

Vakuový mikrovlnně těsný ventil

Václav Fiala, Dis.

Bakalářská práce
2015



Univerzita Tomáše Bati ve Zlíně
Fakulta technologická

Univerzita Tomáše Bati ve Zlíně

Fakulta technologická

Ústav výrobního inženýrství

akademický rok: 2014/2015

ZADÁNÍ BAKALÁŘSKÉ PRÁCE

(PROJEKTU, UMĚLECKÉHO DÍLA, UMĚLECKÉHO VÝKONU)

Jméno a příjmení: **Václav Fiala, DiS.**
Osobní číslo: **T14008**
Studijní program: **B3909 Procesní inženýrství**
Studijní obor: **Technologická zařízení**
Forma studia: **kombinovaná**

Téma práce: **Vakuový, mikrovlnně těsný ventil**

Zásady pro vypracování:

1. Vypracování literární rešerše na dané téma
2. Hodnocení současného stavu
3. Nové konstrukční řešení
4. Vypracování výkresové dokumentace

Rozsah bakalářské práce:

Rozsah příloh:

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

Seznam odborné literatury:

1. SVOBODA, Pavel. Základy konstruování. Vyd. 4. Brno: CERM, 2011, 234 s. ISBN 978-80-7204-750-5
2. Ventily a servopohony: ESBE 2010. Reftele: ESBE, 2010. 191 s.
3. a dále dle doporučení vedoucího práce

Vedoucí bakalářské práce:

Ing. Martin Řezníček
Ústav výrobního inženýrství

Datum zadání bakalářské práce:

30. ledna 2015

Termín odevzdání bakalářské práce:

22. května 2015

Ve Zlíně dne 9. února 2015


doc. Ing. Roman Čermák, Ph.D.
děkan




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

Příjmení a jméno: FIALA VACLAV

Obor: TZ

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 obhajoby¹⁾;
- 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. 3²⁾;
- beru na vědomí, že podle § 60³⁾ 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 § 60³⁾ 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.

Ve Zlíně 22. 5. 2015


.....

¹⁾ 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 nevdělečně 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.

²⁾ 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, užití-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 vzdělávacímu zařízení (školní dílo).

³⁾ 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). Odpírá-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 užit 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 přihlídí k výši výdělku dosaženého školou nebo školským či vzdělávacím zařízením z užití školního díla podle odstavce 1.

ABSTRAKT

Práce se zabývá konstrukcí součásti zařízení vakuové mikrovlnné pyrolýzy, která odděluje různá tlaková prostředí pomocí mikrovlnně propustné desky a umožňuje výměnu této desky bez přerušení pyrolýzního procesu.

Teoretická část popisuje mikrovlnné záření, jeho využití, chování, vlastnosti, účinky a možnosti jeho vedení.

Praktická část uvádí konstrukční požadavky na danou součást. Dále popisuje samotnou konstrukci součásti, její odzkoušení, vyhodnocení a inovace. Řešení konstrukčního zadání bylo nalezeno v návrhu vakuového mikrovlnně těsného ventilu.

Klíčová slova:

Mikrovlny, ventil, vakuum, pyrolýza

ABSTRACT

This thesis deals with the construction of the component for microwave vacuum pyrolysis, which separates different pressure spaces using microwave-permeable plate and enables the exchange of this plate without interrupting the pyrolysis process.

The theoretical part describes the microwave radiation, its use, behavior, characteristics, effects and the possibility of its waveguide.

The practical part presents constructional requirements for the mentioned component. It also describes the actual construction of the component, its testing, evaluation and innovation. The construction assignment solution was found in the design of the vacuum, microwave-tight valve.

Keywords:

Microwaves, valve, vacuum pyrolysis

Na tomto místě bych rád poděkoval svému vedoucímu bakalářské práce panu Ing. Martinu Řezníčkovi za trpělivé vedení a cenné připomínky k mé závěrečné práci.

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

OBSAH

ÚVOD	10
I TEORETICKÁ ČÁST	11
1 MIKROVLNY	12
1.1 CO JSOU TO MIKROVLNY	12
1.2 VYUŽITÍ MIKROVLN.....	12
1.2.1 Průmyslové využití.....	13
1.2.2 Využití ve spojích	13
1.2.3 Využití v medicíně	14
1.3 BIOLOGICKÉ ÚČINKY MIKROVLNNÉ ENERGIE A HYGIENICKÉ NORMY	14
1.3.1 Vhodné veličiny pro stanovení hygienických norem.....	15
1.3.2 Hygienické normy	15
1.4 MIKROVLNNÉ VLNOVODY A VEDENÍ	16
1.4.1 Vlnovody.....	17
1.4.2 Srovnání obdélníkového, kruhového vlnovodu a koaxiálního vedení	18
1.4.3 Značení a normalizace vlnovodů a koaxiálního vedení	19
2 POVRCHOVÉ ÚPRAVY	21
2.1 DĚLENÍ POVRCHOVÝCH ÚPRAV	21
2.1.1 Organické povlaky	22
2.1.2 Anorganické povlaky a vrstvy - kovové	22
2.1.3 Anorganické povlaky a vrstvy - nekovové.....	26
3 DOKONČOVACÍ OPERACE	29
3.1 JEMNÉ SOUSTRUŽENÍ.....	29
3.2 JEMNÉ FRÉZOVÁNÍ.....	29
3.3 BROUŠENÍ	29
3.4 HONOVÁNÍ	30
3.5 LAPOVÁNÍ	30
3.6 HRUBOVÁNÍ A STRUŽENÍ	30
3.7 VÁLEČKOVÁNÍ	30
II PRAKTICKÁ ČÁST	32
4 NÁVRH PRINCIPU ŘEŠENÍ	33
4.1 HODNOCENÍ SOUČASNÉHO STAVU	33
4.2 VYMEZENÍ ŘEŠENÉHO NEDOSTATKU	34
4.3 NÁVRHY MOŽNÝCH ŘEŠENÍ	35
4.3.1 Deskový ventil	35
4.3.2 Kulový ventil.....	36
4.3.3 Válcový ventil	37
5 NOVÉ KONSTRUKČNÍ ŘEŠENÍ	39

5.1	VNĚJŠÍ OBAL	39
5.2	VNITŘNÍ TĚLESO.....	42
5.3	PÁKOVÝ MECHANISMUS	44
5.4	OVLÁDÁNÍ VENTILU	47
6	ODZKOUŠENÍ A NÁVRH NA ZLEPŠENÍ.....	49
6.1	ODZKOUŠENÍ.....	49
6.2	NÁVRH NA ZLEPŠENÍ	49
	ZÁVĚR	52
	SEZNAM POUŽITÉ LITERATURY.....	53
	SEZNAM POUŽITÝCH SYMBOLŮ A ZKRATEK.....	55
	SEZNAM OBRÁZKŮ	57
	SEZNAM TABULEK.....	58
	SEZNAM PŘÍLOH.....	59

ÚVOD

V posledních několika desítkách let se v průmyslové výrobě čím dál víc uplatňují plasty. Hromadná výroba plastových součástí, obalů, aj. s sebou nese problém s jejich druhotným zpracováním. Drtivou většinu plastových materiálů nelze recyklovat a poločas rozkladu takovýchto materiálů je příliš dlouhý v poměru k jejich využívání. Hromadění plastového odpadu je v celosvětovém měřítku velký problém. Bylo již nalezeno několik způsobů, jak tento odpad druhotně zpracovat. Jednou z možností je zpracování pyrolýzou.

Pyrolýza je proces, při kterém je materiál zuhelnován vysokou teplotou, avšak bez hoření. Nejstarším pyrolýzním zařízením je milíř. Jedná se o velkou hranici dřeva, která je zvenku utěsněna hlínou. Dřevo se nechá rozhořet, poté je zamezeno přístupu vzduchu přes hlínu a dřevo se nechá doutnat. Dřevo je tímto procesem karbonizováno a vznikne dřevěné uhlí. Dnes se používají pyrolýzní pece, do kterých je umístěn materiál. Poté je v ní vytvořeno nehořlavé prostředí a pec je ohřívána. Po proběhnutí pyrolýzního procesu je materiál ochlazen a vyjmut. Tento proces je diskontinuální. Pro kontinuální proces a jeho urychlení je vyvíjeno zařízení pracující s mikrovlnami.

Výhoda mikrovln k ohřevu materiálu je známa z domácího prostředí, kde jsou používány mikrovlnné trouby. Materiál je ohříván rozkmitáním molekul, nikoliv svým okolím. Tímto je proces ohřevu výrazně urychlen. Protože materiál není ohříván okolím, není únik tepla z pece problémem a proces může být kontinuální.

Ve vyvíjeném mikrovlnném pyrolýzním zařízení materiál vchází přes přepouštěcí komoru do vakuové pyrolýzní komory. Zde je materiál ohříván mikrovlnami. Materiál odchází do dochlazovacího dopravníku a přepouštěcí síla. Tím je docíleno kontinuálního procesu. Zařízení dosud pracuje s dřevěným materiálem, avšak primárně je vyvíjeno na zpracování výše zmíněného plastového odpadu.

Mikrovlnné zářiče pracují při atmosférickém tlaku, avšak pyrolýzní komora je zatížena vakuem. Tyto dvě prostředí jsou odděleny teflonovou deskou. Teflonová deska podléhá občasnému zničení. Výměna teflonové desky je velmi pracná, časově náročná, musí být při ní přerušena pyrolýzní proces a hrozí zničení mikrovlnného zářiče. Konstruovaná součást, má umožnit výměnu teflonové desky během krátkého časového úseku a zároveň během probíhajícího pyrolýzního procesu.

I. TEORETICKÁ ČÁST

1 MIKROVLNY

Základy mikrovlnné techniky se opírají o výsledky práce Jamese Clerka Maxwella z roku 1873. Tento vědec vytvořil hypotézu o šíření elektromagnetických vln. Tvrdil, že povahu elektromagnetických vln má i světlo. Hypotézu experimentálně ověřil Heinrich Hertz v letech 1887 až 1891. Původně byly mikrovlny uplatňovány v radarové technice a nám běžně známých domácích mikrovlnných troubách. V osmdesátých letech byl zjištěn velmi významný vliv mikrovlnného záření na rychlost a selektivitu reakcí organických sloučenin. Tyto reakce organických sloučenin jsou mikrovlnným zářením urychleny o dva až tři řády. Pokusy byly nejdříve prováděny v již zmíněných domácích mikrovlnných troubách. Potřeby laboratorního výzkumu daly podnět vzniku laboratorních a posléze i průmyslových mikrovlnných zářičů. Dnes mají mikrovlny široké uplatnění, jako například přehřev plastů a pryže, sušení různých materiálů, sterilizace půdy nebo osiv, atomovou absorpční spektroskopii, pyrolizní zpracování dřeva a odpadu, které se přímo dotýká tématu bakalářské práce. [1, 2]

1.1 Co jsou to mikrovlny

Mikrovlny jsou vysokofrekvenční záření s vlnovou délkou od 100 cm do 0,1mm. Šířka frekvenčního pole mikrovlnného záření je od 300 MHz do 5 THz. Toto široké frekvenční pole se dále dělí na čtyři dílčí kmitočtová pásma, a to UHF (decimetrové vlny), SHF (centimetrové vlny), EHF (milimetrové vlny), decimilimeter (submilimetrové vlny).[2]

Tab. 1. Označení kmitočtových pásem [2]

Označení frekvenčního pásma	Frekvence	Vlnová délka
UHF Ultra High Frequency (decimetrové vlny)	300 - 3000 MHz	100 - 10 cm
SHF Super High Frequency (centimetrové vlny)	3 - 30 GHz	10 - 1 cm
EHF Extreme High Frequency (milimetrové vlny)	30 - 300 GHz	1 - 0,1 cm
Decimilimeter (submilimetrové vlny)	300 - 3000 GHz	1 - 0,1 mm

1.2 Využití mikrovln

Mikrovlnná technika v dnešní době prochází velmi dynamickým rozvojem. Neustále jsou objevovány nové aplikace mikrovlnného záření, které zrychluje, zpřesňuje a zlevňuje procesy dříve prováděné jinými technologiemi. Mikrovlny prozatím našly uplatnění v domácnostech, průmyslu, spojové technice a dokonce i v medicíně. Mikrovlnný vývoj se

však nepřímo podílí i na rozvoji dalších odvětví lidské činnosti jako například zemědělství, chovatelství, zpracování odpadů, aj. [2, 3, 4]

1.2.1 Průmyslové využití

V průmyslu se mikrovlny ve většině případů používají pro ohřev nebo pro vysoušení. Materiál se neohřívá po vrstvách směrem do středu, ale v celém objemu současně. V materiálu se polární molekuly snaží orientovat ve směru oscilujícího elektrického pole. Neustálým pohybem molekul vzniká tření, které způsobuje ohřev materiálu. Tento jev ohřev či vysoušení výrazně urychluje. Při mikrovlnném ohřevu není na materiál působeno vysokými teplotami nebo ohněm, proto se snižuje riziko požáru. Z ekologického hlediska nevznikají při ohřevu kouřové splodiny, tím je chráněno životní prostředí a je dosahováno lepších hygienických podmínek na pracovištích. Při vysoušení materiálu mikrovlnnou metodou je dosahováno vyšší kvality díky zmíněnému rovnoměrnému rozložení teplot v celém objemu materiálu. [1, 2, 3, 4]

1.2.2 Využití ve spojích

V pozemních službách se již desetiletí používají tzv. radioreléové spoje. To jsou mikrovlnné vysílače a přijímače, které jsou schopny vyslat resp. přijmout směrovaný svazek mikrovlnné energie o šířce řádově jednotek stupně. Mikrovlny jsou schopny procházet ionosférou, která se pro vlny o nižších kmitočtech chová jako reflektor. Dále lze v mikrovlnném frekvenčním spektru vytvořit úzký svazek pomocí antény s přijatelnými rozměry. Těchto dvou vlastností se využívá v satelitní technice. Neméně důležité a nám všem známé využití mikrovln náleží mobilním telefonům. Tyto přístroje pracují v kmitočtových pásmech 400 a 900 MHz. Mikrovlny našli uplatnění také v radarové technice pro řízení letového provozu, navigace lodní dopravy i menších dopravních prostředků. Za zmínku stojí využití mikrovlnného frekvenčního pásma v urychlovačích částic, radiometrii v astronomii či dálkovém průzkumu země. Mezi širokou veřejností jsou mikrovlny nejvíce zakořeněny v podobě mikrovlnných trub, které umožňují rychlý a energeticky úsporný ohřev potravy a příjmem satelitního vysílání televize či rozhlasu. [2, 3, 4]

1.2.3 Využití v medicíně

Mikrovlnné senzory, mikrovlnná tomografie, mikrovlnná hypertermie (onkologie), mikrovlnná diatermie (rehabilitace), mikrovlnná termokoagulace (urologie), mikrovlnná angioplastika (kardiologie), mikrovlnný skalpel (chirurgie), rostoucí implantáty (chirurgie), ad. [2, 3, 4]

1.3 Biologické účinky mikrovlnné energie a hygienické normy

Biologické účinky elektromagnetických vln jsou zkoumány mnoha světovými zeměmi více jak dvacet let. Nelze však jednoduše říci jak a do jaké míry škodí biologické tkáni elektromagnetické záření. Vyhodnocení pokusů znesnadňuje hned několik faktorů. Pokusy jsou prováděny na zvířatech a ne vždy lze závěry přímo převést do humánní medicíny. Do pokusů zasahuje množství rušivých elementů, jejichž účinkům lze jen velice těžko, nebo dokonce nelze zabránit. Největší obtíže pro vyřčení jednoznačné normy je široké frekvenční spektrum mikrovlnného záření a fakt, že na světě i na těle jednoho jedince se vyskytuje mnoho druhů biologických tkání. Mezi hlavní faktory těchto obtíží patří:

- Dielektrické vlastnosti tkáně
- Geometrický tvar a rozměry tkáně
- Trojrozměrné nehomogenní prostorové rozložení tkáně
- Orientace a polarizace elektromagnetického pole
- Kmitočet elektromagnetického pole
- Zdroj vyzařování elektromagnetického pole
- Podmínky ozáření
- Délka trvání experimentu
- Ozáření trvalé nebo dle časového schématu
- Intenzita elektrického resp. magnetického pole

Pro lepší orientaci se biologické účinky mikrovlnného záření dělí na netepelné a tepelné. Netepelné účinky jsou skutečné účinky elektromagnetického pole s nízkou energetickou úrovní, kdy tkáň neabsorbuje větší množství výkonu a nedojde k zvýšení teploty tkáně. U těchto účinků nebyl prokázán škodlivý vliv na enzymy, DNA a jiné části buněk. Tepelné účinky jsou naopak ty, při nichž tkáň absorbuje větší část výkonu a její teplota se zvýší. Tohoto jevu je využíváno v lékařství. [2]

1.3.1 Vhodné veličiny pro stanovení hygienických norem

Prozatím nebyla stanovena jednotná veličina pro bezpečné použití mikrovlnného záření. Bezpečnostní normy a veličiny posuzující účinek mikrovlnného záření se v různých zemích poněkud liší. V současnosti jsou uplatňovány tyto veličiny:

- Hustota dopadajícího výkonu: p [W/m²] – Veličina používána Hygienickou normou České republiky. Lze ji snadno měřit, je ovšem aplikovatelná pouze na část frekvenčního spektra. Tato veličina zahrnuje i část záření odraženého od tkáně, proto neudává přesnou hodnotu absorbovaného výkonu.
- SAR (Specific Absorbtion Rate) [W/kg] – Jde o veličinu využívanou normou USA. Veličinu jde obtížněji měřit, avšak hodnotí pouze absorbovanou část mikrovlnného záření tkání.

$$SAR = \frac{\sigma}{\rho} * \frac{[E(x,y,z)]^2}{2} \quad (1)$$

Kde σ je elektrická vodivost uvažované biologické tkáně, ρ je hustota tkáně a E je prostorové rozložení elektrického pole v tkáni.

- ARD (Absorbtion Rate Density) [W/m³] – Veličina povahou podobná SAR avšak vztahuje absorbovaný výkon nikoli na jednotku hmotnost tkáně, ale na jednotku objemu tkáně. [2]

1.3.2 Hygienické normy

Hygienické normy pomáhají rozlišit, kdy škodlivé účinky elektromagnetického ozáření lze zcela vyloučit, kdy tyto účinky nemohou být nebezpečné. [2]

- **Americká hygienická norma** – Americká norma uvádí hodnotu SAR = 4 W/kg. Při vyšších hodnotách dochází k zvyšování teploty biologické tkáně. Norma dále ustanovuje bezpečnostní koeficient 10, tedy hodnota bezpečné absorpce elektromagnetické energie je SAR 0,4 W/kg. Norma je zpřísněna v oblasti 30 - 300MHz, kde dochází k rezonanci lidského těla.
- **Česká hygienická norma** – Česká norma pracuje s hodnotami rovnajícím se součin intenzity dopadajícího elektromagnetického pole E , nebo hustoty dopadajícího výkonu p a doby t , po kterou působí na biologickou tkáň. Česká norma udává maximální hodnoty pro tři frekvenční pásma a zvláště pro běžné obyvatelstvo a pro obsluhu mikrovlnných zařízení. S vzrůstající frekvencí klesají povol-

lené limity součinů. Norma dále upravuje hodnoty okamžitého ozáření. Konkrétní hodnoty povoleného ozáření jsou uvedeny v tabulce č. 2.

Tab. 2. Maximální hodnoty ozáření podle české hygienické normy [2]

Frekvenční pásmo [MHz]	$([E]^2t)_{\max} [(V/m)^2 \cdot h]$	$(pt)_{\max} [mW \cdot h \cdot cm^{-2}]$
Povolené hodnoty ozáření pro obyvatelstvo		
$f < 30$	700	1,87
$30 < f < 300$	100	0,27
$300 < f$	45	0,12
Povolená směnová dávka ozáření pro obsluhu mikrovlnných zařízení		
$f < 30$	7000	18,7
$30 < f < 300$	800	2,16
$300 < f$	300	0,8
Frekvenční pásmo [MHz]	$E_{\max} [V/m]$	$p_{\max} [mW \cdot cm^{-2}]$
Nepřekročitelné okamžité limity pro obyvatelstvo		
$f < 30$	80	17
$30 < f < 300$	30	2,4
$300 < f$	10	0,25
Nepřekročitelné okamžité limity pro obsluhu mikrovlnných zařízení		
$f < 30$	300	238
$30 < f < 300$	100	26,5
$300 < f$	31,6	2,65

1.4 Mikrovlnné vlnovody a vedení

Obdélníkový vlnovod je používán pro frekvenční pásmo 1 GHz až 100 GHz. Umožňuje přenos velkého výkonu s malým měrným útlumem. Plášť vlnovodu musí být z vysoce vodivého materiálu (stříbro, měď, mosaz, hliník). Vlnovod lze z vnitřní strany postříbit. Síla stěny či pokovení musí být 5-ti až 10-ti násobkem efektivní hloubky vniku. To bývá téměř vždy splněno s ohledem na pevnost vlnovodu.

Mikrovlnná vlna je vlna elektromagnetická. Jak je z názvu patrné, skládá se ze složky elektrického pole a magnetického pole. Výpočet veličin elektromagnetického pole je prováděn pomocí Maxwellových rovnic

$$D = \varepsilon E \quad (2)$$

$$B = \mu H \quad (3)$$

$$J_v = \sigma E \quad (4)$$

H – vektor intenzity magnetického pole, E – vektor intenzity elektrického pole, D a B – vektory indukce elektrického a magnetického pole, J_v – vektor hustoty vodivého proudu, ε – permitivita prostředí, μ – permeabilita prostředí, σ – měrná elektrická vodivost prostředí.

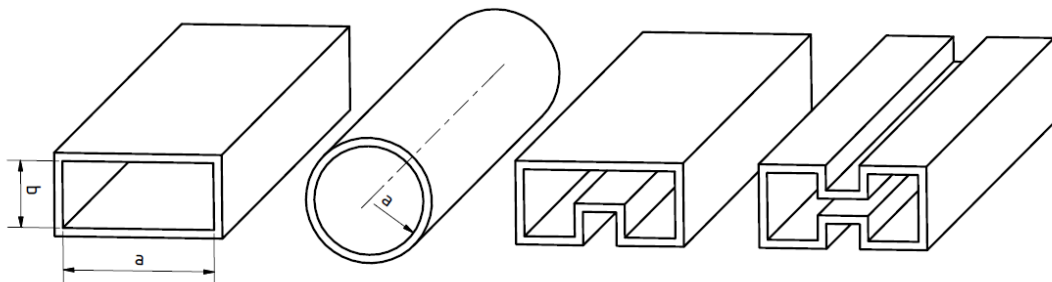
Mikrovlnná vlna je vlna elektromagnetická. Jak je z názvu a maxwellových rovnic patrné, skládá se ze složky elektrického pole a magnetického pole. S ohledem na vektorovou orientaci těchto složek rozlišujeme tři typy vln.

- **TEM** (transverzálně elektromagnetická vlna) – složky elektrického i magnetického pole jsou kolmé na směr šíření vlny, neexistují složky ve směru šíření. Přenosová struktura se nazývá vedení.
- **TE** (transverzálně elektrická vlna) – magnetické pole má složku podélnou, elektrické však nikoli. Přenosová struktura vlnovod.
- **TM** (transverzálně magnetická vlna) - elektrické pole má složku podélnou, magnetické však nikoli. Přenosová struktura vlnovod.

Vlna TEM může procházet vedením o menších rozměrech a má jednodušší rozložení elektromagnetického pole. Avšak nešíří se vlnovodem libovolného průřezu, prochází pouze vedením o dvou a více vodičích. [2]

1.4.1 Vlnovody

Vlnovod je nejpoužívanějším mikrovlnným konstrukčním prvkem pro přenos centimetrových a milimetrových vln. Vlnovod je dutý kovový válec libovolného průřezu. Nejčastěji je však používán vlnovod s obdélníkovým příčným průřezem. Méně často jsou využívány vlnovody s kruhovým nebo čtvercovým průřezem a ve speciálních případech s průřezem ve tvaru Π nebo H. (Dokážou pracovat s širším frekvenčním pásmem, ale přenášejí menší výkon než obdélníkový).



Obr. 1. Příčné průřezy mikrovlnnými vlnovody [5]

Vlnovod je používán pro frekvenční pásmo 1 GHz až 100 GHz, protože umožňuje přenos pouze vln TE a TM. Tyto vlny jsou při jiných frekvencích silně tlumeny. Tlumení vln dále závisí na parametrech ϵ , μ prostředí jimiž je vlnovod vyplněn. Permittivita a permeabilita je ve vakuu nejmenší, avšak ne nulová, proto i ve vakuu dochází k tlumení. Vlnovod umožňuje přenos velkého výkonu s malým měrným útlumem. Plášť vlnovodu musí být z vysoce vodivého materiálu (stříbro, měď, mosaz, hliník), jinak by docházelo k tlumení vln při odrazech od stěn. Vlnovod lze z vnitřní strany postříbit. Síla stěny či pokovení musí být 5-ti až 10-ti násobkem efektivní hloubky vniku δ . To bývá téměř vždy splněno s ohledem na pevnost vlnovodu.

$$\delta = \sqrt{\frac{2}{\omega\mu_v\sigma_v}} \quad (5)$$

Vlny TE a TM proudící ve vlnovodu mají různé fázové rychlosti. Skupina vln se stejnou fázovou rychlostí se nazývá vid. Jednotlivé vidy doputují na konec vlnovodu s určitými zpožděními a tím zkreslují vyslaný signál. Vlnovody by měli být navrženy tak, aby jimi mohl proudit pouze tzv. dominantní vid. Rozměry vlnovodů závisí na frekvenci procházející vlny. Při nižších kmitočtech by byly rozměry a hmotnost vlnovodu značně velké a při vyšších kmitočtech by vlnovod dosahoval řádově desetin milimetru, což by bylo ekonomicky velmi náročné. Vlnovody jsou v těchto oblastech nahrazeny jiným mechanismem.

Výhodou vlnovodu je přenos velkého výkonu v širokém frekvenčním pásmu s nejmenšími ztrátami a nulovým vyzařováním do okolí. Nevýhodou je složitá a nákladná výroba. [2, 5, 3]

1.4.2 Srovnání obdélníkového, kruhového vlnovodu a koaxiálního vedení

Jedná se o tři nejpoužívanější systémy.[5]

- Obdélníkový vlnovod má 1,5 - krát menší útlum, přenesení 2 - krát větší výkon, má dvakrát větší relativní šířku přenášeného frekvenčního pásma než kruhový vlnovod. V případě koaxiálního vedení jde o 2,5 - krát menší útlum a 5 - krát větší přenesený výkon.
- Pro delší decimetrové vlny se používá koaxiální vedení za účelem úspory materiálu a místa.

1.4.3 Značení a normalizace vlnodů a koaxiálního vedení.

První norma byla vydána v USA již za druhé světové války. Dnes se většina výrobců opírá o doporučení Mezinárodního elektrotechnického výboru (IEC)

Různé průřezy vlnodů jsou označovány velkými tiskacími písmeny jako:

R (Rectangle)	- obdélníkový s poměrem stran $b:a = 1:2$ viz Příloha P.I
F (Flat)	- plochý obdélníkový s poměrem stran $b:a = 1:8$
M (Middle flat)	- středně plochý obdélníkový s poměrem stran $b:a = 1:4$
Q (Quadrangle)	- čtvercový
C (Circular)	- kruhový

Číslo za písmenem označuje přibližně desetinásobek středního provozního kmitočtu.

Příruby vlnodů se řídí dle doporučení IEC 154

Označení obsahuje tři písmena a číslo. První písmeno značí konstrukční provedení čelní plochy:

P (Pressurable)	- příruba s drážkou pro těsnění
C (Choke, pressurizable)	- příruba s tlumivkou a drážkou pro těsnění
U (Unpressurizable)	- hladká příruba

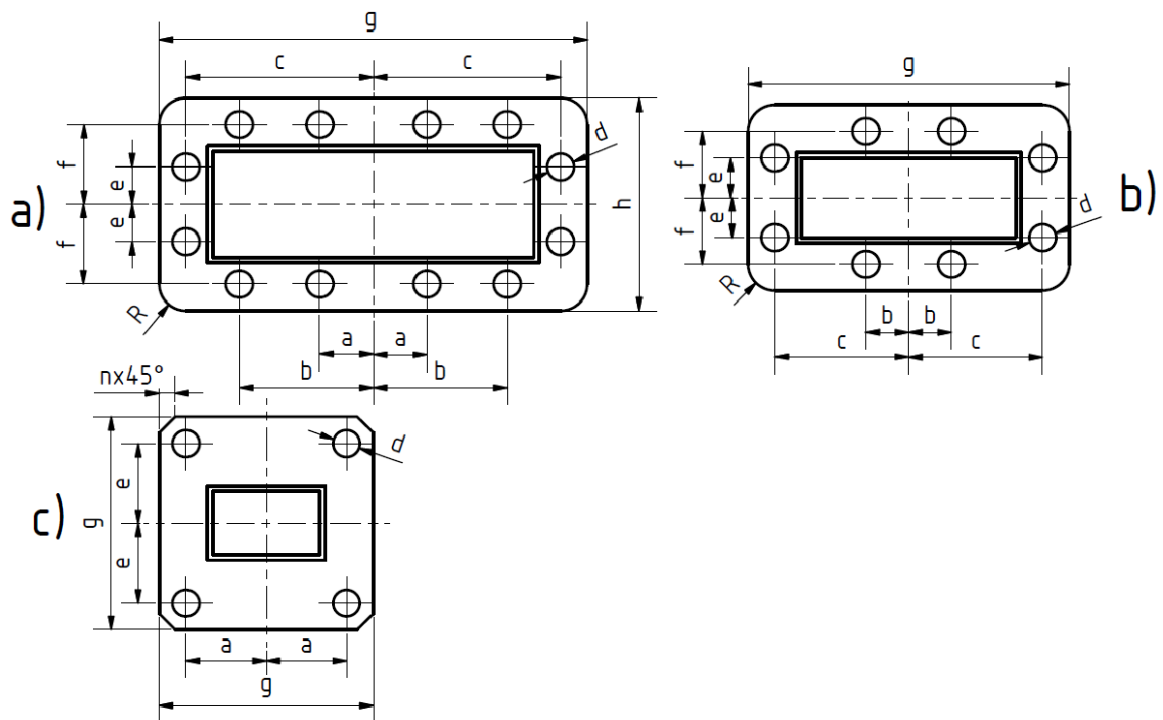
Druhé písmeno označuje základní tvar příruby:

A – kruhový
B – čtvercový
D – obdélníkový
E – obdélníkový bez těsnění
G – obdélníkový pro vlnod typu F
J – kruhový pro kruhový vlnod typu C
K – čtvercový pro čtvercový vlnod typu Q

Třetí písmeno a číslo je totožné s označením vlnodu, pro nějž je příruba použita.[5, 3]

Tab. 3. Základní rozměry přírub obdélníkových vlnovodů typu R podle IEC 154 [5]

Označení přírub	Jmenovité rozměry [mm]						Doporučené rozměry [mm]				Spojovací šroub	Obrázek
	a	b	c	e	f	d	g	h	n	R		
UER 32	10,34	31,02	44,32	8,51	25,27	4	97,9	59,50		8	M 4	2a
UER 48		10,29	30,86	11,89	18,16		70,6	45,20		6		
UBR 70		8,18	24,51	8,71	14,99		57,8	38,90		5		
UBR 100	15,49			16,26		4,17	41,4				M 3	2c
UBR 140	12,62			12,14		4	33,3		2			
UBR 220	8,13			8,51		3	22,4					
UBR 320	6,35			6,73			19,1		2			



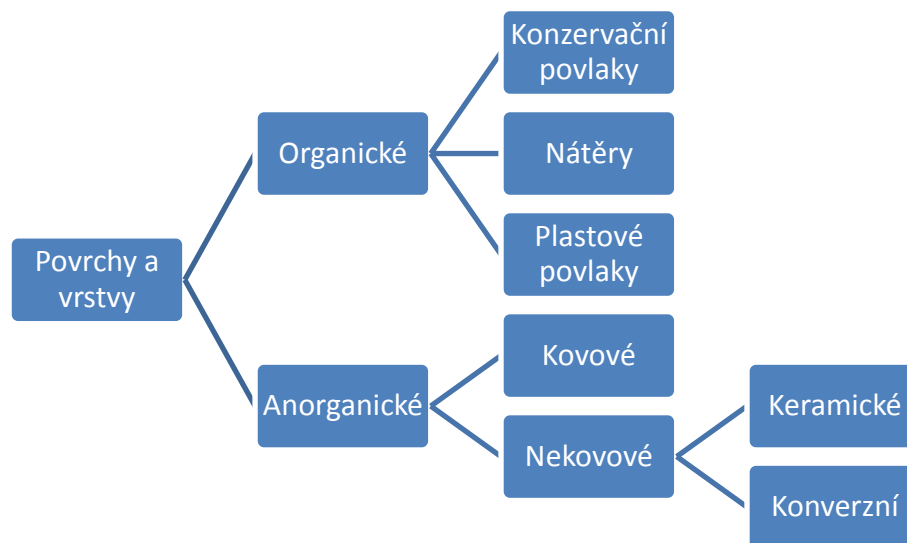
Obr. 2. Druhy hladkých obdélníkových vlnovodných přírub [5]

2 POVRCHOVÉ ÚPRAVY

Při užívání strojírenských výrobků dochází k jejich vzájemnému styku i k interakci s okolním prostředím a tím i k jejich povrchové degradaci vlivem opotřebení, koroze a dalších vlivů. Aby se tyto děje zmírnily nebo se jim zamezilo, používají se povrchové úpravy. Tyto úpravy jsou realizovány tvorbou vrstvy na vlastním materiálu nebo nanesením povlaku na vlastní materiál. Povrchové úpravy jsou také využívány pro zlepšení jakosti, životnosti, spolehlivosti, náročnosti údržby, fyzikálních, mechanických a vzhledových vlastností povrchu. Vytvoření povrchové vrstvy lze provádět fyzikální, chemickou nebo difúzní cestou. [11, 6, 7]

2.1 Dělení povrchových úprav

Povrchové úpravy se z hlediska strukturního dělí na povrchy a vrstvy. Povlak je na materiál nanášen, zvětšuje rozměr součásti a mezi povlakem a součástí dochází ke skokové změně mechanických, fyzikálních a chemických vlastností. Vrstva je součástí materiálu, u níž dochází vnějším působením k chemické a strukturní změně materiálu, tedy změna vlastností je povolná. Povrchová vrstva a základní materiál jsou odděleny přechodovou oblastí. Z chemického hlediska jsou povlaky a vrstvy děleny na organické a anorganické. Organické plní ochrannou funkci, a to především povlaky, díky skokové změně vlastností mezi materiálem a povlakem. Organické povrchy a vrstvy jsou dále děleny na konzervační povlaky, nátěry a plastové povlaky. Anorganické jsou děleny na kovové a nekovové. Nekovové pak na keramické a konverzní. [8, 9, 6]



