

Návrh zařízení pro měření roztažnosti plastů

Jan Čech

Bakalářská práce
2012

 Univerzita Tomáše Bati ve Zlíně
Fakulta technologická

Univerzita Tomáše Bati ve Zlíně
Fakulta technologická
Ústav výrobního inženýrství
akademický rok: 2011/2012

ZADÁNÍ BAKALÁŘSKÉ PRÁCE

(PROJEKTU, UMĚLECKÉHO DÍLA, UMĚLECKÉHO VÝKONU)

Jméno a příjmení: **Jan ČECH**
Osobní číslo: **T08584**
Studijní program: **B3909 Procesní inženýrství**
Studijní obor: **Technologická zařízení**

Téma práce: **Návrh zařízení pro měření roztažnosti plastů**

Zásady pro vypracování:

- 1. Vypracujte literární rešerši na zadané téma**
- 2. Navrhněte konstrukční zařízení**
- 3. Vypracujte návod pro využití zařízení v laboratorní výuce**

Rozsah bakalářské práce:

Rozsah příloh:

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

Seznam odborné literatury:

Dle doporučení vedoucího práce

Vedoucí bakalářské práce: **doc. Ing. Miroslav Maňas, CSc.**
Ústav výrobního inženýrství

Datum zadání bakalářské práce: **13. února 2012**

Termín odevzdání bakalářské práce: **25. května 2012**

Ve Zlíně dne 24. května 2012


doc. Ing. Roman Čermák, Ph.D.
děkan




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

Příjmení a jméno: Čech Jan.....

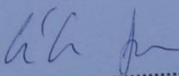
Obor: TZ.....

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 obhajoby ¹⁾;
- beru na vědomí, že diplomová/bakalářská práce bude uložena v elektronické podobě v univerzitním informačním systému dostupná k nahlédnutí, že jeden výtisk diplomové/bakalářské práce bude uložen na příslušném ústavu Fakulty technologické UTB ve Zlíně a jeden výtisk bude uložen u vedoucího práce;
- byl/a jsem seznámen/a s tím, že na moji diplomovou/bakalářskou práci se plně vztahuje zákon č. 121/2000 Sb. o právu autorském, o právech souvisejících s právem autorským a o změně některých zákonů (autorský zákon) ve znění pozdějších právních předpisů, zejm. § 35 odst. 3 ²⁾;
- beru na vědomí, že podle § 60 ³⁾ odst. 1 autorského zákona má UTB ve Zlíně právo na uzavření licenční smlouvy o užití školního díla v rozsahu § 12 odst. 4 autorského zákona;
- beru na vědomí, že podle § 60 ³⁾ 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 23.8. 2012


.....

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

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

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

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, užije-li nikoli za účelem přímého nebo nepřímého hospodářského nebo obchodního prospěchu k výuce nebo k vlastní potřebě dílo vytvořené žákem nebo studentem ke splnění školních nebo studijních povinností vyplývajících z jeho právního vztahu ke škole nebo školskému či 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). Odpirá-li autor takového díla udělit svolení bez vážného důvodu, mohou se tyto osoby domáhat nahrazení chybějícího projevu jeho vůle u soudu. Ustanovení § 35 odst. 3 zůstává nedotčeno.

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

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

ABSTRAKT

Cílem práce bylo navrhnout přístroj a pracovní postupy při měření délkové teplotní roztažnosti u plastů. V teoretické části je popsáno rozdělení polymerů, mechanismy sdílení tepla a koeficientu teplotní roztažnosti.

Praktická část obsahuje návrh samotného zařízení, technickou obrazovou část, návrh pracovního postupu měření a výkresovou část.

Klíčová slova:

Lineární teplotní roztažnost, polymery, dilatometr , mechanismy sdílení tepla, mechanismy sdílení tepla

ABSTRACT

The aim was to design a device and working practices in the measurement of thermal expansion for plastics. The theoretical part describes the distribution of polymers, mechanism of heat transfer and thermal expansion coefficient.

The practical part contains the design of the device itself, the technical part of the image, flow design and technical drawings of the measurement.

