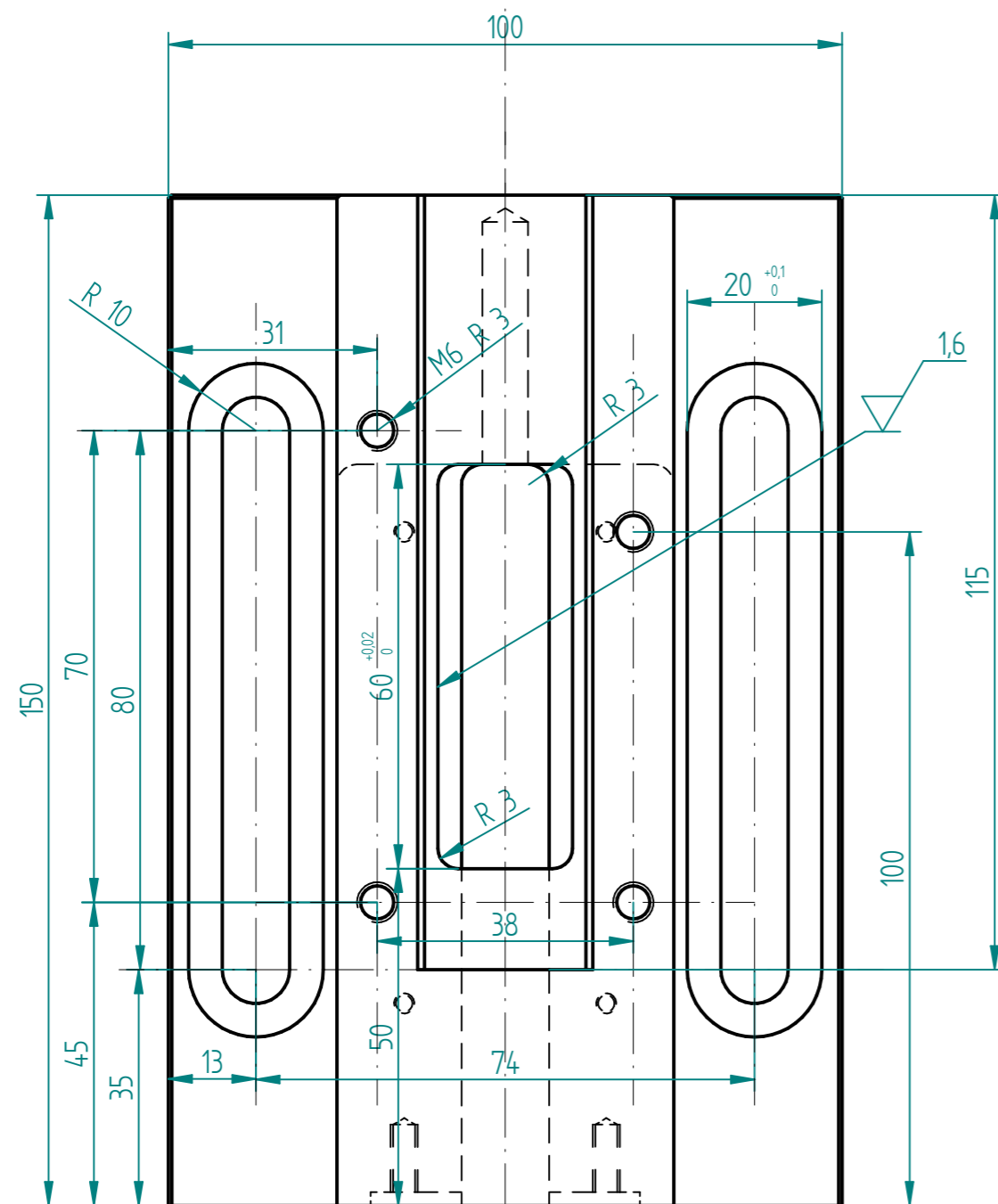
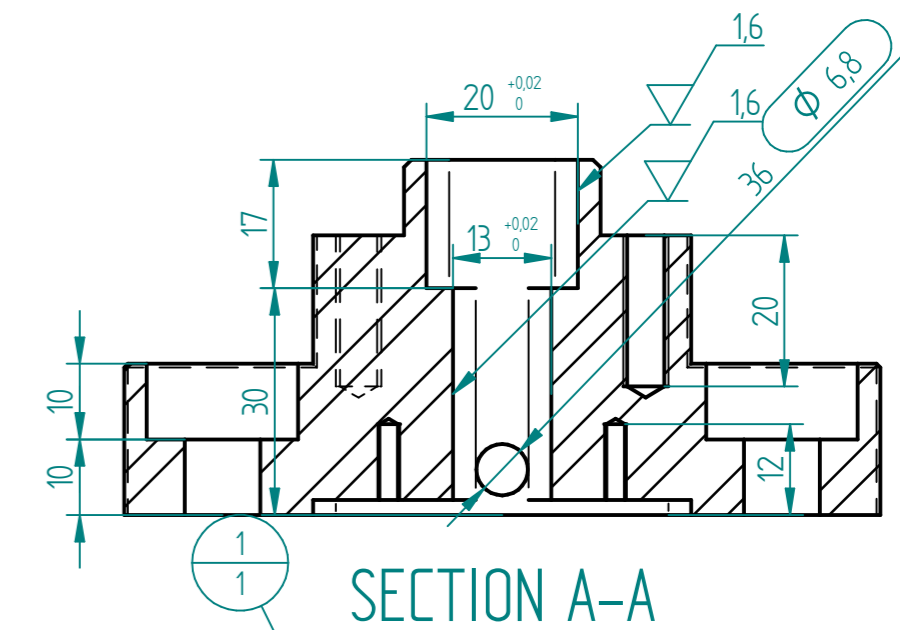
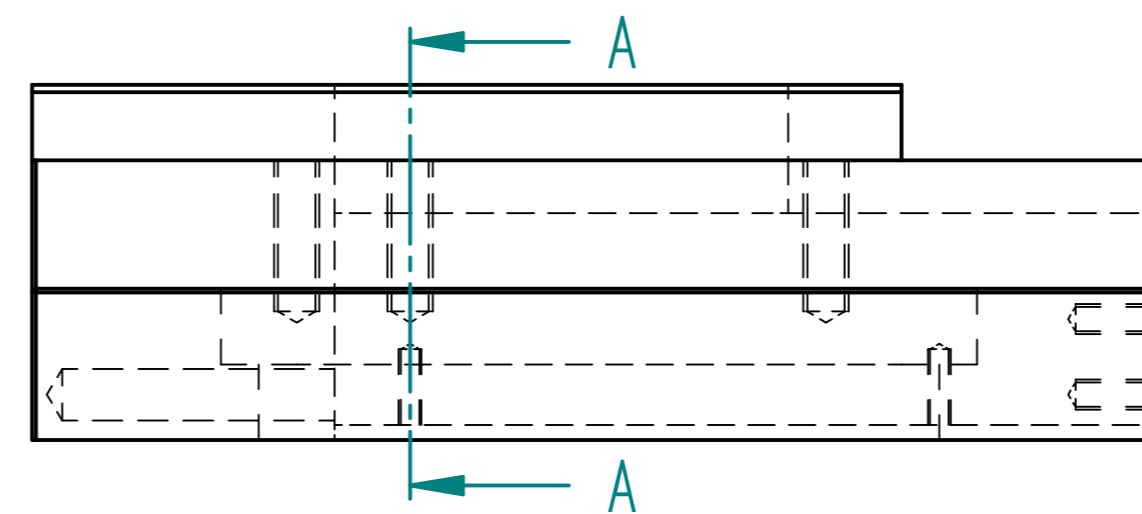
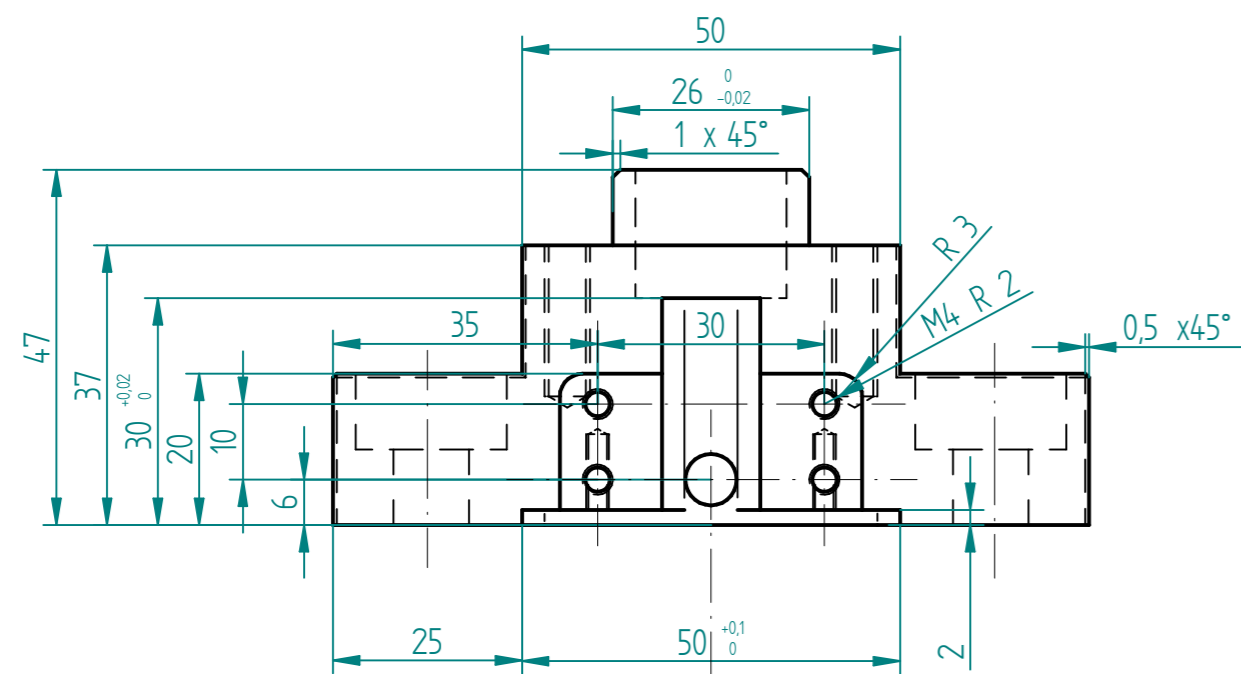
DRAWN	Pavel Sasin	<b>Solid Edge</b> TITLE Plate down
CHECKED		
ENG APPR		
MGR APPR		

Univerzita Tomáše Bati ve Zlíně Fakulta technologická Ústav výrobního inženýrství	SIZE DWG NO 1	REV 1
SCALE:	WEIGHT:	SHEET 1 OF 1

REVISION HISTORY			
REV	DESCRIPTION	DATE	APPROVED

PŘÍLOHA IX



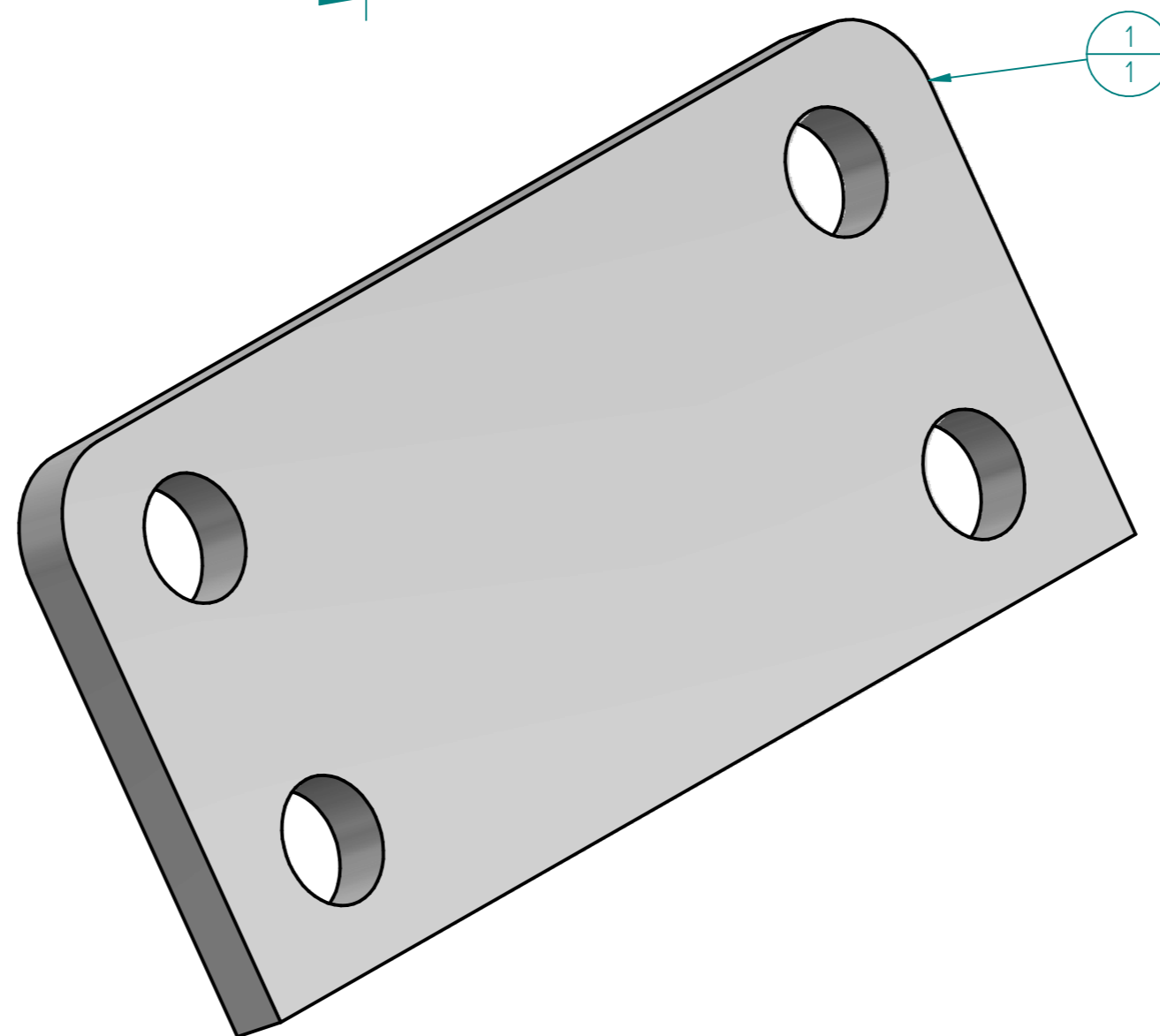
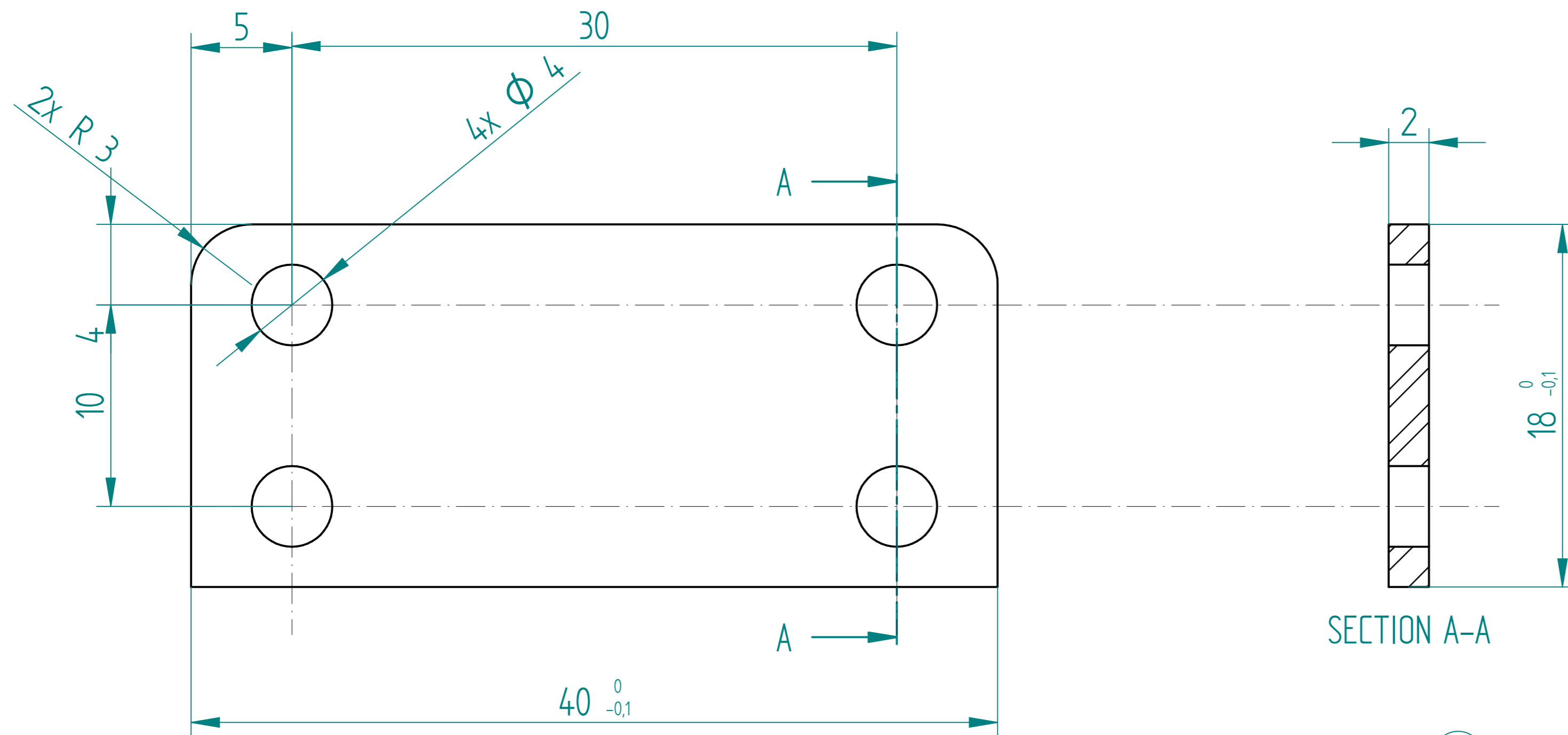
Item Number	Material	Quantity
1	12050	1