Obr. 3. Základní dělení povrchových úprav [10]

2.1.1 Organické povlaky

- *Nátěrové hmoty*

Jedná se o nejstarší, nejběžnější a nejeekonomičtější způsob povrchové úpravy. 80 až 90% povlaků je prováděno právě nátěrovými hmotami. Tyto povlaky jsou snadno vytvářeny a opravovány. Skládají se z pojiva, rozpouštědla, pigmentu a plniva. Používají se zejména pro dekorativní a ochranné účinky proti olejům, ohni, mořské vodě, bakteriím, elektřině, aj. [11]

- *Plastové povlaky*

Povlaky z polymerních materiálů se používají na ochranu proti korozi, ale také třeba proti lepivosti, opotřebení, atd. Používají se např. polyvinylchlorid, polyetylén, polyamid, teflon, aj. [11]

2.1.2 Anorganické povlaky a vrstvy - kovové

Nejdůležitějším hlediskem pro hodnocení ochranné funkce kovových povlaků je tloušťka a poréznost povlaku. Životnost povlaku je přímo závislá na tloušťce, neboť se tak snižuje počet korozně významných pórů. Optimální je ten stav, kdy je povlak neporézní. Kovové povlaky vznikají z roztavených kovů a vylučováním z roztoků. S ohledem na svou funkci v elektricky vodivém prostředí se kovové povlaky rámcově dělí na katodické a anodické vzhledem k základnímu kovu v daném prostředí. [11, 8]

- *Katodické ochranné povlaky*

Oproti základnímu materiálu fungují jako katoda a na základě chemických potenciálů nekorodují, jsou tedy ušlechtilejší. Nebezpečí jejich použití spočívá v tom, že v případě větší poréznosti nebo porušení povlaku nastane intenzivní koroze anody (základního kovu pod ochrannou vrstvou). Životnost katodických povlaků v atmosférických podmínkách je zpravidla dobrá, protože i za podmínek vzniku článku dochází ke korozi, ale korozní produkty mají většinou ochrannou funkci. [11, 8]

- *Anodické ochranné povlaky*

Anodické povlaky fungují proti základnímu materiálu jako anoda, přednostně koroduje povlak. Korozní odolnost povlaků zajišťuje dlouhodobou stabilitu systému. Jako anodické povlaky se uplatňují takové kovy, které sice reagují v daném prostředí, ale výsledkem je

vznik korozních zplodin odolných proti další oxidaci. Vzniká tedy souvislý, kompaktní a pomalu narůstající povlak, který je chemicky, termodynamicky a mechanicky vysoce stabilní. [11, 8, 12]

Povlaky připravené tepelně - mechanickými procesy

- *Plátování kovy*

Plátování neboli obkládání kovy se používá k vytváření tlustších ochranných povlaků (řádově 0,1 až několik mm). Vhodně kombinuje mechanické vlastnosti a levnost základního kovu s požadovanými vlastnostmi (korozevzdornost, odolnost proti opotřebení apod.) dražších materiálů vytvářených povlaků. Základní materiál má tedy funkci nosnou a plátovací, pak funkci ochrannou. Hlavní oblastí jejich aplikace je příprava povlaků z korozevzdorných ocelí. Pro zvýšení odolnosti proti opotřebení se prakticky nepoužívají. Jako příklady použití mohou být uvedeny povlaky kluzných materiálů na oceli (např. měď a její slitiny). [11, 12]

- *Žárové pokovování v roztavených kovech*

Touto metodou lze poměrně jednoduše vytvořit povlaky o dostatečně velkých tloušťkách a s malou pórovitostí. Vlastní pokovení je rychlé, poměrně levné a velmi vhodné pro úpravu polotovarů, pásů, drátů apod. Vrstva roztaveného kovu, která po ztuhnutí ulpí na povrchu, je hlavní částí ochranného povlaku. Tepelným zatížením a reakcí s roztaveným kovem vznikají difúzní mezivrstvy intermetalických fází, které slouží k dobré přídržnosti povlaku, na druhé straně však zhoršují jeho mechanické vlastnosti. Nevýhodou této technologie je omezení na povlakové kovy s nízkou teplotou tání (Zn, Sn, Pb, Al). [11]

- *Žárové stříkání kovů (metalizace)*

Principem je nanášení natavených částic kovu proudem vzduchu (nebo spalin) na povrch předmětu. Tímto způsobem lze nanášet povlaky libovolného kovu nebo slitiny na kov nebo jiný materiál (dřevo, papír, sádra, plastické hmoty, sklo, keramiku, tkaninu apod.). Tloušťka povlaku se dá řídit od tenkých vrstev po tlusté. Z toho vyplývá i široké použití této technologie jako např. ochrana proti korozi a vysokým teplotám, povrchová úprava nekovových materiálů, renovace strojních součástí, oprava vadných nebo porézních odlitků, speciální výroba forem apod. [11]

Povlaky připravené tepelně - fyzikálními procesy*- Navařování*

Technologie navařování se provádí pomocí plamene, oblouku, plasmy nebo laseru. Teplota procesu je větší než teplota tavení. Základním materiálem pro tyto povlaky jsou kovy. Tvrdost návaru závisí na chemickém složení a získaná tloušťka je 250 μm a více. [12]

- Metody PVD (Physical Vapor Deposition)

Při výrobě povlaků metodami PVD dochází k transportu nanášeného materiálu od zdroje na substrát. Povlaky jsou vytvářeny za sníženého tlaku kondenzací částic (atomů, případné shluků atomů), které jsou uvolňovány ze zdroje částic (terčů, tarotů) fyzikálními metodami (naprašováním nebo napařováním). Vrstva povlaku je vytvářena z jednotlivých dopadajících atomů. K nevýhodám všech metod PVD patří relativně složitý vakuový systém a požadavek pohybovat povlakovanými předměty (rotační držáky nástrojů), aby bylo zaručeno rovnoměrné ukládání povlaku po celém jejich povrchu. Mezi výhody lze zařadit možnost povlakování ostrých hran. [12]

Povlaky připravené elektrochemickými procesy*- Galvanické pokovování*

Technologie galvanicky vylučovaných kovů a slitin je známa velmi dlouho, a to jak pro vytváření povlaků na modelech složitých tvarů (galvanoplastika), tak i tenkých povlaků na předmětech s cílem ochrany povrchu především proti korozi (galvanostegie). Základní důležitost pro tento obor mají elektrochemické děje a to zejména elektrolyza a pochody probíhající v galvanických člancích. Příkladem povlaků je mědění, mozasení, zinkování, kadmiování, cínování, stříbření, zlacení, niklování, chromování atd. Rozpustná anoda uvolňuje kladné ionty kovu do roztoku, které se na katodě vylučují jako čistý kov. Na rozhraní roztok - povrch je určité krystalizační napětí do 100 μm , kovový iont je neutralizován do mřížky. Elektrolyt tvoří roztok soli vylučovaného kovu a vodící sůl pro zvýšení elektrické vodivosti. [11, 8]

Povlaky připravené tepelně - chemickými procesy*- Chemické pokovování*

Podstatou chemického (bezproudového) pokovování je vylučování ušlechtilějšího kovu na povrch kovu méně ušlechtilého vlivem rozdílu potenciálů v roztoku nebo vyredukováním

kovu z jeho soli příslušným redukčním činidlem. Pokovovací lázeň se nejčastěji skládá ze soli kovu, který má být vyloučen, a z redukčního činidla, které redukuje kovovou sůl na kov. Chemicky lze vylučovat povlaky téměř všech kovů. Výhodou je především jednoduchost, neomezená hloubková účinnost lázně, tzn., že lze pokovovat i členité předměty v dutinách. Nevýhodou je menší vylučovací rychlost a nutnost obtížně regenerovat lázeň. Příkladem je chemické mědění, cínování, chromování, zinkování, stříbření, niklování atd. [11, 12]

- *Metody CVD (Chemical Vapor Deposition)*

Tato metoda je použitelná k vytváření povlaků z téměř všech kovových i nekovových prvků (např. C, Si). Deponovány mohou být i sloučeniny. Tato technologie se stává extrémně důležitou zejména při výrobě polovodičů a jiných elektronických komponentů, při povlakování nástrojů, ložisek a dalších součástí odolávajících opotřebení, při výrobě korozně odolných součástí apod. Podle podmínek, za kterých probíhají chemické reakce a růst povlaků, rozlišujeme různé druhy CVD metod. Podle teploty se jedná o rozdělení na vysokoteplotní (HTCVD) a nízkoteplotní (LTCVD) CVD procesy. Členění podle tlaku je na metody CVD probíhající při normálním (APCVD), sníženém (SPCVD) nebo nízkém tlaku (LPCVD). [12]

Povrchové vrstvy připravené mechanickými procesy

- *Kuličkování, válečkování, otryskání, kalibrování, detonační zpevňování*

Tyto metody úprav zlepšují pevnost povrchu za pomoci plastické deformace za studena. Topografii a pevnost povrchu lze zlepšit i speciálními technologiemi opracování jako leštění, vtíráním částic, hlazením, aj.[12]

Povrchové vrstvy připravené fyzikálními procesy

- *Iontová implantace*

Tento proces je prováděn ve vakuu při teplotě 150°C. Jeho hlavní výhodou je možnost použití na libovolný substrát, avšak je obtížně použitelná na větší a zakřivené plochy. Další omezení spočívá ve velikosti vakuové komory.[12]

Povrchové vrstvy připravené tepelnými procesy

- *Zpevňování fázovou transformací*

Proces je běžně znám jako povrchové kalení. Patří do technologií tepelného zpracování. Provádí se pomocí ohřevu plamenem, elektrickou indukcí, laserem, nebo elektronovým svazkem. Vrstva bývá hluboká až 2,5 mm s tvrdostí až 650 HV. [11, 12]

Povrchové vrstvy připravené chemicko tepelnými procesy

- *Chemicko tepelné zpracování*

Jedná se o změnu chemického složení v povrchové vrstvě. Provádí se zejména sycením povrchové vrstvy různými prvky. Tyto legující prvky mohou být kovy i nekovy. Nejčastěji jsou používány uhlík (cementování), dusík (nitridování), hliník (alitování), chrom (chromování), křemík (silitování), síra a dusík (sulfonitridování) a bór. [12]

2.1.3 Anorganické povlaky a vrstvy - nekovové

Keramické povlaky (smaltování)

Smalty jsou typickým představitelem nekovových anorganických povlaků. Jejich ochranná funkce spočívá ve vytvoření nerozpustné, celistvé vrstvy natavené na podkladovém kovu, která izoluje kov od působení agresivních prostředí. Vrstvy smaltu se na povrch nanáší ve formě suspenze (břečky) poléváním, máčením nebo stříkáním (u litinových předmětů i poprášením) a po vysušení se vypalují při 800 až 950 °C. Nanáší se základní a krycí vrstva nebo jednovrstvé smalty. Moderními způsoby je nanášení v elektrickém poli (bez sušení) a elektroforézní nanášení. Předností sklovitých minerálních smaltů je to, že jsou souvislé, mají vysokou odolnost proti otěru a izolační schopnost při současném ozdobném efektu. Výhodou je i dlouhá životnost za vyšších teplot (běžně 700 °C, speciální až 1100 °C). Nevýhodou smaltů je jejich křehkost a tím možnost poškození povlaku nárazem. Vzhledem k výhodným vlastnostem se technického smaltování poměrně často používá, zejména v chemickém a potravinářském průmyslu. [11]

Konverzní povlaky

Tyto vrstvy vznikají chemickou nebo elektrochemickou reakcí kovového povrchu s prostředím, jemuž je daný kov vystaven během povrchové úpravy. Na vytvoření anorganické konverzní vrstvy se podílí jak kov, tak i prostředí, přičemž tyto vrstvy se vytvářejí směrem od povrchu do materiálu. Konverzní vrstvy se využívají k různým účelům. Mimo využití v protikorozní ochraně jsou některé vrstvy vhodné jako určitý druh mazadla při tváření nebo zabíhání, jiné se uplatňují svými elektroizolačními vlastnostmi, tvrdostí, odolností proti

otěru i dekorativním účinkem. Nejčastěji se jedná o vrstvy oxidů, fosforečnanů a chromátů kovů. [11]

- *Barvení (oxidace) kovů*

K nejstarším způsobům povrchové ochrany ocelí patří ochrana tenkou vrstvou oxidů, které získáme ohřevem při zvýšené teplotě. Tímto způsobem můžeme vytvořit oxidické vrstvy různé tloušťky v závislosti na teplotě a době ohřevu (od popouštěcích barev po kovářské černění). Oxidické vrstvy na oceli mají většinou zvýšit ochranný účinek proti korozi a dodat povrchu určitý dekorační vzhled. Vzhledem k malé tloušťce těchto vrstev (500 až 800 nm) je jejich ochranný účinek malý a pro zvýšení korozní odolnosti se ještě impregnují. Vrstvy obvykle dobře chrání proti povětrnostním vlivům, odolávají potu a těžko se odírají. Nejčastěji používaným oxidačním procesem je **černění oceli** v alkalických lázních (tzv. brunýrování), vzniklá tenká oxidická vrstva hnědočerné až černé barvy zlepšuje vzhled i korozní odolnost výrobků. Černění je vhodné pro uhlíkové a nízkolegované oceli, méně vhodné však pro litinu a vysoce legované oceli. Do této skupiny povrchových úprav patří i barvení neželezných kovů a oxidace hliníku (eloxování). Dále velmi málo používaná oxidace v pecích, která závisí na přesném přístupu kyslíku a dané teplotě. A také oxidace v solných lázních, kde roztavené soli jsou směsí dusičnanů a dusitanů, případně chloridů. Tloušťka vrstvy je asi 10 μm. Využívá se v oblasti zbraní a optických zařízení. [11]

- *Fosfátování*

Jedním z nejrozšířenějších způsobů chemické úpravy povrchu je fosfátování, při kterém se na povrchu vytvářejí nerozpustné krystalické terciální fosforečnany zinku, železa, vápníku a manganu. Je to ekonomicky levný a jednoduchý proces. Fosfátové vrstvy jsou odolné proti korozi (i proti mořské vodě), ale přímá ochrana samotnými fosfátovými vrstvami má význam jen ojedinělý. Mechanická pevnost vrstev je malá, vrstva je měkká a nesmí být poškozena. Fosfátová vrstva je také vždy pórovitá, přestože působí dojem celistvosti. Fosfát má velmi dobrou přilnavost, dobré kluzné vlastnosti, vytváří šedou, na dotek sametově působící vrstvu. Důležitou vlastností pevně lpících fosfátových vrstev je jejich schopnost vázat na sebe některé organické látky, čímž získá požadovanou ochranu. Dodatečná úprava spočívá v nasycení konzervačními a impregnačními prostředky, nátěrovými hmotami nebo pasivací. [11]

- *Chromátování*

Chromátování je nejrozšířenějším způsobem pasivace. Jsou to levné a účinné vrstvy vytvořené při oxidaci v kyselině chromové. Pasivační vrstva obvykle dvojjodanu draselného slouží jako ochrana před lehkým korozním napadením, jedná se především o Zn povlak. Používá se v široké míře pro zvýšení korozní odolnosti oceli i neželezných kovů, tedy jako konečné úpravy pro lehká korozní prostředí i jako mezivrstvy pod organické nátěry, zvyšující jejich přilnavost a zamezující pronikání korozního media pod povlak. Chromátovací lázně mohou být alkalického nebo kyselého typu. [11]

3 DOKONČOVACÍ OPERACE

Nezanedbatelnou součástí obrábění ve strojírenské výrobě jsou dokončovací operace. Díky nim lze docílit lepších vlastností povrchů, jako např. průměrná aritmetická odchylka R_a , pevnost, vzhled a dosažení vysoké přesnosti rozměrů při dodržení daného geometrického tvaru. [13]

3.1 Jemné soustružení

Jemné či dokončovací soustružení je prováděno na již předobrobených dírách. Je používáno v případech, kdy je kladen důraz na úzké tolerance rozměrů a kvalitu obrobeného povrchu. Při jemném soustružení koná hlavní rotační pohyb obrobek a vedlejší pohyb nástroj. Při soustružení dochází k vibracím, proto je snaha vytvářet jemně šroubovicovou třísku, díky které je břit zatěžován rovnoměrně a v přijatelných mezích. Při této metodě je výhodné používat chladicí kapalinu či stlačený vzduch. Tato dokončovací operace je rychlá a ekonomicky výhodná. Dosahuje se při ní drsnosti povrchu R_a až $0,2 \mu\text{m}$ a třídy přesnosti IT7, IT6. Příklad pro operaci 0,2 až 0,5 mm. [13, 14, 15]

3.2 Jemné frézování

Hlavním pohybem je pohyb otáčivý, konaný nástrojem, a vedlejší posuvný pohyb koná obrobek. Tato dokončovací metoda je náchylná na chvění vlivem nestálého záběru zubu frézy. Tato skutečnost bývá kompenzována přidáním setrvačnicku na vřeteno frézky. Při jemném frézování není nutné příliš intenzivně chladit. Dosažitelné hodnoty touto dokončovací operací: R_a 1,6 až $0,4 \mu\text{m}$ a IT7 až IT8. Příklad pro operaci 0,1 až 0,3 mm. [13, 14, 15]

3.3 Broušení

Nejčastěji používaná metoda dokončování je broušení. Lze ji použít na všechny kovové i nekovové materiály a na všechny typy tvarů. Při broušení však dochází ke vzniku velkého množství tepla, ze kterého přechází až 80 % do obrobku. To samozřejmě ovlivňuje charakteristiky povrchu. Dosažitelné hodnoty touto dokončovací operací: R_a 0,4 až $0,025 \mu\text{m}$ a IT3 až IT4. Příklad pro operaci 0,01 až 0,3 mm. [13, 14, 15]

3.4 Honování

Jedná se o velice kvalitní dokončovací operaci. Je při ní dosahováno vysoké kvality povrchu, stupně přesnosti a lze i zlepšit přesnost geometrických tvarů. Lze honovat válcové, kuželové, průchozí i neprůchozí díry do průměru 750 mm a délky 24m. Honování spočívá ve vybrušování 3 až 12 brusnými kameny (dle průměru díry) upnutými v honovací hlavě. Honovací hlava provádí rotační pohyb a zároveň pohyb posuvný směrem z a do otvoru. Délka zdvihu je stanovena jako $\frac{1}{4}$ délky nástroje. Kvůli výkyvnému uložení honovací hlavy nelze opravit osu díry. Dosažitelné hodnoty touto dokončovací operací: Ra 0,4 až 0,025 μm a IT2 až IT4. Přídavek pro operaci 0,02 až 0,2 mm. [13, 14, 15]

3.5 Lapování

Jedná se o obrábění rozptýleným brusivem v kapalině. Je dosahováno extrémně vysoké přesnosti tvarů a kvality povrchu. Existuje dvoukotoučový a jednokotoučový systém lapování. Při dvoukotoučovém systému je obrobek upnut v unašeči mezi dvěma protiběžnými lapovacími kotouči. Při jednokotoučovém systému je obrobek mírným tlakem přitlačen na otáčející se lapovací kotouč a přitom koná pomalý kmitavý radiální pohyb. Dosažitelné hodnoty touto dokončovací operací: Ra 0,02 až 0,05 μm a IT1 až IT3. Přídavek pro operaci 0,005 až 0,03 mm. [13, 14, 15]

3.6 Hrubování a stružení

Při vystružování je odebírána velmi malá hloubka třísky, díky tomu je dosahováno přesných rozměrů, geometrických tvarů a jakosti povrchu. Výstružník má za hranou řezné části úzkou válcovou fazetku, která vede nástroj a kalibruje díru. Na zadní části je výstružník zúžen, aby nezvětšoval díru a nezhoršoval kvalitu povrchu. Metoda se používá pro díry o průměru do 100 mm. Dosažitelné hodnoty touto dokončovací operací: Ra 0,15 až 0,020 μm a IT5 až IT6. Přídavek pro operaci 0,01 až 0,4 mm. [13, 14, 15]

3.7 Válečkování

Nekonvenční metoda, při níž se odvaluje váleček po obrobené ploše. Při malém průměru válečku je dosaženo větší pevnosti povrchu, při větším průměru je dosaženo nižší hodnoty drsnosti povrchu. Dosažitelné hodnoty touto dokončovací operací: Ra 0,1 až 0,4 μm a IT6 až IT8. Přídavek pro operaci 0,005 až 0,02 mm. [13, 14, 15]

Tab. 4. Srovnání dokončovacích operací [15]

Dokončovací operace	Ra	Stupeň přesnosti	Přídavek na \varnothing
	[μm]	IT	[mm]
Jemné frézování	0,4 - 1,6	7 – 8	0,1 - 0,3
Jemné soustružení	0,2 - 0,8	5 – 7	0,2 - 0,5
Vystružování	0,2 - 0,3	5 – 6	0,01 - 0,4
Broušení	0,025 - 0,4	3 – 4	0,01 - 0,3
Honování	0,025 - 0,4	2 – 4	0,02 - 0,2
Válečkování	0,02 - 0,04	6 – 7	0,005 - 0,02
Lapování	0,02 - 0,05	1 – 3	0,005 - 0,03

II. PRAKTICKÁ ČÁST

4 NÁVRH PRINCIPU ŘEŠENÍ

Vývoj vzniku nové součásti stroje lze rozdělit do několika fází. První fáze, návrh principu řešení, předchází fázím konstrukční a technologické řešení, výroba, odzkoušení a případné odstranění nedostatků.

V této první fázi je účelné stanovit nedostatky stávajícího řešení, stanovit možnosti řešení nového a následně vybrat nejlepší řešení.

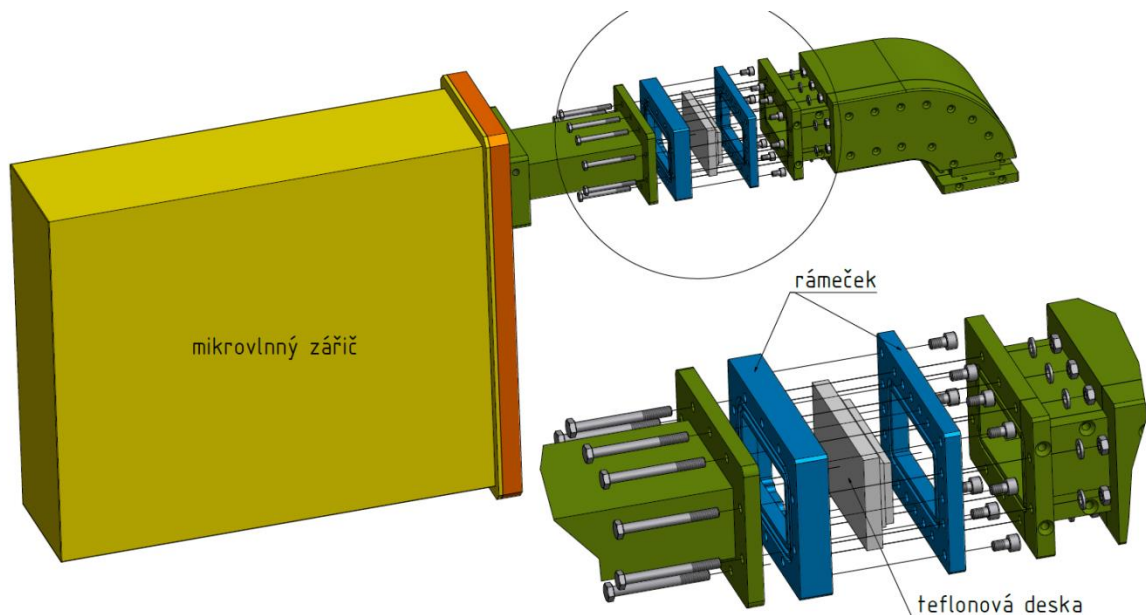
4.1 Hodnocení současného stavu

Téměř celý stroj provádějící mikrovlnnou vakuovou pyrolýzu je zatížen podtlakem. Mikrovlnné zářiče září pomocí vlnovodů do místa vlastního pyrolýzního procesu. Mikrovlnné zářiče jsou umístěny v prostředí atmosférického tlaku, avšak místo vlastního pyrolýzního procesu je již vakuem zatíženo. Tyto zářiče nejsou utěsněny, a proto je nutné oddělit obě tlaková prostředí, aby nedocházelo k nasávání okolního vzduchu do místa vlastního mikrovlnného procesu. Pro oddělení tlakové diference obou prostředí slouží teflonové desky umístěné ve vlnovodech. Tyto desky jsou schopny oddělit vakuum a zároveň propustit mikrovlnné záření. Při průchodu záření je jeho malá část pohlcena teflonovou deskou. Jakmile je deska zářením nasycena, dochází k její pomalé destrukci. Při plné destrukci desky dojde k propojení tlakových prostředí a na mikrovlnném zářiči se projeví sací efekt, kterým je nasáván okolní vzduch do pyrolýzní komory, která je zatížena vakuem. Vniknutím vzduchu do této komory dojde k nežádoucímu hoření pyrolýzního produktu a jeho znehodnocení. Při tomto stavu je nutné ihned zamezit vnikání vzduchu do pyrolýzní komory, která je zatížena vakuem, vyprázdnění znehodnoceného produktu vlastní pyrolýzi, výměně teflonové desky a následnému obnovení procesu.

Při současném uspořádání je proces výměny teflonové desky velmi zdlouhavý. Vyprázdnění pyrolýzní komory trvá třicet minut, výměna teflonové desky patnáct minut a obnovení pyrolýzního procesu dalších třicet minut.

Současné uspořádání je znázorněno na obr. 3. Z vlnovodu je nutno nejprve odstranit mikrovlnný zářič. Toto je provedeno odšroubováním deseti maticek a vysunutím deseti šroubů. Poté je nutné zářič o hmotnosti přibližně dvacet kilo opatrně položit. Při prudkém nárazu zářiče může dojít k jeho poškození. Musí být brán zřetel na kabeláž a hadice chladicí vody. Poté je vyjmut rámeček obepínající teflonovou desku, z něj odpojena hadička přívodu dusíku. Rámeček je následně rozpůlen odšroubováním dalších deseti šroubů. Nyní je

vyjmuta poškozená deska, umístěna deska nová a dochází k zpětné montáži všech komponent.



Obr. 4. Současné uspořádání

Zároveň je nutné upozornit na skutečnost, že zařízení obsahuje více mikrovltných zářičů, každý z těchto zářičů vysílá mikrovlny do svého vlnovodu. Teflonová deska je umístěna v každém z těchto vlnovodů. Stav poškození zbývajících desek není znám. Proto je nutné provést kontrolu. Ta je prováděna stejným způsobem, jako výměna poškozené desky, avšak v případě, že nebylo zjištěno poškození, nedochází k výměně desky za novou.

Odstávka stroje při výměně poškozené teflonové desky je:

- 30 min. (vyprázdňení pyrolýzní komory)
- 15 min. (výměna či kontrola jedné teflonové desky)
- 30 min. (obnovení pyrolýzy)

Na prototypovém stroji je použito šestnáct teflonových desek, Odstávka tedy trvá 300 minut. Na průmyslové zařízení je počítáno s umístěním třiceti mikrovltných zářičů, to znamená třiceti teflonových desek. Odstávka by tedy trvala 510 minut.

4.2 Vymezení řešeného nedostatku

Z podkapitoly 4.1 vyplývá, že hlavními nedostatky stávajícího uspořádání jsou dlouhá doba odstávky a pracnost výměny desky. Je tedy zapotřebí navrhnout součást, která usnadní a zrychlí výměnu desky. Ideální případ by nastal při výměně desky během pár minut bez

nutnosti odstávky celého stroje. To znamená ušetření šedesáti minut. Bez kontroly ostatních desek dojde ušetření 240 minut, respektive 450 minut. Tato nová součást tedy musí uzamknout vakuové prostředí, následně umožnit výměnu desky bez nutnosti demontáže mikrovlnného zářiče, tím zamezit případnému poškození zářiče, elektroinstalace nebo obvodu chladicí vody a konečně odemčení vakuového prostředí.

Nedostatky stávajícího řešení:

- dlouhá doba výměny desky
- pracnost výměny desky
- hrozba zničení zářiče, elektroinstalace nebo obvodu chladicí vody
- nemožnost uzavření vakuového prostředí – vznik požáru pyrolýzního media a jeho znehodnocení

4.3 Návrhy možných řešení

Vlnovod, který vede mikrovlny od mikrovlnného zářiče, zdroje, do místa jejich úniku, tedy pyrolýzní komory, lze pro představu velmi zjednodušit jako vodovodní potrubí se stanovenými rozměry, ve kterém místo vody proudí mikrovlny ve vakuu. Pokusy bylo ověřeno, že pokud je vlnovod vakuově utěsněn, nedochází ani k úniku mikrovlnného záření. Je třeba vyřešit možnost uzavření vakua před poškozenou teflonovou deskou, aby mohlo dojít k její výměně. Řešení bylo nalezeno ve vodárenské i plynárenské technice, kde k tomuto účelu slouží ventily.

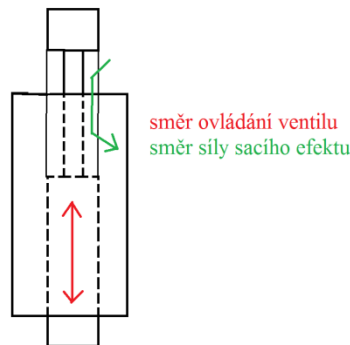
4.3.1 Deskový ventil

Jako první návrh vznikl deskový ventil. Ten by pracoval na principu velké bronzové desky, ve které by byl vytvořen na jedné polovině prostor pro vložení teflonové desky. Tato bronzová deska by byla zastrčena do vlnovodu tak, aby mikrovlny procházely kolmo na teflonovou desku. V případě destrukce teflonové desky by byla bronzová deska posunuta tak, aby polovina, ve které by byla umístěna teflonová deska, vyčnívala z vlnovodu a druhá polovina bronzové desky by uzavřela vakuový prostor.

Tento návrh však má dva nedostatky.

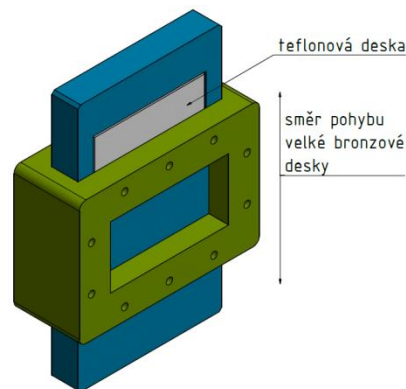
- Při přesunu bronzové desky by v okamžiku vysunutí teflonové desky z vlnovodu došlo k sacímu efektu, který by měl tendenci posunout bronzovou desku zpět

(Obr. 5). Pro posun bronzové desky by tedy musela být použita velká síla, která by překonala sílu sacího efektu vakua 0,6 bar, která působí proti směru posunu desky.



Obr. 5. Schéma deskového ventilu

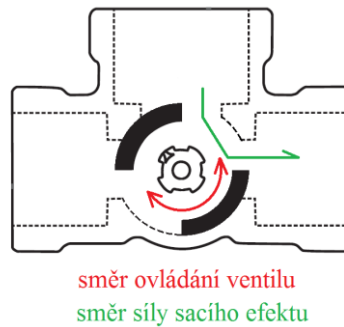
- Ve dvou protilehlých stěnách vlnovodu o obdélníkovém průřezu by musely být vytvořeny otvory pro zasunutí a pohyb bronzové desky. Tím by došlo ke snížení pevnosti vlnovodu a pod zatížením vahou mikrovlnného zářiče by hrozil ohyb vlnovodu.



Obr. 6. Ideový návrh deskového ventilu

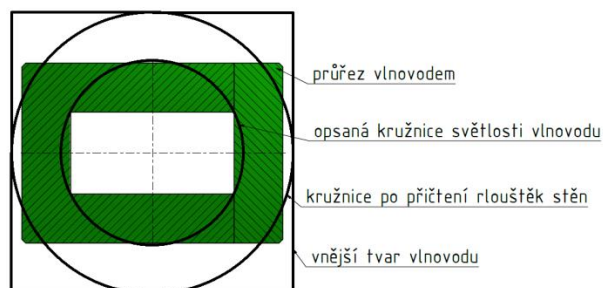
4.3.2 Kulový ventil

Další návrh vyvstal z již zmiňované vodárenské i plynárenské techniky. Kulový ventil je prvek, který při otevřeném stavu nemění tvar a velikost světlosti potrubí, dokáže uzavřít potrubí otočením tělesa kulového ventilu o 90°, má vysokou životnost a je téměř bezúdržbový. Síla sacího efektu nepůsobí přímo proti pohybu otevírání a zavírání (Obr. 7).



Obr. 7. Schéma kulového ventilu [16]

Výroba kulové díry a kulového tělesa s přesnými geometrickými i rozměrovými tolerancemi je výrobně i ekonomicky nesmírně náročné. Jelikož světlost i vnější tvar vlnovodu má tvar obdélníku, byl by poloměr opsané kružnice světlosti příliš velký a po přičtení tloušťky stěny kulového tělesa a stěny jeho obalu k tomuto poloměru by tato větší kružnice vyběhala z vnějšího tvaru vlnovodu. Aby tato kružnice nevyběhala, musely by být značně zvětšeny vnější rozměry ventilu oproti vlnovodu (Obr. 8). Součást navrhovaného ventilu by měla velké rozměry a při snaze navrhnout součást tak, aby co nejméně změnila průřez vlnovodu, by nevyhověla. I přesto, že návrh kulového ventilu byl zamítnut, položil základ stávajícímu řešení, návrhu válcového ventilu.



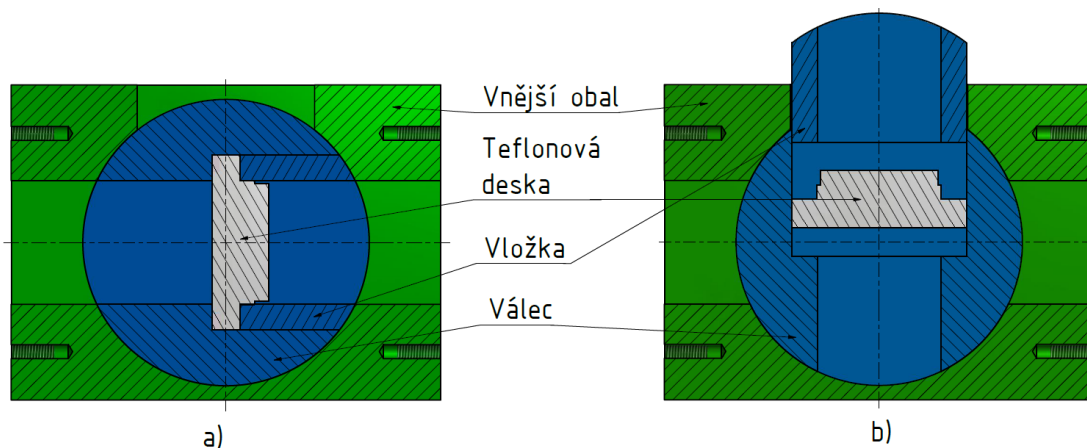
Obr. 8. Znárodnění tvaru vlnovodu a navrhovaného kulového ventilu

4.3.3 Válcový ventil

Válcový ventil má s kulovým ventilem společnou schopnost uzavřít vlnovod pouhým otočením tělesa o 90° . Dále na něj nepůsobí síla působící proti pohybu tělesa. Velkou výhodou válcového ventilu oproti kulovému ventilu je mnohem snadnější výroba. Ve strojní praxi je jednodušší vyvrtat přesnou válcovou dílu a vysoustružit jí příslušné přesné válcové těleso než vyfrézovat kulový otvor a kulové těleso.