Keywords:

Linear thermal expansion, polymers, dilatometer, heat transfer mechanism

Poděkování, motto a čestné prohlášení, že odevzdaná verze bakalářské/diplomové práce a verze elektronická, nahraná do IS/STAG jsou totožné ve znění:

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

OBSAH

ÚVOD	9
I TEORETICKÁ ČÁST	10
1 POLYMERY	11
1.1 ROZDĚLENÍ.....	11
1.2 TERMOPLASTY	12
1.2.1 Rozdělení podle nad molekulární struktury (podle stupně uspořádanosti)	13
2 MECHANIZMI SDÍLENÍ TEPLA	14
2.1 SDÍLENÍ TEPLA VEDENÍM	14
2.2 SDÍLENÍ TEPLA PROUDĚNÍM.....	14
2.3 SDÍLENÍ TEPLA SÁLÁNÍM	15
3 KOEFICIENT TEPLOTNÍ ROZTAŽNOSTI	17
3.1 TEORETICKÝ ÚVOD.....	17
II PRAKTICKÁ ČÁST	19
4 NÁVRH	20
4.1 CÍL PRÁCE	20
4.2 NÁVRH ZAŘÍZENÍ.....	20
4.2.1 Výpočty	28
5 NÁVOD PRACOVNÍHO POSTUPU	30
5.1 CÍL PRÁCE	30
5.2 POMŮCKY.....	30
5.3 PRACOVNÍ POSTUP.....	30
5.4 ZPRACOVÁNÍ PROTOKOLU	31
ZÁVĚR	32
SEZNAM POUŽITÉ LITERATURY	33
SEZNAM POUŽITÝCH SYMBOLŮ A ZKRATEK	34
SEZNAM OBRÁZKŮ	35
SEZNAM TABULEK	36
SEZNAM PŘÍLOH	37

ÚVOD

Bakalářská práce se zabývá návrhem zařízení na zkoušku délkové teplotní roztažnosti

Tato zkouška simuluje, jak se daný polymer bude chovat při změnách teploty a to určí jeho možné použití pro zamýšlený výrobek.

Navrhované zařízení bude držák dilatometru umožňující uchycovat různé průměry a velikosti trubic. Zařízení se bude skládat z podstavy, vodících tyčí umožňující výškový posuv, variabilní uchycení dilatometru, a mechanismu pro upnutí úchylkoměru umožňující plynulý pohyb po tyči a zastavení v libovolné zamýšlené pozici.

V teoretické části bakalářské práce bude popsáno základní rozdělení polymerů, mechanismy sdílení tepla a koeficientu teplotní délkové roztažnosti

Praktická část bakalářské práce bude obsahovat návrh samotného zařízení a návrh pracovního postupu pro zkoušku v laboratorním prostředí. Součástí této práce bude i technická dokumentace týkající se projektu navrhovaného zařízení.

I. TEORETICKÁ ČÁST

1 POLYMERY

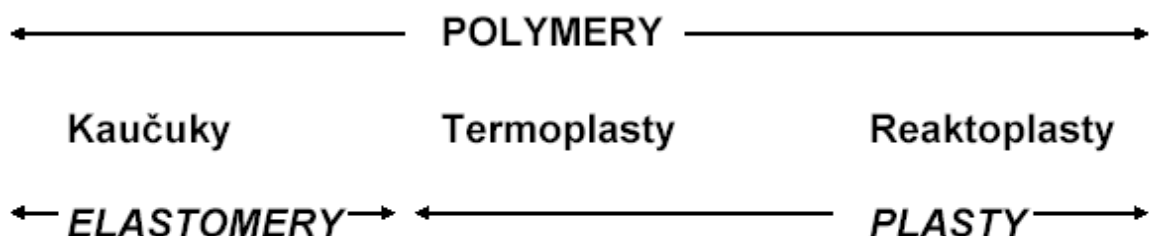
Plasty jsou makromolekulární látky, které se dají formovat do požadovaného tvaru teplem nebo tlakem, popř. oběma činiteli současně. Jsou pevné a dobře tvarovatelné, lehké, snadno se obrábějí a většinou mají dobré i tepelně-izolační vlastnosti. Ve srovnání s kovy téměř nepodléhají korozi, což je výhodné z hlediska trvanlivosti výrobků z nich zhotovených, ale nevýhodné z hlediska ekologického, protože odpad z plastů se v přírodě jen pomalu rozkládá.

Podstatnou složkou jsou makromolekulární organické sloučeniny přírodního nebo syntetického původu, tvořené atomy uhlíku a vodíku, k nimž přistupují atomy dalších prvků.