NAME	Solid Edge	
DRAWN: Pavel Sasin	TITLE: Holder down	
CHECKED	SIZE: DWG NO: 1	REV: 1
ENG APPR	FILE NAME: Down_holder.dft	
MGR APPR	SCALE:	WEIGHT: SHEET 1 OF 1

Univerzita Tomáše Bati ve Zlíně  
 Fakulta technologická  
 Ústav výrobního inženýrství

REVISION HISTORY			
REV	DESCRIPTION	DATE	APPROVED

PŘÍLOHA X



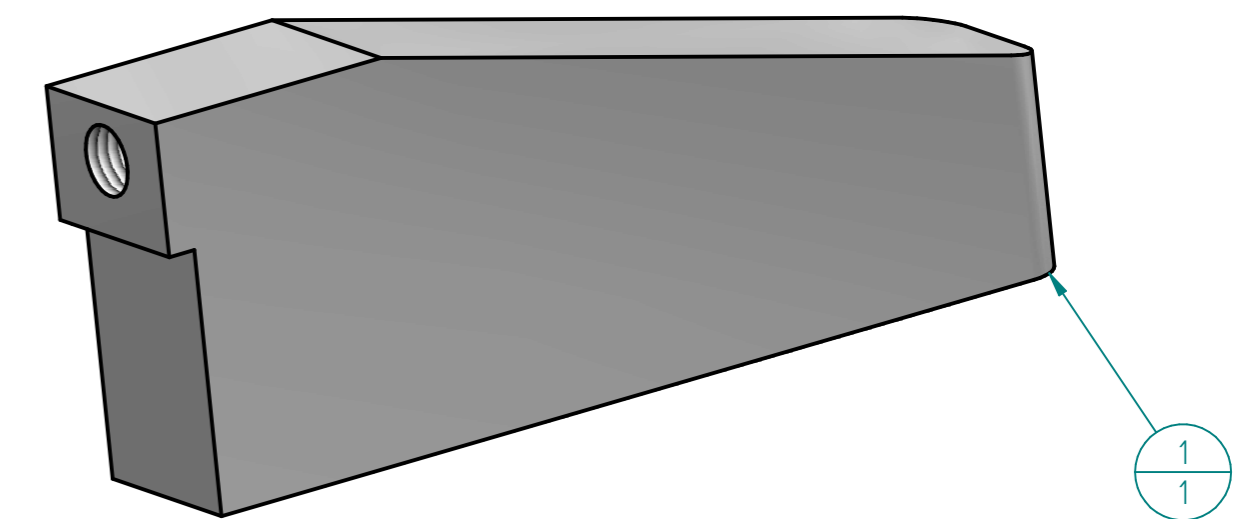
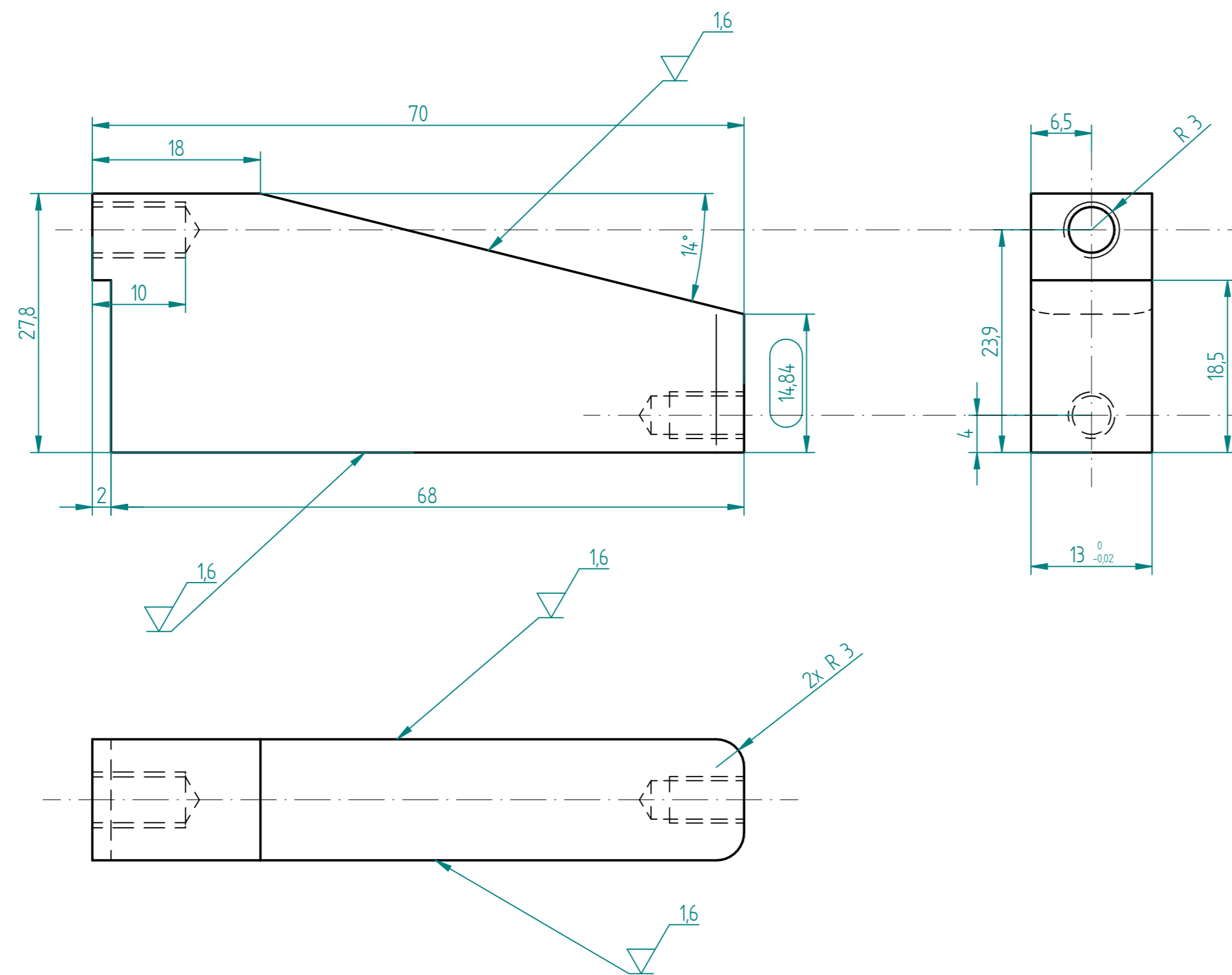
Item Number	Material	Quantity
1	12050	1

NAME	Solid Edge		
DRAWN Pavel Sasin	TITLE Flange front		
CHECKED	SIZE	DWG NO 1	REV 1
ENG APPR	FILE NAME: Flange.dft		
MGR APPR	SCALE:	WEIGHT:	SHEET 1 OF 1

Univerzita Tomáše Bati ve Zlíně  
Fakulta technologická  
Ústav výrobního inženýrství