Ideový návrh válcového ventilu:

Základem pro návrh válcového ventilu je jeho vnější obal. Bylo rozhodnuto, že vnější obal ventilu bude ve tvaru kvádru, který bude co nejvíce kopírovat tvar stávajícího vlnovodu, tedy výšku 95 mm a šířku 137,8 mm. Do tohoto kvádru bude vytvořen válcový otvor, jehož osa bude vodorovná a kolmá na osu vlnovodu. Z horní strany kvádru bude navržen otvor tak, aby umožnil vyjmutí teflonové desky o tvaru kvádru o šířce 62 mm a délce 105 mm. Vnější přípojné rozměry, tedy poloha závitů pro šrouby, vyplývá z přírubového spoje vlnovodu, který se řídí doporučením Mezinárodního elektrotechnického výboru (IEC). Do válcového otvoru bude umístěno vlastní těleso válcového ventilu. Těleso válcového ventilu bude tvaru válce, do kterého bude vyfrézováno vybrání pro vložení teflonové desky. Toto vybrání bude navrženo tak, aby teflonová deska ležela v rovině, ve které leží osa válce. Zbytek volného prostoru ve válci, nutného pro demontáž teflonové desky, bude vyplněn vložkou. Ve válcovém tělese bude dále umístěn takzvaný dusíkový ofuk, zabraňující usazování nečistot na povrchu teflonové desky. Na koncích válcového tělesa bude navržen mechanismus, který umožní otočení tohoto tělesa o devadesát stupňů a umožní vyjmutí vložky z válcového tělesa. Dále musí být navržen mechanismus, který umožní rozepřít vložku a válcové těleso ve válcovém otvoru při otevřeném stavu válcového ventilu. Tímto rozepřením dojde k vymezení vůlí mezi vložkou a válcovou dírou na jedné straně a válcovým tělesem a válcovým otvorem na straně druhé. Vymezení těchto vůlí zamezuje přeskočení výboje vlivem vysokého napětí mezi těmito díly. Napříč celou součástí válcového ventilu bude vytvořen otvor o průřezu ve tvaru obdélníku o šířce 86,36 mm a výšce 43,18 mm, jehož rozměry jsou řízeny doporučením IEC. Průřez tohoto otvoru bude kolmý na směr mikrovlnného záření a bude umístěn do středu součásti.



Obr. 9. Řez ideovým návrhem válcového ventilu a) ventil otevřen b) ventil uzavřen

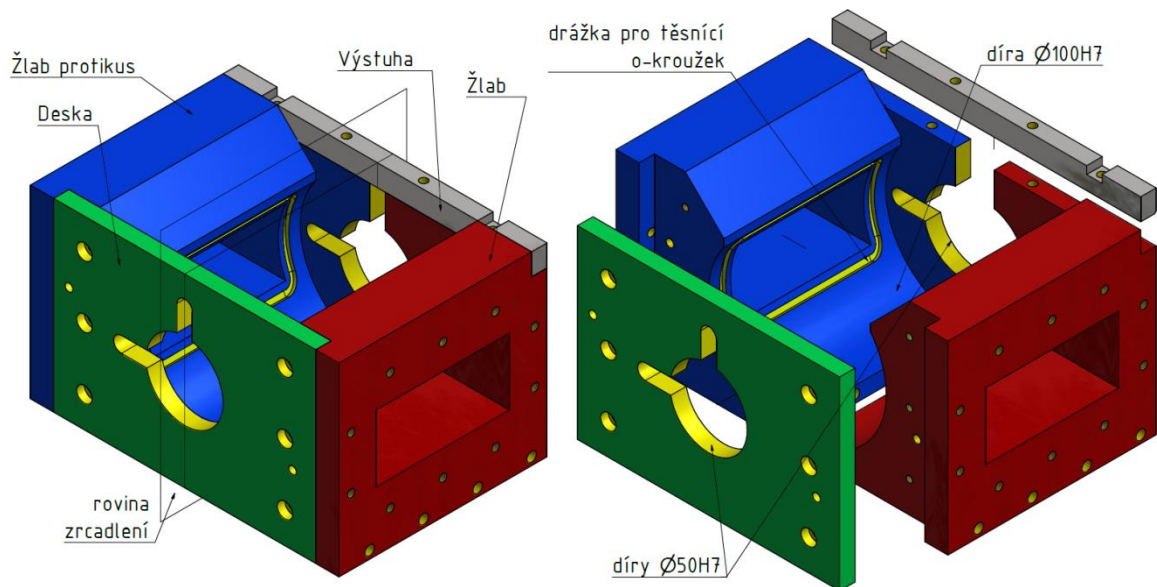
5 NOVÉ KONSTRUKČNÍ ŘEŠENÍ

Pro snadnější pochopení nového konstrukčního řešení jako celku, tedy konstrukce válcového ventilu, bylo toto řešení rozděleno do třech podskupin. V první podskupině, vnější obal, jsou zahrnuty části, které nekonají žádný pohyb. V druhé podskupině, vnitřní těleso, jsou popsány části, které mají jeden stupeň volnosti a mohou konat rotační pohyb. Pákový mechanismus je podskupina, ve které jsou uvedeny komponenty, které slouží k ovládání válcového ventilu.

Před vlastním konstruováním byly stanoveny, některé rozměrové tolerance a drsnosti povrchu. Pro uložení vnitřního tělesa ve vnějším obalu, byla vybrána geometrická tolerance H7/h6 – „Smykové uložení s velmi malou vůlí pro součásti, které se mají po sobě lehce posouvat, pro přesná vedení a středění součástí“ [17]. Drsnost povrchu pro toto uložení byla zvolena Ra 0,8. Toto uložení by mělo zajistit vakuovou těsnost a plošné elektrovedivé vodivé spojení. Uložení čepů válce ve vnějším obalu bylo voleno volnější, aby umožnilo posunutí válce a rozeptření vložky, a tím zajistilo elektrovedivé spojení na obou stranách vnitřního tělesa. Zvoleno bylo uložení H7/g6 – „Točné uložení s velmi malou vůlí pro přesné vedení hřídele a dobré mazání. Používá se u strojů, kde jsou hřídele lehce zatíženy“ [17]. Poslední stanovenou geometrickou tolerancí bylo uložení kostky ve vedení, umožňující její posuv. Bylo voleno H11/d11 – „Uložení se značnou vůlí pro součásti, jež se v sobě mohou lehce otáčet. Používá se v prašném prostředí. Pro součásti, pro jejichž uložení je žádoucí velká vůle – kámen přesouvače v drážce bubnu“ [17]. Pro toto uložení bylo voleno Ra1,6.

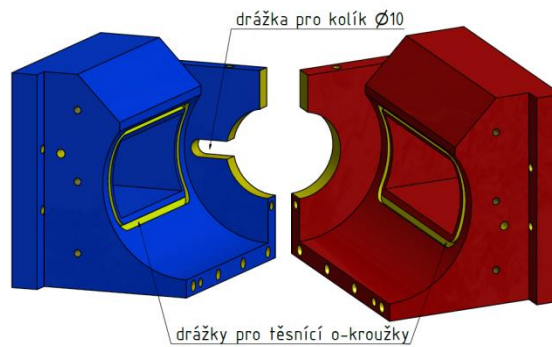
5.1 Vnější obal

Jak je uvedeno v kapitole 4.3.3 vnější obal (Obr. 10) válcového ventilu má tvar kvádrů. Tento obal je složen ze čtyř kusů: Žlab, žlab protikus, deska, výztuha, jejichž výkresová dokumentace je přiložena v příloze pod čísly výkresů 2-1272.019, 2-1272.020, 3-1272.022 a 4-1272.021.



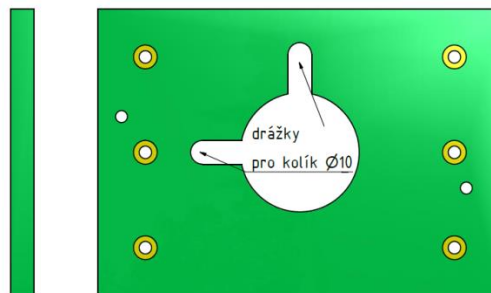
Obr. 10. Vnější obal

Žlab a žlab protikus (Obr. 11) jsou téměř identické části, avšak jsou k sobě zrcadlově převrácené. Tyto dvě části jsou k sobě sešroubovány pomocí čtyř svorníků (4-1272.023). Rovina dotyku těchto součástí je zároveň rovinou jejich zrcadlení. Poloha žlabu a žlabu protikusu je zajištěna zkolíkováním. Z levé strany je do nově vzniklého tělesa vyfrézován otvor $\varnothing 100H7$ do hloubky 115 mm. Osa tohoto otvoru leží v rovině zrcadlení žlabu a žlabu protikusu a je umístěna v polovině výšky nově vzniklého tělesa. Z pravé strany je vyfrézován průchozí otvor $\varnothing 50H7$ s totožnou osou otvoru $\varnothing 100H7$. Do takto vzniklého otvoru je při montáži umístěn válec (2-1272.010). Na vnitřní válcové ploše otvoru $\varnothing 100H7$ jsou vyfrézovány dvě drážky pro těsnící o-kroužky. Možnosti výroby těchto dvou drážek jsou příčinou rozdělení vnějšího obalu v rovině zrcadlení žlabu a žlabu protikusu na tyto dvě části. Na horní straně tělesa je vyfrézován otvor tvaru jehlanu pro vyjmutí vložky (4-1272.024) z válce. Na přední a zadní strany je vyvrtáno deset závitových děr pro sešroubování válcového ventilu k vlnovodu. V žlabu protikus jsou vyfrézovány vodící drážky a šířce 10 mm pro kolíky. Tyto kolíky slouží pro zajištění správné polohy válce, pro vyjmutí vložky z válce při uzavřeném stavu ventilu a pro rozeprání vložky a válce při otevřeném stavu.



Obr. 11. Žlab a žlab protikus

Třetí částí tvořící vnější obal válcového ventilu je deska (Obr. 12). Deska obsahuje také průchozí otvor $\text{Ø}50\text{H}7$, jejíž osa je totožná s osou otvoru $\text{Ø}100\text{H}7$, ve kterém se po sestavení bude otáčet válec. Dále je v desce vyvrtáno šest otvorů pro závrtné šrouby s vnitřním šestihranem, s nimiž je deska přišroubována na levou stranu tělesa vzniklého z kusů žlab a žlab protikus. V desce jsou vysoustruženy dva otvory pro kolíky. Otvory jsou umístěny asymetricky, aby bylo zamezeno montáži desky ve špatné poloze. Kolíky v těchto otvorech mají funkci nejen zamezení špatné montáži desky, ale také vymezení vzájemné polohy částí žlabů, žlab protikus, deska. V desce jsou vyfrézovány vodící drážky a šířce 10 mm pro kolíky. Tyto kolíky slouží pro zajištění správné polohy válce, pro vyjmutí vložky z válce při uzavřeném stavu ventilu a pro rozepření vložky a válce při otevřeném stavu.



Obr. 12. Deska

Čtvrtou a poslední částí vnějšího obalu je výztuha (Obr. 13). Tato součást má tvar tyče s obdélníkovým průřezem. Do této tyče jsou vyvrtány čtyři otvory, dva pro zápusťné šrouby s vnitřním šestihranem a dva pro kolíky. Výztuha je při montáži umístěna na pravou horní hranu vnějšího obalu a slouží k vyztužení vnějšího obalu a k vymezení vzájemné polohy žlabu a žlabu protikusu.

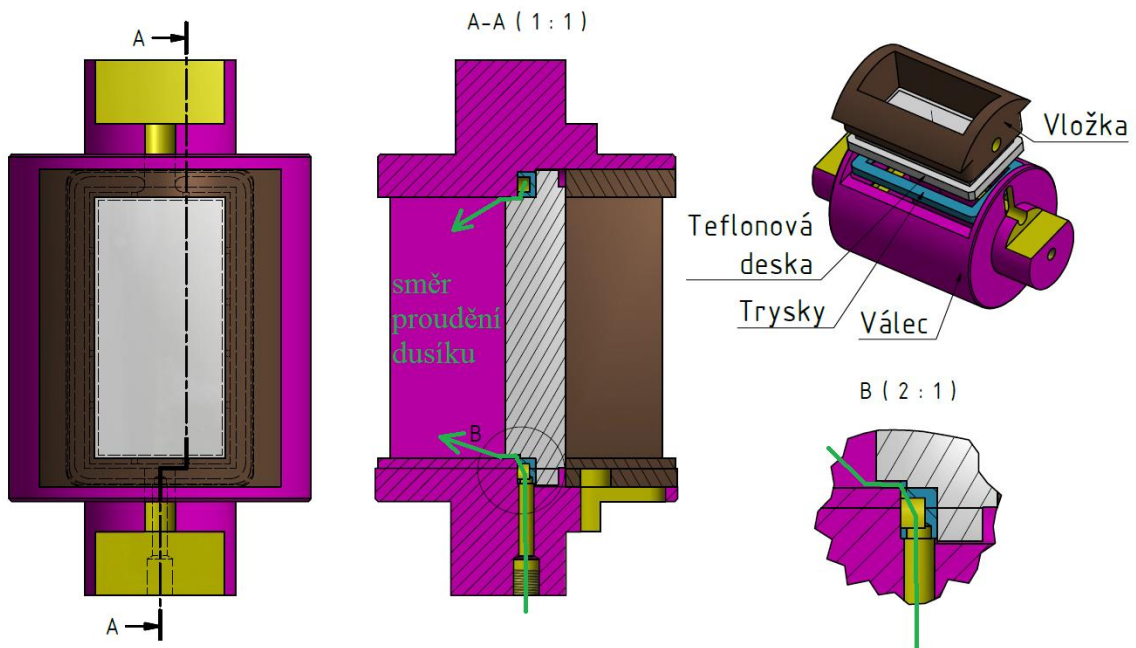


Obr. 13. Výztuha

Otvor obdélníkového průřezu o rozměrech 86,36 mm a 43,18, které se řídí doporučením IEC 145, viz kapitola 1.4.3, je vytvořen drátovým řezáním až po sestavení válcového ventilu, aby bylo dosaženo maximální přesnosti. V desce, žlabu a žlabu protikusu jsou vyfrézovány vodící drážky a šířce 10 mm pro kolíky. Tyto kolíky slouží pro zajištění správné polohy válce, pro vyjmutí vložky z válce při uzavřeném stavu válce a pro rozeprání vložky a válce při otevřeném stavu.

5.2 Vnitřní těleso

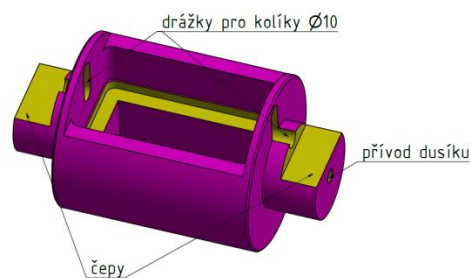
Vnitřní těleso (Obr. 14) se stává ze čtyř částí, a to válec (2-1272.010), trysky (4-1272.011), teflonové desky (4-1272.002) a vložky (4-1272.024).



Obr. 14. Vnitřní těleso

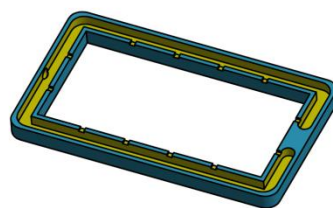
Část válec (Obr. 15) má tvar válce o průměru 100h6 mm a délce 114,9 mm. Do tohoto válce jsou vyfrézována vybrání obdélníkového průřezu, do kterých jsou při sestavení umístěny ostatní části vnitřního tělesa. Nejhlouběji je vybrání o délce 103 mm a šířce 60 mm, do něhož je při montáži zalisována část trysky. Nad tímto vybráním je vyfrézováno vybrání s větším průřezem a to o šířce 62 mm a délce 105 mm. Do tohoto vybrání jsou při montáži

vloženy části teflonová deska a vložka. Z obou stran válce o průměru 100 mm jsou vysoustruženy čepy o průměru 50g6. Na čepích jsou vyfrézovány plochy, sloužící jako zámky proti protočení pákového mechanismu. Tyto čepy slouží k otáčení vnitřního tělesa ve vnějším obalu pomocí pákového mechanismu. Z pravé strany a v ose válce je vyvrtán otvor se závitem sloužící pro přívod dusíku do části trysky. Z pravé i levé strany válce jsou vyfrézovány vodící drážky o šířce 10 mm pro kolíky. Tyto kolíky slouží pro zajištění správné polohy válce, pro vyjmutí vložky z válce při uzavřeném stavu ventilu a pro rozeřízení vložky a válce při otevřeném stavu.



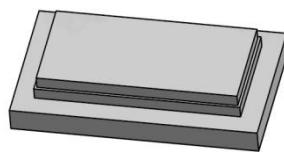
Obr. 15. Válec

Jak je napsáno výše, nejdříve je do válce zalisována část trysky (Obr. 16). Tato část má tvar kvádru. Po obvodu jedné z jeho největších stran je vyfrézována drážka o šířce 5 mm a hloubce 4 mm. Drážka slouží k přívodu dusíku k dvanácti průduchům, které jsou zkonstruovány pomocí drážek o šířce 2 mm a hloubce 0,8 mm tak, aby jimi dusík unikal směrem do otvoru obdélníkového otvoru o šířce 43,18 mm a délce 86,36 mm. Do tohoto otvoru, je při montáži vložena teflonová deska a ta je následně ofukována dusíkem. Zboku části tryska je vyvrtán otvor pro přívod dusíku.



Obr. 16. Trysky

Část teflonová deska (Obr. 17) má tvar kvádru s několika vybráními. Vybrání s obvodovými rozměry 86,5 mm a 43,3 mm slouží ke vtlačení teflonové desky do části trysky. Toto vybrání slouží také k utěsnění vakuového prostředí. Vybrání s obvodovými rozměry 84,3 mm a 41 mm slouží k nasměrování proudu dusíku vstříkovaného přes část trysky směrem do vlnovodu.



Obr. 17. Teflonová deska

Poslední částí vnitřního tělesa je vložka (Obr. 18). Vložka má tvar části válce s vybráním. Poloměr válcové plochy je 50h6 mm a vybrání o šířce 62 mm a délce 105 mm je zkonstruováno tak, aby bylo možné vložku zasunout do části válec. Tvar části vložky je konstruován tak, aby při sestavení všech částí vnitřního tělesa vznikla plná válcová plocha s průměrem 100H7 a s výjimkou otvoru šířky 43,18 a délky 86,36, kterým prochází mikrovlny. Z pravé i levé strany vložky jsou vyrobeny slepé díry o průměru 10 mm pro kolíky. Tyto kolíky slouží pro zajištění správné polohy válce, pro vyjmutí vložky z válce při uzavřeném stavu ventilu a pro rozepření vložky a válce při otevřeném stavu.

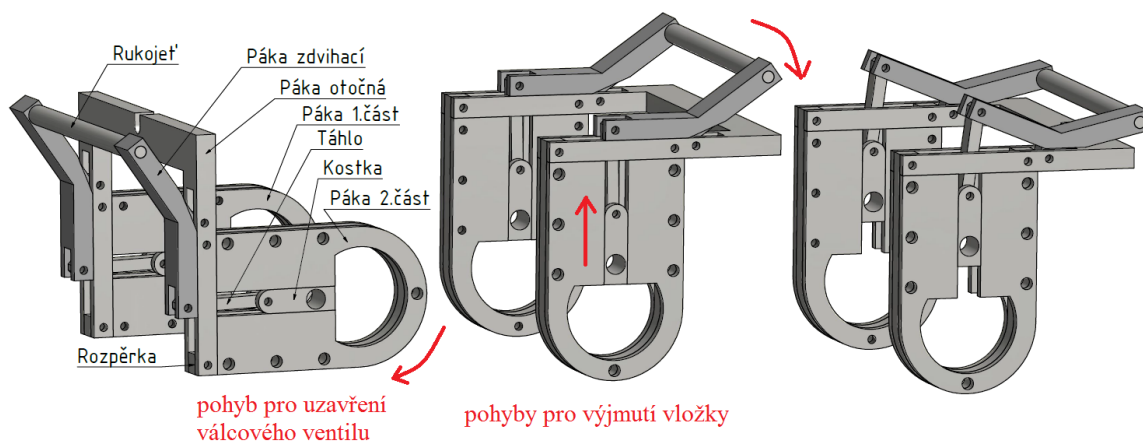


Obr. 18. Vložka

Otvor obdélníkového průřezu o šířce 43,18 mm a délce 86,36 mm, který prochází částmi válce, trysky a vložky, je vyroben po sestavení drátovým řezáním spolu s částmi žlabů a žlab protikus.

5.3 Pákový mechanismus

Pákový mechanismus (Obr. 19) sloužící k ovládní válcového ventilu, k otáčení vnitřního tělesa ve vnějším obalu, k vyjmutí vložky z válce a k rozepření vložky s válcem, je zkonstruován z osmi částí rukojeť (4-1272.018), páka zdvihací (4-1272.016), páka otočná (3-1272.015), táhlo (4-1272.017), kostka (4-1272.014), rozpěrka (4-1272.013), páka 1. část (4-1272.012) a páka 2. část (4-1272.025).



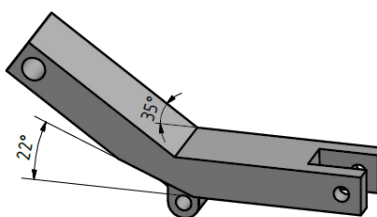
Obr. 19. Pákový mechanismus

Rukojeť (Obr. 20) je kruhová tyč o průměru 10 mm, která je na koncích zúžena na průměr 6 mm. Na tyto zúžené konce jsou nasunuty páky zdvihací.



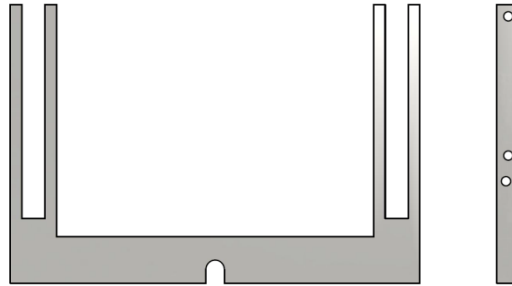
Obr. 20. Rukojeť

Páka zdvihací (Obr. 21) je tyč s obdélníkovým průřezem, která je zhruba ve svém středu zlomena o úhel 35° . Na jednom konci tyče je vyvrtán otvor $\varnothing 6$ mm pro vsunutí rukojeti a v druhém konci tvaru vidličky je vyvrtán otvor $\varnothing 4$ mm pro kolík, který spojuje zdvihací páku s táhlem. Uprostřed tyče je zkonstruováno osazení, v němž je vyvrtán otvor $\varnothing 4$ mm pro kolík, kterým je páka zdvihací spojena s pákou otočnou v točném uložení. Osazení je navrženo tak, aby se páka zdvihací mohla otočit v páce otočné o 22° .



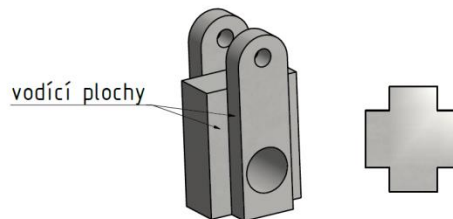
Obr. 21. Páka zdvihací

Páka otočná (Obr. 22) je navržena z plechu vypáleného do tvaru U. Na obou koncích jsou vypáleny drážky, do kterých jsou při montáži umístěny dvě rozpěrky a dvě páky zdvihací. Všechny tyto části jsou k sobě připevněny kolíky.



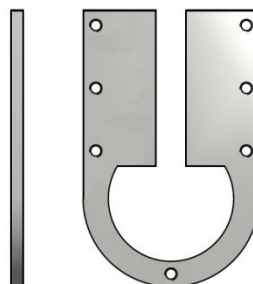
Obr. 22. Páka otočná

Kostka (Obr. 23) je část sloužící jako jezdec. V kostce je vyvrtán otvor o průměru 10 mm pro kolík, sloužící k zajištění správné polohy válce, k vyjmutí vložky z válce při uzavřeném stavu ventilu a pro rozepření vložky a válce při otevřeném stavu. V horní části má kostka vyfrézované vybrání a vyvrtaný otvor $\varnothing 4$ mm pro spojení kostky s táhlem zkolíkováním. Podél tělesa kostky jsou vytvořeny vodící plochy pro pohyb kostky ve vedení sestaveného ze tří částí, páky 1. část, páky 2. část a rozpěrky.



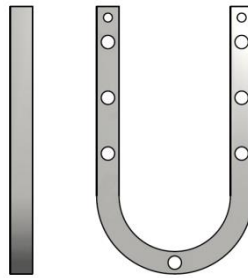
Obr. 23. Kostka

Páka 1. část (Obr. 24) je navržena z plechu vypáleného do tvaru písmene U. V ose tohoto tvaru je vyfrézována drážka o šířce 12 mm, ve které se po sestavení pohybuje kostka. Po obvodu plechu jsou vyvrtány závitové otvory pro šrouby, které je spojují s rozpěrkou a pákou 2. část. Ve spodní části plechu je vytvořeno vybrání tvaru kruhu s oddělenou tětivou. Do tohoto vybrání je při sestavení zasunut čep válce a tím je realizováno spojení pákového mechanismu s vnitřním tělesem.



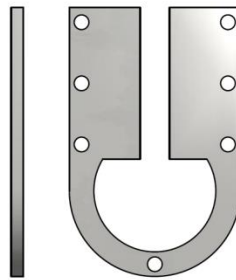
Obr. 24. Páka 1. část

Rozpěrka (Obr. 25) je tyč s čtvercovým průřezem ohnutá do tvaru písmene U. Tyč je provrtána sedmi dírami $\varnothing 6$ mm pro šrouby, které spojují rozpěrku s pákou 1. část a s pákou 2. část. Další dva otvory s průměrem 4 mm pro kolíky spojující rozpěrku s pákou otočnou. Rozpěrka je při sestavení vložena mezi páku 1. část a páku 2. část a tím vymezuje vzdálenost mezi těmito částmi a umožňuje pohyb kostky ve vedení.



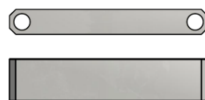
Obr. 25. Rozpěrka

Páka 2. část (Obr. 26) je totožný díl s pákou 1. část, avšak místo závitových otvorů jsou vyvrtány otvory o průměru 6 mm.



Obr. 26. Páka 2. část

Táhlo (Obr. 27) je tyč obdélníkového průřezu. Na koncích je provrtána. Těmito otvory je táhlo zkolíkováno s částmi páka otočná a kostka. Táhlo slouží k přenosu rotačního pohybu páky otočné na posuvný pohyb kostky.

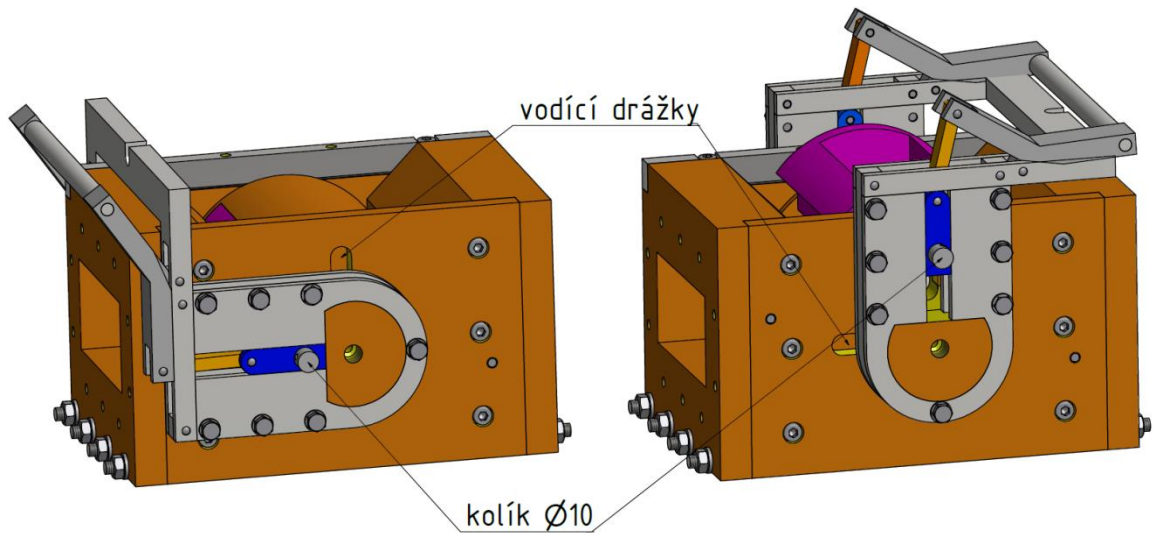


Obr. 27. Táhlo

5.4 Ovládání ventilu

Ovládání válcového ventilu (Obr. 28) je praktikováno pomocí kolíků $\varnothing 10$ mm. Tyto kolíky spojují pákový systém skrze drážky ve vnějším obalu a válci s vložkou. Přitlačením rukojeti k páce otočné dojde k posunutí kostek, ve kterých jsou zasunuty kolíky $\varnothing 10$ mm a

ty vytlačí vložku z válce. Tento systém umožňuje rozepření vložky a válce při otevřeném stavu a vyjmutí vložky z válce při uzavřeném stavu ventilu. Při otáčení vnitřního tělesa pákovým systémem, tedy otevírání a zavírání ventilu, musí být kolíky $\varnothing 10$ mm vysunuty z drážek. Opětovným zasunutím těchto kulíků do drážek po otočení vnitřního tělesa o 90° dojde k jeho aretaci.



Obr. 28. Ovládání ventilu

6 ODZKOUŠENÍ A NÁVRH NA ZLEPŠENÍ

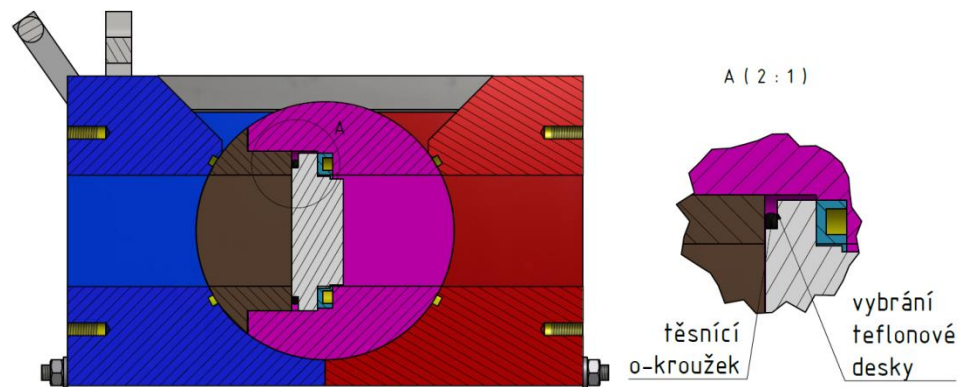
Po dokončení vývojových fází návrhu principu řešení, konstrukčního a technologického řešení a výroby, následuje fáze odzkoušení a případné odstranění nedostatků. Tato fáze je neméně důležitou v celém procesu vývoje součásti.

6.1 Odzkoušení

Válcový mikrovlně těsný ventil byl připojen k zařízení vakuové mikrovlnné pyrolýzy. Při spuštění vývěvy došlo k vytvoření vakuového prostředí, které indikovalo netěsnost válcového ventilu. Docházelo k nasávání vzduchu okolo teflonové desky. Tento nedostatek byl následně odstraněn vytvořením vybrání do teflonové desky a umístěním těsnícího o - kroužku do tohoto vybrání. Toto odstranění nedostatku je popsáno níže v kapitole 6.2. Dále bylo zjištěno, že přes uložení H7/h6 vnitřního tělesa ve vnějším obalu nedochází k nasávání okolního vzduchu, ani k vyzařování mikrovln do okolí válcového ventilu i bez použití těsnících o - kroužků. Válcový mikrovlnně těsný ventil byl opakovaně odzkoušen při dlouhodobém pyrolýzním procesu. Po každém dlouhodobém pyrolýzním procesu byla vyjmuta teflonová deska a nebylo zjištěno žádné poškození jí samotné, ani hran vnitřního tělesa. To dokazuje, že ve válcovém ventilu nedochází k elektrickým výbojům. Mikrovlnný zářič nezaznamenal žádné mikrovlny odražené zpět do zářiče. Na válcovém ventilu nebyla zaznamenána žádná vakuová ani mikrovlnná netěsnost. Bylo zjištěno, že vložku lze z válce vysunout manuálně bez použití pákového systému. Dále byl při zkouškách objeven způsob nedestruktivního vyjmutí teflonové desky z vnitřního tělesa. Při uzavření ventilu je otvor, kterým je vpouštěn dusík do vlnovodu, přetočen do spodní části vnějšího obalu. Tímto přetočením vznikne vzduchotěsná kapsa, kterou z horní strany utěšňuje teflonová deska. Při přivedení tlakového vzduchu do otvoru pro přívod dusíku je teflonová deska vytlačena z vnitřního tělesa. Z těchto poznatků lze konstatovat, že princip a funkce válcového mikrovlnného ventilu byla ověřena.