Další důležitou složkou jsou tzv. příměsi, které často označujeme přímo účelem, za kterým se do makromolekulárních látek přidávají (plniva, změkčovadla, stabilizátory, maziva, ...). Užité vlastnosti polymerů je možno v široké míře měnit plnivem. Plniva snižují cenu výrobků, ale také mění mechanické vlastnosti. Rozdělujeme je na nevyztužující, která jsou obvykle prášková (např. grafit), mající vliv na kluzné a tepelné vlastnosti a na vyztužující (vláknité, např. sklo, tkaniny), jež zvyšují především pevnost při současném zvýšení modulu pružnosti. [5]

1.1 Rozdělení

Polymery jsou chemické látky, které vykazují díky svým obrovským molekulám neobvykle širokou škálu vlastností. Polymery se dělí na elastomery a plasty. Rozdělení plastů: termoplasty a reaktoplasty.



Obr. 1 Rozdělení polymerů

Elastomer je vysoce elastický polymer, který lze za běžných podmínek malou silou značně deformovat bez porušení. Tato deformace je převážně vratná. Dominantní skupinou elastomerů jsou kaučuky, z nichž se vyrábí pryže.

Termoplasty lze opakovaně ohřevem převést do stavu taveniny nebo viskózního toku a ochlazením nechat ztuhnout při teplotách, které jsou charakteristické pro daný typ termoplastu. Základ recyklačních technologií termoplastů.

Reaktoplasty procházejí při zpracovatelském procesu chemickou reakcí a účinkem tepla, záření nebo síťovacích činidel vytvářejí husté, prostorově zesíťované struktury, v nichž jsou původní molekuly vzájemně pospojovány kovalentními vazbami. Tento proces se nazývá vytvrzování. Reaktoplast je ve vytvrzeném stavu netavitelný a nerozpustný. Recyklace reaktoplastů je proto obtížnější než u termoplastů a vyžaduje jiné postupy.

Jiné dělení polymerů vychází ze způsobu jejich vzniku:

- *polymery přírodní* (bílkoviny, škrob, celulóza, kaučuk a látky syntetické, ale přírodním polymerům podobné (celuloid, vulkánfibr, viskóza, umělé hedvábí, umělá rohovina apod.)
- *polymery syntetické* (polyetylén, polyvinylchlorid, atd.)

Dále můžeme dělit polymery podle způsobu jejich použití a to na: vlákna, fólie, desky, trubky, laky, elastomery (kaučuky), lepidla, maziva, apod.

Z chemicko – technologického hlediska dělíme polymery na: polymeráty, polykondenzáty a polyadukty. [6]

1.2 Termoplasty

jsou polymerní materiály, které při zahřívání přecházejí do plastického stavu, do stavu vysoce viskózních neneutronovských kapalin, kde je lze snadno tvářet a zpracovávat různými technologiemi. Do tuhého stavu přejdou ochlazením pod teplotu tání T_m (semikrystalické plasty), resp. teplotu viskózního toku T_f (amorfní plasty). Protože při zahřívání nedochází ke změnám chemické struktury, lze proces měknutí a následného tuhnutí opakovat teoreticky bez omezení. Jedná se pouze o fyzikální proces. Patří zde PE, PP, PS, PVC a PA. [3]

1.2.1 Rozdělení podle nad molekulární struktury (podle stupně uspořádanosti)

Amorfni plasty - jsou látky, ve kterých makromolekuly zaujímají zcela nahodilou pozici. Patří sem např. PS, PMMA, PC, apod. Jsou charakteristické tvrdostí, křehkostí, vysokou pevností, modulem pružnosti, mají nízký index lomu (1,4 až 1,6) a jsou průhledné, resp. dle propustnosti světla čiré (92 % propustnosti světla), transparentní, anebo průhledné (60 % propustnosti světla). Součinitel teplotní roztažnosti α je menší, než u semikrystalických polymerů. Použitelnost amorfních polymerů je do teploty zesklnění T_g . [3]

Krystalické plasty (semikrystalické) – jsou to látky, které vykazují určitý stupeň uspořádanosti. Ten se označuje jako stupeň krystalinity (pohybuje se od 40 do 90 %) a vyjadřuje relativní podíl uspořádaných oblastí, uložených mezi oblastmi amorfními. Nemůže nikdy dosáhnout 100 %, proto se krystalické plasty označují jako semikrystalické. Patří sem PE, PP, PA, PTFE, POM, atd. Jsou mléčně zakalené, index lomu je větší a jsou charakterizovány houževnatostí materiálu, pevnost a modul pružnosti roste se stupněm krystalinity. Použitelnost semikrystalických plastů je do teploty tání T_m . [3]

2 MECHANIZMI SDÍLENÍ TEPLA

Sdílení tepla (předávání tepla, přenos tepla, transport tepla) může probíhat třemi základními mechanismy: vedením, prouděním, sáláním [7].