REVISION HISTORY			
REV	DESCRIPTION	DATE	APPROVED

PŘÍLOHA XI



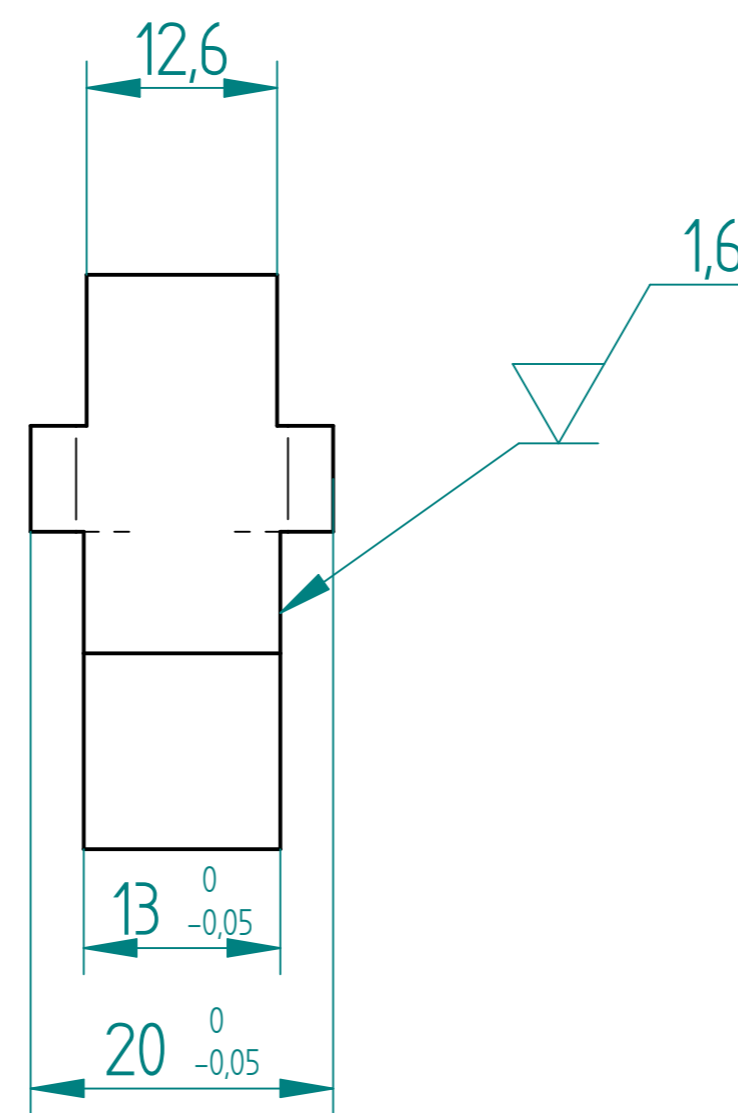
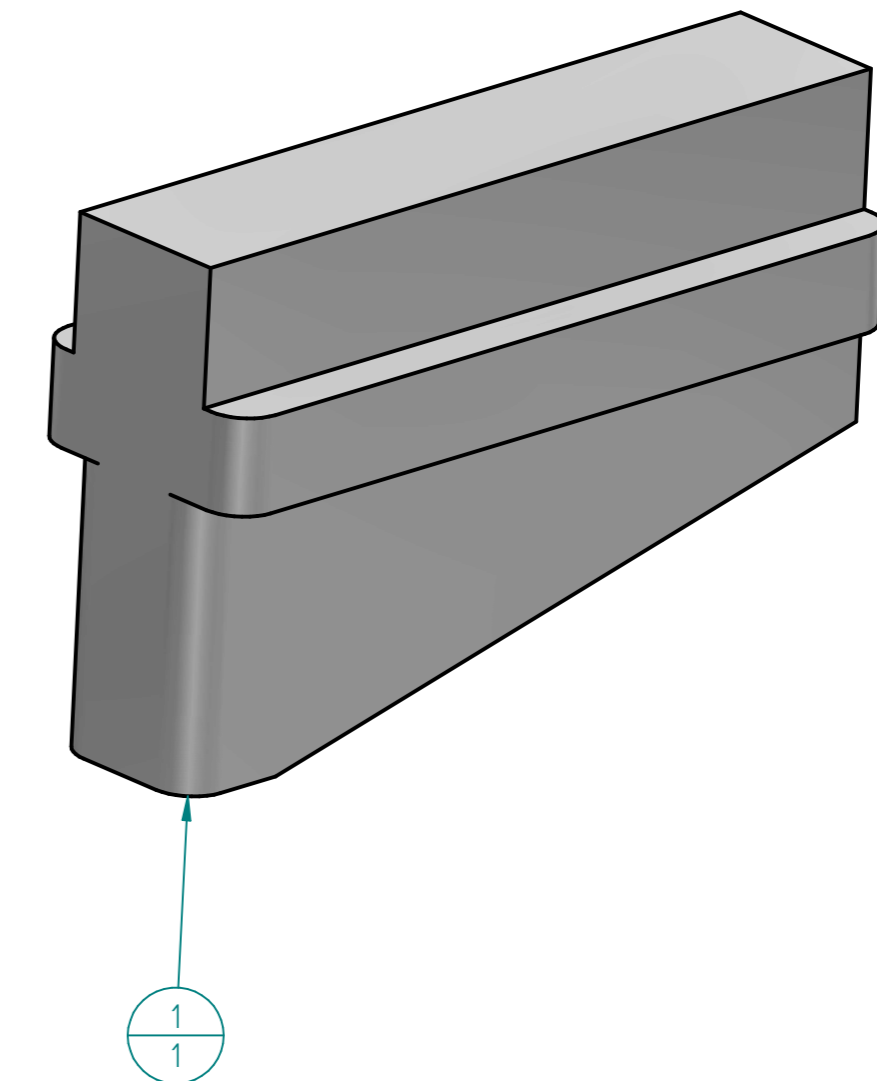
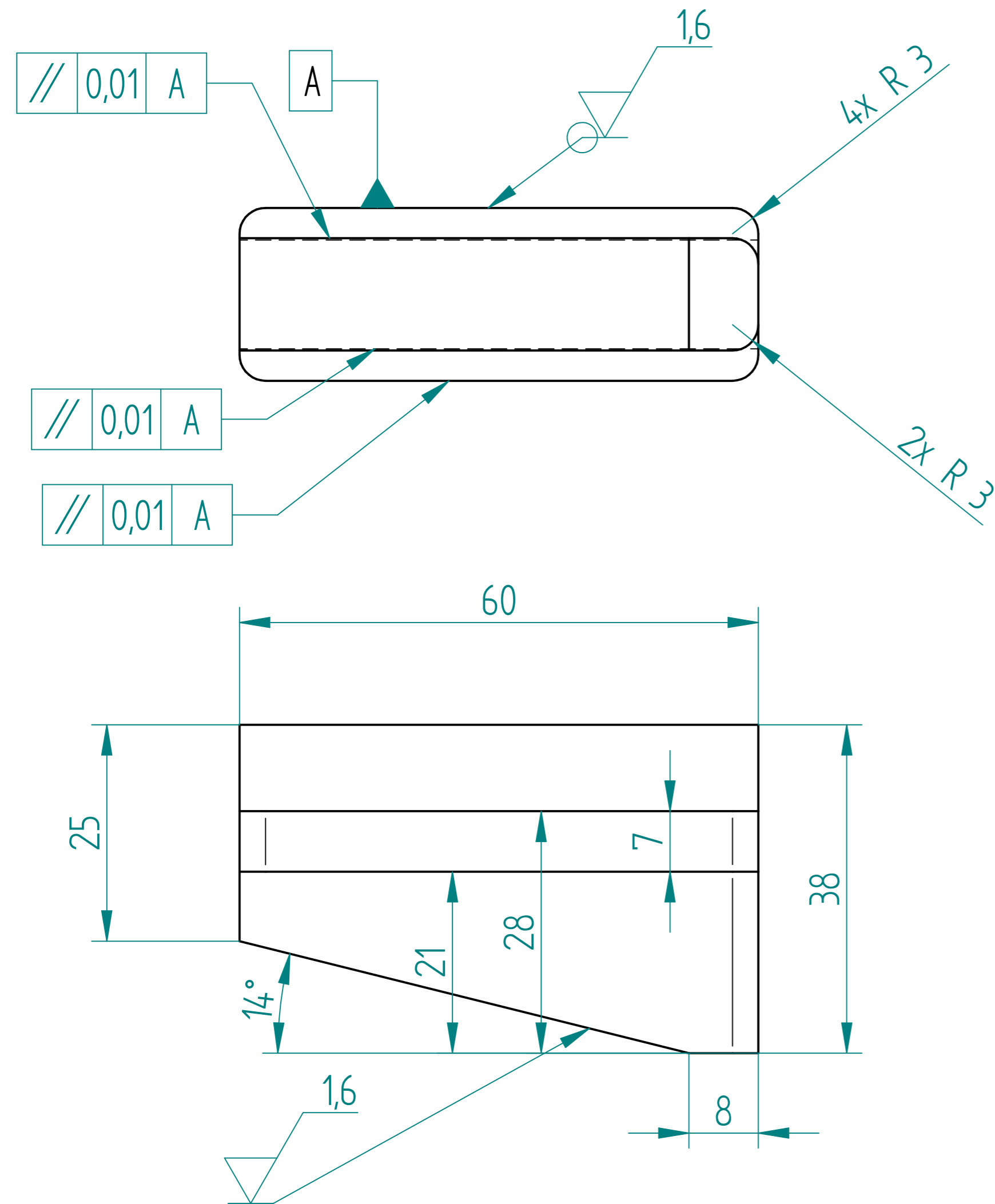
Item Number	Material	Quantity
1	12050	1

DRAWN	Pavel Sasin	<b>Solid Edge</b> TITLE Rider down
CHECKED		
ENG APPR		
MGR APPR		
Univerzita Tomáše Bati ve Zlíně Fakulta technologická Ústav výrobního inženýrství		SIZE DWG NO 1 REV 1 FILE NAME: Rider_down.dft SCALE: WEIGHT: SHEET 1 OF 1

REVISION HISTORY			
REV	DESCRIPTION	DATE	APPROVED

PŘÍLOHA XII



Item Number	Material	Quantity
1	12050	1

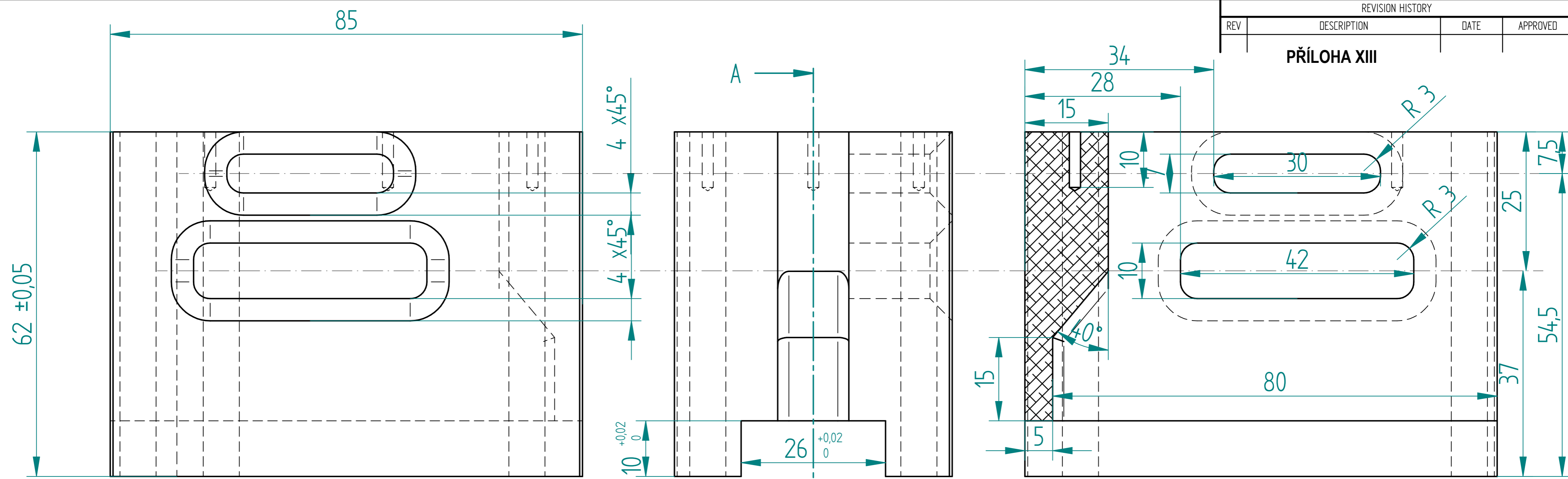
NAME	Solid Edge	
DRAWN Pavel Sasin	TITLE Roder up	
CHECKED	SIZE DWG NO 1 REV 1	
ENG APPR	FILE NAME: Rider_Up.dft	
MGR APPR	SCALE:	WEIGHT: SHEET 1 OF 1

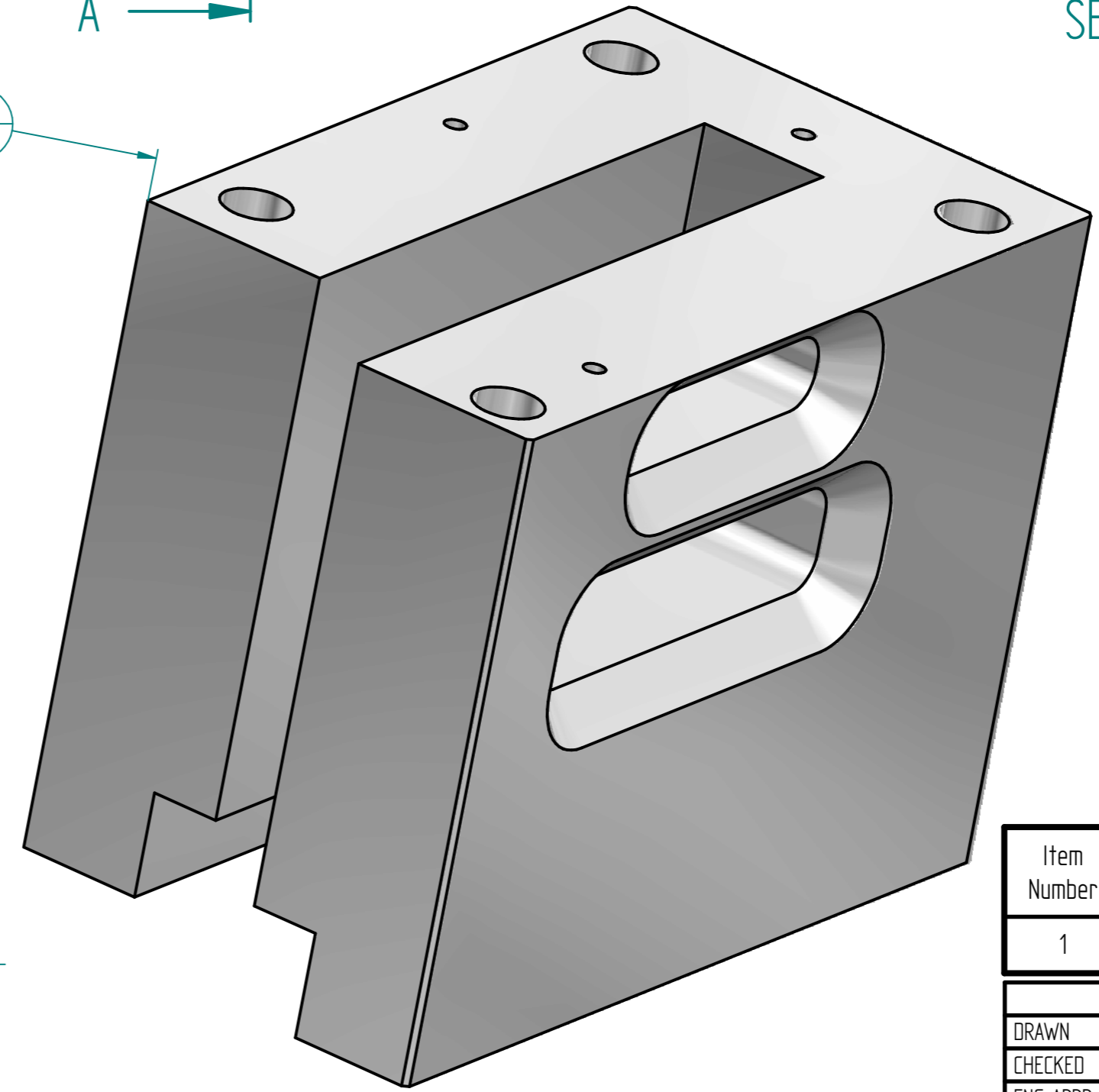
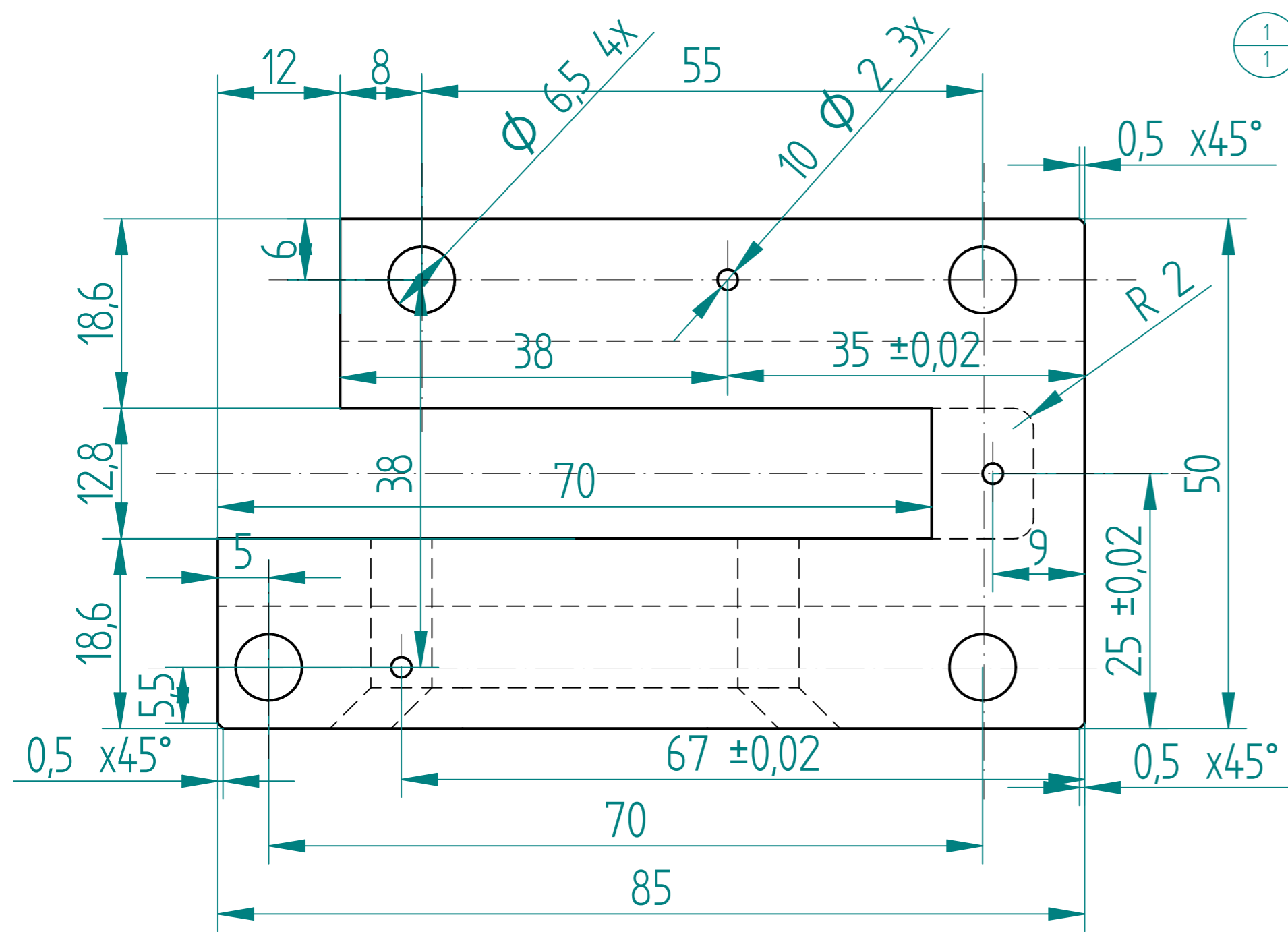
Univerzita Tomáše Bati ve Zlíně Fakulta technologická Ústav výrobního inženýrství
---