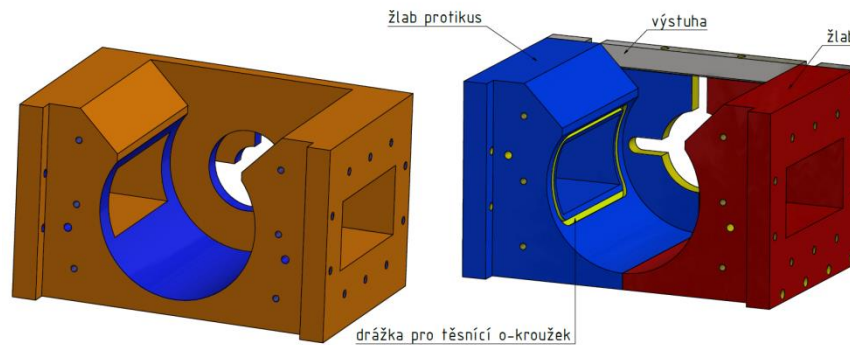
6.2 Návrh na zlepšení

Na začátku této kapitoly je uvedena oprava nedostatku (Obr. 28), který je popsán v kapitole 6.1. Do teflonové desky bylo vybroušeno vybrání na opačné straně, než je vyfrézováno vybrání pro vtlačení teflonové desky do trysek. Do tohoto vybrání byl umístěn těsnící o - kroužek (Obr. 29). Po přitlačení vložky na těsnící o - kroužek dojde k utěsnění vakua v okolí teflonové desky.



Obr. 29. Oprava nedostatku

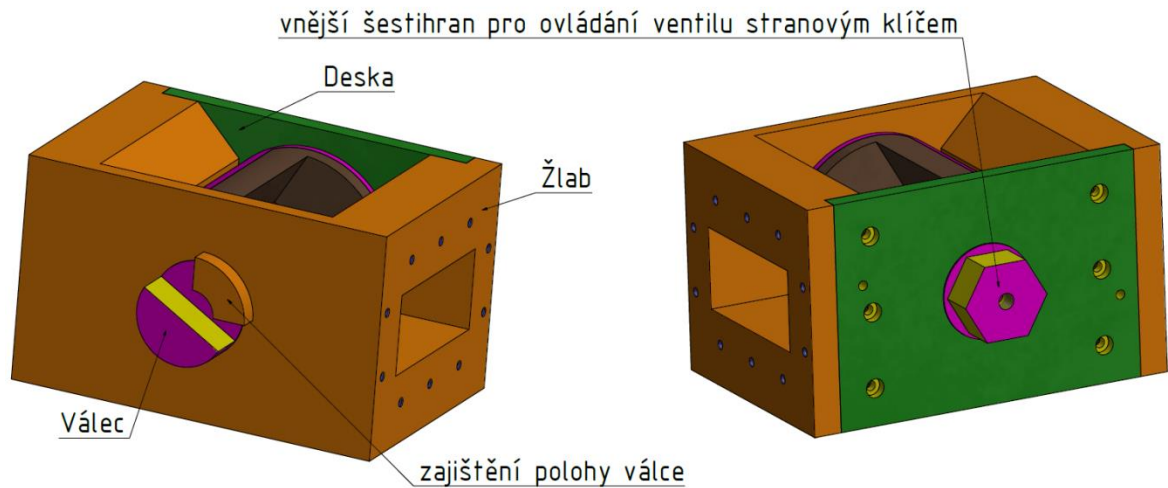
Velmi důležitým poznatkem ve zjednodušení konstrukčního řešení válcového ventilu je, že přes uložení H7/h6 vnitřního tělesa ve vnějším obalu, nedochází k nasávání okolního vzduchu, ani k vyzařování mikrovln do okolí válcového ventilu i bez použití těsnících o - kroužků. Není tedy nutné vyrábět v uložení drážky pro tyto o - kroužky. Díky tomu lze části žlabů, žlab protikus a výstuha sloučit v jednu součást. Vnější obal by se tedy stával pouze ze dvou částí. Tato úprava je uvedena na Obr. 30. Tím by došlo i k výraznému zvýšení tuhosti vnějšího obalu a k snížení nákladů na výrobu.



Obr. 30. Úprava vnějšího obalu

Dalším výrazným zjednodušením konstrukčního řešení by bylo odstranění mechanismu pro vyjmutí vložky z válce při uzavřeném stavu válce a pro rozeprání vložky a válce při otevřeném stavu. Vyjmutí vložky z válce lze provádět ručně a proces rozeprání válce a vložky v otevřeném stavu by převzal těsnící o - kroužek vložený do vybrání v teflonové desce. Z tohoto důvodu nejsou potřebné ani drážky o šířce 10 mm konstruované v částech žlab protikus, válec a vložka. Tyto drážky slouží pro kolíky k zajištění polohy válce, vyjmutí vložky a rozeprání vložky a ventilu. Správné zajištění polohy válce by bylo navrženo vybráním v jednom z čepů válce. Pohyb vnitřního tělesa ve vnějším obalu by bylo provádě-

děno pomocí stranového klíče nasazeného na vnější šestihran zkonstruovaný na druhém čepu válce. Z těchto uvedených změn vyplývá, že pákový mechanismus by ztratil svůj význam, a proto není v novém řešení (Obr. 31) uvažován.



Obr. 31. Návrh na zlepšení

Všechna tato zlepšení výrazně zjednodušují konstrukční a technologické zpracování, výrobu, tuhost a ovládání vakuového mikrovlně těsného ventilu. Dále tato zlepšení znamenají výraznou úsporu nákladů na materiál a výrobu součástí.

ZÁVĚR

Byla navržena a zkonstruována součást vakuový mikrovlnně těsný ventil pro zařízení vakuové mikrovlnné pyrolýzy, která je schopna oddělit rozdílná tlaková prostředí pomocí teflonové desky. Umožňuje také výměnu této mikrovlnně propustné teflonové desky bez nutnosti přerušení pyrolýzního procesu a to v krátkém časovém úseku.

Konstrukce součásti byla rozdělena do tří částí: vnější obal, vnitřní těleso a pákový systém. Po odzkoušení součásti bylo zjištěno, že není nutné těsnit styčnou plochu mezi vnitřním tělesem a vnějším obalem o - kroužky. Toto zjištění vedlo k odstranění drážek pro zmíněné o - kroužky z konstrukčního řešení (Obr. 30). Nepotřebnost drážek vedla ke sloučení tří ze čtyř částí vnějšího obalu v jednu. Při zkouškách byla indikována netěsnost mezi částmi teflonová deska a vložka. Tato netěsnost byla odstraněna vyfrézováním vybrání do teflonové desky a vložení o - kroužku do tohoto vybrání (Obr. 29). Na Obr. 28 a Obr. 19 jsou znázorněny funkce pákového mechanismu. Funkci rozeprání vložky a válce ve vnějším obalu při otevřeném stavu ventilu nově zajišťuje o - kroužek vložený do vybrání v teflonové desce. Funkci otevírání a zavírání ventilu nově přebírá šestihran pro použití stranového klíče (Obr. 31). Aretaci polohy vnitřního tělesa ve vnějším obalu zastávaly kolíky $\varnothing 10\text{mm}$, které procházely skrze komponenty pákového mechanismu vnějšího obalu i vnitřního tělesa. V upraveném konstrukčním řešení přebírá aretaci vybrání v čepu válce a aretační kostka na vnějším obalu (Obr. 31). Vyjmutí vložky z válce lze provést manuálně, což přebírá poslední funkci pákového mechanismu. Tyto úpravy vedly k odstranění pákového mechanismu z konstrukčního řešení. Inovace konstrukčního řešení přinesla výrazné zjednodušení obsluhy součásti a snížení nákladů na její výrobu.

Při několika dlouhodobých zkouškách bylo zjištěno, že v součásti nedochází k elektromagnetickým výbojům ani k zpětným odrazům šířících se mikrovln. Lze tedy konstatovat, že navržená součást splňuje požadovaný cíl této práce.

Použití součásti na zařízení vakuové mikrovlnné pyrolýzy značně snížily bezpečnostní a časové nároky na údržbu zařízení.

SEZNAM POUŽITÉ LITERATURY

- [2] ŠAULIOVÁ, Jana a Jana RYNDOVÁ. *Mikrovlny v laboratorních cvičeních z organické chemie*. Vyd. 1. Ústí nad Labem: Univerzita J.E. Purkyně v Ústí nad Labem, 2003, 46 s. ISBN 80-7044-488-6.
- [2] VRBA, Jan. *Úvod do mikrovlnné techniky*. Vyd. 2., přeprac. Praha: Nakladatelství ČVUT, 2007, 170 s. ISBN 978-80-01-03670-9.
- [3] DUBE, Dinesh C. *Microwave devices and applications*. Oxford, U.K: Alpha Science International, 2011. ISBN 978-1-84265-604-4.
- [4] VRBA, Jan. *Aplikace mikrovlnné techniky*. Vyd. 1. Praha: Vydavatelství ČVUT, 2001, 147 s. ISBN 80-01-02294-3.
- [5] HANUS, Stanislav a Jiří SVAČINA. *Vysokofrekvenční a mikrovlnná technika*. Vyd. 1. Brno: Vysoké učení technické, 2000, 92 s. ISBN 80-214-1765-x.
- [6] *Vacuum and Plasma Surface Engineering: international conference : book of abstracts : Liberec - Hejnice, ..* Liberec: Technical University of Liberec, [2006]-. 1x ročně.
- [7] SEDLÁČEK, Vladimír. *Povrchy a povlaky kovů*. 1. vyd. Praha: České vysoké učení technické, 1992, 176 s.
- [8] KUBÍČEK, J. *Renovace a povrchové úpravy* [on-line]. Vydáno: 11.12.2006, [citováno 2010_03_20]. Dostupné z: http://ust.fme.vutbr.cz/svarovani/opory_soubory/renovace_a_povrchove_upravy__kubicek.pdf
- [9] ČERVINKA, M. *Využití povrchových úprav v současné technické praxi*. Brno: Vysoké učení technické v Brně, Fakulta strojního inženýrství, 2009. 50 s. Vedoucí bakalářské práce Ing. Lenka Klakurková, Ph.
- [10] HRUBÝ, V., TULKA, J., KADLEC, J. *Povrchové technologie*. 1. vyd. Brno: Vojenská akademie, 1995, 120 s.
- [11] KRAUS, Václav. *Povrchy a jejich úpravy*. 1. vyd. Plzeň: Západočeská univerzita, 2000, 216 s. ISBN 80-7082-668-1.
- [12] NĚMCOVÁ, A. *Výzkum a vývoj technologie povrchových vrstev součástí valivých a kluzných ložisek*. Brno: Vysoké učení technické v Brně, Fakulta strojního inženýrství, 2008. 71 s. Vedoucí diplomové práce Ing. Pavel Doležal, Ph.D.
- [13] LIPA, Zdenko, JANÁČ Alexander. *Dokončovacie spôsoby obrábania*. 1. vyd. Bratislava: Slovenská technická univerzita, 2000. 94 s. ISBN: 80-227-1324-4.

- [14] AB SANDVIK COROMANT – SANDVIK CZ s.r.o. *Příručka obrábění – Kniha pro praxi*. Přel. M. Kudela. 1. vyd. Praha: Scientia s.r.o., 1997. 857 s. Přel. Z: Modern metal Cutting – A Practical Handbook. ISBN 91-972299-4-6.
- [15] KOCMAN, Karel, PROKOP, Jaroslav. *Technologie obrábění*. Brno: Akademické vydavatelství CERM, s. r. o., 2001. 270 s. ISBN 80-214-1996-2.
- [16] Ventily a servopohony: ESN 2010. Reftel: ESN, 2010, 191 s.
- [17] SVOBODA, Pavel, Jan BRANDEJS a František PROKEŠ. *Základy konstruování*. Vyd. 4., přeprac. Brno: Akademické nakladatelství CERM, 2006, iii, 199 s. ISBN 80-7204-458-3.

SEZNAM POUŽITÝCH SYMBOLŮ A ZKRATEK

APCVD	Atmospherics Pressure Chemical Vapor Deposition.
ARD	Absorbtion Rate Density.
B	Vektor indukce magnetického pole.
cm	Centimetr.
CVD	Chemical Vapor Deposition.
D	Vektor indukce elektrického pole.
E	Intenzita elektrického pole.
EHF	Milimetrové vlny.
f	Frekvence.
GHz	Gigahertz.
h	Hodina.
H	Vektor intenzity magnetického pole.
HTCVD	High Temperature Chemical Vapor Deposition.
HV	Jednotka tvrdosti podle Vickerse.
IEC	International Electrotechnical Commission.
IT	Stupeň přesnosti.
J_v	Hustota vodivého proudu.
kg	Kilogram.
LPCVD	Low Pressure Chemical Vapor Deposition.
LTCVD	Low Temperature Chemical Vapor Deposition.
m	Metr.
Mhz	Megahertz.
mm	Milimetr.
mW	Miliwatt.
\varnothing	Průměr.
p	Výkon.
PVD	Physical Vapor Deposition.
Ra	Drsnost povrchu.
SAR	Specific Absorbtion Rate.
SHF	Centimetrové vlny.
SPCVD	Specific Pressure Chemical Vapor Deposition.
t	Čas.

TE	Transverzálně elektrická vlna.
TEM	Transverzálně elektromagnetická vlna.
THz	Terahertz.
TM	Transverzálně magnetická vlna.
UHF	Decimetrové vlny.
V	Volt.
W	Watt.
Zn	Zinek.
ε	Permitivita prostředí.
μ	Permeabilita prostředí.
μm	Mikrometr.
ρ	Hustota.
σ	Elektrická vodivost.
$^{\circ}$	Stupeň.
$^{\circ}\text{C}$	Stupeň celsia.

SEZNAM OBRÁZKŮ

Obr. 1. Příčné průřezy mikrovlnnými vlnovody [5]	17
Obr. 2. Druhy hladkých obdélníkových vlnovodných přírub [5]	20
Obr. 3. Základní dělení povrchových úprav [10].....	21
Obr. 4. Současné uspořádání.....	34
Obr. 5. Schéma deskového ventilu	36
Obr. 6. Ideový návrh deskového ventilu	36
Obr. 7. Schéma kulového ventilu [16].....	37
Obr. 8. Znázornění tvaru vlnovodu a navrhovaného kulového ventilu	37
Obr. 9. Řez ideovým návrhem válcového ventilu a) ventil otevřen b) ventil uzavřen	38
Obr. 10. Vnější obal.....	40
Obr. 11. Žlab a žlab protikus	41
Obr. 12. Deska	41
Obr. 13. Výztuha.....	42
Obr. 14. Vnitřní těleso	42
Obr. 15. Válec.....	43
Obr. 16. Trysky.....	43
Obr. 17. Teflonová deska.....	44
Obr. 18. Vložka.....	44
Obr. 19. Pákový mechanismus	45
Obr. 20. Rukojeť	45
Obr. 21. Páka zdvihací.....	45
Obr. 22. Páka otočná.....	46
Obr. 23. Kostka.....	46
Obr. 24. Páka 1. část	46
Obr. 25. Rozpěrka.....	47
Obr. 26. Páka 2. část	47
Obr. 27. Táhlo.....	47
Obr. 28. Ovládání ventilu	48
Obr. 29. Oprava nedostatku	50
Obr. 30. Úprava vnějšího obalu.....	50
Obr. 31. Návrh na zlepšení	51

SEZNAM TABULEK

Tab. 1. Označení kmitočtových pásem [2]	12
Tab. 2. Maximální hodnoty ozáření podle české hygienické normy [2]	16
Tab. 3. Základní rozměry přírub obdélníkových vlnovodů typu R podle IEC 154 [5]	20
Tab. 4. Srovnání dokončovacích operací [15]	31

SEZNAM PŘÍLOH

Vázané přílohy:

P I Základní technické parametry obdélníkových vlnovodů řady R podle IEC

Volné přílohy:

P II Výkresová dokumentace konstruované součásti

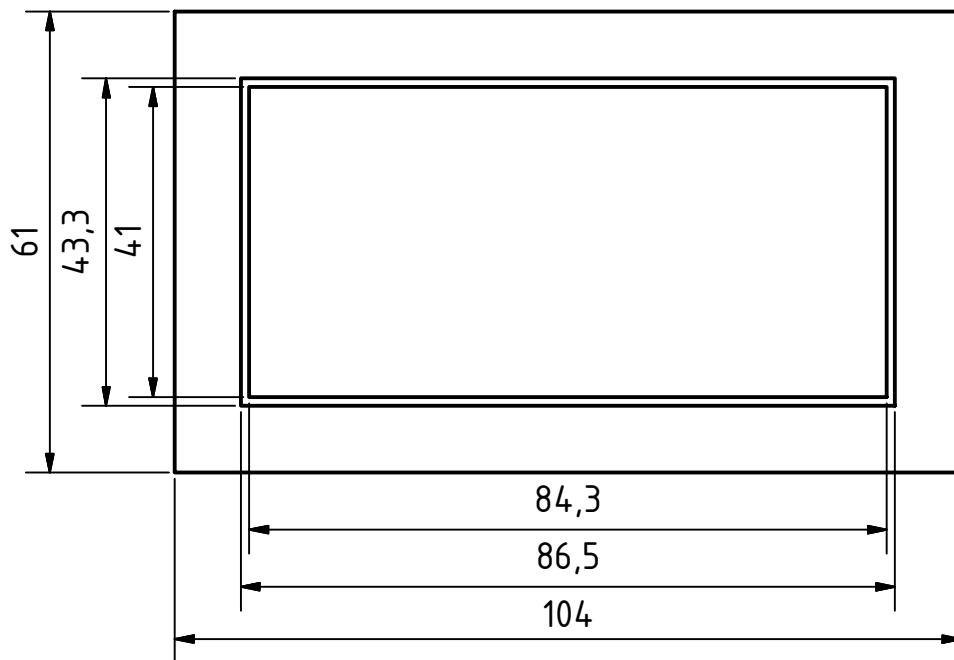
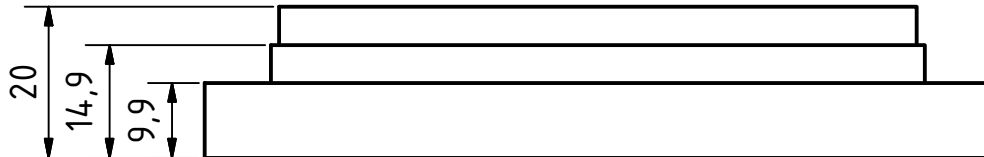
č. výkresu	název
2-1272.001	Válcový ventil
4-1272.002	Teflonová deska
2-1272.003	Montážní sestava
2-1272.010	Válec
4-1272.011	Trysky
4-1272.012	Páka 1. část
4-1272.013	Páka rozpěrka
4-1272.014	Kostka
3-1272.015	Páka otočná
4-1272.016	Páka zdvihací
4-1272.017	Táhlo
4-1272.018	Rukojeť
2-1272.019	Žlab
2-1272.020	Žlab protikus
4-1272.021	Výztuha
3-1272.022	Deska
4-1272.023	Svorník
4-1272.024	Vložka
4-1272.025	Páka 2. část

P III Výkresová dokumentace inovované konstruované součásti

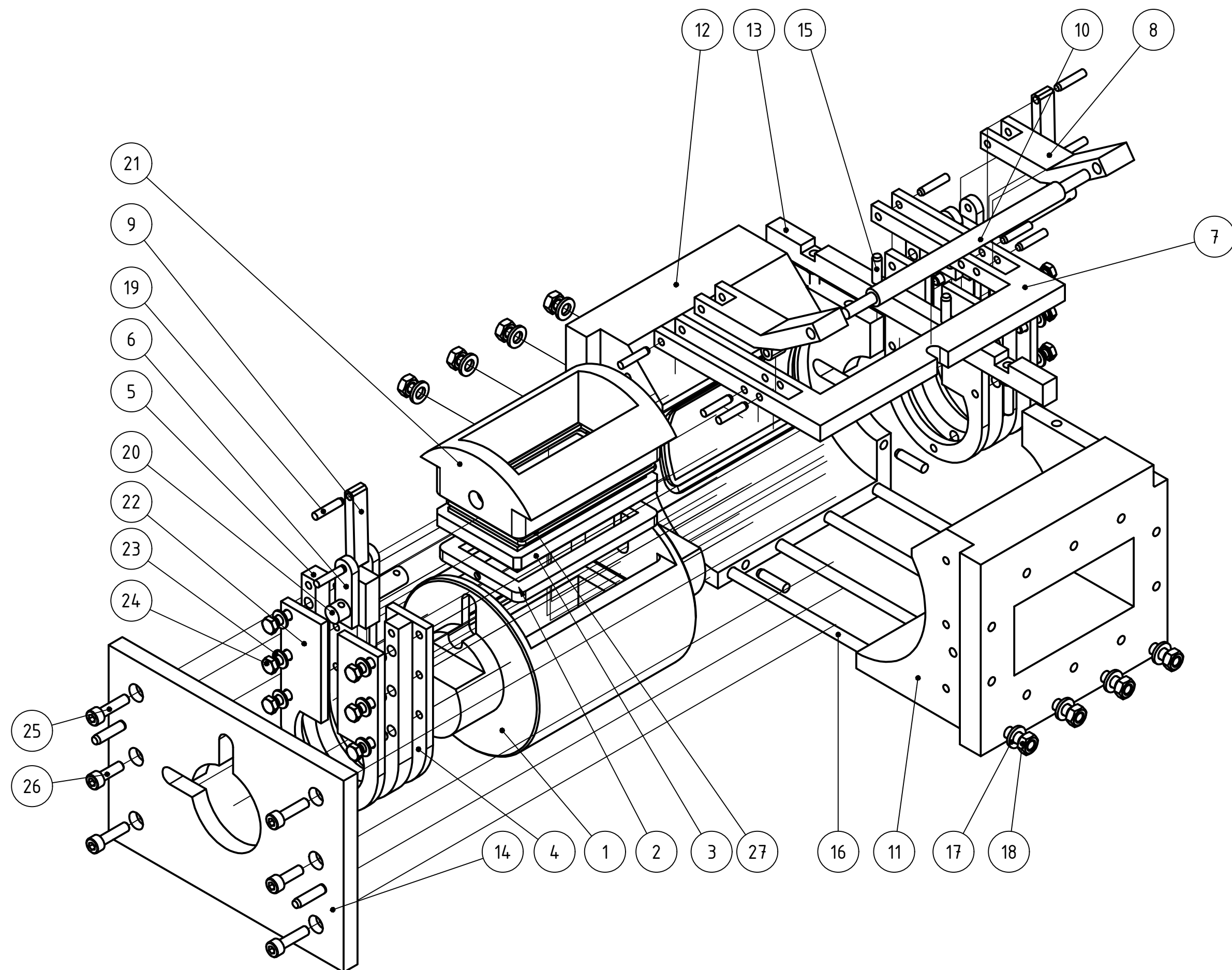
č. výkresu	název
3-1272.026	Nový válcový ventil
4-1272.027	Nová teflonová deska
3-1272.028	Nová montážní sestava
2-1272.029	Nový válec
4-1272.011	Trysky
3-1272.030	Nový žlab
3-1272.031	Nová Deska
4-1272.032	Nová vložka

**PŘÍLOHA P I: ZÁKLADNÍ TECHNICKÉ PARAMETRY
OBDELNÍKOVÝCH VLNOVODŮ ŘADY R PODLE IEC**

Označení pásma	S	C(G)	Xb (J)	X	Ku (P)	K	Ka (R)
Kmitočtový rozsah [GHz]	2,60-3,95	3,94-5,99	5,98-8,17	8,20-12,50	11,9-18,0	17,6-26,7	26,4-40,0
Střední kmitočet [GHz]	3	5	7,5	10	15	20	30
Rozsah vlnových délek [cm]	11,55-7,60	7,61-5,01	5,58-3,67	3,66-2,40	2,52-1,67	1,70-1,12	1,14-0,75
Střední vlnová délka [cm]	10	6	4	3	2	1,5	1
Mezní kmitočet vidu TE ₁₀ [GHz]	2,08	3,156	4,285	6,56	9,49	14,08	21,1
Označení vlnovodu dle IEC	R 32	R 48	R 70	R 100	R 140	R 220	R 320
Vnitřní rozměry [mm]	72,14x34,04	47,55x22,15	34,85x15,80	22,86x10,16	15,80x7,90	10,67x4,32	7,11x3,56
Označení příruby dle IEC	UER 32	UER 48	UER 70	UER 100	UER 140	UER 220	UER 320
Teoretický měrný útlum [dB/m]	0,019	0,0331	0,0509	0,106	0,016	0,378	0,599
Maximální přenášený výkon [MW]	10,565	4,877	2,691	1,046	0,577	0,196	0,107



				MĚŘÍTKO 1:1		HMOTNOST 0,105 kg	
				MATERIÁL teflon			
				Datum	Jméno	Teflonová deska	
			Nakreslen	16.6.2014	FIALA		
			Zkontrolován				
			Norma				
				č.s. 4-1272.002			1
							A4
Sřav	Změny	Datum	Jméno				



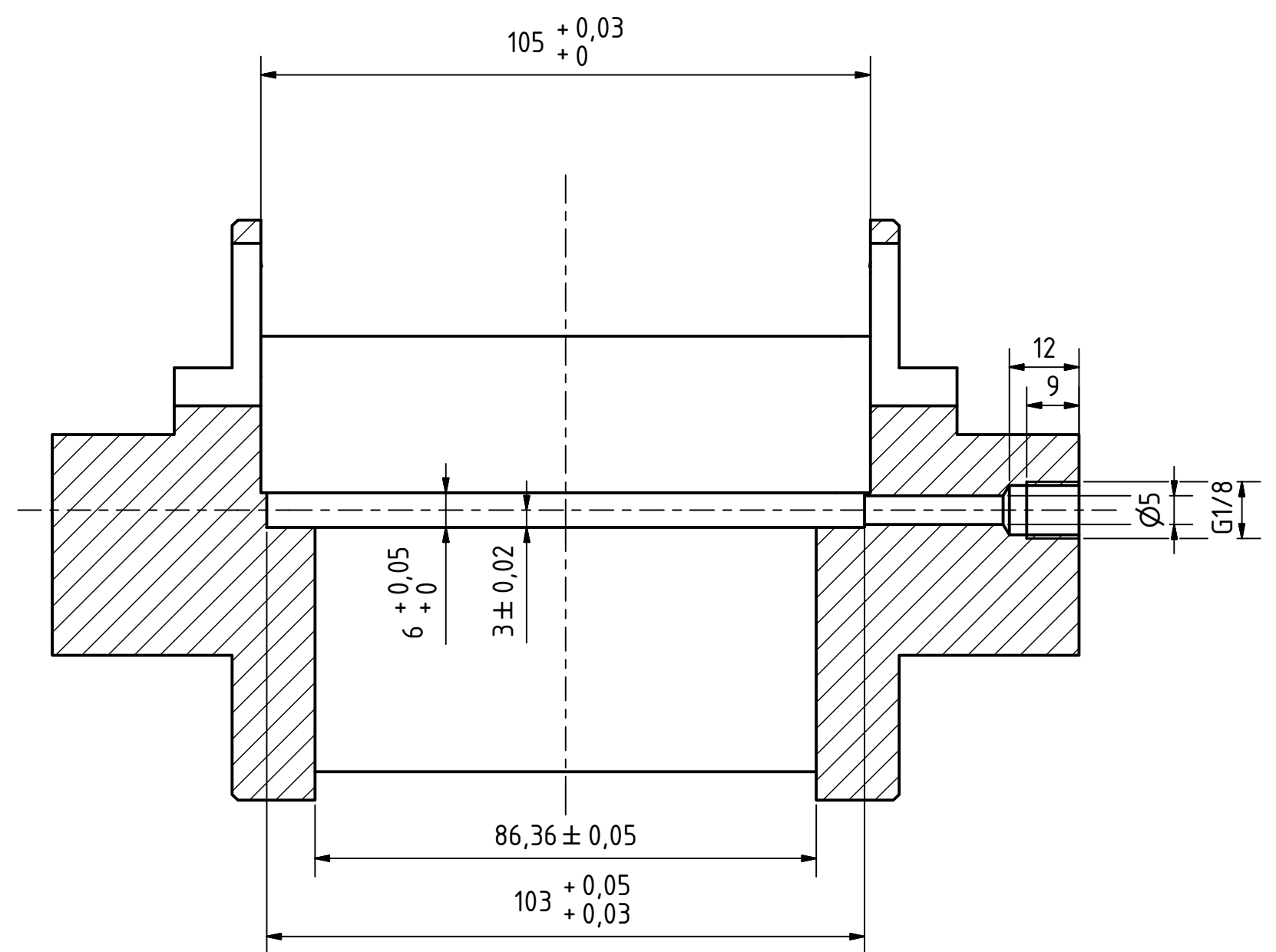
KUSOVNÍK			
POZICE	KS	ČÍSLO SOUČÁSTI	POPIS
1	1	válec	2-1272.010
2	1	trysky	4-1272.011
3	1	teflonová deska	4-1272.002
4	2	páka 1.část	4-1272.012
5	2	páka rozpěrka	4-1272.013
6	2	kostka	4-1272.014
7	1	páka otočná	3-1272.015
8	2	páka zdvihací	4-1272.016
9	2	táhlo	4-1272.017
10	1	rukojeť	4-1272.018
11	1	žlab	2-1272.019
12	1	žlab protikus	2-1272.020
13	1	výstuha	4-1272.021
14	1	deska	3-1272.022
15	6	ISO 8734 - 5 x 20 - B	Rovnoběžný kolík
16	4	svorník M6	4-1272.023
17	8	DIN 125 - A 6,4	Podložka
18	8	DIN 934 - M6	Šestihranná matice
19	10	ISO 8734 - 4 x 20 - B	Rovnoběžný kolík
20	2	ČSN 02 2106 pr.10-50	čep s dírami pro závlačku a rovnými čely
21	1	vložka	4-1272.024
22	2	páka 2.část	4-1272.025
23	14	DIN 125 - A 5,3	Podložka
24	14	DIN 933 - M5 x 20	Šestihranný šroub
25	6	DIN 912 - M5 x 20	Šroub s válcovou hlavou
26	2	DIN 912 - M5 x 16	Šroub s válcovou hlavou
27	1	o-kroužek	

MĚŘÍTKO 1:2		HMOTNOST 22,203 kg	
MATERIÁL			
Nakreslen	15.12.2014	Jméno	FIALA
Zkontrolovan			
Norma			
č.s. 2-1272.003			1
			A2
Stav	Změny	Datum	Jméno

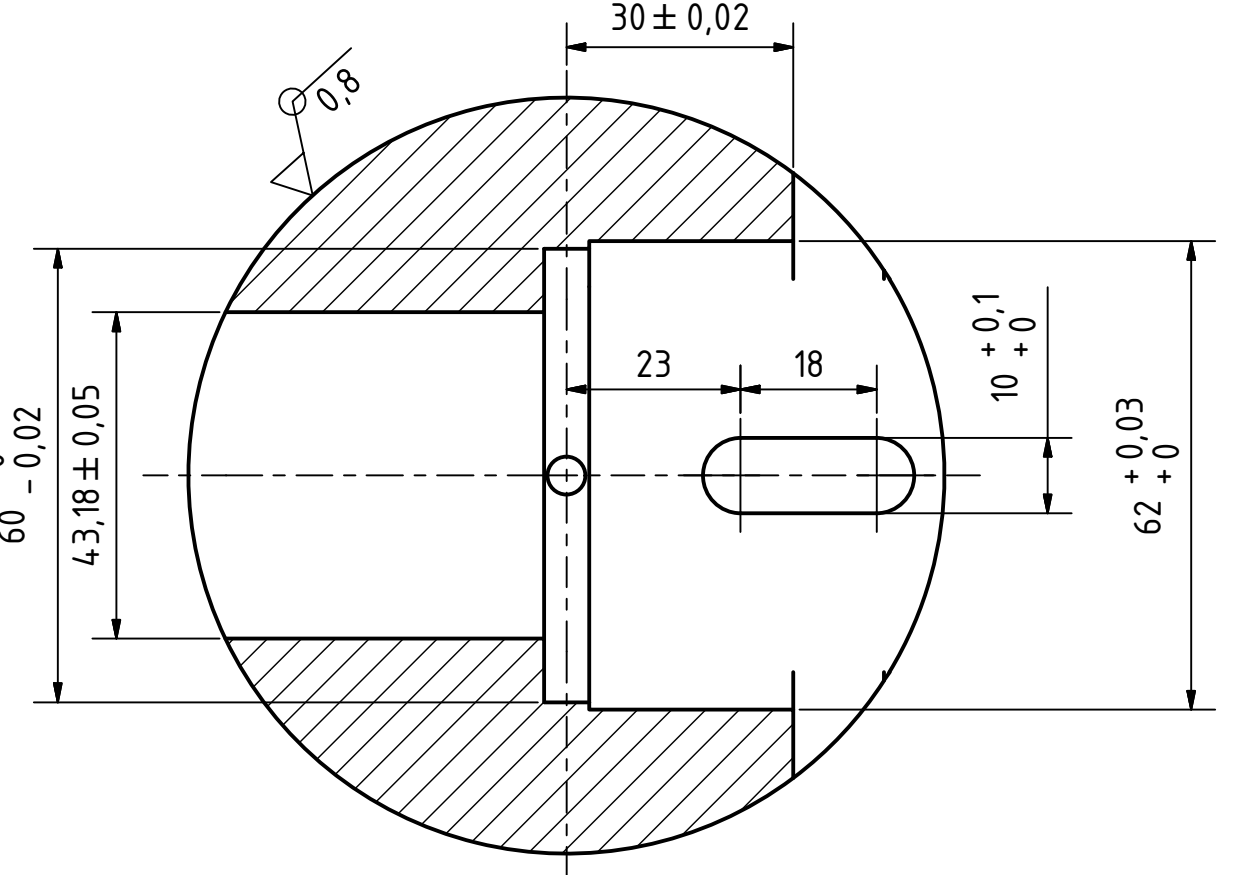
Válcový ventil
(montážní sestava)

√ 25 (✓)