2.1 Sdílení tepla vedením

Sdílení tepla vedením nastává předáváním kinetické energie mezi molekulami a elektrony vlivem teplotních rozdílů. Vedení tepla je tedy molekulárním mechanismem sdílení tepla. Molekuly a elektrony mají v místě vyšší teplotou vyšší kinetickou energii než v místě s nižší teplotou. Jelikož se kinetická energie přenáší z molekuly na molekulu nebo z elektronu na elektron, závisí tento přenos značně na vlastnostech prostředí, v němž se teplo vede, tj. na vlastnostech molekul a elektronů a na jejich vzdálenosti. Vedení tepla se týká látek pevných, kapalných i plyných. Snižování tlaku u plynů vede ke vzdalování molekul a ke zvyšování odporu proti vedení tepla. Plyny, zejména při velmi nízkém tlaku, jsou velmi špatnými vodiči tepla, stejně jako některé pevné látky, a proto se jich využívá k tepelné izolaci zařízení. Volné a vysoce pohyblivé elektrony kovových materiálů jsou příčinou jejich vysoké vodivosti nejen elektrické, ale i tepelné[4].

2.2 Sdílení tepla prouděním

V pohyblivém prostředí, tj. především v tekutinách (ale též u pevných částic ve fluidní vrstvě, při pneumatickém transportu a v sesuvné vrstvě), dochází k přenosu energie z místa o vyšší teplotě na místo o nižší teplotě makroskopickým tokem částic, tj. z hlediska teorie spojitého prostředí přesunem velkých souborů molekul. Ve vícesložkových soustavách se při sdílení hmoty vytvoří koncentrační gradient, který způsobí difúzi částic a odpovídající difúzní přenos energie. Ten souvisí se sdílením hmoty a ve srovnání s přenosem tepla vlivem proudění není obvykle významný. Přenos energie prouděním je vázán na pohybující se hmotné částice a je o řád až dva intenzivnější než molekulární sdílení (vedení tepla) v těze látce. Oba typy přenosů energie probíhají v pohyblivém prostředí souběžně.

Intenzita přenosu energie prouděním závisí mj. na složce intenzity pohybu částic ve směru požadovaného sdílení tepla, tj. obvykle směrem fázovému rozhraní nebo od fázového rozhraní, které představuje plochu tepelné výměny neboli teplosměnnou plo-

chu. Přitom hlavní proudění tekutiny probíhá podél tohoto fázového rozhraní. Proudění tekutiny při sdílení tepla je buď volné, nebo nucené. Volné proudění je vyvoláno pouze rozdílem hustot (vlivem rozdílu teplot) u teplosměnné plochy a v jádru tekutiny. Až na výjimky (např. voda v rozmezí teplot 0 až 4°C) klesá hustota tekutiny se vzrůstající teplotou. Potom např. u teplosměnné plochy s nižší teplotou, než je teplota v jádru tekutiny, dochází v gravitačním poli Země k pohybu tekutiny dolů. V jádru tekutiny, kde je vyšší teplota, dochází naopak k pohybu tekutiny směrem nahoru. V blízkosti nehybné teplosměnné plochy je rychlost proudění nízká, a proudění je zde proto laminární i při turbulentním proudění v jádru tekutiny. V tomto případě se zde vytváří laminární podvrstvy, v níž se tekutina pohybuje pouze podél teplosměnné plochy. Napříč touto laminární podvrstvou nemůže tedy nastat přenos energie pohybem částic, ale jen jejich molekulárním pohybem, tj. vedením tepla. Z jádra tekutiny se energie na rozhraní s laminární podvrstvou přenáší nejen vedením tepla, ale především pohybem tekutiny. Turbulentní fluktuace rychlosti v jádru tekutiny zvyšují intenzitu přenosu energie. V laminární podvrstvě se přenáší energie pouze ve formě vedení tepla. Celý tento mechanismus se nazývá sdílení tepla prouděním.

Stejný mechanismus přenosu energie je při nuceném proudění, které může být realizováno různým způsobem. Z toho vyplývá různá intenzita a charakter pohybu částic tekutiny k teplosměnné ploše. Tím je dána různá intenzita přenosu energie prouděním. Např. nucené proudění může být realizováno rozdílem tlaků nebo samospádem v trubce, nehybné vrstvě sypkého materiálu, ve fluidní vrstvě, v cyklónu, v nádobě s mechanickým míchadlem [4].