REVISION HISTORY			
REV	DESCRIPTION	DATE	APPROVED

PŘÍLOHA XIII



SECTION A-A



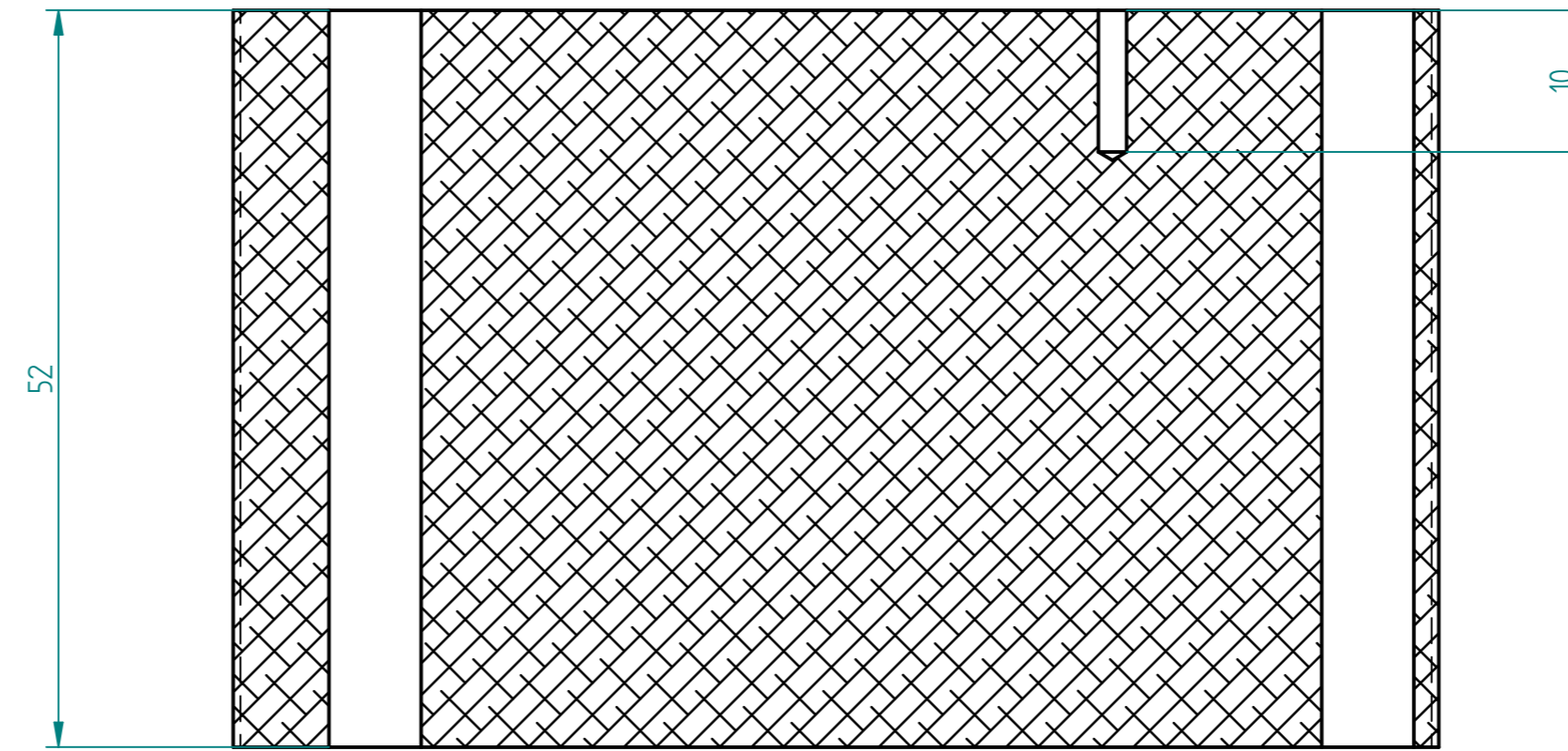
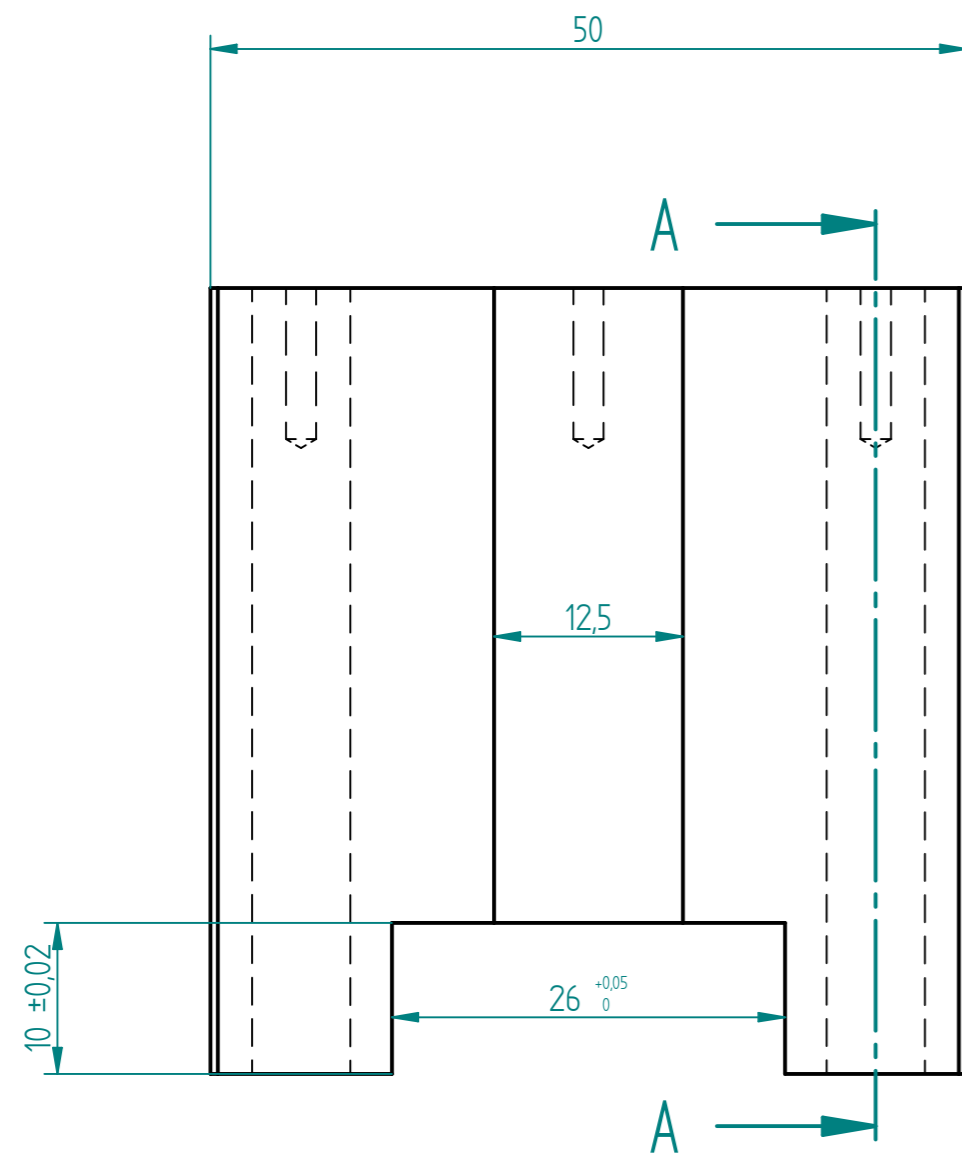
Item Number	Material	Quantity
1	Aluminum, 5083	1

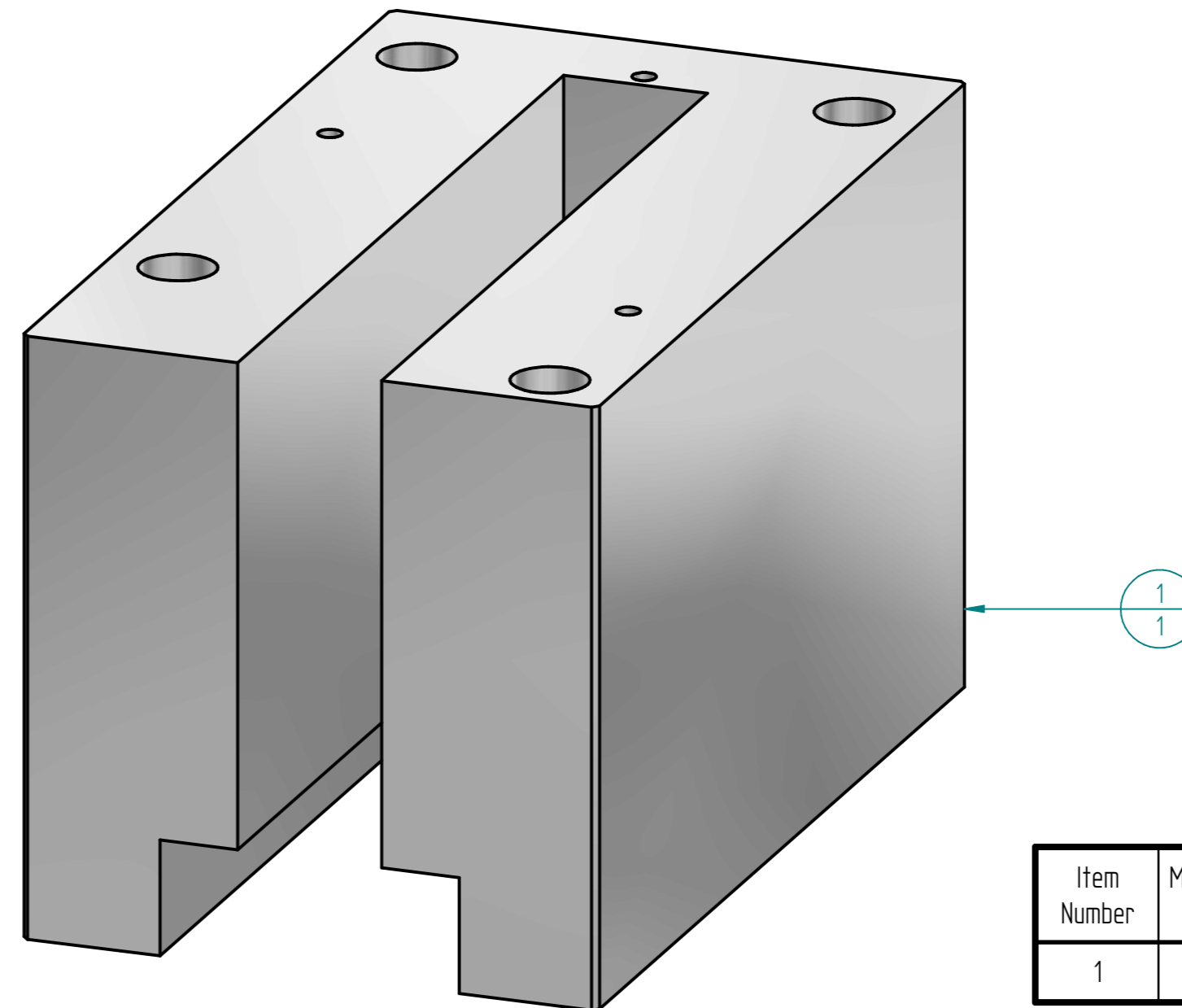
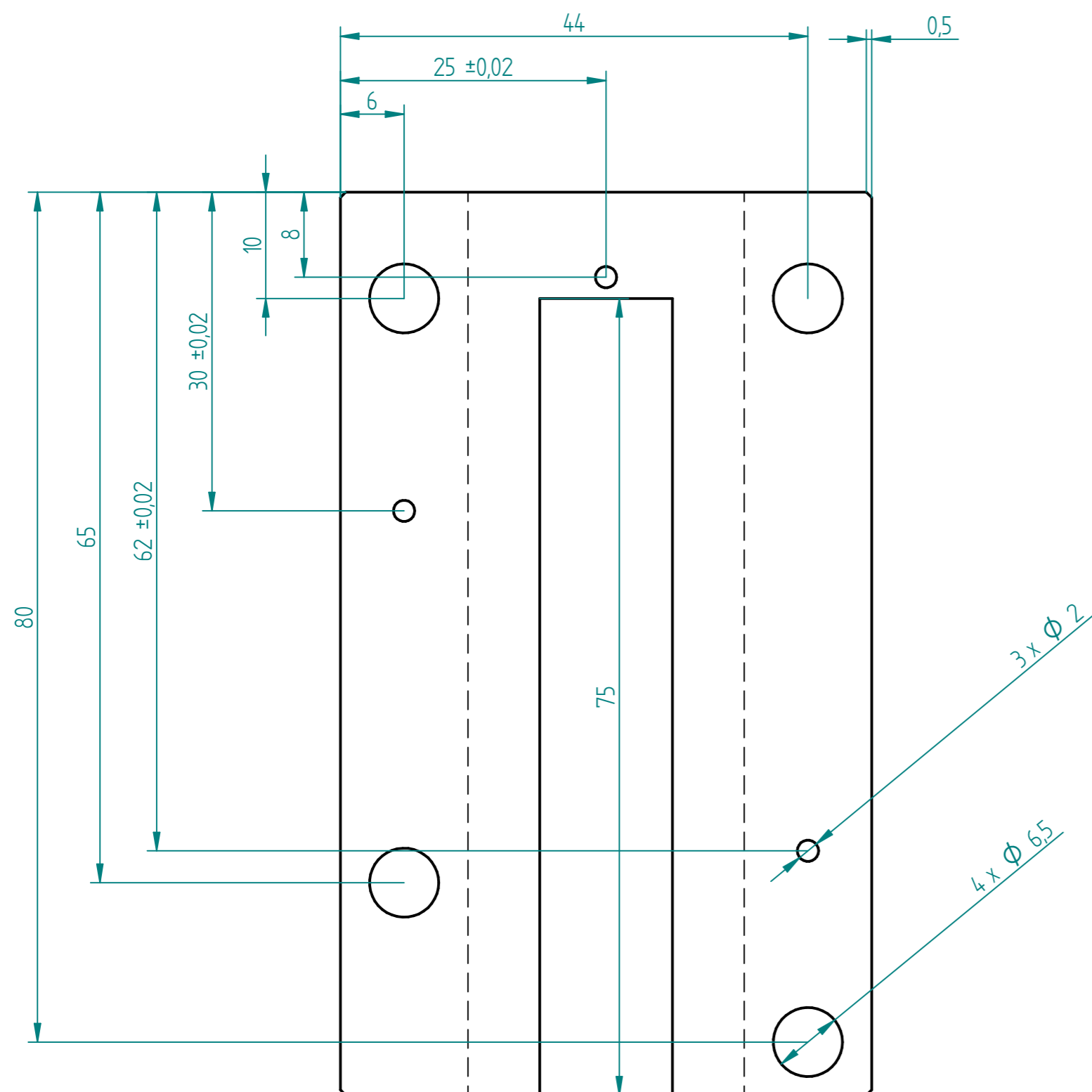
DRAWN	NAME	<b>Solid Edge</b> TITLE Holder middle
CHECKED	Pavel Sasin	
ENG APPR		
MGR APPR		
Univerzita Tomáše Bati ve Zlíně Fakulta technologická Ústav výrobního inženýrství		SIZE DWG NO 1 REV 1 FILE NAME: Middle_holder.dft SCALE: WEIGHT: SHEET 1 OF 1