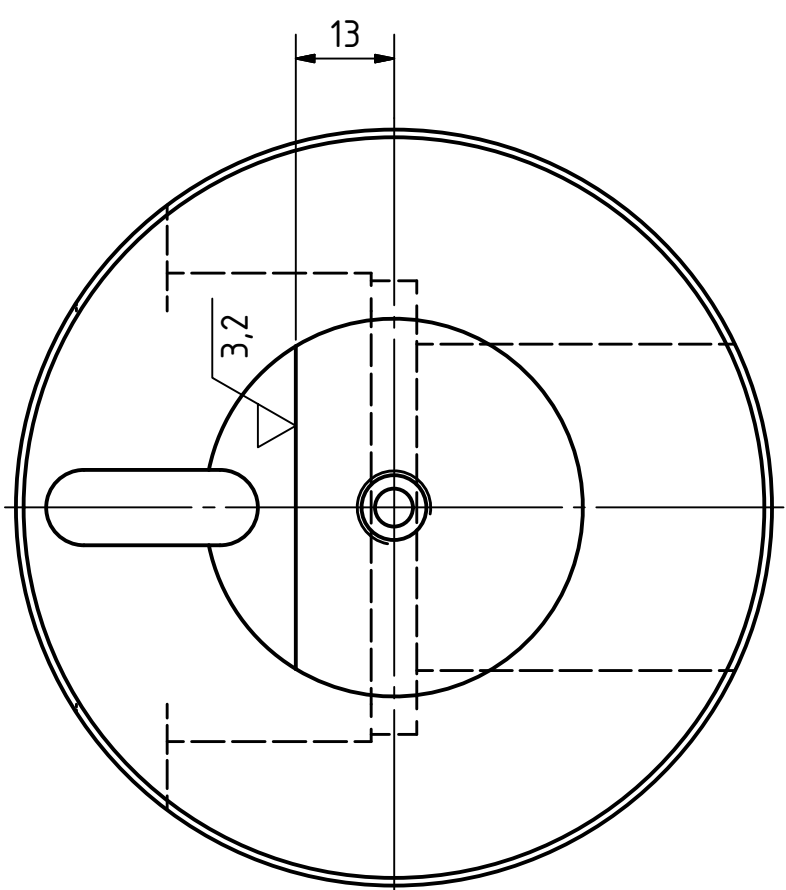
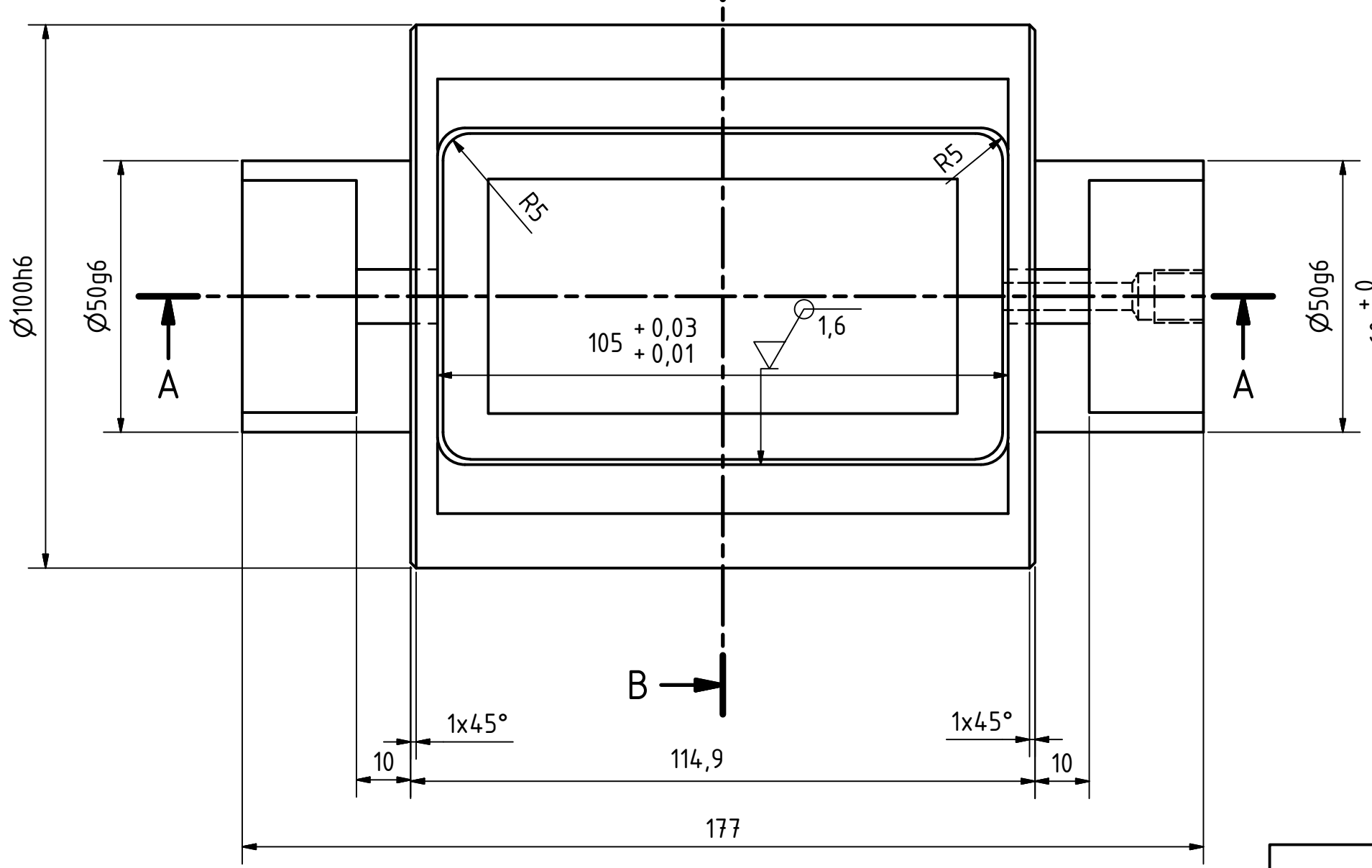
A-A (1:1)



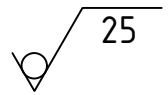
B-B (1:1)



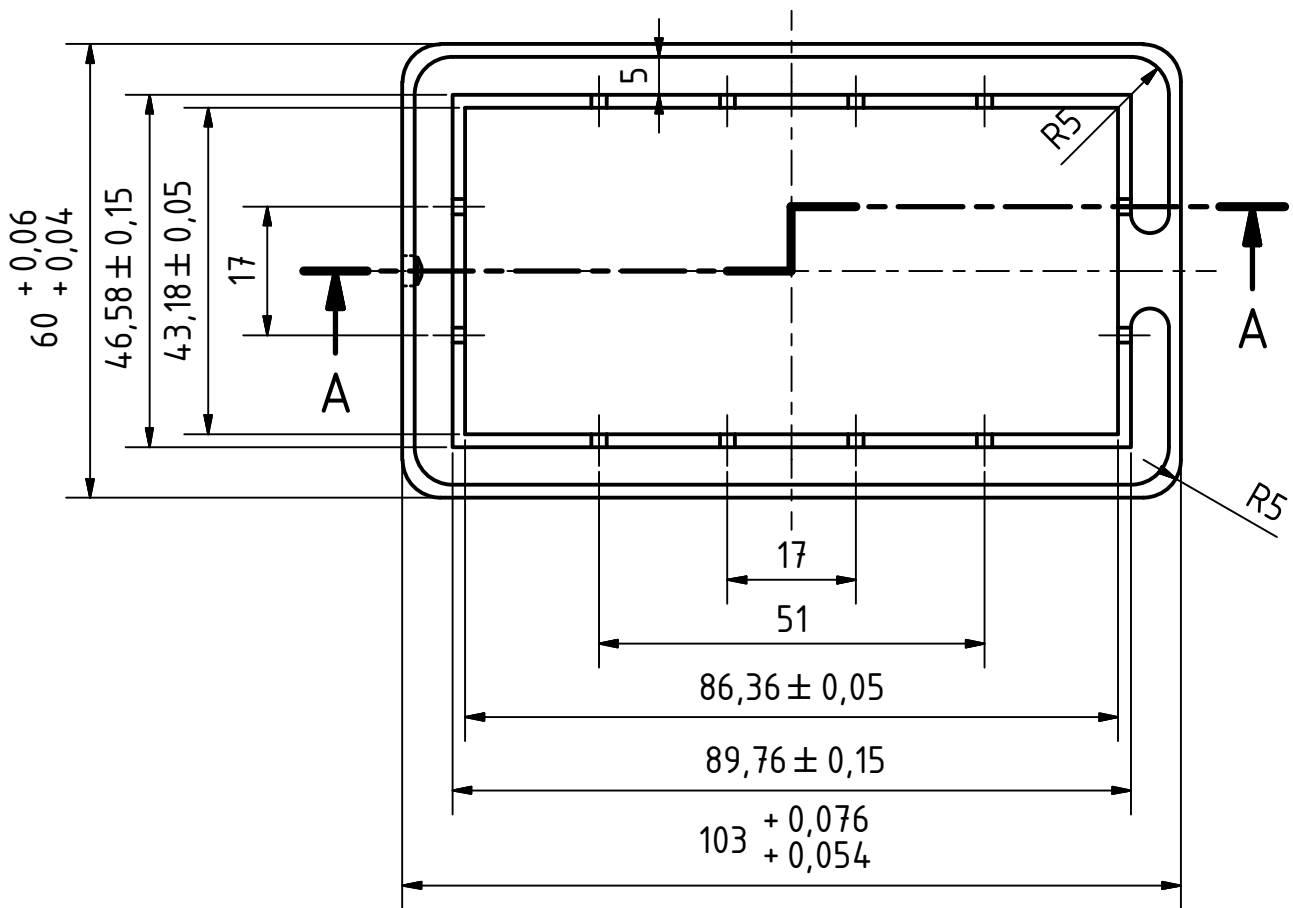
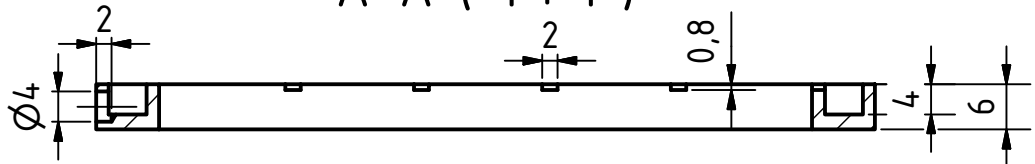
B



		MĚŘÍTKO 1:1		HMOTNOST 4,478 kg		
		MATERIÁL Ø110x185 Bronz				
		Datum	Jméno	válec		
		Nakreslen	15.12.2014			FIALA
		Zkontrolován				
		Norma				
				č.s.	2-1272.010	
					1	
Stav	Změny	Datum	Jméno	A2		



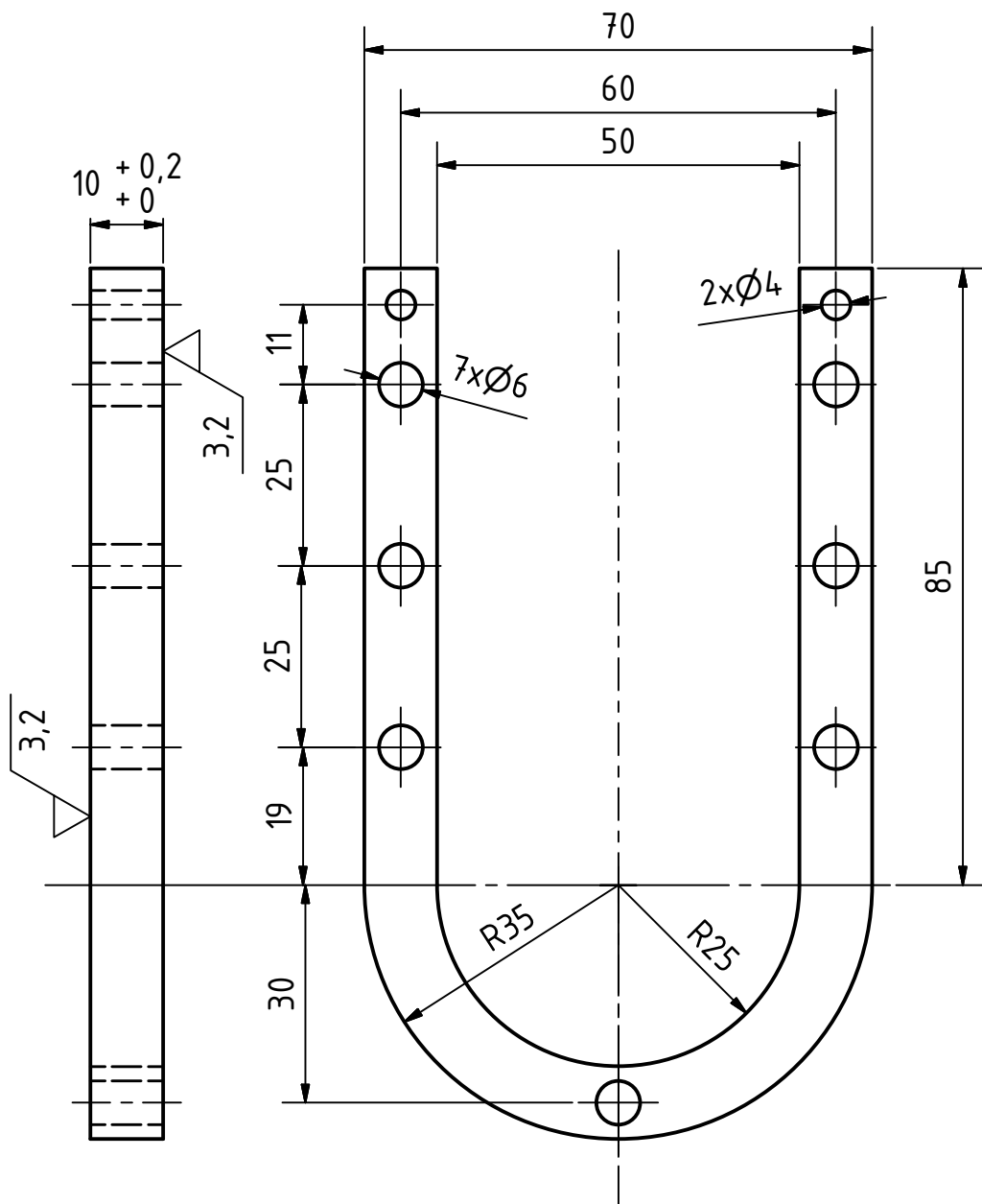
A-A (1:1)



				MĚŘÍTKO 1:1		HMOTNOST 0,024 kg	
				MATERIÁL 8x15-105 Dural			
				trysky			
				č.s. 4-1272.011		1	
						A4	
Sřav	Změny	Datum	Jméno				

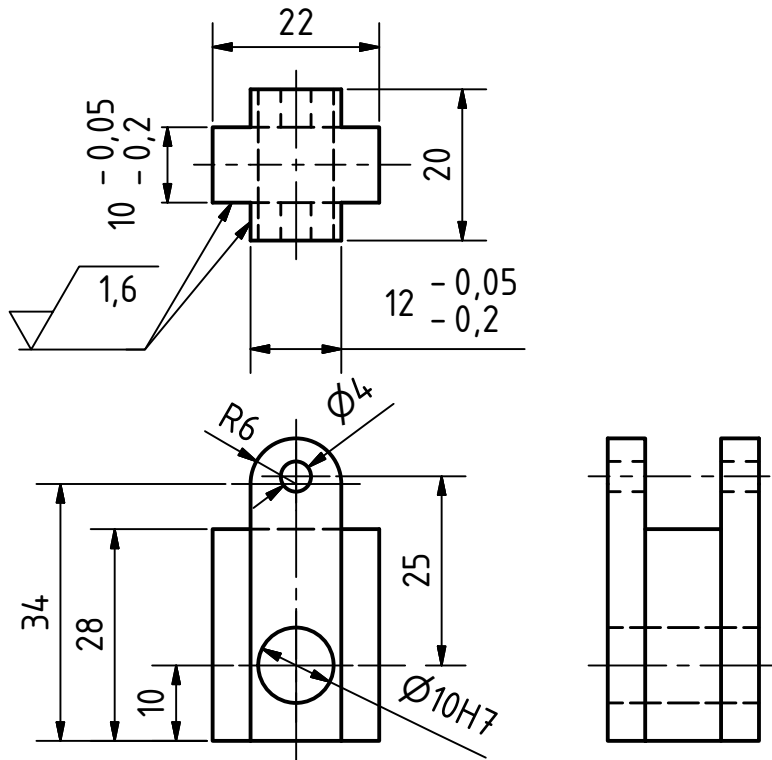


25 (✓)

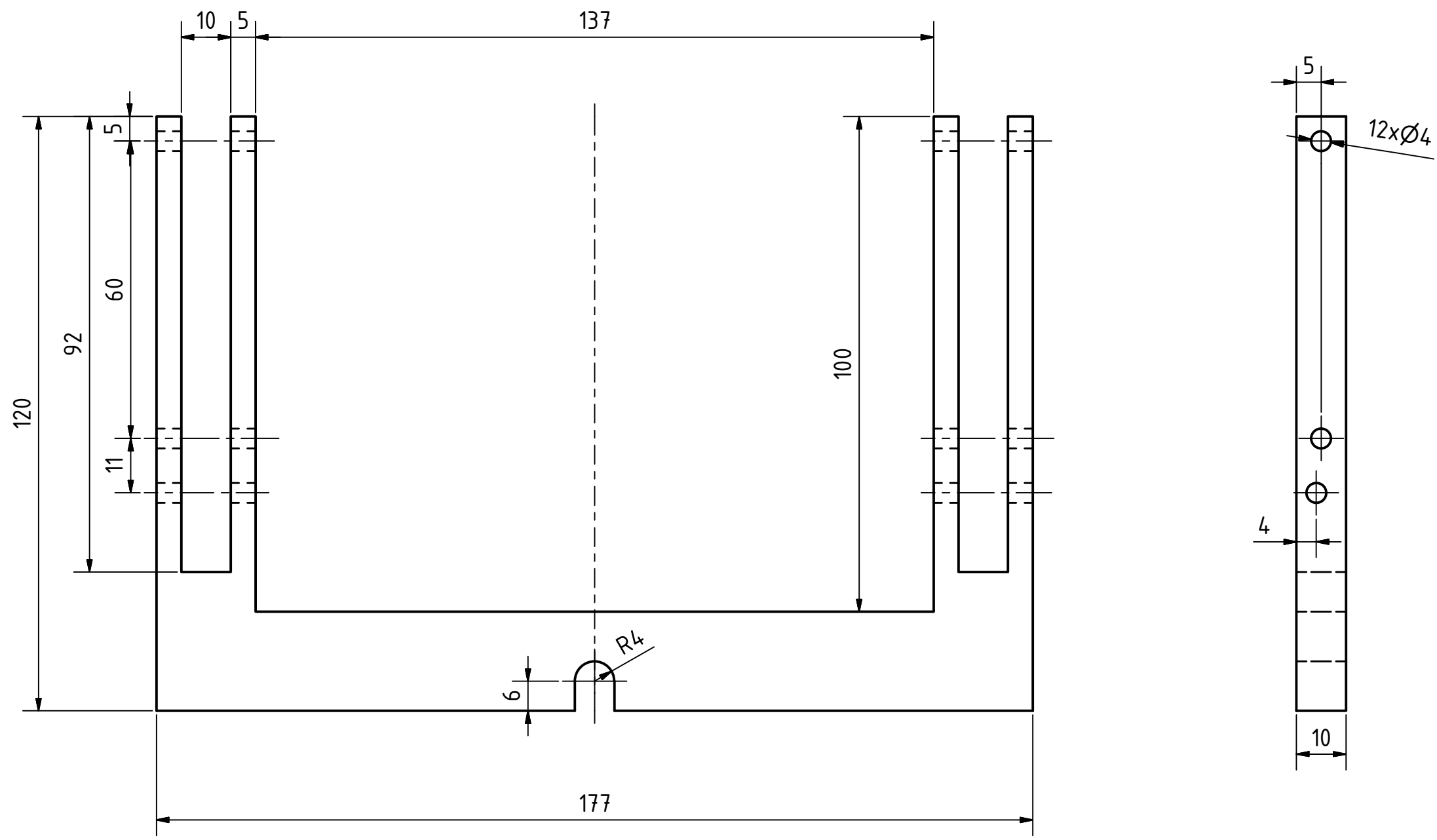


				MĚŘÍTKO 1:1		HMOTNOST 0,190 kg	
				MATERIÁL 12x75-125 11 523			
			Datum	Jméno			
			Nakreslen	15.12.2014	FIALA		
			Zkontrolován				
			Norma				
				páka rozpěrka			
				č.s. 4-1272.013			
				1			
				A4			
Sřav	Změny	Datum	Jméno				

25 (✓)

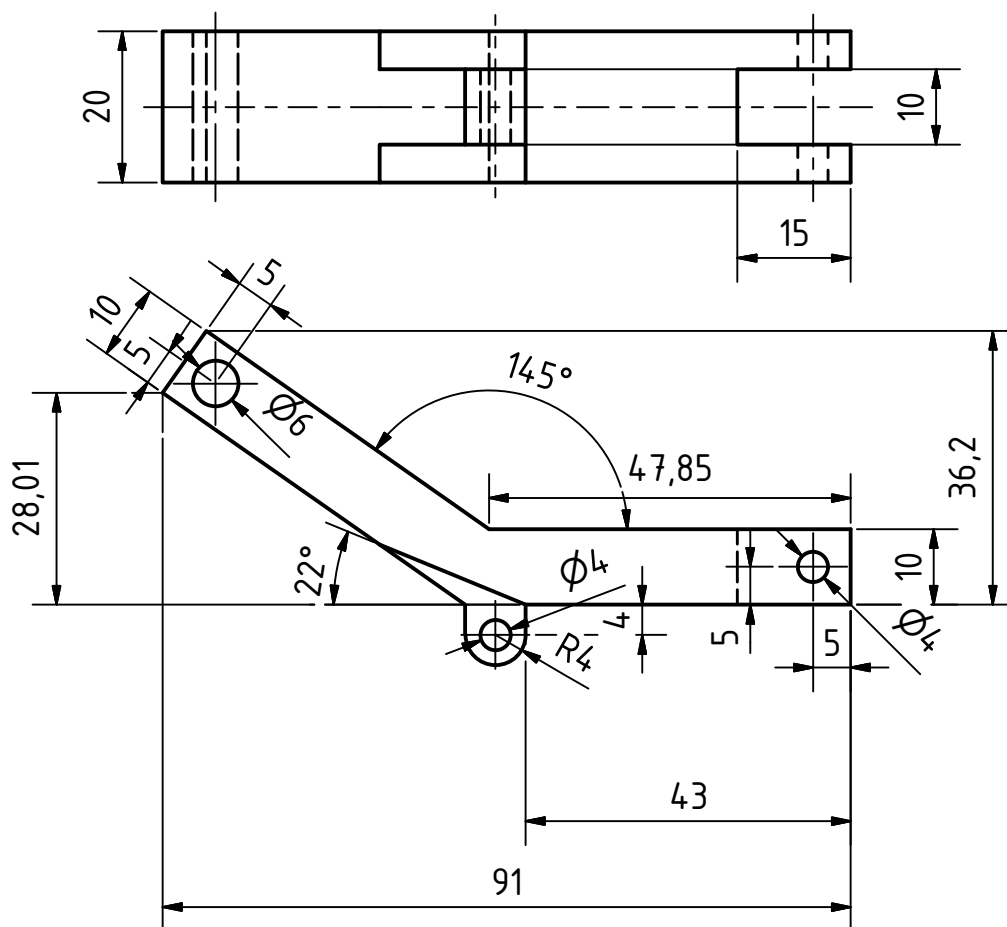


				MĚŘÍTKO 1:1		HMOTNOST 0,072 kg	
				MATERIÁL □25-45 11 523			
				Datum	Jméno	kostka	
			Nakreslen	15.12.2014	FIALA		
			Zkontrolován				
			Norma				
						č.s.	4-1272.014
							1
Sřav	Změny	Datum	Jméno				A4



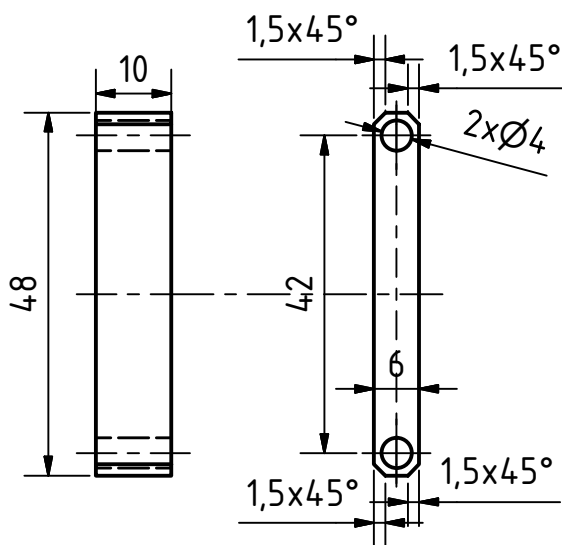
		MĚŘÍTKO 1:1		HMOTNOST 0,436 kg		
		MATERIÁL 12x125-190		11 523		
		Datum	Jméno	páka otočná		
		Nakreslen	15.12.2014			FIALA
		Zkontrolován				
		Norma				
				č.s.	3-1272.015	
					1	
Stav	Změny	Datum	Jméno		A3	

25

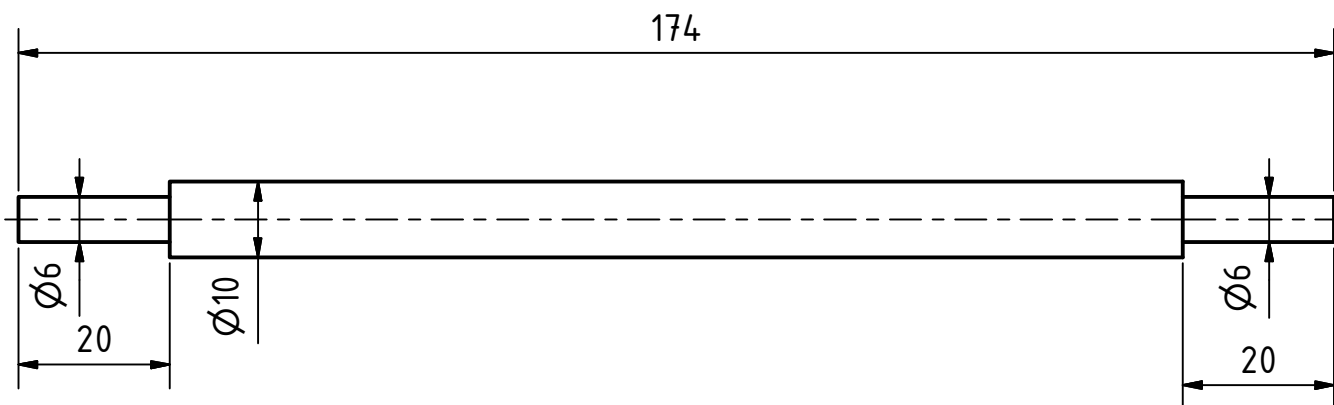
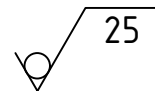


				MĚŘÍTKO	1:1	HMOTNOST	Není k dispozici
				MATERIÁL	25x40-100	11 523	
				Datum	Jméno	páka zdvihací	
			Nakreslen	15.12.2014	FIALA		
			Zkontrolován				
			Norma				
				č.s.	4-1272.016		1
Sřav	Změny	Datum	Jméno				A4