REVISION HISTORY			
REV	DESCRIPTION	DATE	APPROVED

**PŘÍLOHA XIV**



SECTION A-A



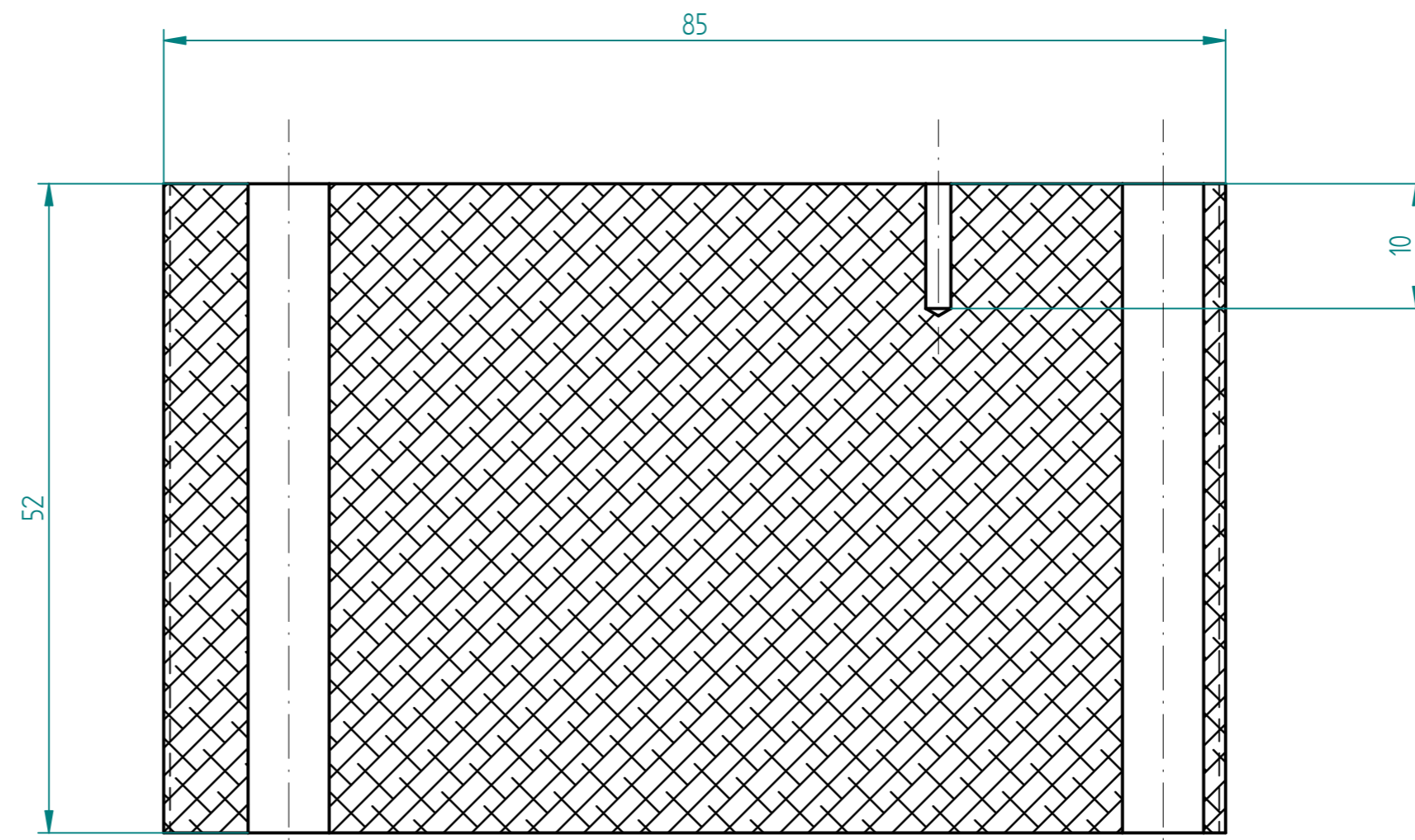
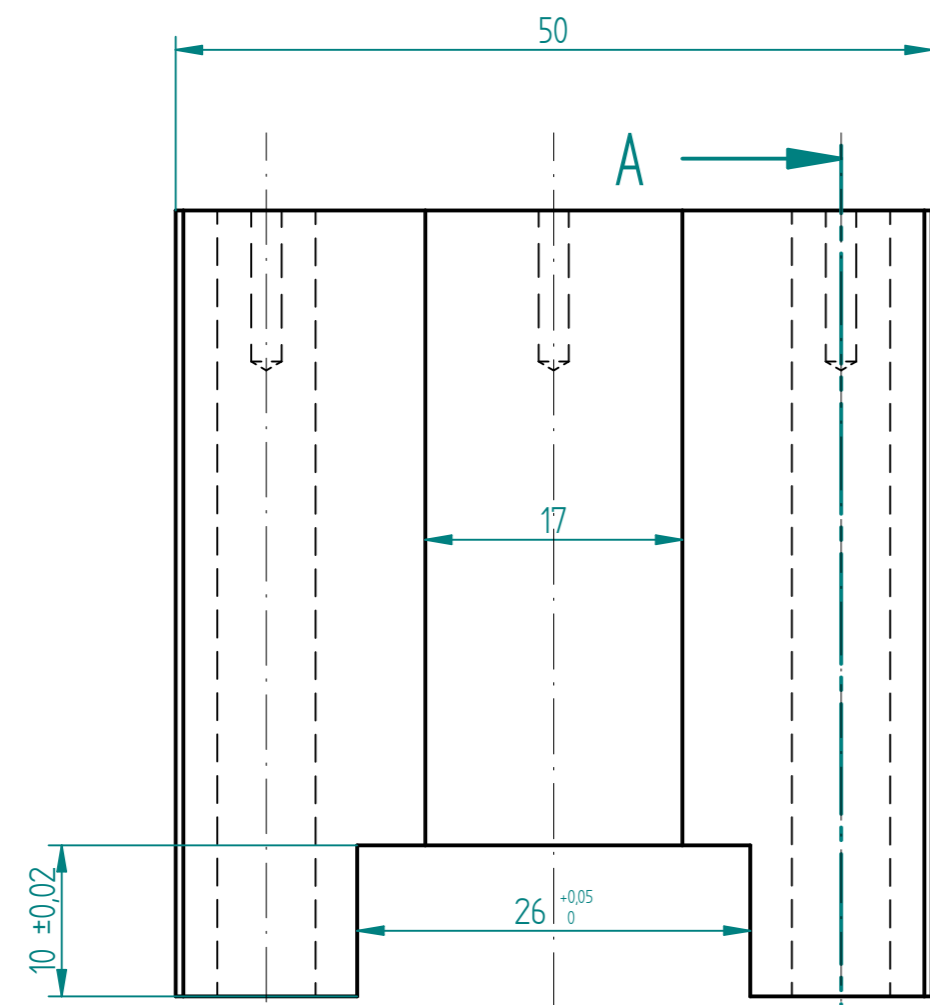
Item Number	Material	Quantity
1		1

NAME	Solid Edge		
DRAWN	Pavel Sasin	TITLE	
CHECKED		Middle holder 364	
ENG APPR		SIZE	DWG NO
MGR APPR		1	1
Univerzita Tomáše Bati ve Zlíně Fakulta technologická Ústav výrobního inženýrství		FILE NAME:	Middle_holder_364.dft
SCALE:	WEIGHT:	SHEET 1 OF 1	

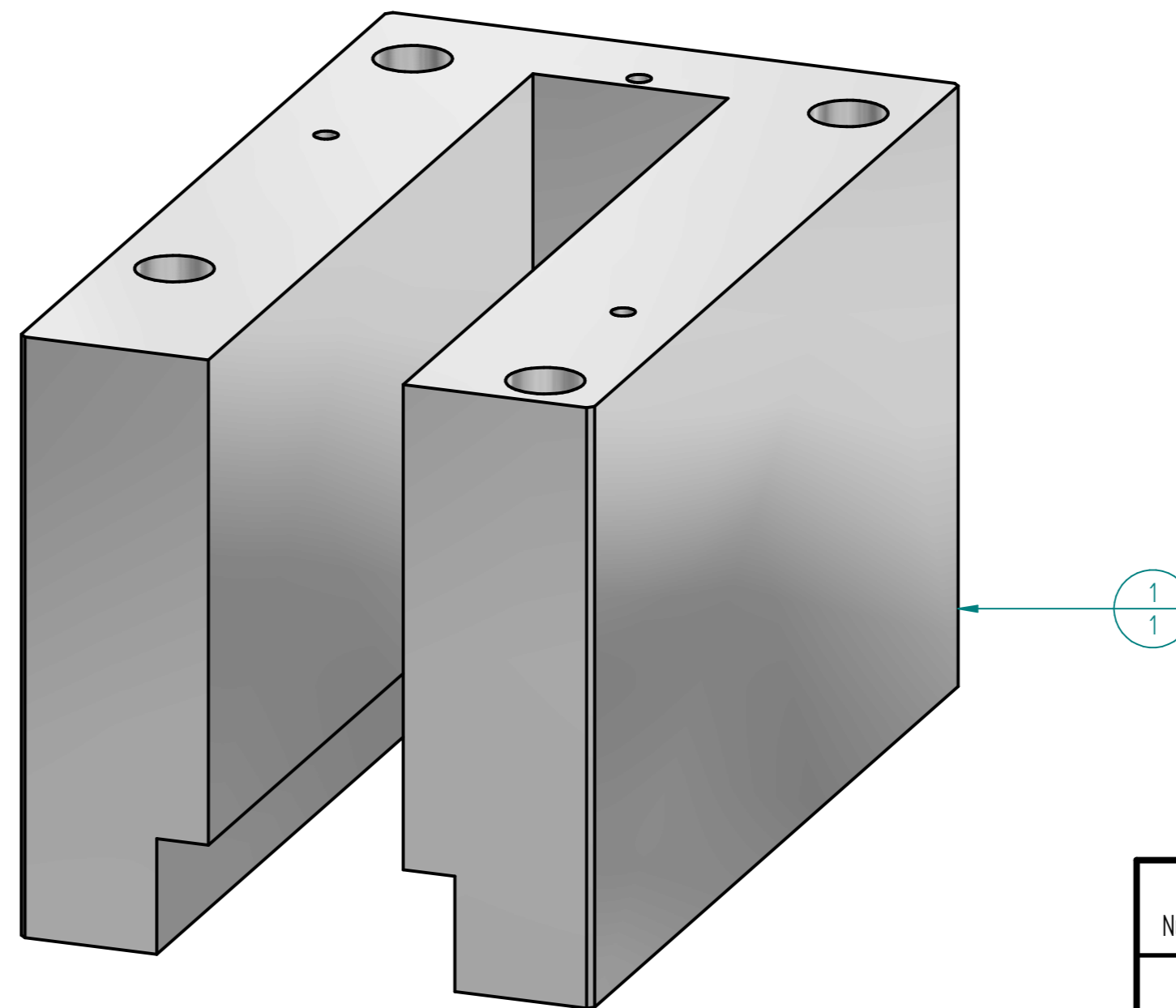
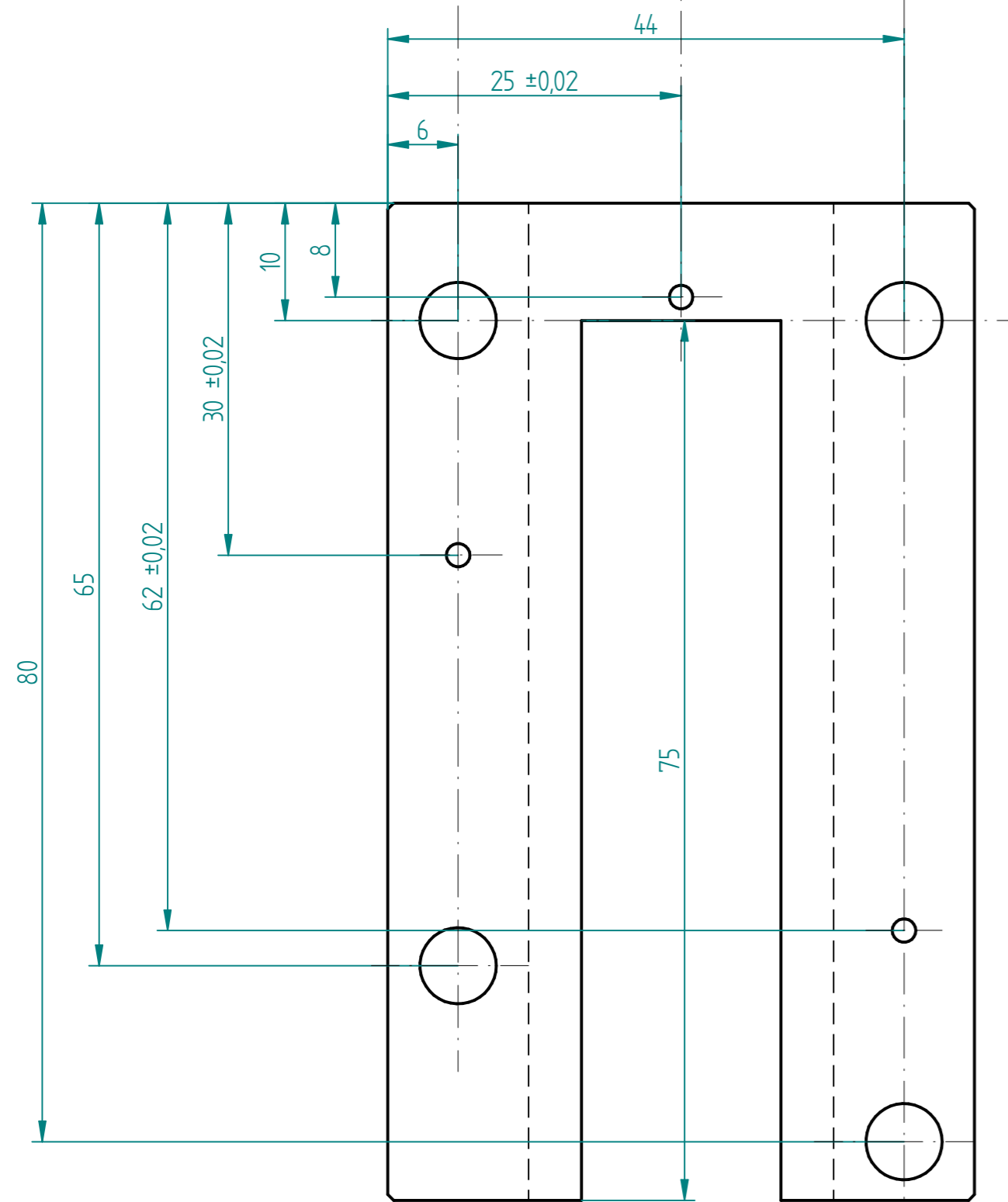


REVISION HISTORY			
REV	DESCRIPTION	DATE	APPROVED

PŘÍLOHA XV



SECTION A-A



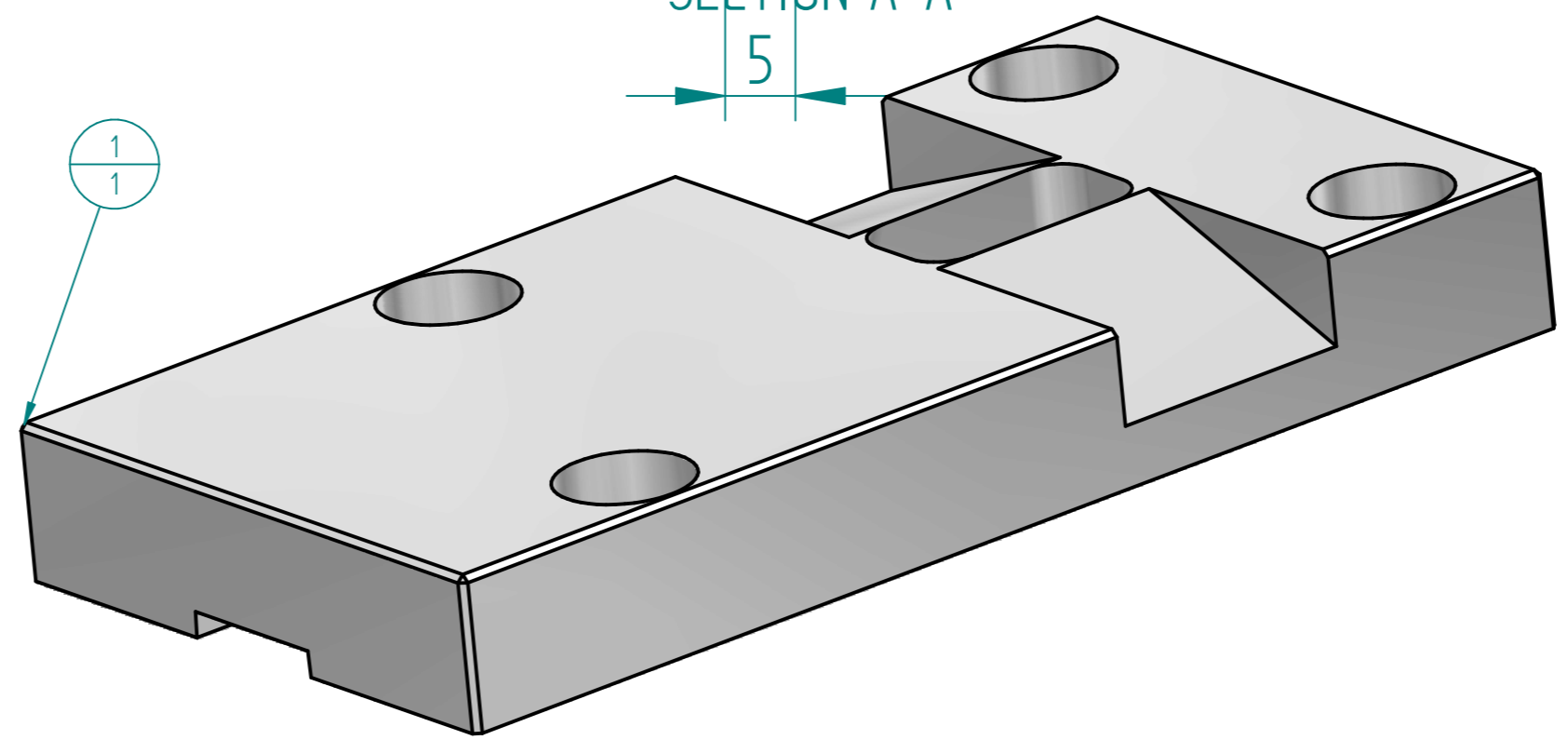
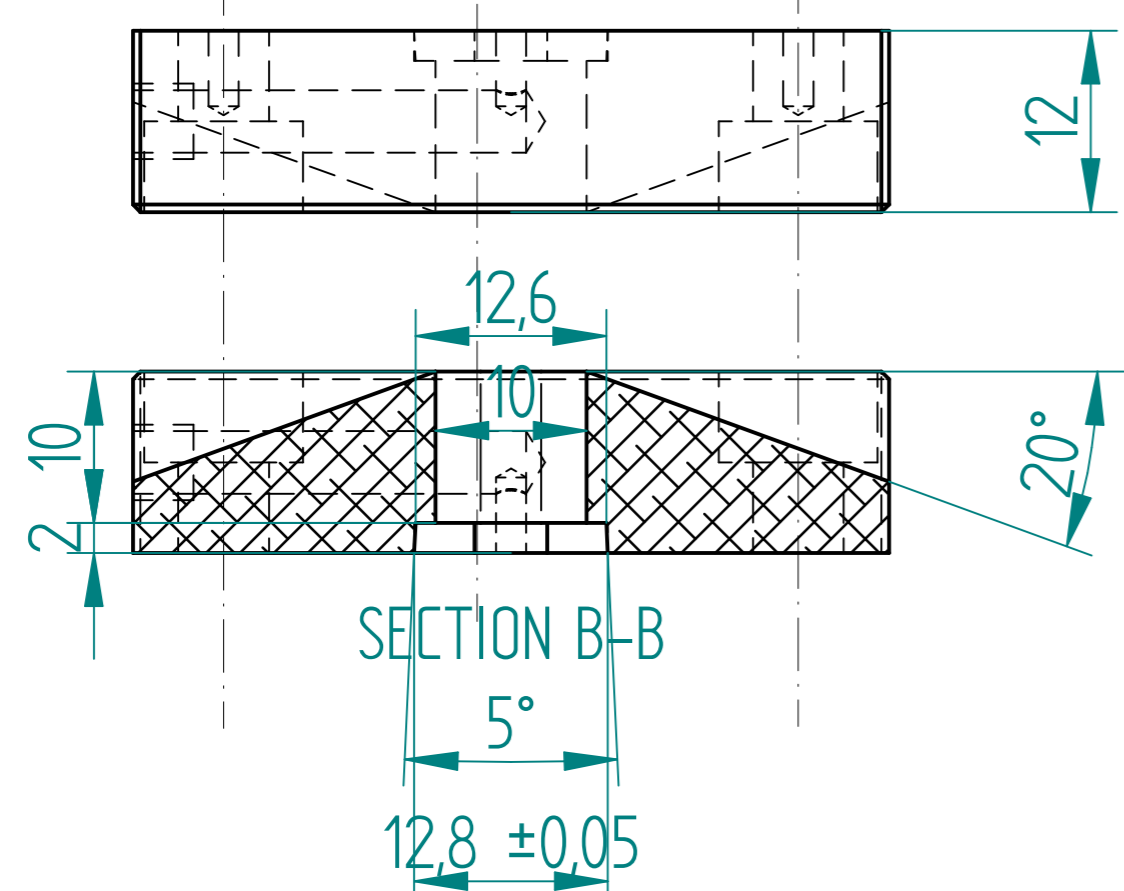
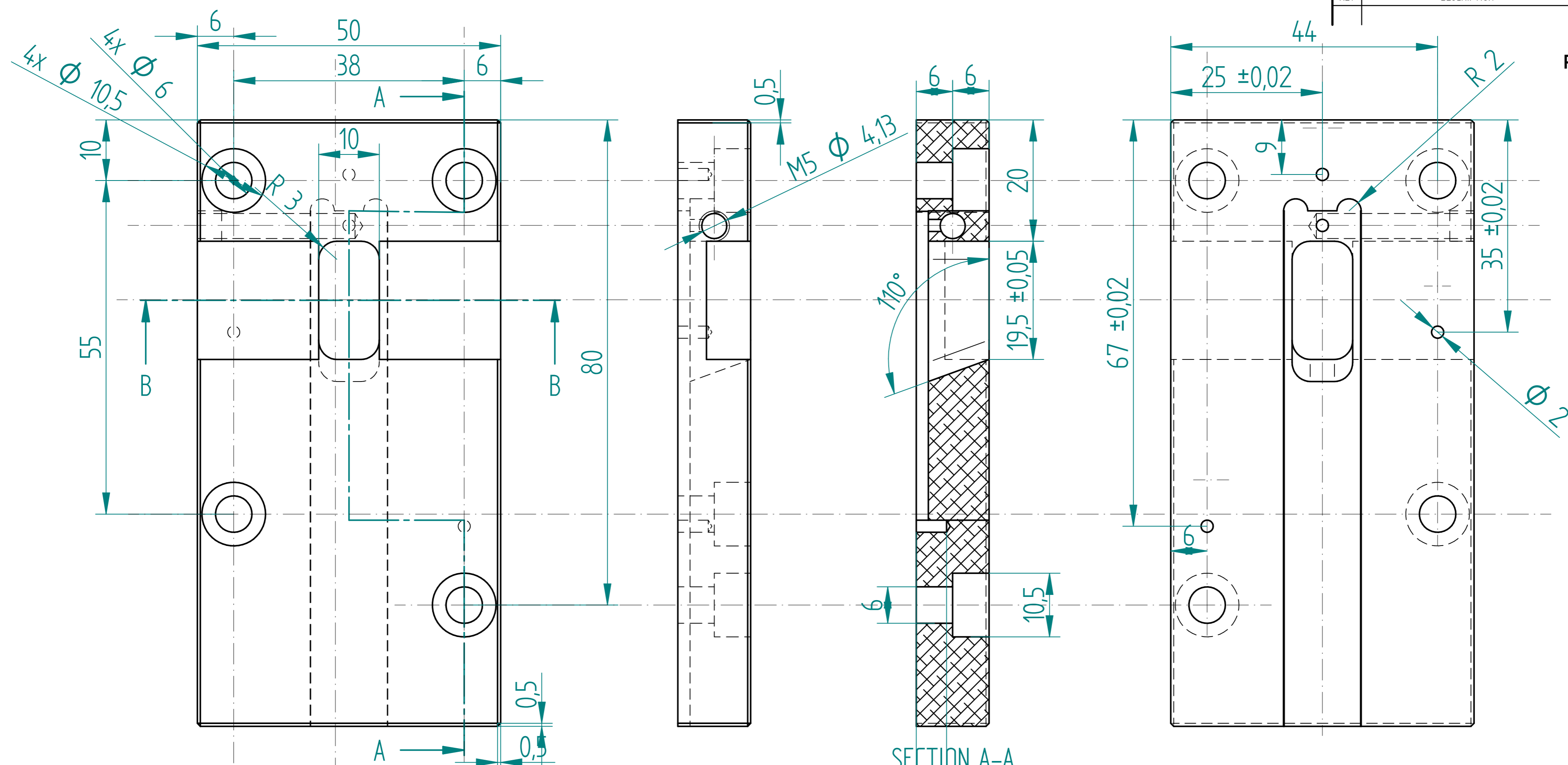
Item Number	Material	Quantity
1	Aluminum, 5083	1

NAME	Solid Edge		
DRAWN	Pavel Sasin	TITLE	
CHECKED		Middle holder 364 black	
ENG APPR		SIZE	DWG NO
MGR APPR		1	1
Univerzita Tomáše Bati ve Zlíně Fakulta technologická Ústav výrobního inženýrství		FILE NAME:	Middle_holder_364_black.dft
SCALE:		WEIGHT:	SHEET 1 OF 1