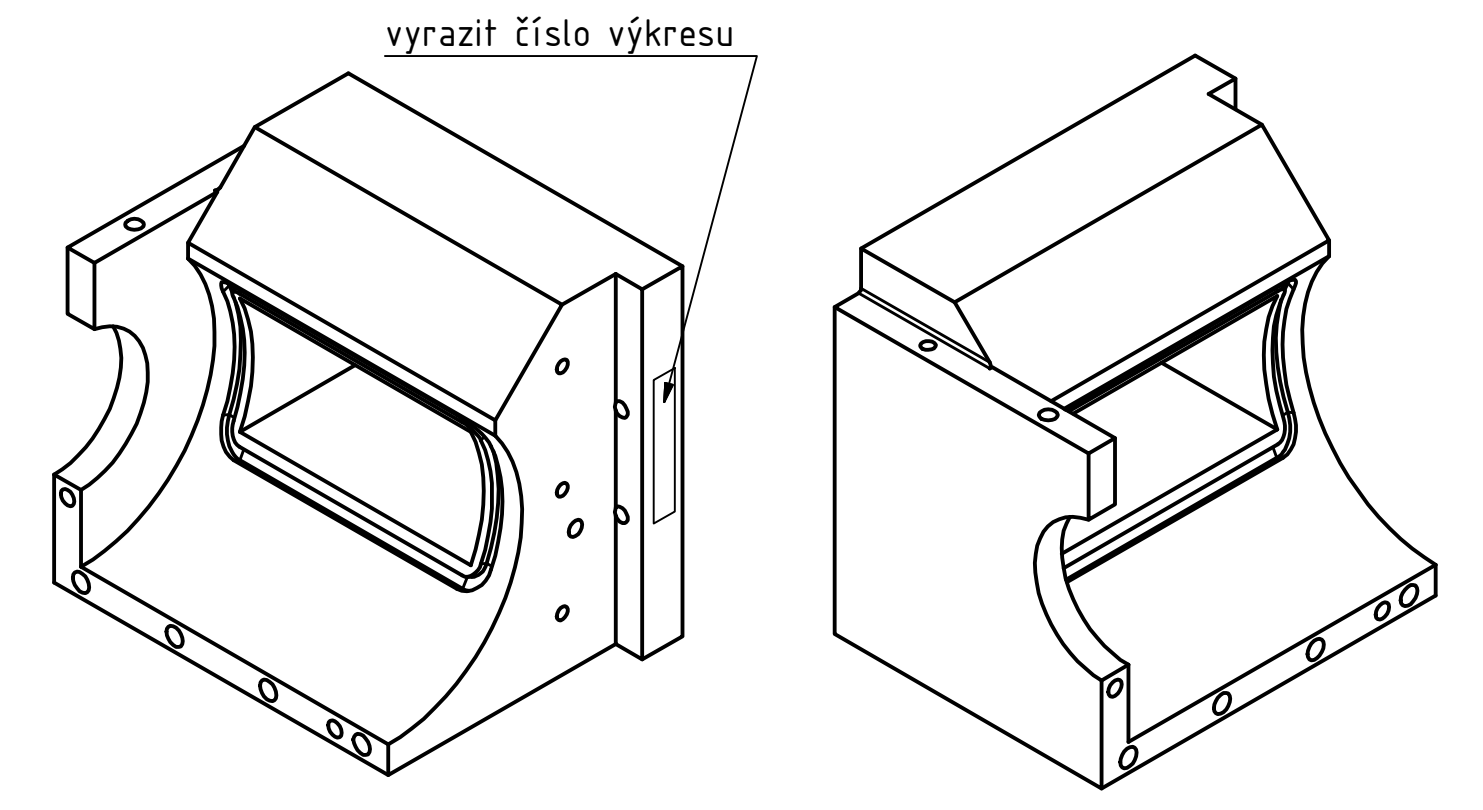
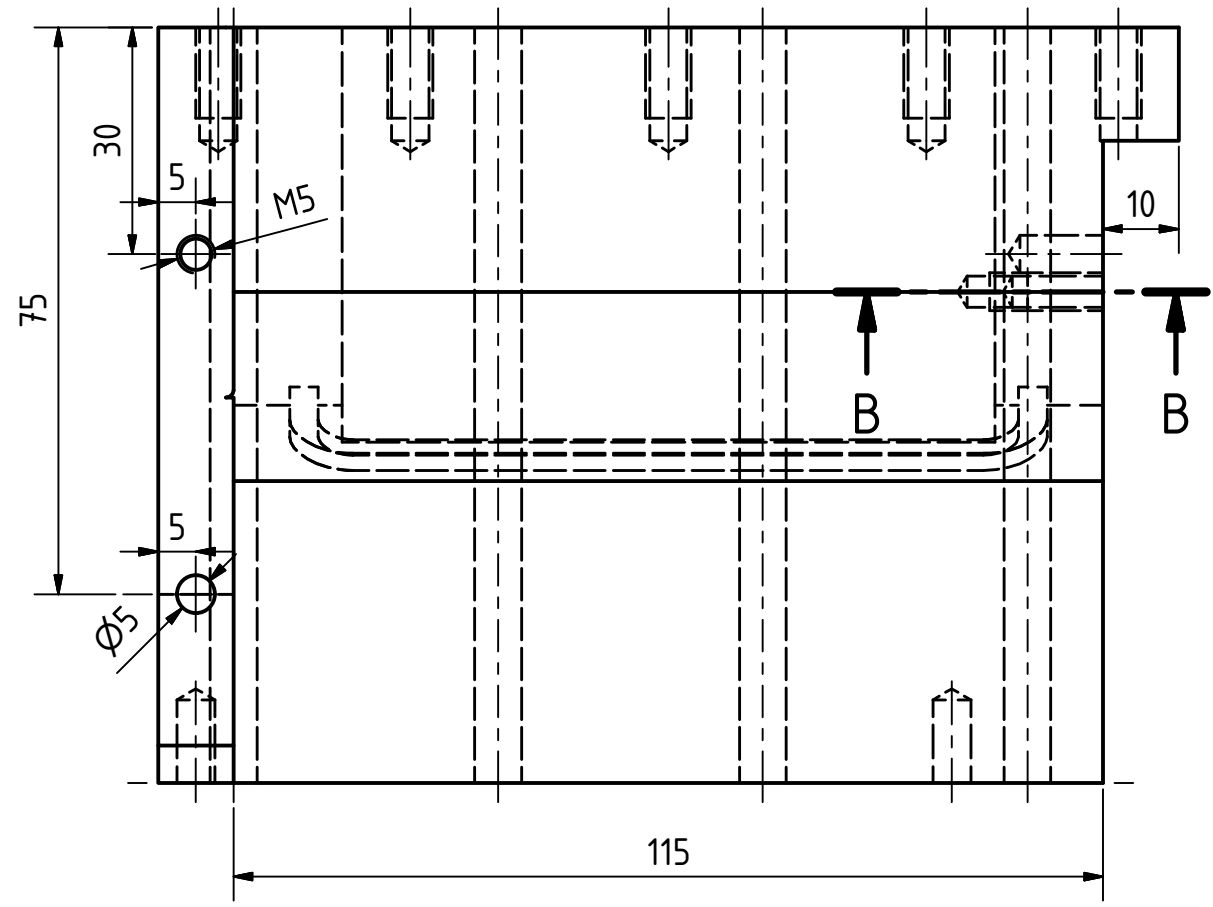
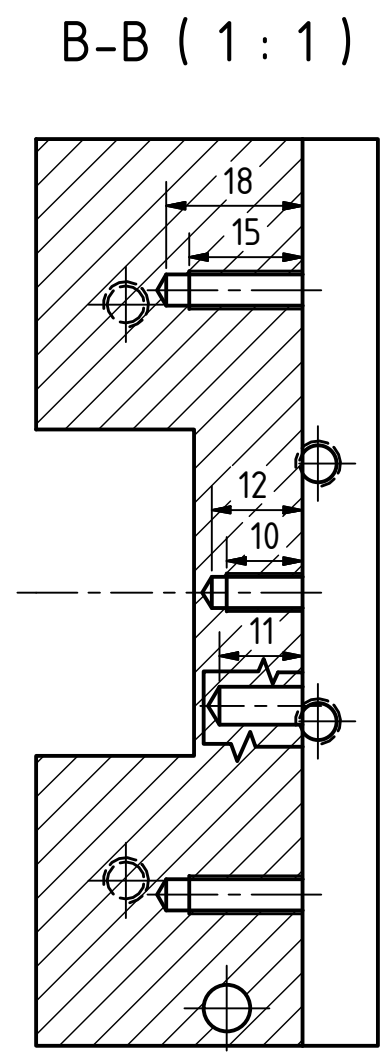
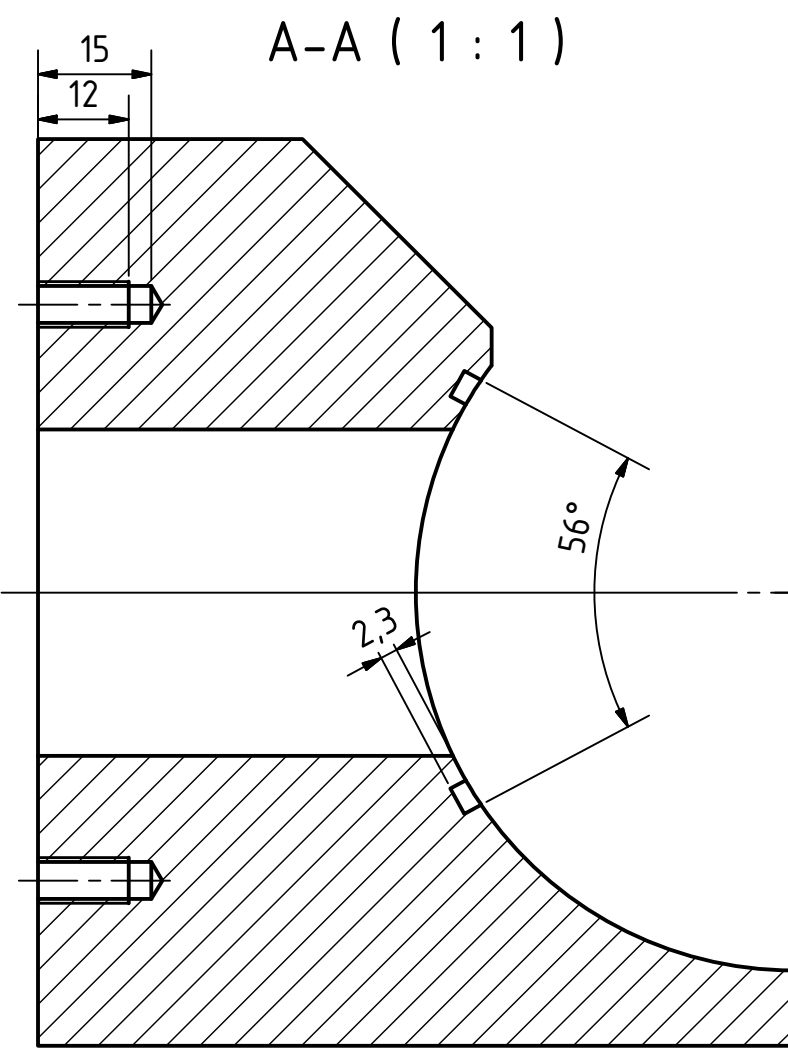
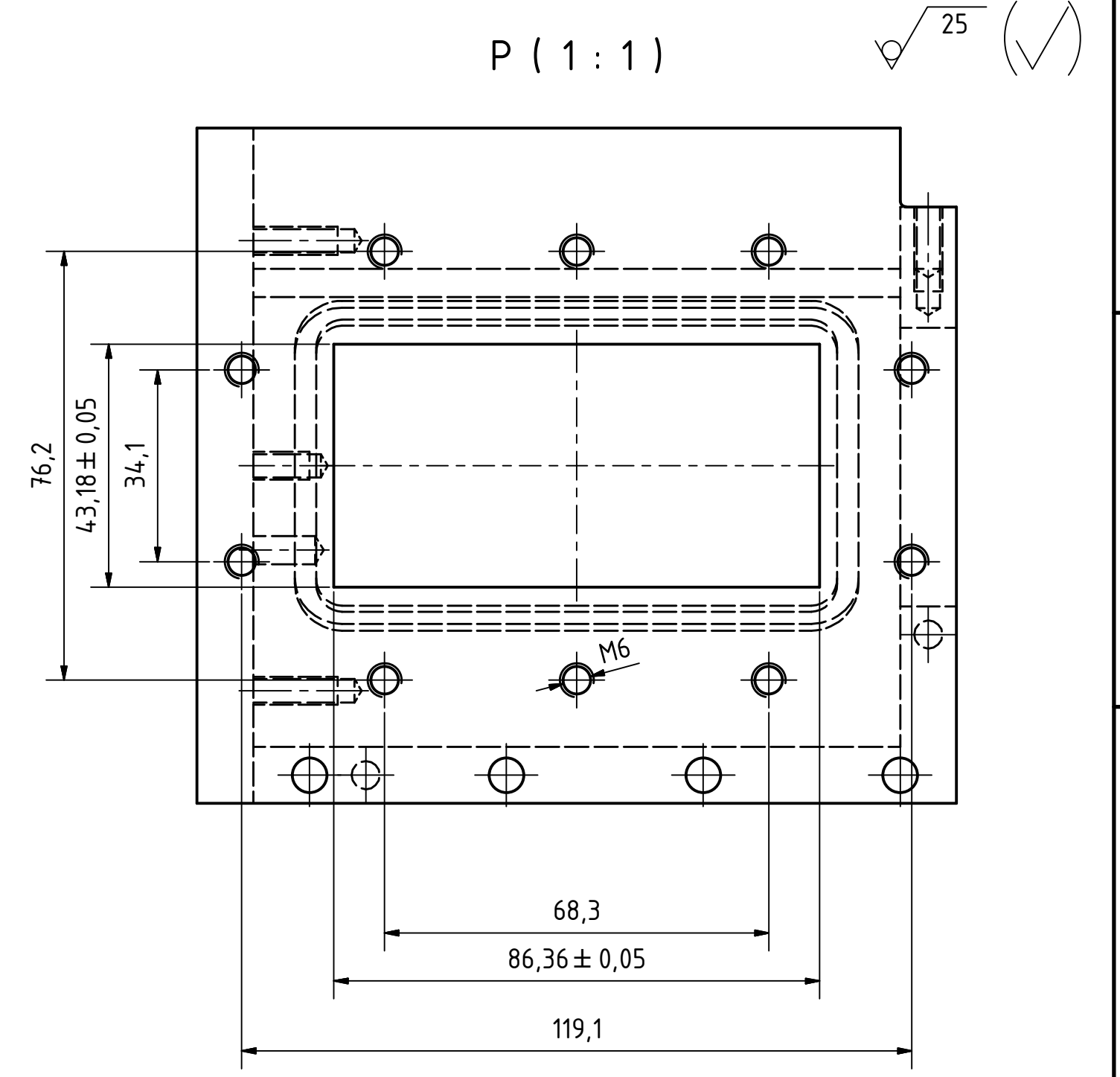
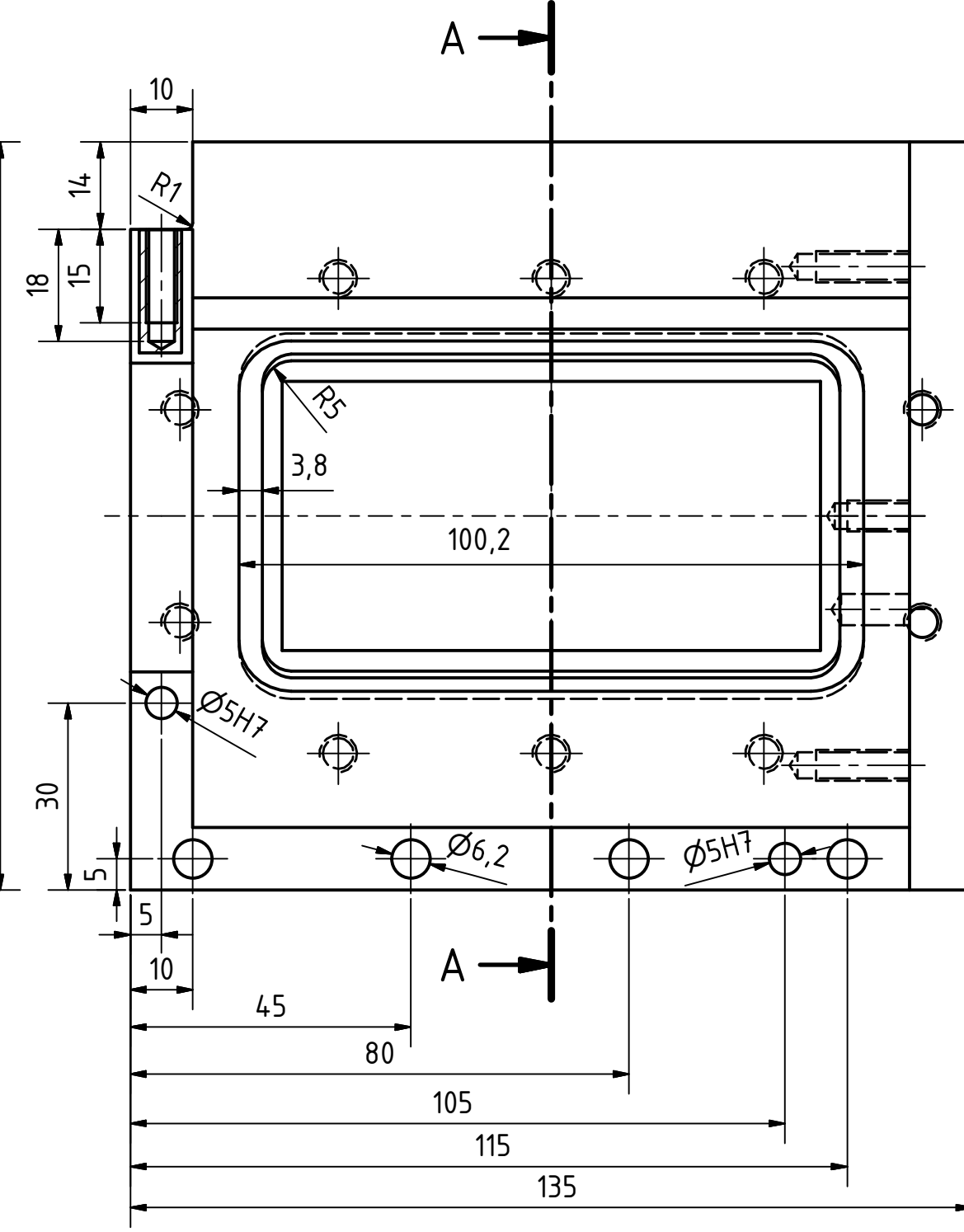
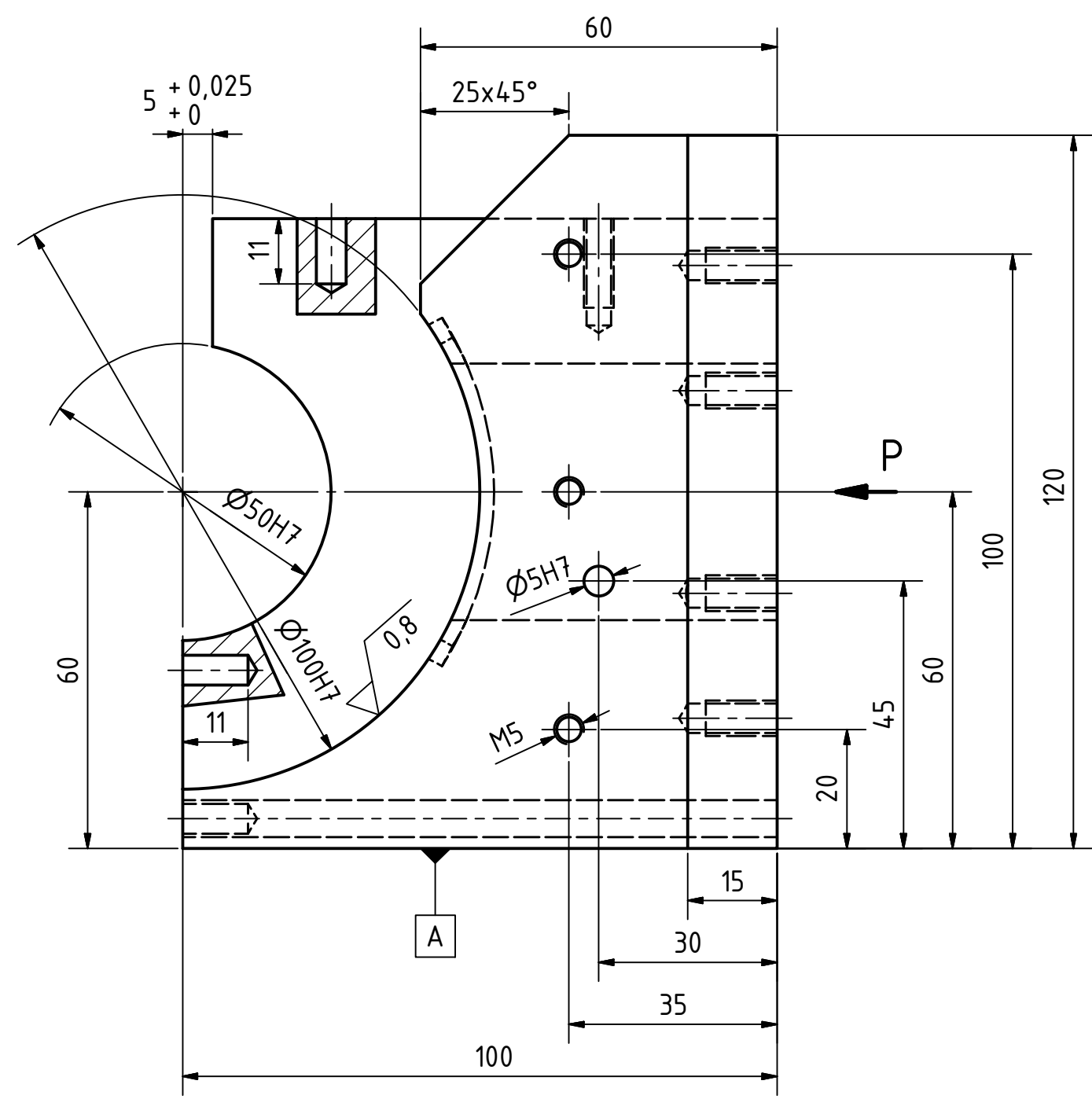
25



				MĚŘÍTKO 1:1		HMOTNOST 0,020 kg		
				MATERIÁL 12x8-50 11 523				
				Datum	Jméno	táhlo		
				Nakreslen	15.12.2014			FIALA
				Zkontrolován				
				Norma				
							č.s. 4-1272.017	1
							A4	
Sřav	Změny	Datum	Jméno					



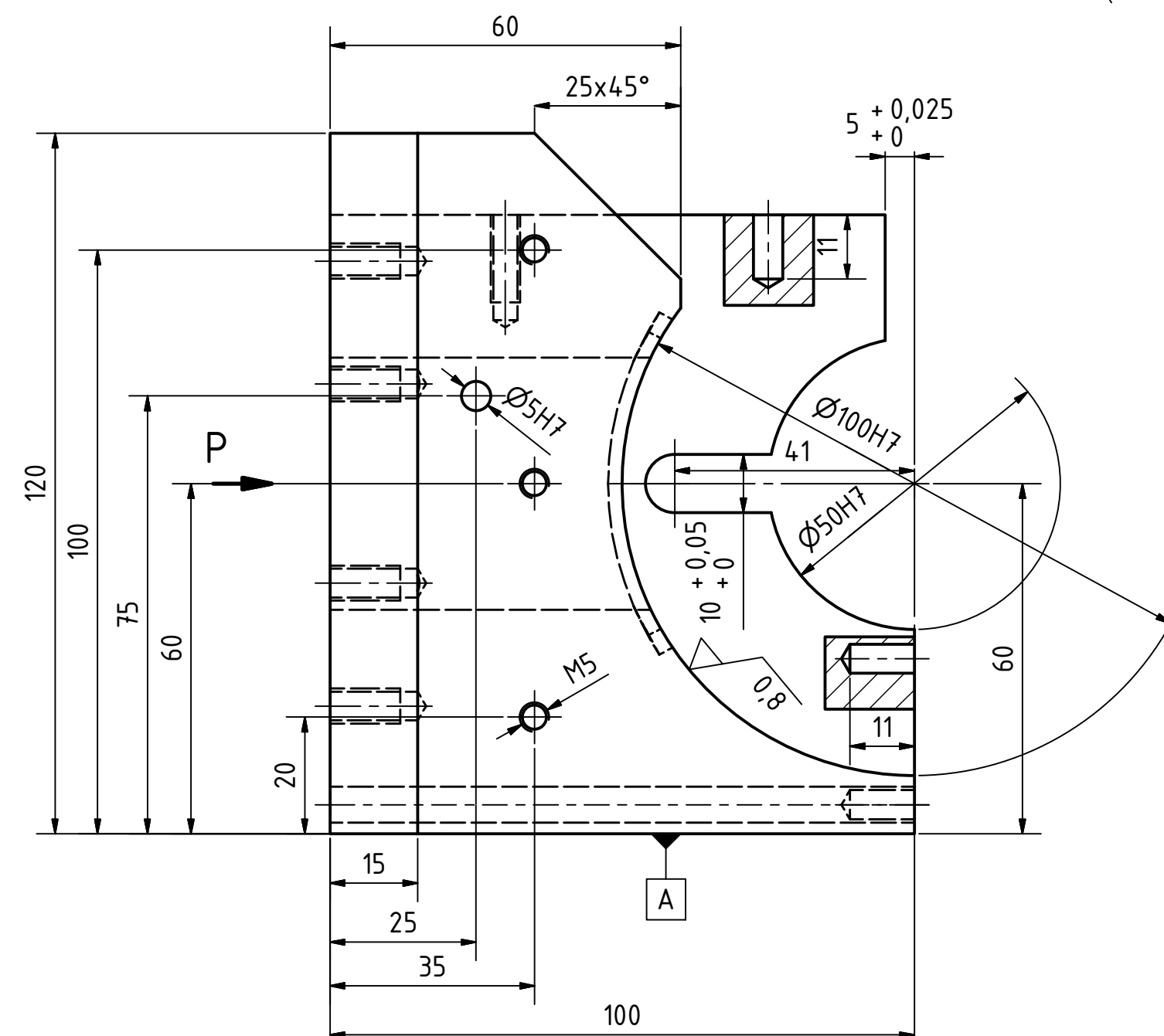
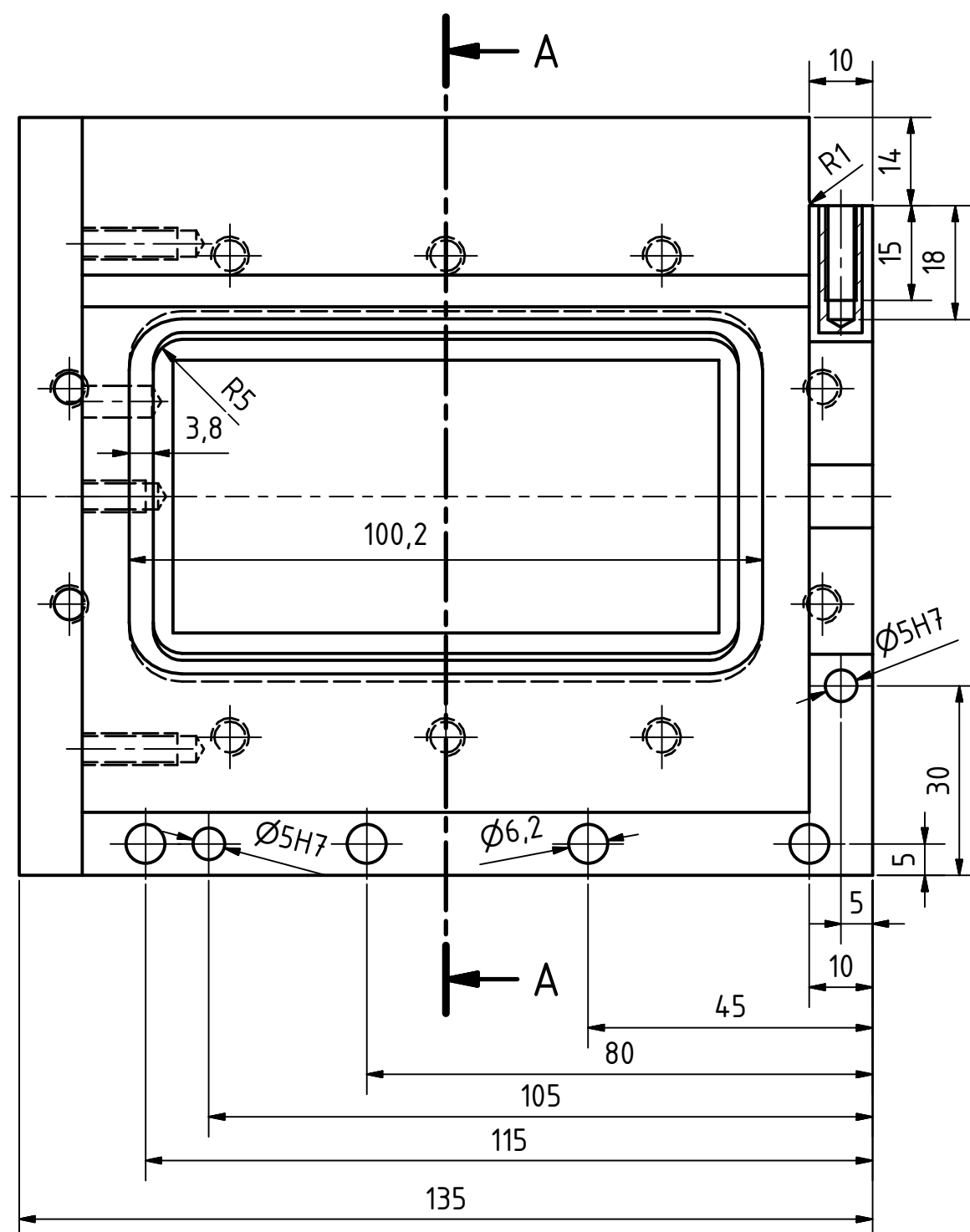
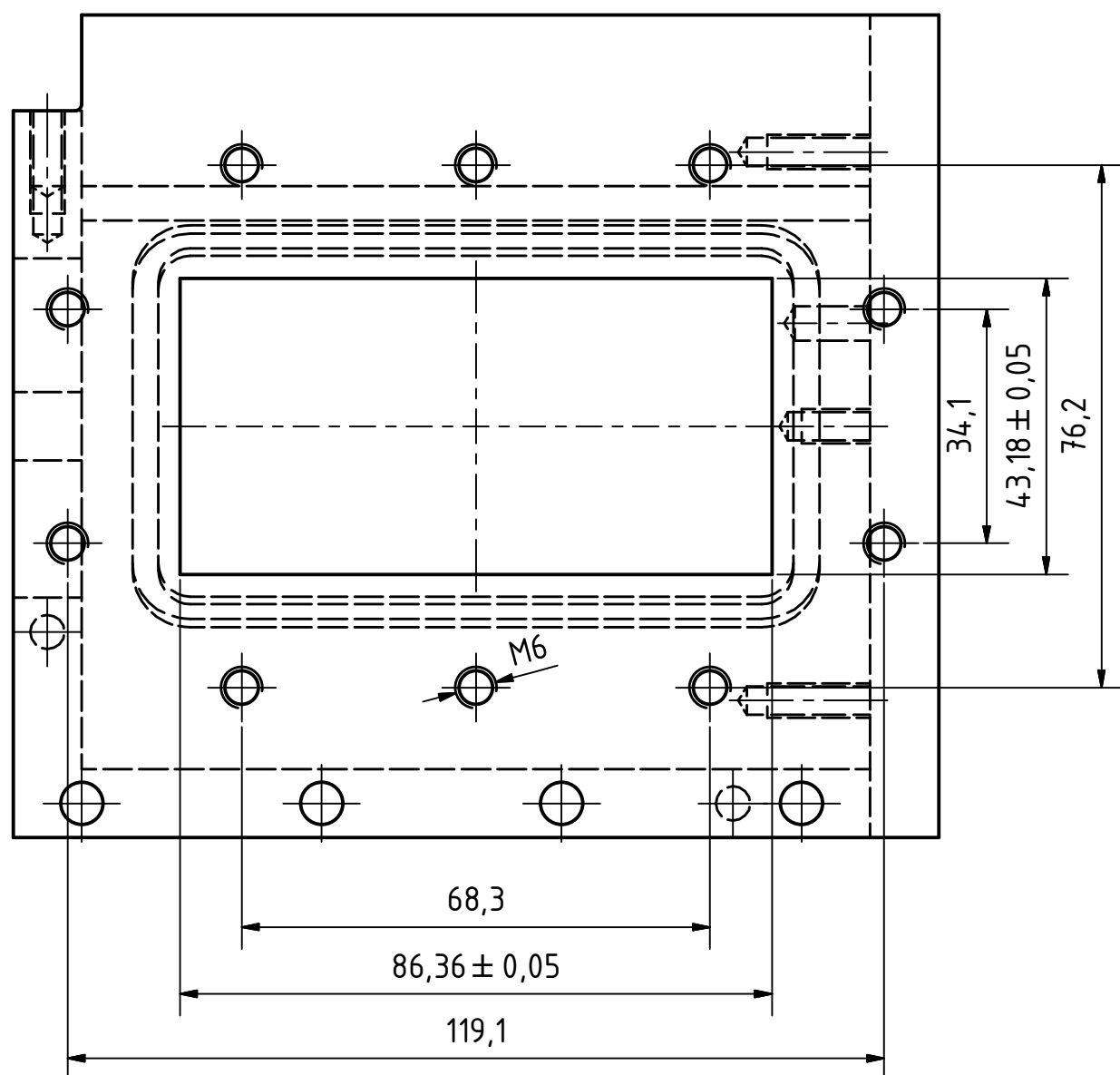
				MĚŘÍTKO 1:1		HMOTNOST 0,091 kg		
				MATERIÁL Ø10-175 11 523				
				Datum	Jméno	rukojeť		
				Nakreslen	15.12.2014			FIALA
				Zkontrolován				
				Norma				
						č.s.	1	
						4-1272.018	A4	
Sřav	Změny	Datum	Jméno					



Díry pro kolíky $\varnothing 5$ svrtat. S 3-1272.022; 4-1272.021

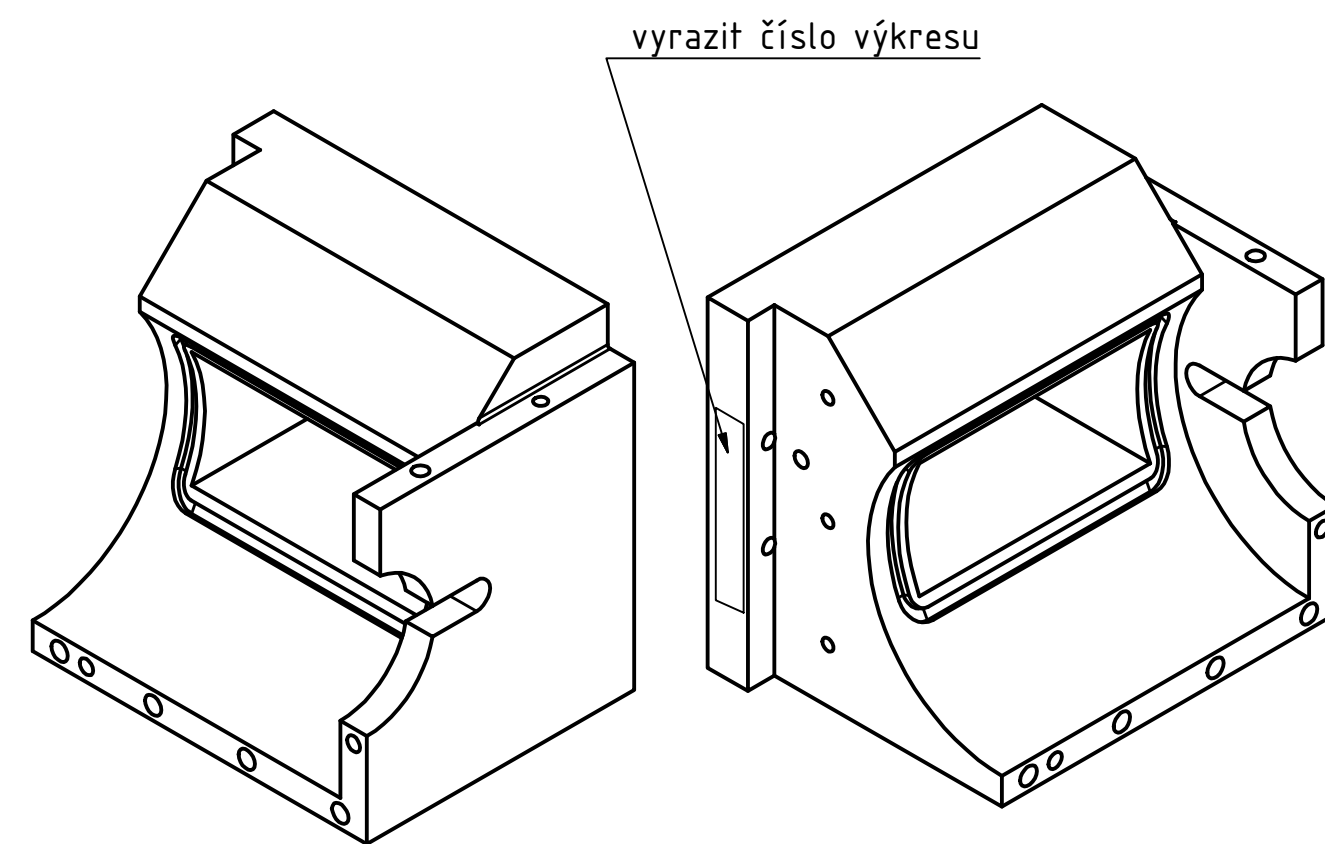
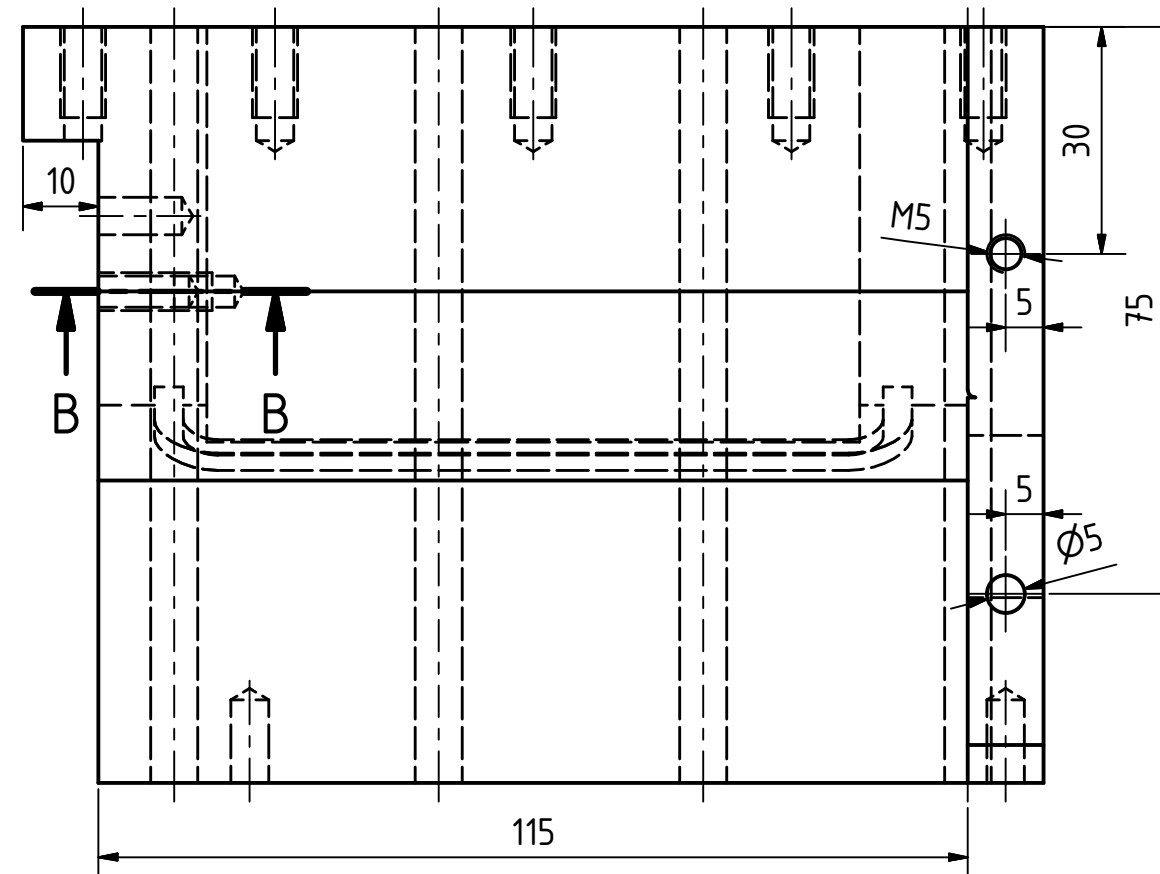
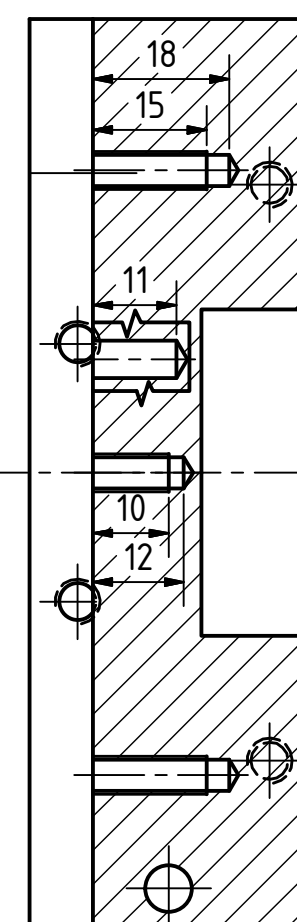
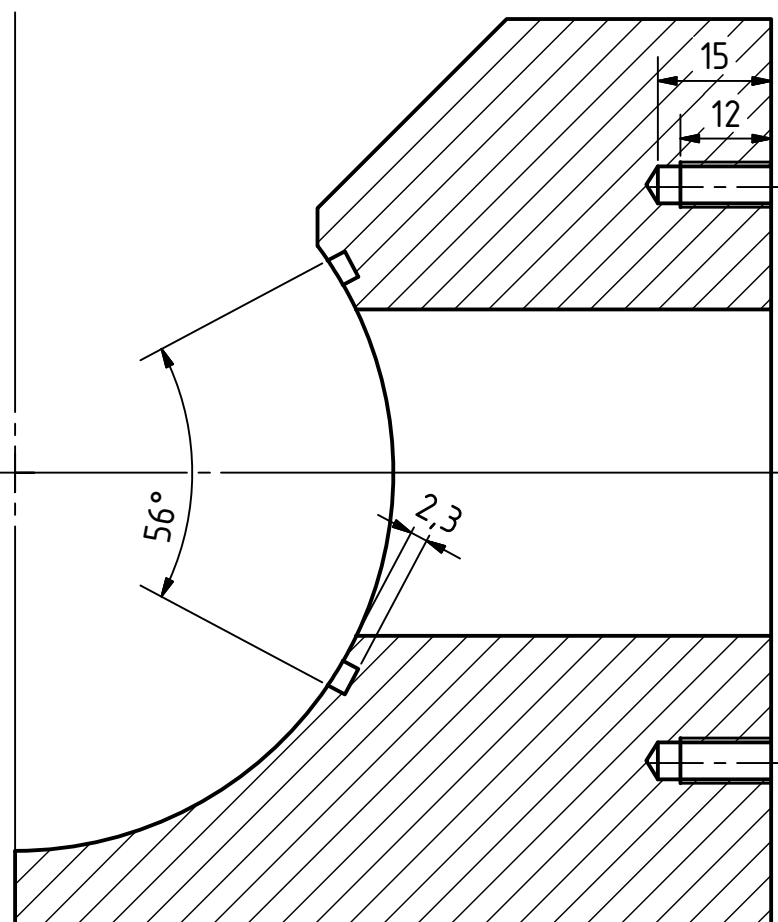
		MĚŘÍTKO 1:1		HMOTNOST 6,386 kg	
		MATERIÁL 110x130x150 Bronz			
		Datum 15.12.2014		Jméno FIALA	
		Zkontrolováno		Norma	
		žlab			
		č.s. 2-1272.019			
		1			
		A2			
Stav	Změny	Datum	Jméno		

P (1:1)



A-A (1:1)

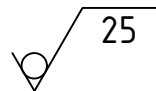
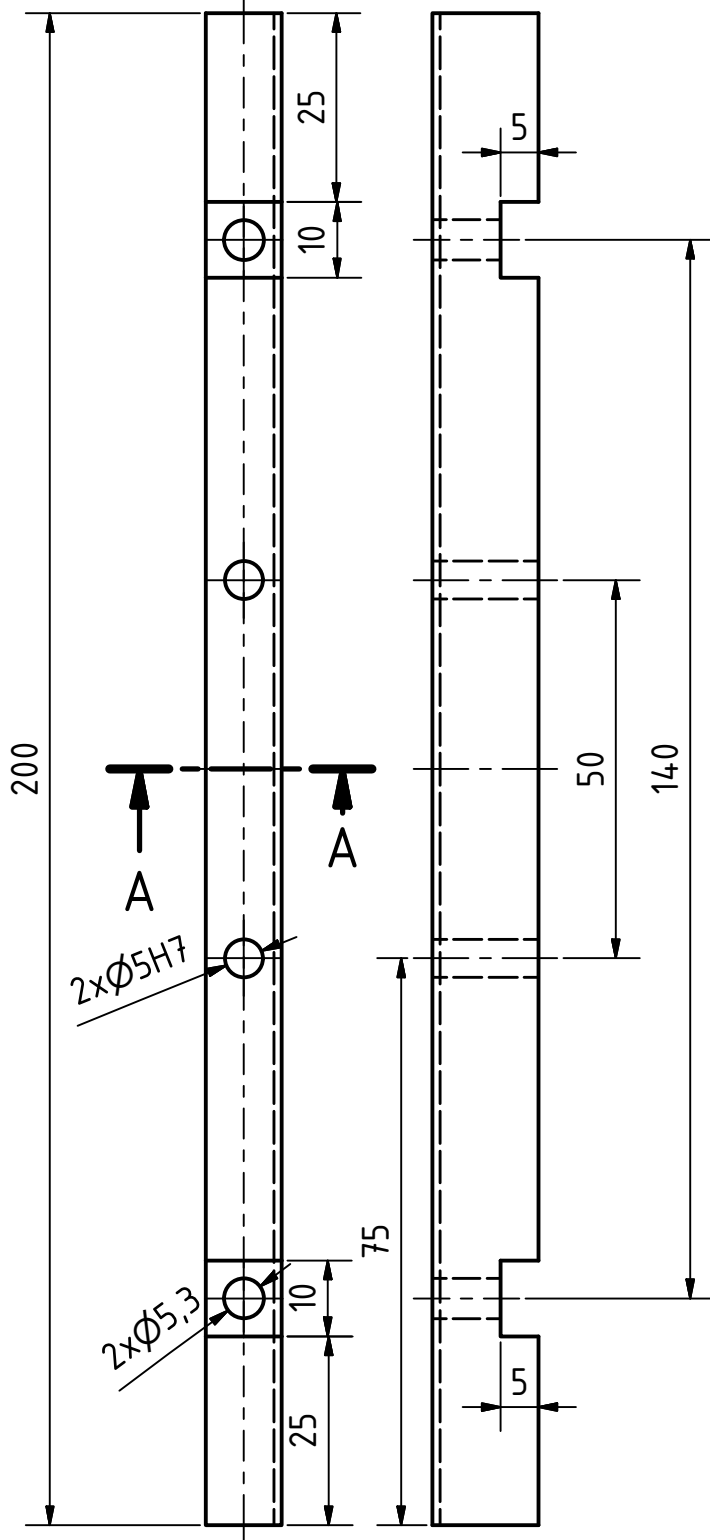
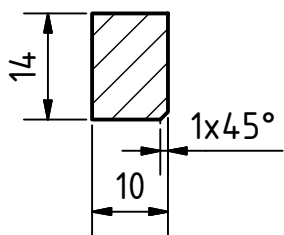
B-B (1:1)



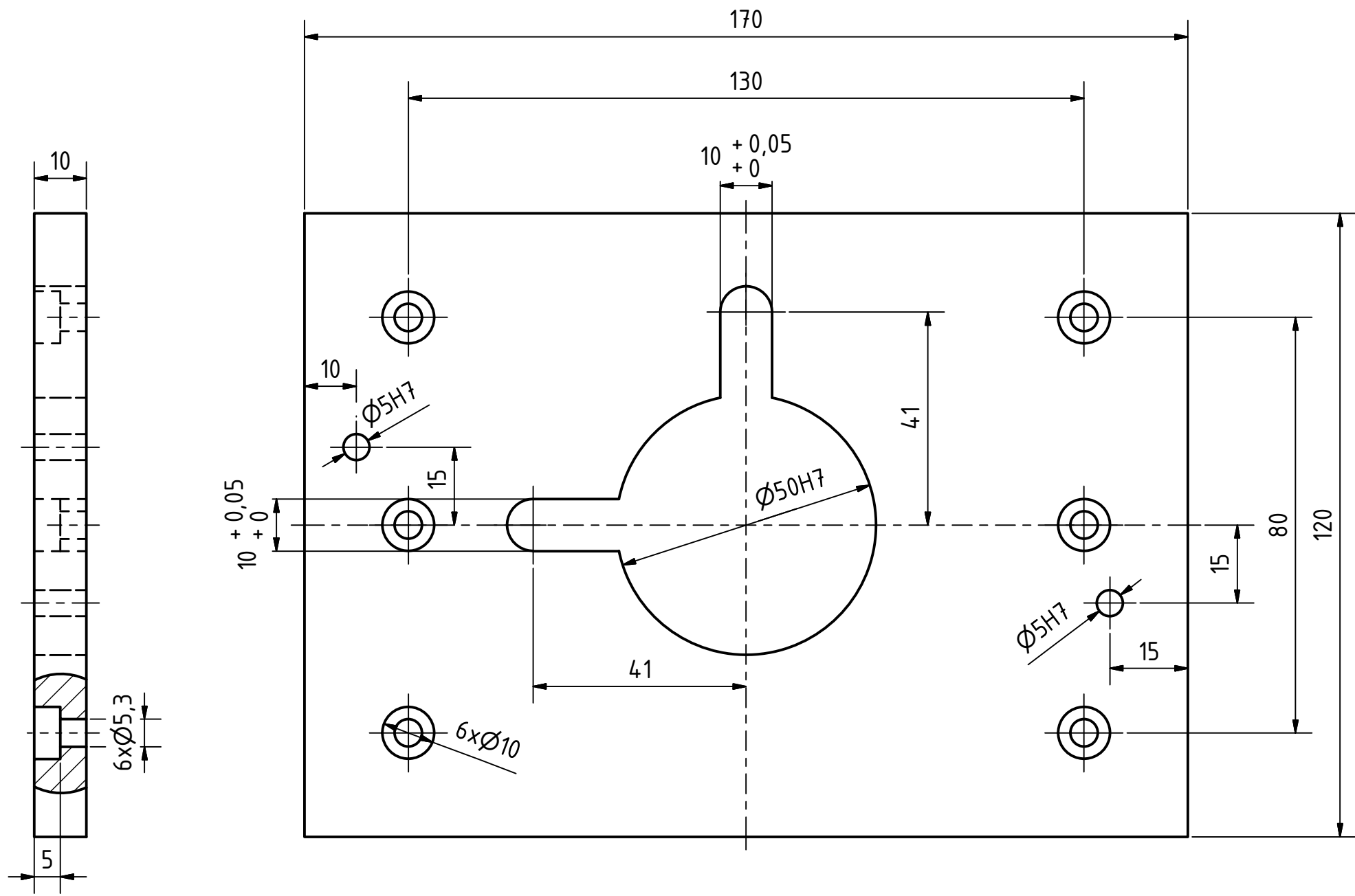
Díry pro kolíky Ø5 svrtat s 3-1272.022; 4-1272.021.

		MĚŘÍTKO 1:1		HMOTNOST 6,368 kg	
		MATERIÁL 110x130x150 Bronz			
		Datum	Jméno		
		Nakreslen	15.12.2014	FIALA	
		Zkontrolován			
		Norma			
		žlab protikus			
		č.s. 2-1272.020			1
					A2
Stav	Změny	Datum	Jméno		

A-A (1 : 1)

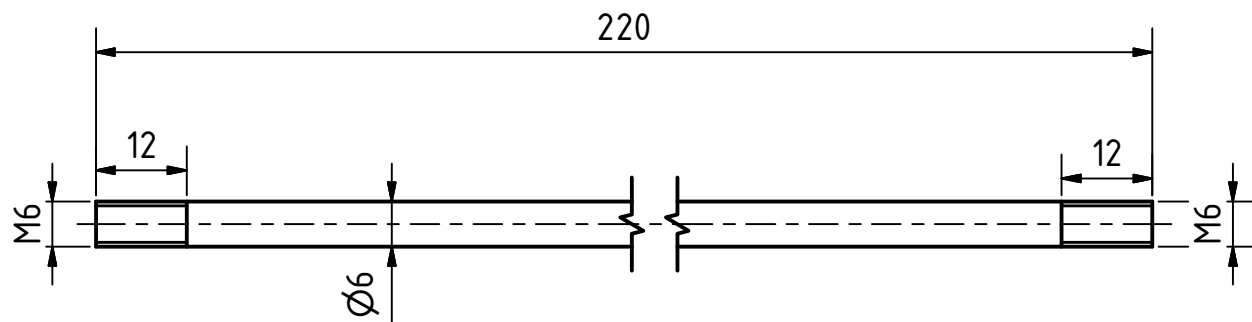


				MĚŘÍTKO 1:1		HMOTNOST 0,201 kg		
				MATERIÁL 15x12-205 17 353				
				Datum	Jméno	výstuha		
				Nakreslen	15.12.2014			FIALA
				Zkontrolován				
				Norma				
							č.s. 4-1272.021	1
							A4	
Sřav	Změny	Datum	Jméno					



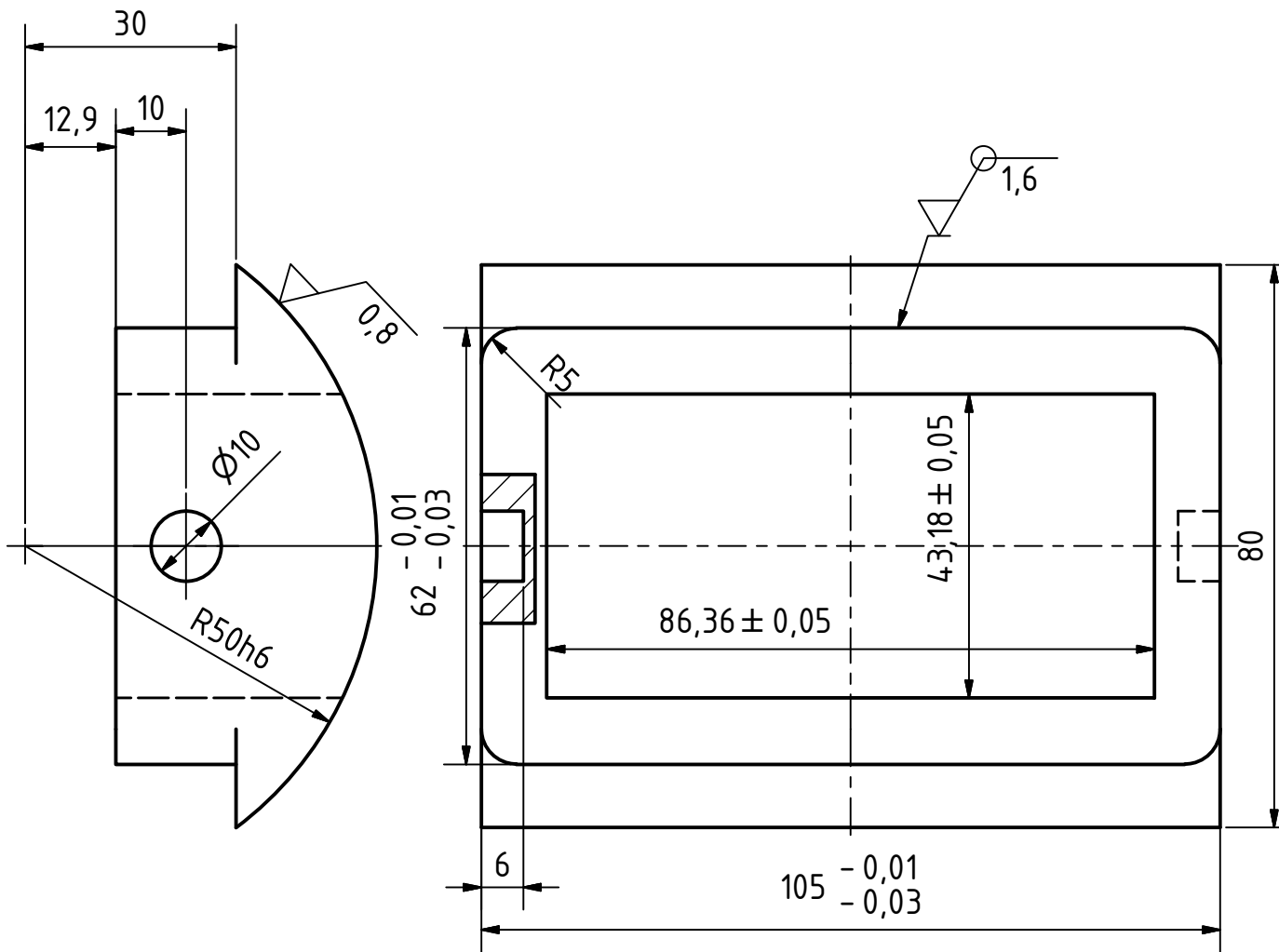
		MĚŘÍTKO 1:1		HMOTNOST 1,569 kg	
		MATERIÁL 15x130x180 Bronz			
		Datum	Jméno		
		Nakreslen	15.12.2014	FIALA	
		Zkontrolován			
		Norma			
				deska	
		č.s. 3-1272.022			1
					A3
Stav	Změny	Datum	Jméno		

25



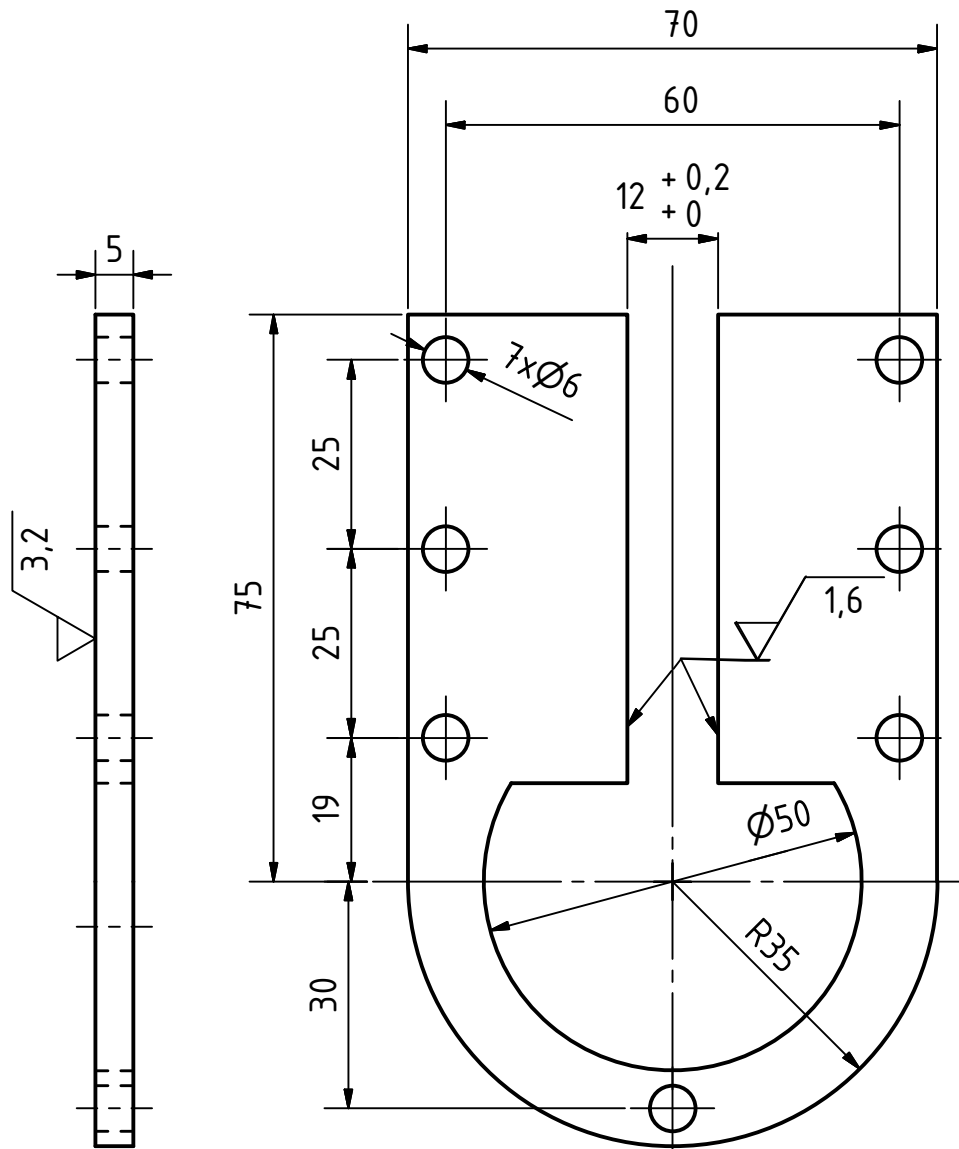
				MĚŘÍTKO 1:1		HMOTNOST 0,048 kg	
				MATERIÁL Ø6-225 17 353			
				Datum	Jméno	svorník	
			Nakreslen	15.12.2014	FIALA		
			Zkontrolován				
			Norma				
				č.s. 4-1272.023			1
							A4
Stav	Změny	Datum	Jméno				

25

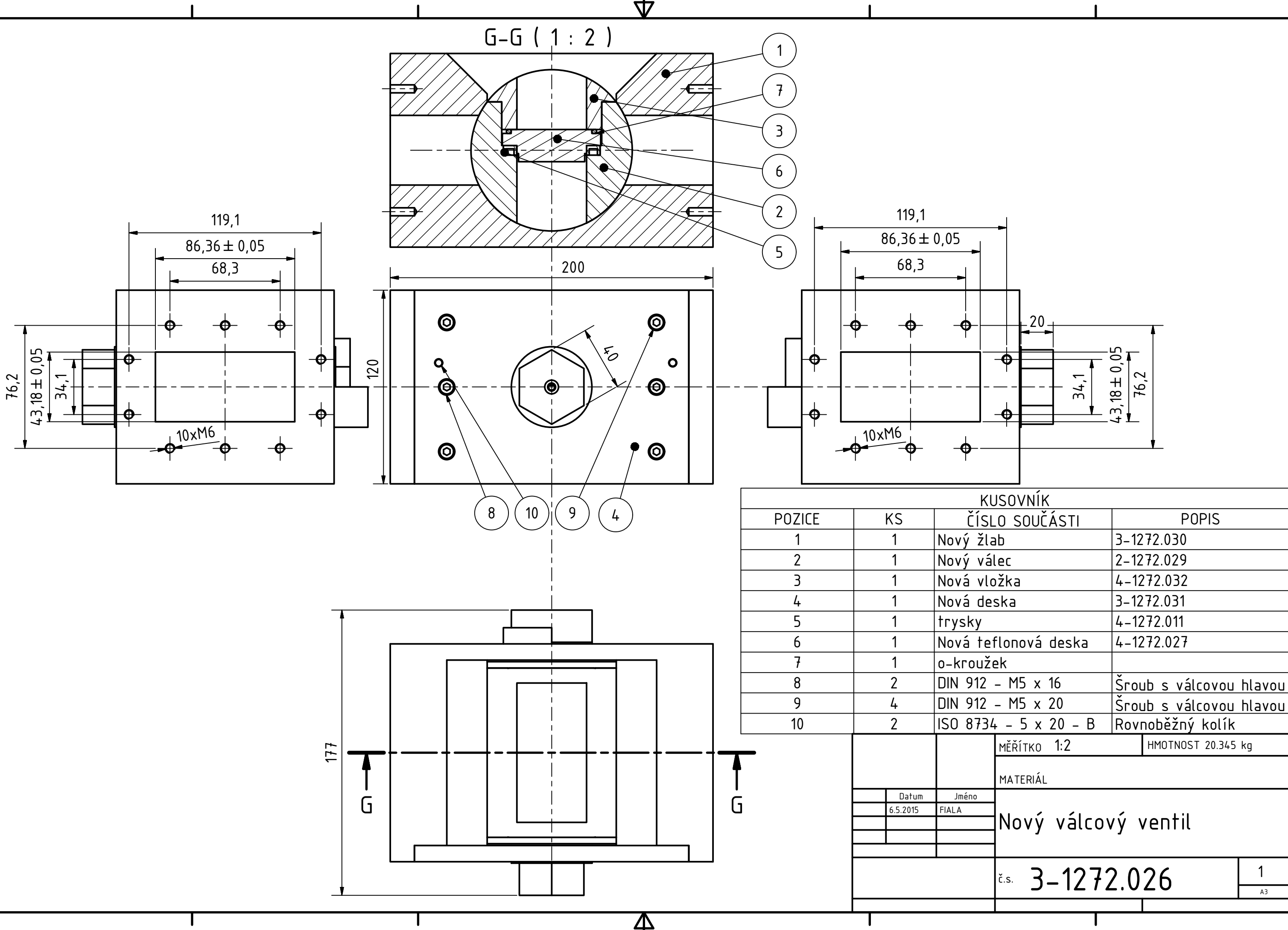


				MĚŘÍTKO 1:1		HMOTNOST 0,843 kg			
				MATERIÁL 40x85x110 Bronz					
				vložka					
		Datum						Jméno	
		Nakreslen 15.11.2014						FIALA	
		Zkontrolován							
		Norma							
				č.s. 4-1272.024			1/2		
							A4		
Stav	Změny	Datum	Jméno						

√ 25 (✓)



				MĚŘÍTKO 1:1		HMOTNOST 0,182 kg	
				MATERIÁL 75x6-115			
			Datum	Jméno			
			Nakreslen	15.12.2014	FIALA		
			Zkontrolován				
			Norma				
				páka 2.část			
				č.s. 4-1272.025			
				1			
				A4			
Sřav	Změny	Datum	Jméno				



G-G (1 : 2)

- 1
- 7
- 3
- 6
- 2
- 5

- 8
- 10
- 9
- 4

KUSOVNÍK

POZICE	KS	ČÍSLO SOUČÁSTI	POPIS
1	1	Nový žlab	3-1272.030
2	1	Nový válec	2-1272.029
3	1	Nová vložka	4-1272.032
4	1	Nová deska	3-1272.031
5	1	trysky	4-1272.011
6	1	Nová teflonová deska	4-1272.027
7	1	o-kroužek	
8	2	DIN 912 - M5 x 16	Šroub s válcovou hlavou
9	4	DIN 912 - M5 x 20	Šroub s válcovou hlavou
10	2	ISO 8734 - 5 x 20 - B	Rovnoběžný kolík

MĚŘÍTKO 1:2 HMOTNOST 20.345 kg

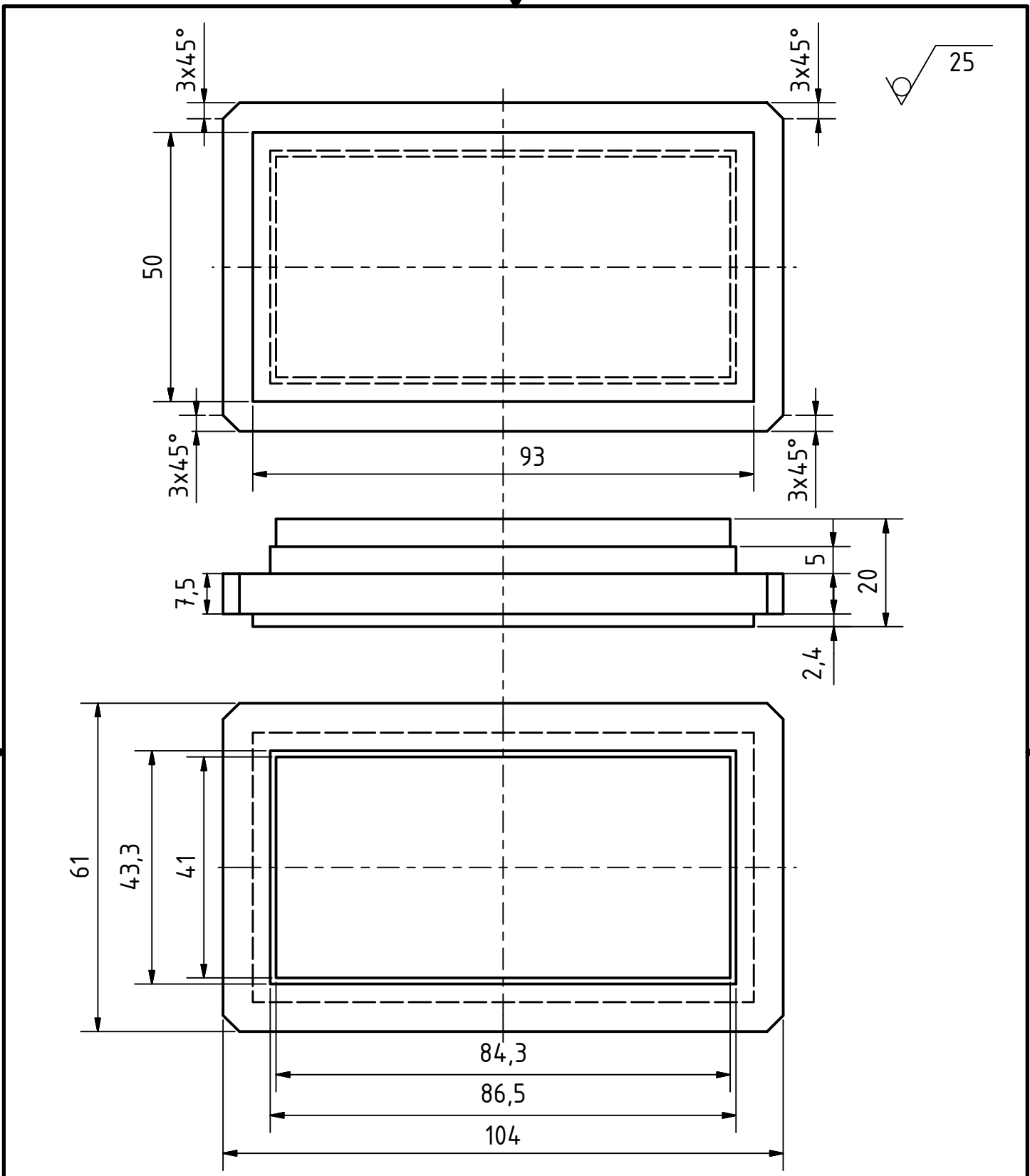
MATERIÁL

Datum	Jméno
6.5.2015	FIALA

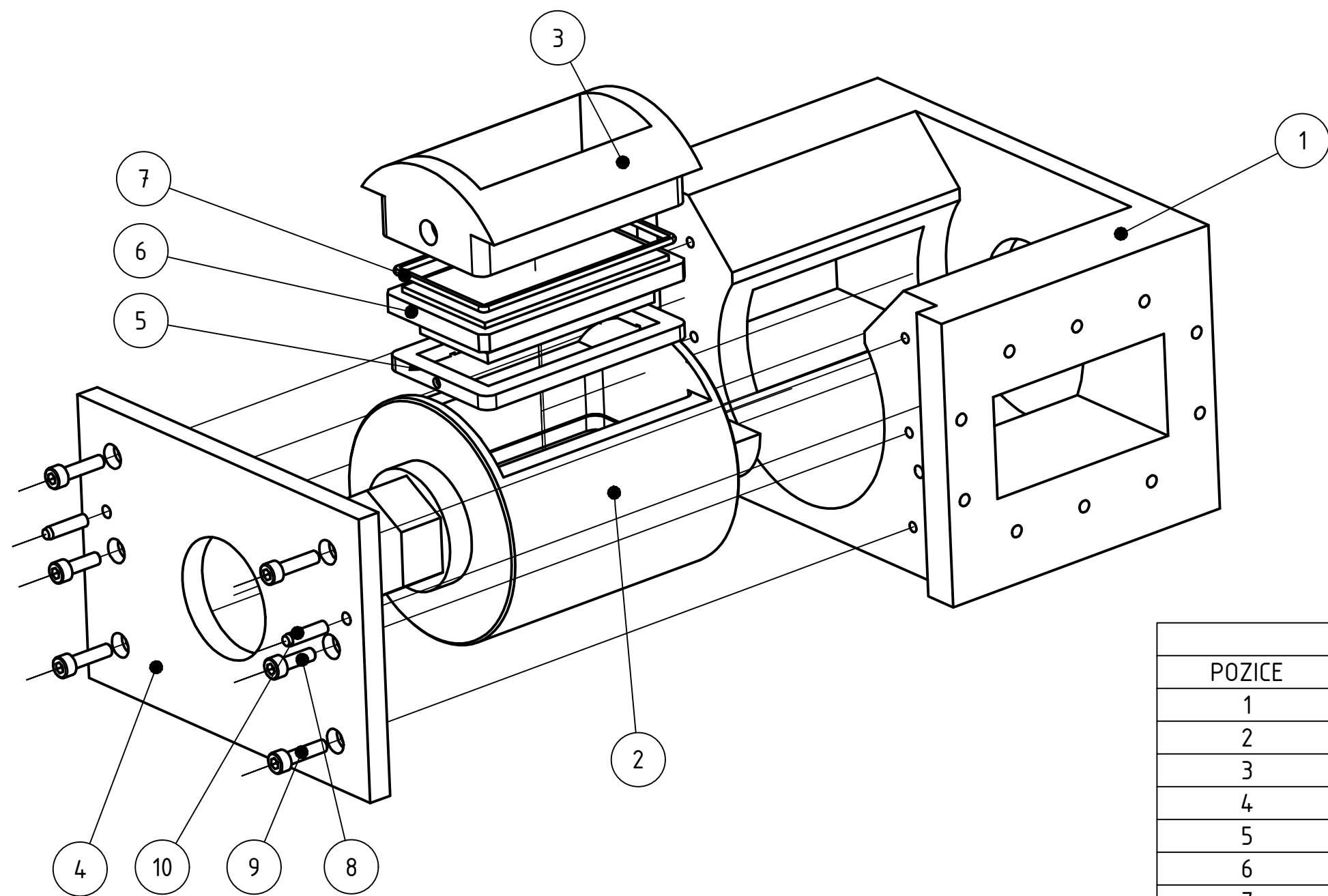
Nový válcový ventil

č.s. 3-1272.026 1

A3



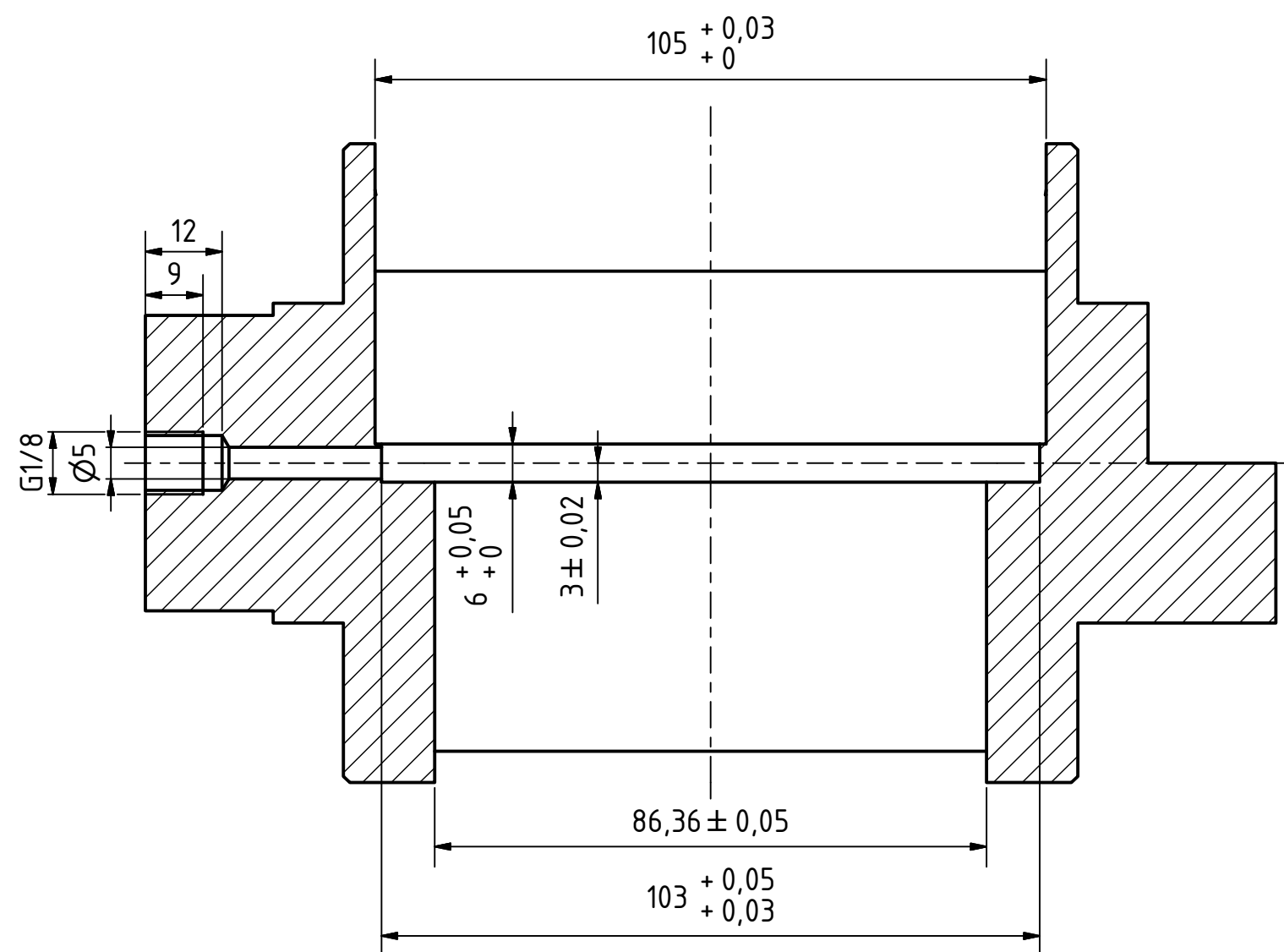
				MĚŘÍTKO 1:1	HMOTNOST 0.097 kg	
				MATERIÁL teflon		
		Datum	Jméno	Nová teflonová deska		
		Nakreslen	16.6.2014			FIALA
		Zkontrolován				
		Norma				
				č.s. 4-1272.027	1	
Sřav	Změny	Datum	Jméno	A4		