REVISION HISTORY			
REV	DESCRIPTION	DATE	APPROVED

PŘÍLOHA XVI



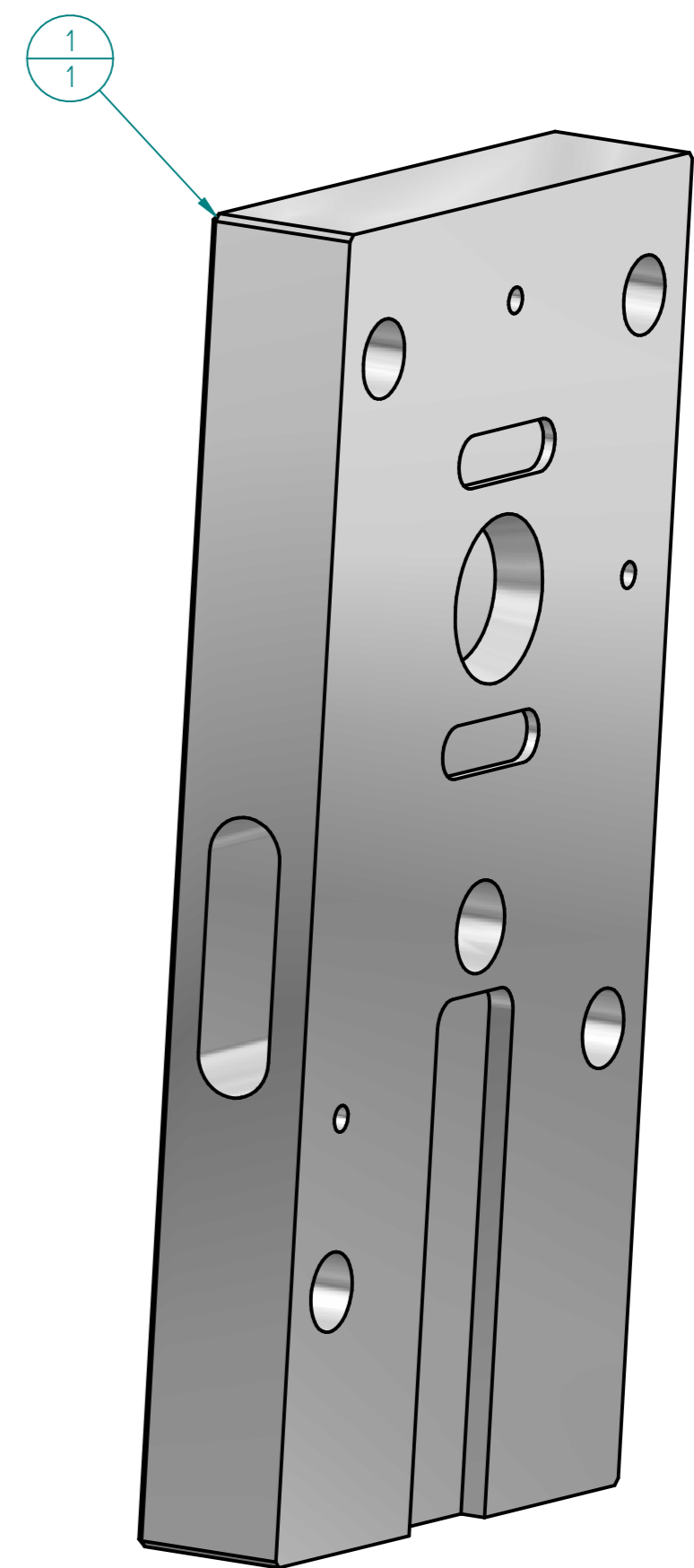
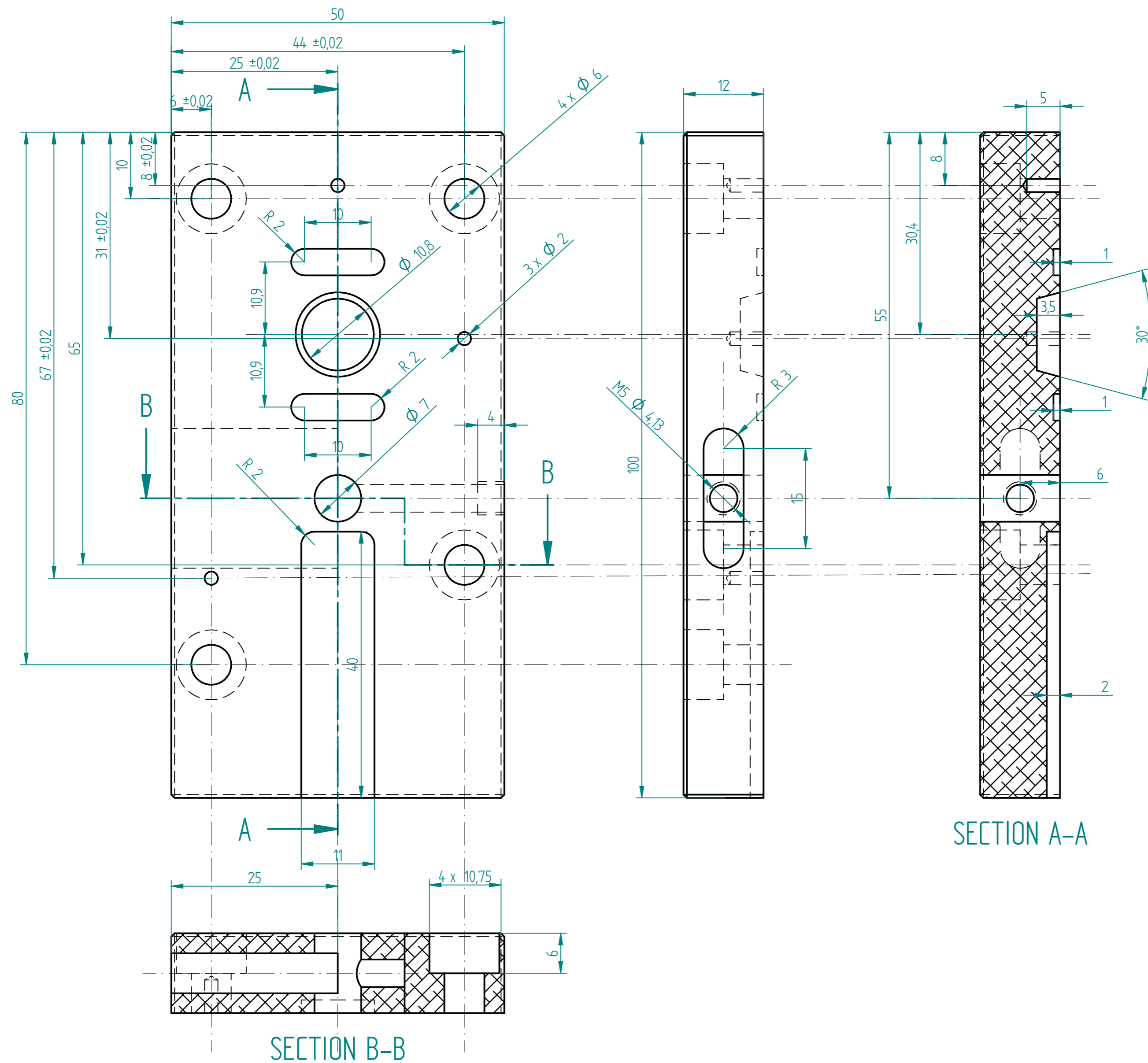
Item Number	Material	Quantity
1	Aluminum, 5083	1

NAME	Solid Edge		
DRAWN	Pavel Sasin	TITLE	
CHECKED		Holder up	
ENG APPR		SIZE	DWG NO
MGR APPR		1	1
Univerzita Tomáše Bati ve Zlíně Fakulta technologická Ústav výrobního inženýrství		FILE NAME:	Up_holder.dft
SCALE:		WEIGHT:	SHEET 1 OF 1

REVISION HISTORY			
REV	DESCRIPTION	DATE	APPROVED

PŘÍLOHA XVII



SECTION A-A

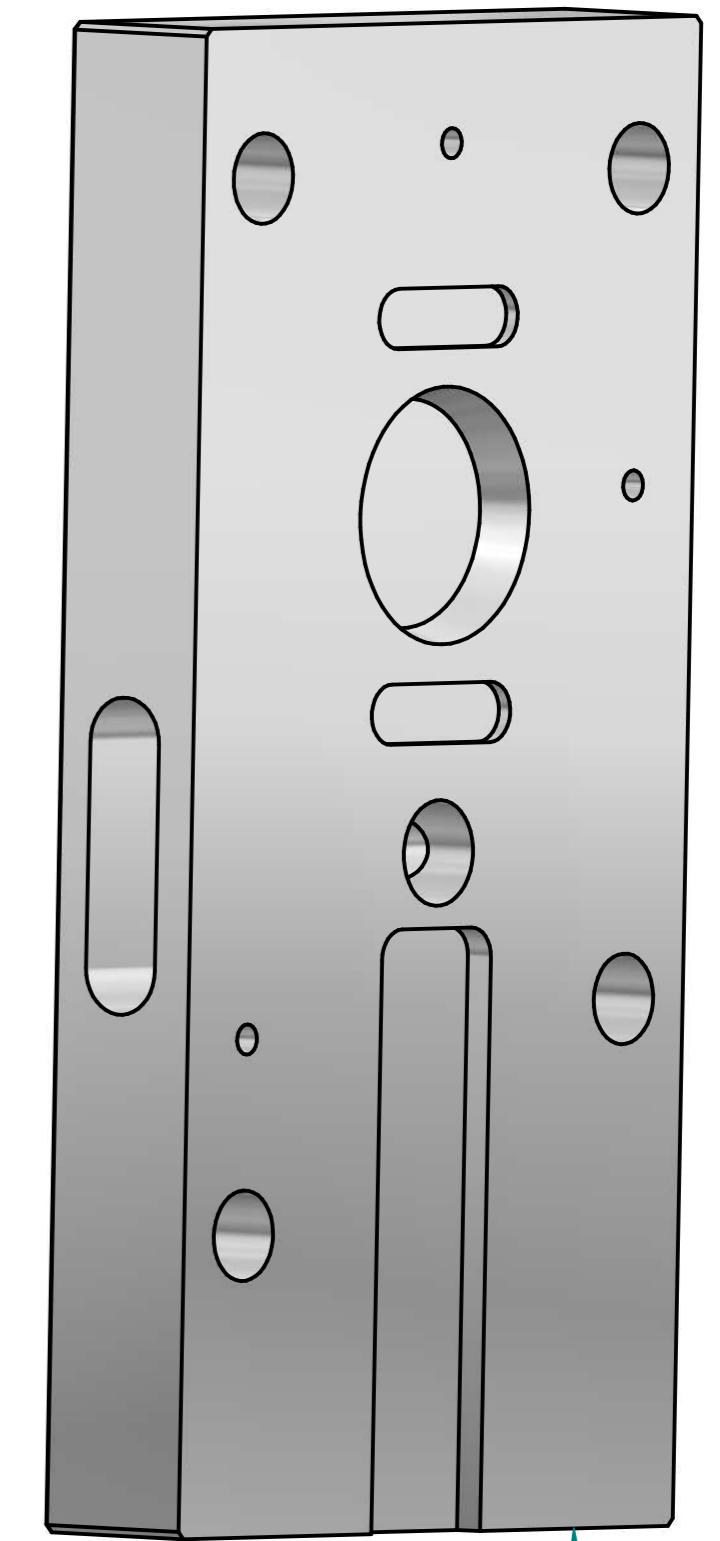
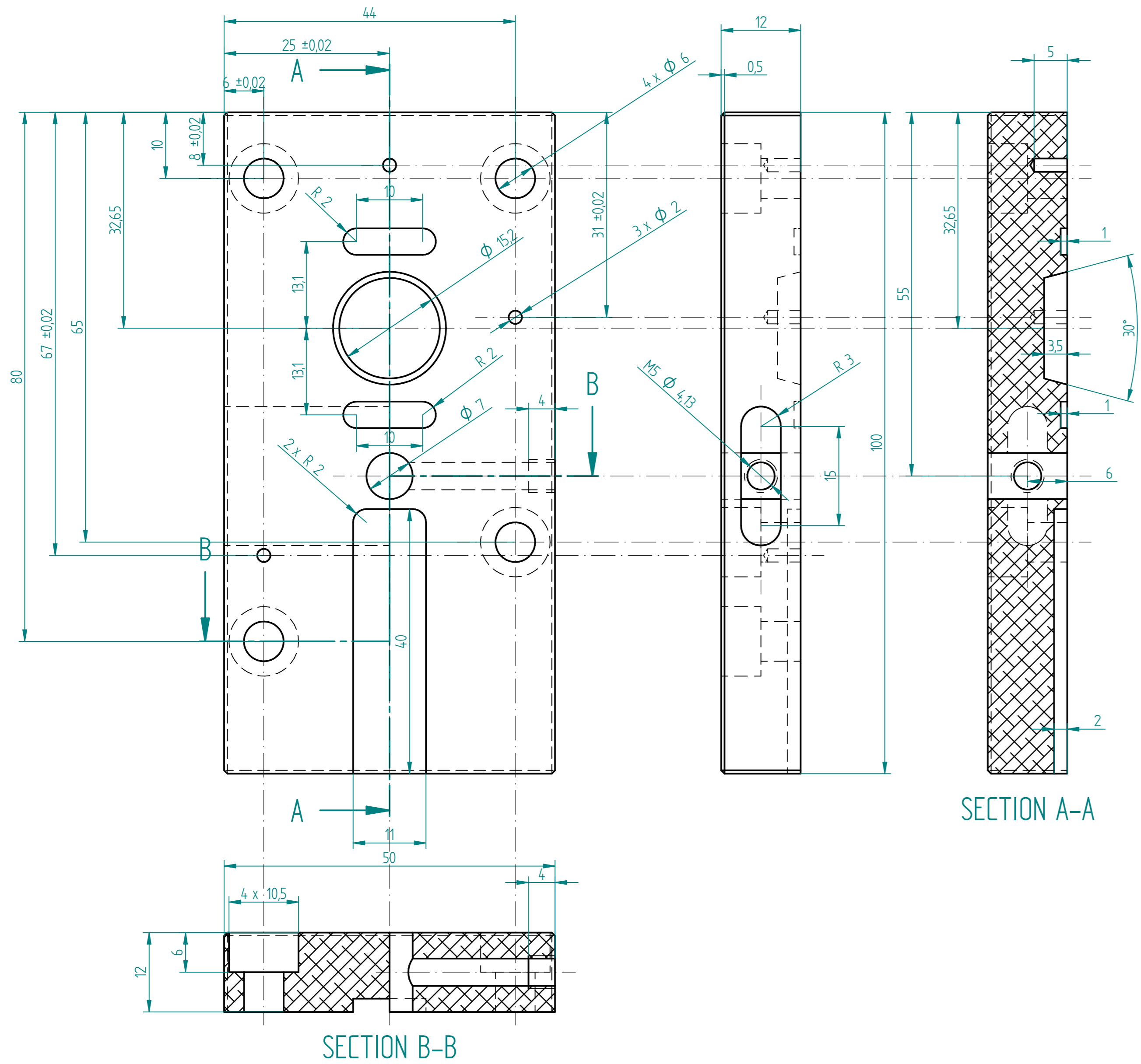
SECTION B-B

Item Number	Material	Quantity
1	Aluminum, 5083	1

DRAWN	NAME	Solid Edge	
CHECKED	Pavel Sasin	TITLE	
ENG APPR		Up holder 364	
MGR APPR		SIZE	DWG NO
Univerzita Tomáše Bati ve Zlíně Fakulta technologická Ústav výrobního inženýrství		1	REV 1
		FILE NAME: Up_holder_364.dft	
SCALE:		WEIGHT:	SHEET 1 OF 1