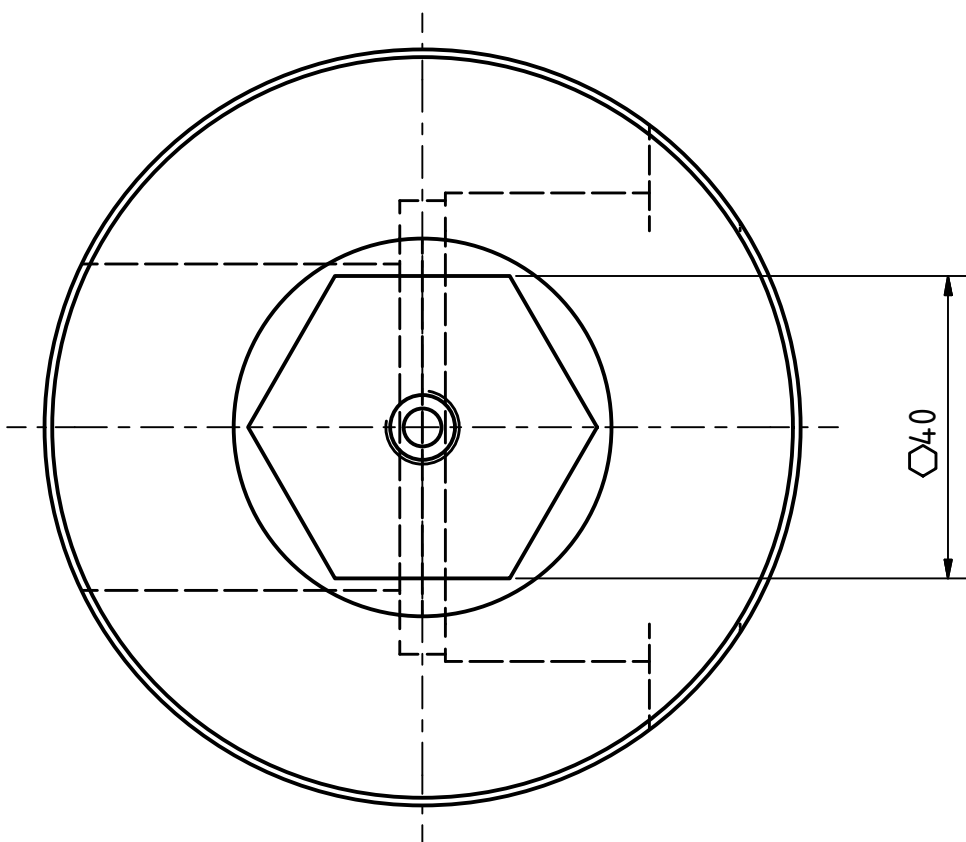
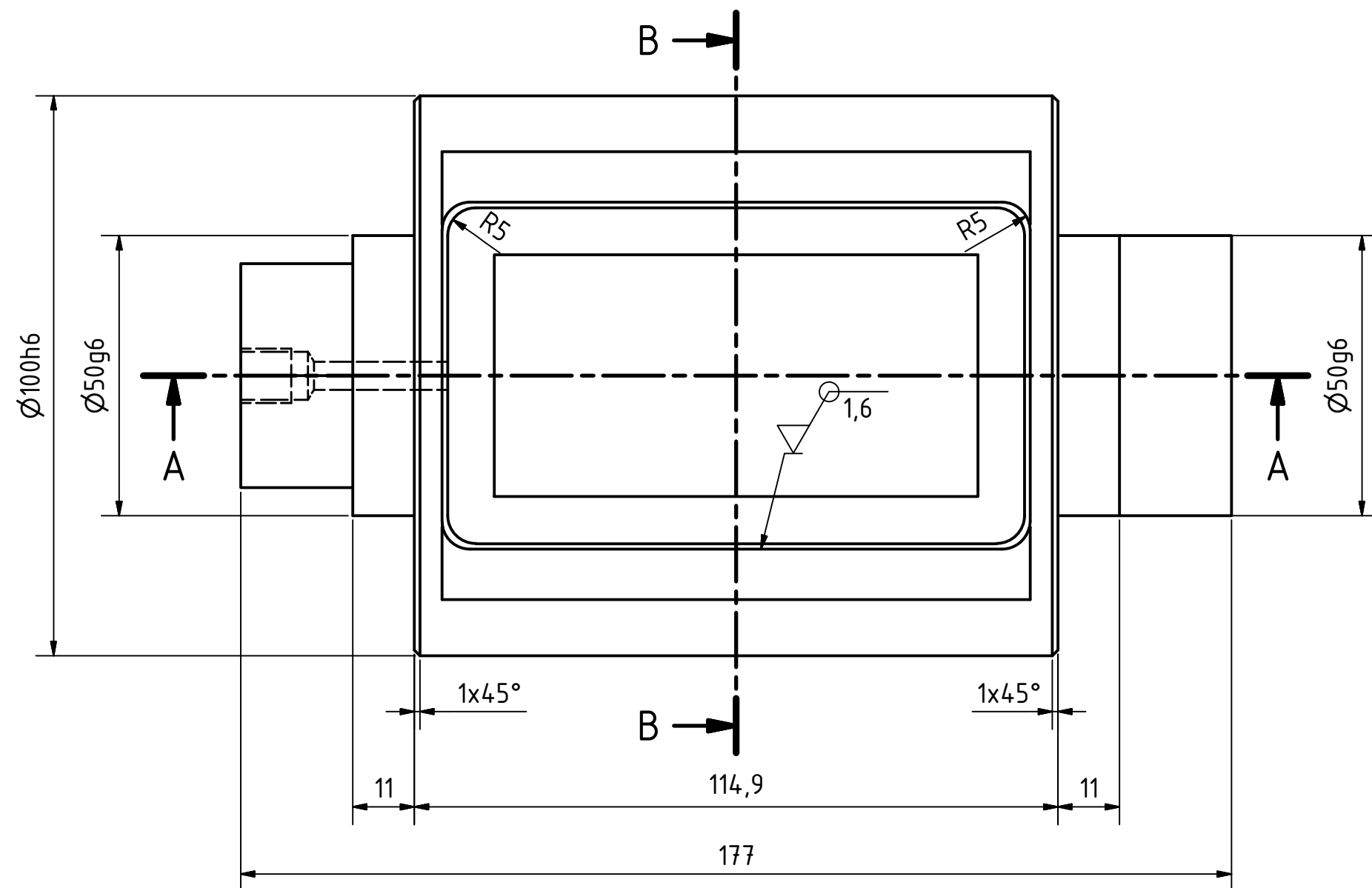
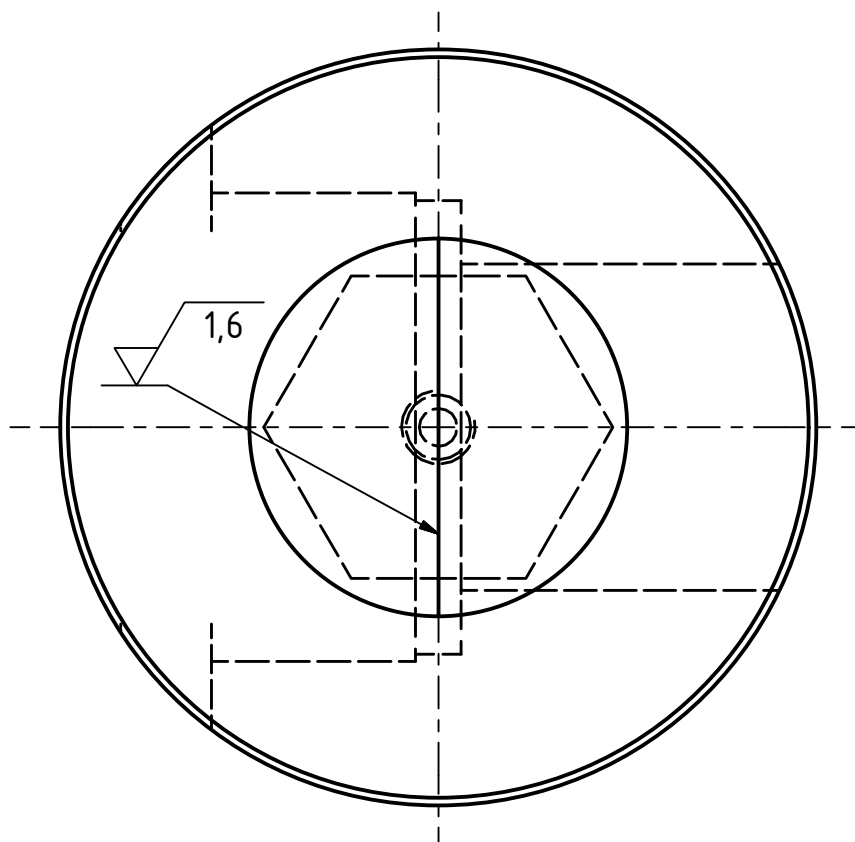
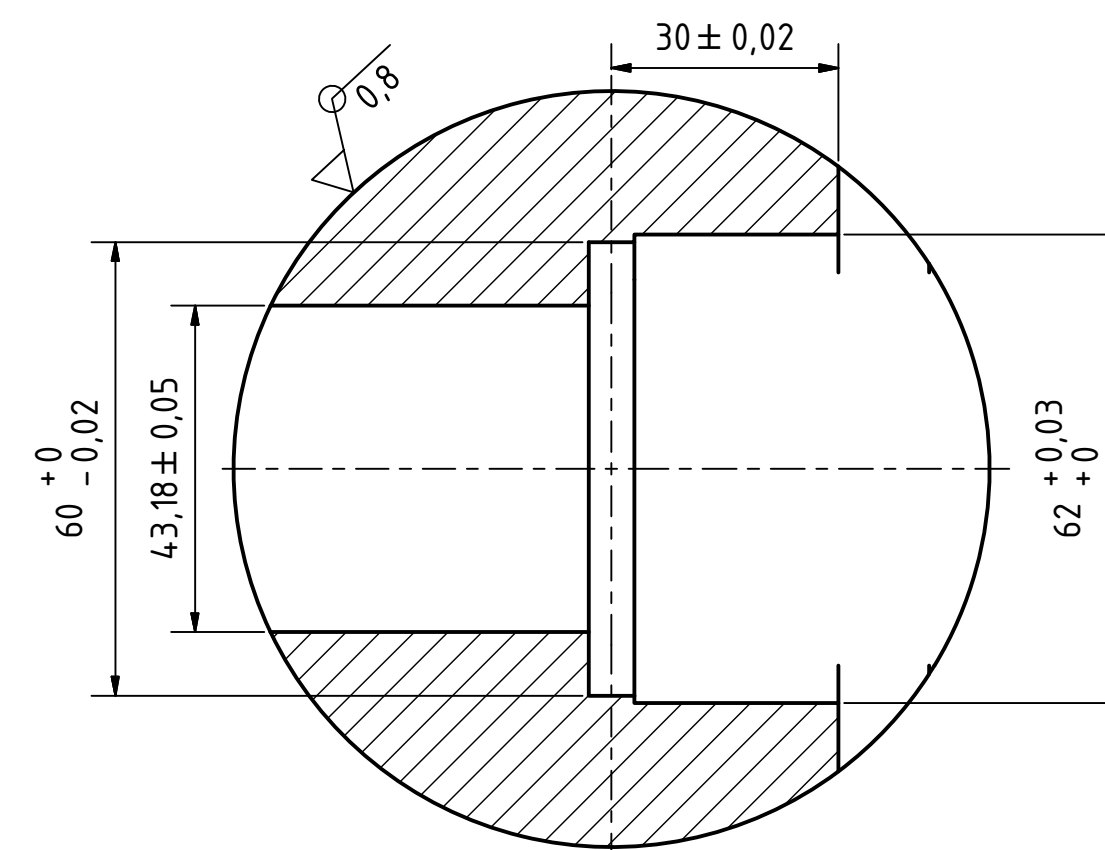
KUSOVNÍK			
POZICE	KS	ČÍSLO SOUČÁSTI	POPIS
1	1	Nový žlab	3-1272.030
2	1	Nový válec	2-1272.029
3	1	Nová vložka	4-1272.032
4	1	Nová deska	3-1272.031
5	1	trysky	4-1272.011
6	1	Nová teflonová deska	4-1272.027
7	1	o-kroužek	
8	2	DIN 912 - M5 x 16	Šroub s válcovou hlavou
9	4	DIN 912 - M5 x 20	Šroub s válcovou hlavou
10	2	ISO 8734 - 5 x 20 - B	Rovnoběžný kolík

		MĚŘÍTKO 1:2	HMOTNOST 20,345 kg
MATERIÁL			
	Datum	Jméno	Nová montážní sestava
	6.5.2015	FIALA	
		č.s. 3-1272.028	1
			A3

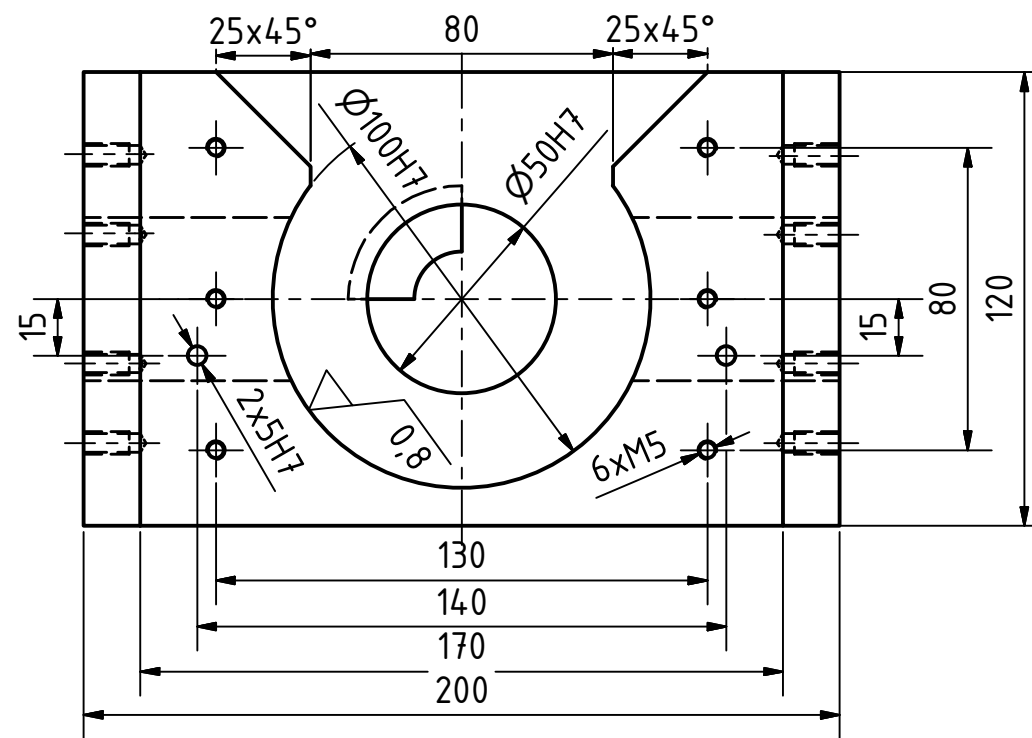
A-A (1:1)



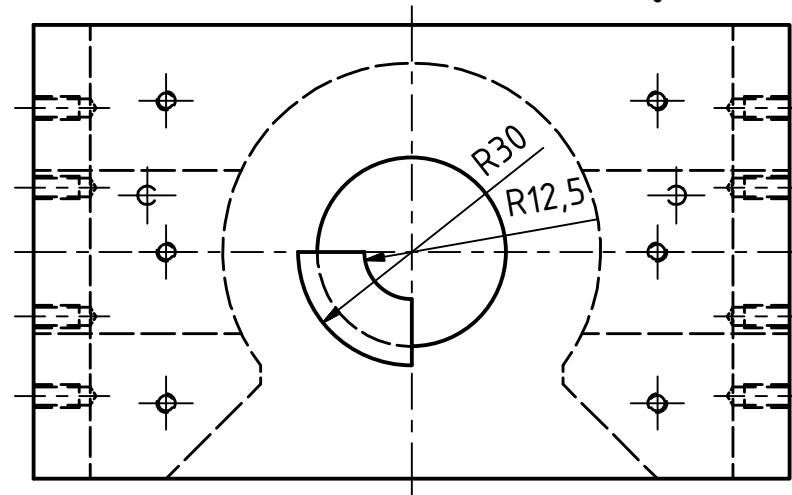
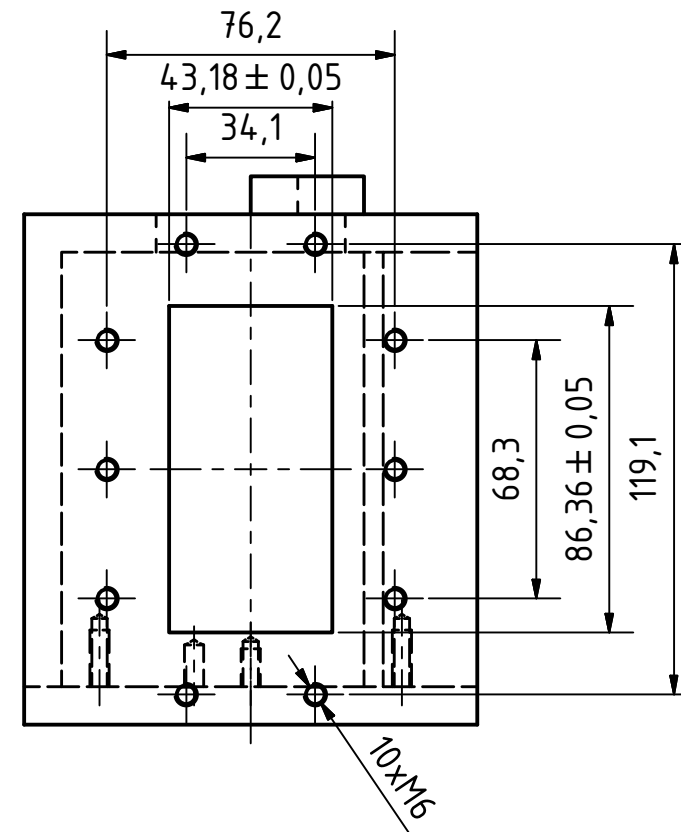
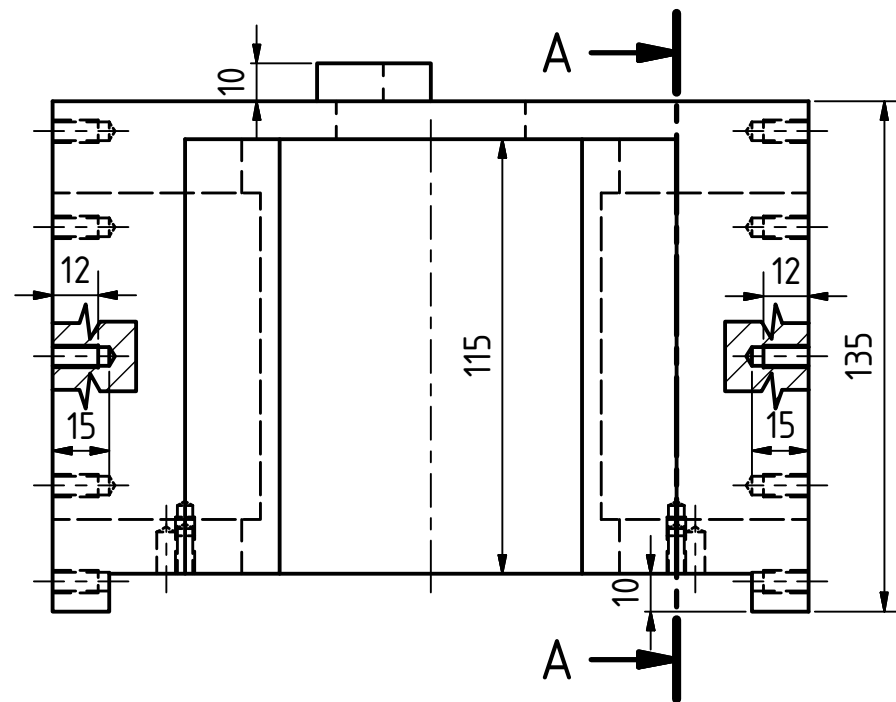
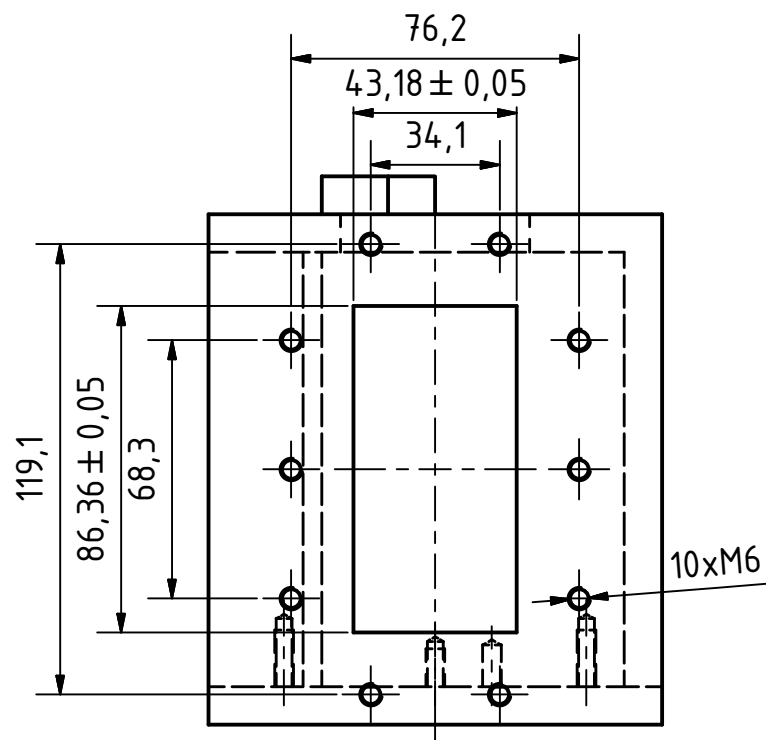
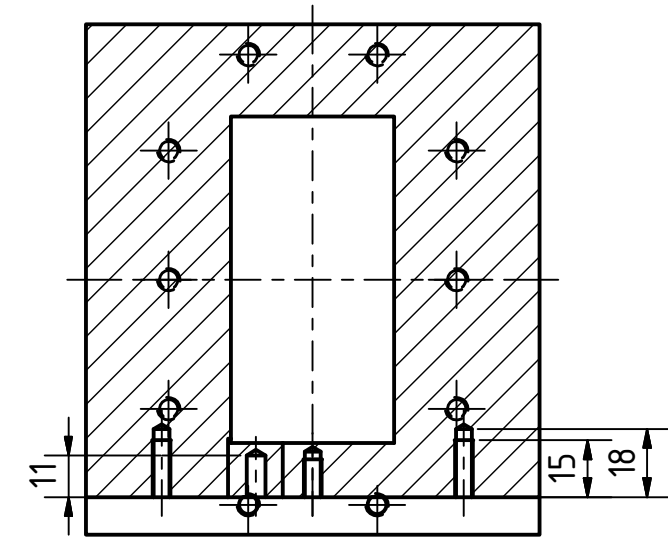
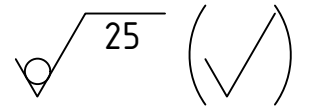
B-B (1:1)



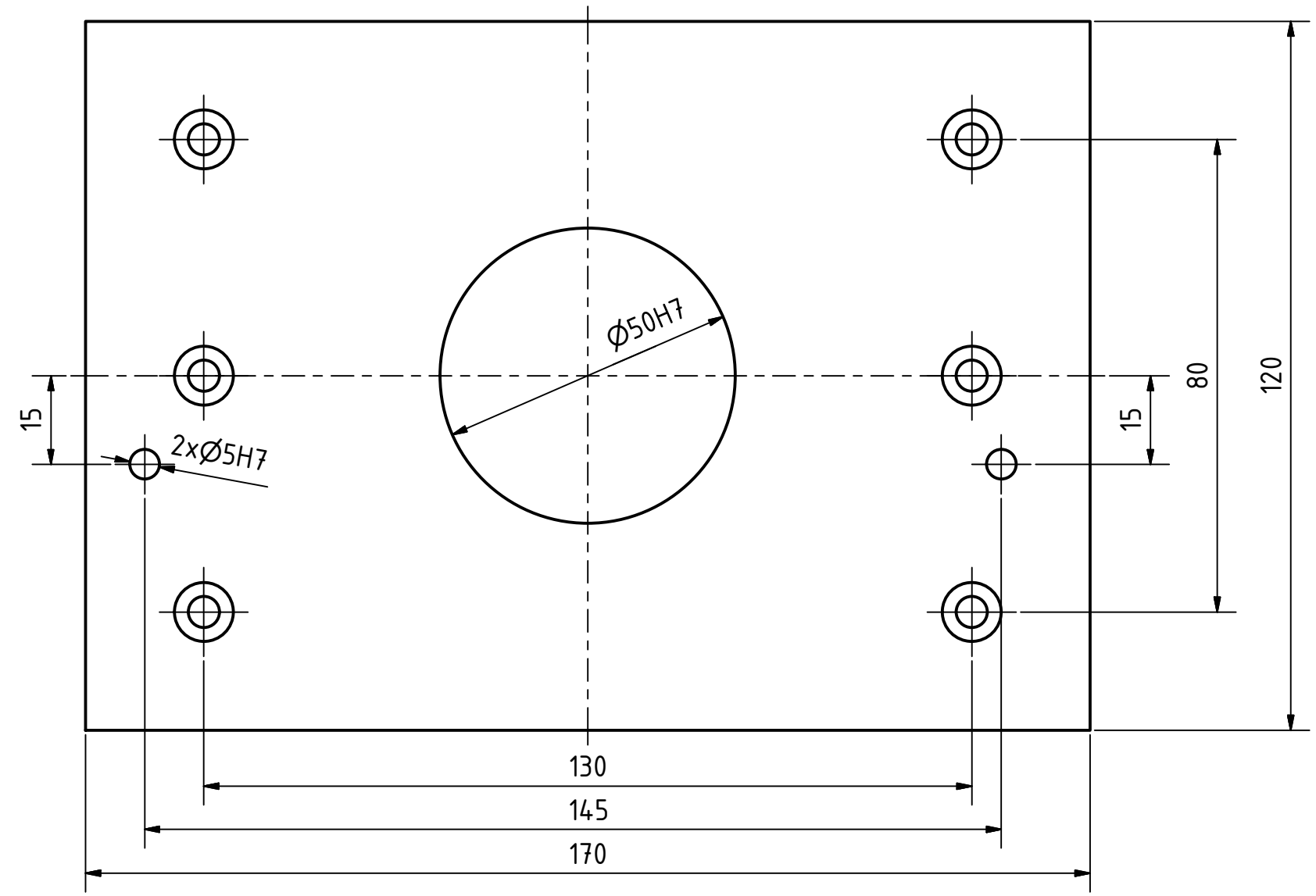
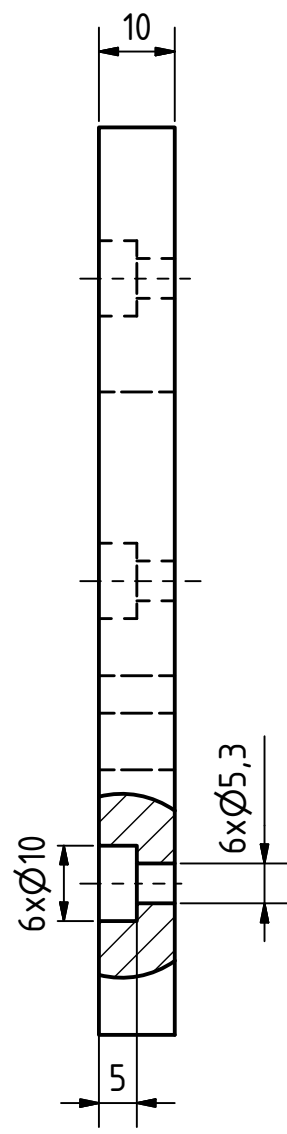
		MĚŘÍTKO 1:1		HMOTNOST 4,369 kg		
		MATERIÁL Ø110x185 Bronz				
		Datum	Jméno	Nový válec		
		Nakreslen	15.12.2014			FIALA
		Zkontrolován				
		Norma				
				č.s. 2-1272.029		
				1		
Stav	Změny	Datum	Jméno	A2		



A-A (1:2)

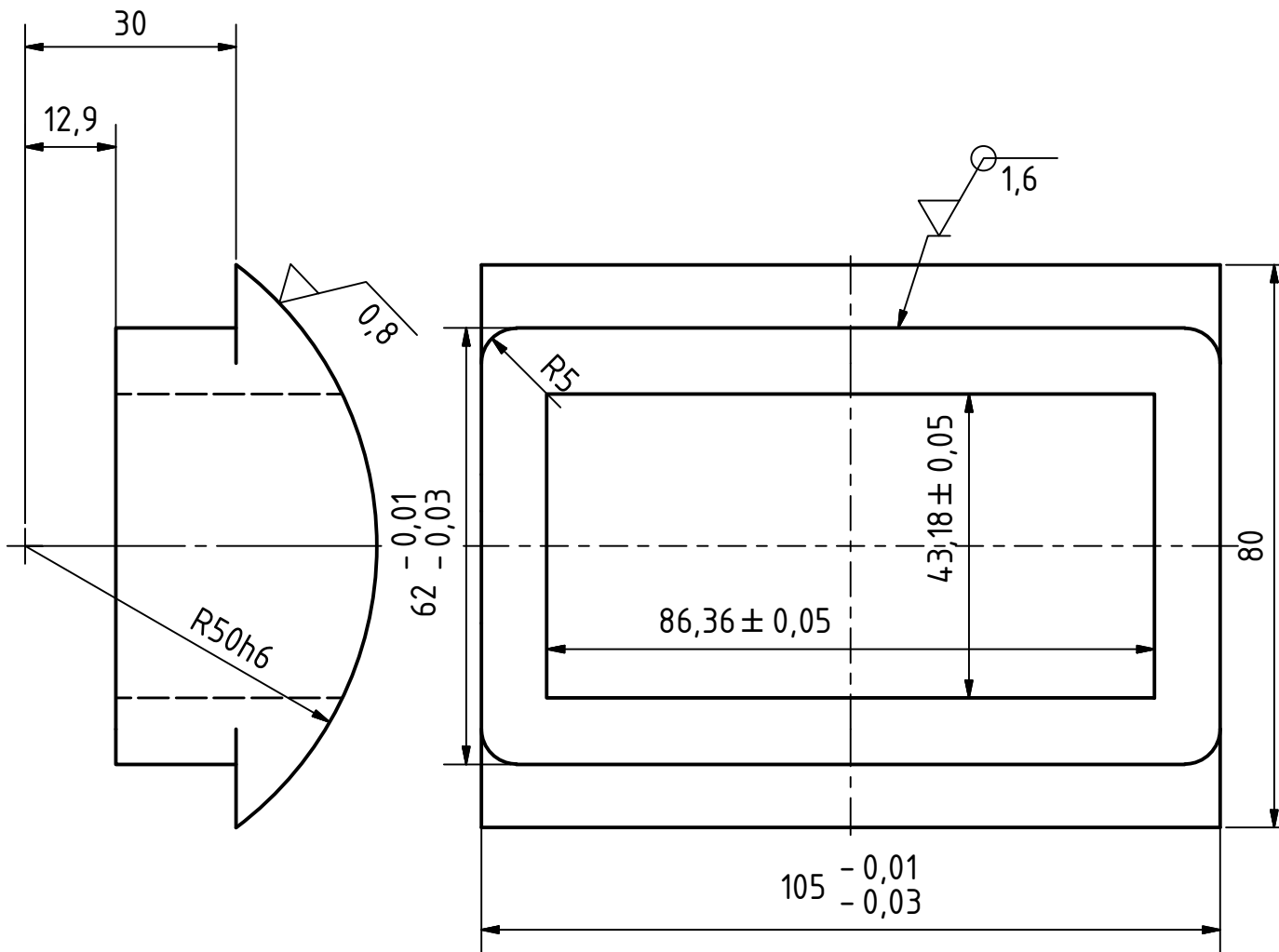


		MĚŘÍTKO 1:2	HMOTNOST 13.369 kg
		MATERIÁL 130x150x210 Bronz	
	Datum	Jméno	
Nakreslen	15.12.2014	FIALA	
Zkontrolován			
Norma			
		Nový žlab	
		č.s. 3-1272.030	1
			A3



		MĚŘÍTKO 1:1		HMOTNOST 1,605 kg	
		MATERIÁL 15x130x180 Bronz			
		Datum	Jméno		
		Nakreslen	15.12.2014	FIALA	
		Zkontrolován			
		Norma			
		Nová deska			
		č.s. 3-1272.031			1
					A3
Stav	Změny	Datum	Jméno		

25



				MĚŘÍTKO 1:1		HMOTNOST 0,843 kg		
				MATERIÁL 40x85x110 Bronz				
				Datum	Jméno	Nová vložka		
				Nakreslen	15.11.2014			FIALA
				Zkontrolován				
				Norma				
						č.s. 4-1272.032		
						A4		
Sřav	Změny	Datum	Jméno					