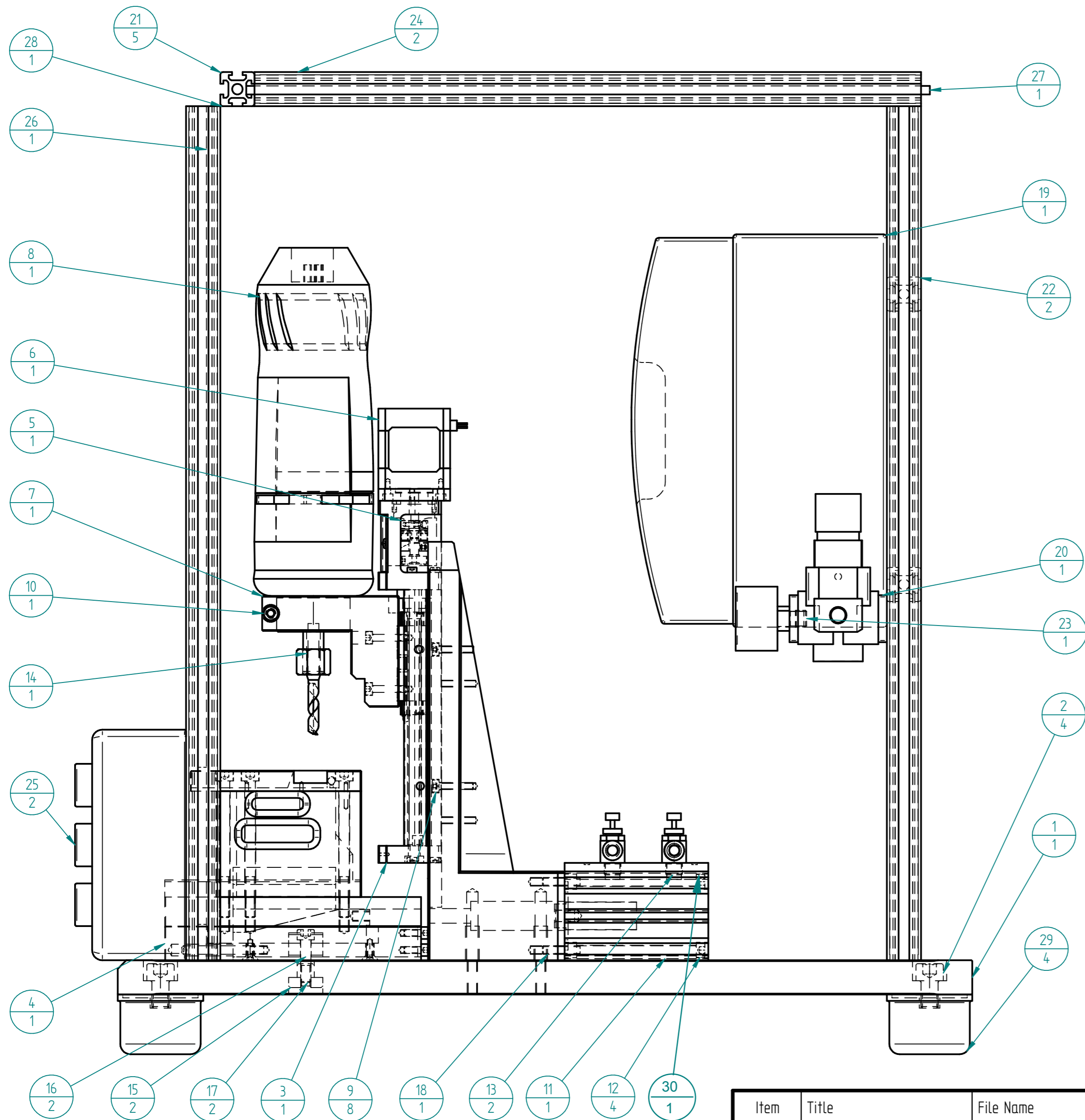
REVISION HISTORY			
REV	DESCRIPTION	DATE	APPROVED

PŘÍLOHA XVIII



Item Number	Material	Quantity
1	Aluminum, 5083	1

NAME	Solid Edge		
DRAWN	Pavel Sasin	TITLE	
CHECKED		Up holder 364 black	
ENG APPR		SIZE	DWG NO
MGR APPR		1	1
Univerzita Tomáše Bati ve Zlíně Fakulta technologická Ústav výrobního inženýrství		FILE NAME: Up_holder_364_black.dft SCALE:      WEIGHT:      SHEET 1 OF 1	



**PŘÍLOHA XIX**

REVISION HISTORY			
REV	DESCRIPTION	DATE	APPROVED

Pozice	Název	Výkres	Materiál	Kusů
1	Rám vrtacky	Rám.par	Aluminium 5083	1
2	Zylinderschraube DIN 912 M10x16	DIN 912 M10x16.par	Steel	4
3	SG2602A-150H-A5NN-NN	SG2602A.asm	Steel	1
4	Držák kazety	Holder.asm	Aluminium 5083, Steel 12050	1
5	Pojistná spojka	Spojka.asm	Aluminium 5083, Polyamid	1
6	SX17-0905	CMK24.par	Steel	1
7	Držák vretene	držák_l.par	Aluminium 5083	1
8	Frézka 800 FME	Kress.par	Plast, Steel	1
9	Zylinderschraube DIN 912 M4x20	DIN 912 M4x20.par	Steel	8
10	Zylinderschraube DIN 912 M5x25	DIN 912 M5x25.par	Steel	1
11	CQ2B40TF-50DZ	RQGB40.asm	Aluminium, Steel	1
12	Béné Inox 210201-5X90	DIN 912_M5x90.par	Steel	4
13	AS2201FM-01-06	AS2201FM-01-06.par	Plast, Steel	2
14	Fréza GARANT 190730 φ 6x60 - HW 12x20x8	fréza.par	HSS	1
15	Upínka držáku	Kostka.par	Steel 11109	2
16	Upínka držáku	Kostka_l.par	Steel 11109	2
17	Zylinderschraube DIN 912 M6x25	DIN 912 M6x25.par	Steel	2
18	Rám lineárního vedení	Rám l.par	Aluminium 5083	1
19	Rozvadec	Elektrická skříňka.par	Polypropylen	1
20	ARP20-01	ARP20-01.par	Steel	1
21	MayTec 110.020020.43SP_Profile 20x20, 4H, SP_50_(0,0,0,0)	20x20x500.par	Aluminium	5
22	MayTec 110.020020.43SP_Profile 20x20, 4H, SP_50_(0,0,0,0)	20x20x460.par	Aluminium	2
23	G36-10-01-L	G36-10-01-L.par	Plast, Cu, Steel	1
24	MayTec 110.020020.43SP_Profile 20x20, 4H, SP_50_(0,0,0,0)	20x20x390.par	Aluminium	2

Item Number	Title	File Name	Materiál	Quantity
25	Schneider elektronik spouštec	Start_Schneider.par	ABS	2
26	Přední kryt	PC_Drill_1.par	Polykarbonát	1
27	Vrchní kryt	PC_Drill_2.par	Polykarbonát	1
28	Bocní kryt	PC_Drill_3.par	Polykarbonát	1
29	Noha rámu	Foot.asm	Rubber	4
30*	D-A93	D-A93.par	Plast, Steel	1

NAME	Solid Edge		
DRAWN	Pavel sasin	TITLE	Vrtacka
CHECKED		SIZE	DWG NO
ENG APPR			Vrtacka verze 2
MGR APPR		SCALE:	WEIGHT:
Univerzita Tomáše Bati ve Zlíně Fakulta technologická Ústav výrobního inženýrství		REV	1
		FILE NAME:	Drilling_HP364_Epson.dft
		SHEET 1 OF 1	

検査成績表

Inspection Sheet

測定日 Date	8/24/11
-------------	---------

黒田精工株式会社

型番 Part number	SG2605A-150P-A5NN-NN
シリアルナンバー Serial number	HB2356134
ボールネジシリアルナンバー Serial number (Ball screw)	AAH2474

承認 Approved	担当 Inspector

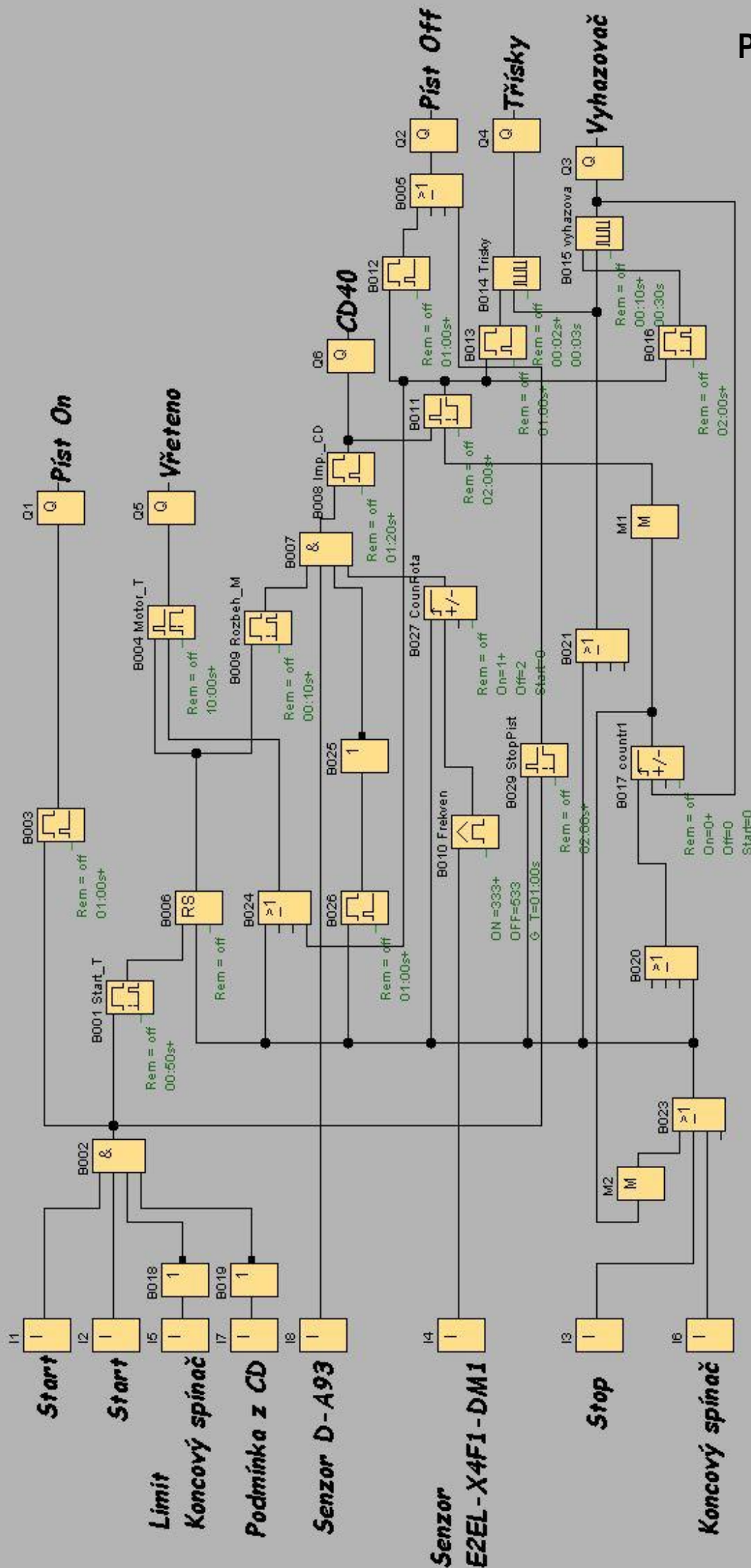
No.	検査項目 Test Item	規格 Tolerance	測定値 Measured value	特記事項 Note
1	繰り返し位置決め精度 Repeated positioning accuracy	±1 μm	±0.5 μm	
2	位置決め精度 Positioning accuracy	20 μm	1.4 μm	
3	走り平行度 B Running parallelism B	10 μm	1.0 μm	
4	バックラッシュ Backlash	3 μm	0.3 μm	
5	起動トルク Starting torque	0.04 N.m	0.015 N.m	

Rev2.0

Technické parametry

Typ	Maximální dynamické zatížení na vozíku (N)	Momentové zatížení (Nm)	Opakovatelnost polohy (mm)	Polohová přesnost (mm)	Vůle (mm)	Rozběhový moment (Nm)	Hmotnost (kg)
		$M_R / M_P / M_Y$ (torzní)					
SG2005A-100P	4 270	101 / 35 / 42	+/- 0,001 max.	0,02 max.	0,002 max.	0,012 max.	0,6
SG2005A-200P	4 270	101 / 35 / 42	+/- 0,001 max.	0,02 max.	0,002 max.	0,012 max.	0,9
SG2605A-150P	7 780	255 / 99 / 118	+/- 0,001 max.	0,02 max.	0,002 max.	0,04 max.	1,1
SG2605A-250P	7 780	255 / 99 / 118	+/- 0,001 max.	0,02 max.	0,002 max.	0,04 max.	1,5
SG2605A-300P	7 780	255 / 99 / 118	+/- 0,001 max.	0,02 max.	0,002 max.	0,04 max.	1,7
SG3320A-300P	12 600	500 / 181 / 215	+/- 0,001 max.	0,02 max.	0,002 max.	0,15 max.	2,8
SG3305A-400P	12 600	500 / 181 / 215	+/- 0,001 max.	0,02 max.	0,002 max.	0,15 max.	3,4
SG3310A-400P	12 600	500 / 181 / 215	+/- 0,001 max.	0,02 max.	0,002 max.	0,15 max.	3,4
SG3305A-500P	12 600	500 / 181 / 215	+/- 0,001 max.	0,025 max.	0,002 max.	0,15 max.	4,2
SG3320A-500P	12 600	500 / 181 / 215	+/- 0,001 max.	0,025 max.	0,002 max.	0,15 max.	4,2
SG3310A-600H	12 600	500 / 181 / 215	+/- 0,003 max.	0,07 max.	0,005 max.	0,07 max.	4,7
SG3320A-700Z	12 600	500 / 181 / 215	+/- 0,005 max.	0,08 max.	0,005 max.	0,07 max.	5,6

Doporučené zatížení je cca 20% udávané maximální zátěže s ohledem na dlouhodobou životnost.



[  
C7  
J4  
@1  
C2  
I14H4  
S576  
V768  
A2176  
F51200  
O11  
W1000  
R  
D  
R  
J1  
@2  
W500  
J1  
@3  
T2  
I10H2  
S400  
V560  
A2000  
F6400  
W10  
R  
J3  
@4  
T2  
(  
R  
J3  
]