2.3 Sdílení tepla sáláním

Ke sdílení tepla sáláním (neboli zářením či radiací) dochází mezi dvěma tělesy tak, že se z jednoho tělesa energie ve formě elektromagnetického vlnění přenáší na druhé těleso. Tento proces je kvantitativně vyjadřován jako tok tepla. V tělese, které vyzařuje (emituje), dojde k přeměně vnitřní energie na energii radiální. Opačný proces nastává u druhého tělesa, které pohlcuje (absorbuje) část radiální energie, jež dopadne na jeho povrch a přemění ji na vnitřní energii (absorbovaná radiální energie). Aby k tomuto přenosu radiální energie z jednoho tělesa na druhé mohlo dojít, musí být mezi dvěma tělesy prostředí propouštějící záření. Takové prostředí se nazývá transparentní. Celkový tok zářivé

energie na těleso E může být z části odražen (reflexe) jako tok E_r , z části pohlcen (absorpce) jako tok E_a a z části propuštěn (transparence) jako tok E_t .

Platí:

$$E = E_r + E_a + E_t \quad (1)$$

Relativní míry jednotlivých toků jsou dány podílem z celkové zářivé energie. Technicky se sdílení tepla sáláním uplatňuje v případě vysokoteplotních procesů, např. při sdílení tepla v pecích.

Velmi často převažuje jeden mechanismus nad ostatními. Potom můžeme při výpočtech brát v úvahu pouze dominantní mechanismus a k ostatním nepřihlížet. Pokud nelze předpokládat, že dominantní je jediný mechanismus, musíme uvažovat o složeném sdílení tepla [4].

3 KOEFICIENT TEPLOTNÍ ROZTAŽNOSTI

Jev, který zapříčiňuje změnu objemu (délky) tělesa, dodáním nebo odebráním tepla.

3.1 Teoretický úvod

Všechny materiály se při zahřívání roztahují a po ochlazení smršťují teplotní objemová roztažnost pevných látek je charakterizována koeficientem teplotní objemové roztažnosti α

Definovaným vztahem:

$$\alpha = \frac{1}{V_0} \cdot \frac{dV}{dT} \quad (2)$$

kde

V_0 -objem měřený při teplotě 0°C (nebo jiné vztažné teplotě)

dV -změna objemu v teplotním intervalu dT .

Koeficient α závisí obecně na teplotě, ale v určitém, nepřilíš širokém, teplotním intervalu jej lze považovat za poměrně konstantní. Označujeme jej pak jako průměrný koeficient $\bar{\alpha}$ závislost objemu na teplotě vyjadřujeme vztahem:

$$V = V_0 \cdot (1 + \bar{\alpha} \cdot T) \quad (3)$$

kde

V -objem při teplotě T

Pro tělesa, u kterých převládá jeden rozměr, zavádíme délkovou roztažnost, koeficientem teplotní délkové roztažnosti α_l :

$$\alpha_l = \frac{1}{l_0} \cdot \frac{dl}{dT} \quad (4)$$

S použitím středního koeficientu teplotní délkové roztažnosti lze závislost délky na teplotě vyjádřit vztahem.

$$l = l_0 \cdot (1 + \bar{\alpha}_l \cdot T) \quad (5)$$

Vztah mezi oběma koeficienty lze při předpokladu tělesa ve tvaru krychle ($V=l^3$) vyjádřit rovnicí:

$$\bar{\alpha} \doteq 3\bar{\alpha}_l \quad (6)$$

U polymerů je situace poněkud komplikovanější. Při ochlazení na dostatečně nízkou teplotu ztuhne amorfní polymer jako sklo. Ztrácí schopnost trvalé deformace a chová se jako křehká tuhá látka. Teplotní interval, ve kterém tato změna nastává, se označuje jako teplota skelného přechodu T_g . Při ochlazení na teplotu skelného přechodu ustává Brownův i mikro-Brownův pohyb polymerních řetězců, který se mění na nízkofrekvenční vibrace. Za takových podmínek jsou znemožněny tvorba, zánik a vznik i migrace vakancí. Zatím co u viskoelastických polymerů (nad teplotou T_g) počet vakancí při ochlazení klesá, pod teplotou T_g zůstává konstantní a nemění se ani jejich objemový podíl, který se nazývá volný objem.

Při tomto přechodu se skokem mění první derivace základních termodynamických funkcí (tj. objemu, entalpie, entropie), a tedy i teplotní objemová roztažnost. Tudíž lze měřením této veličiny teplotu skelného přechodu stanovit. [2]

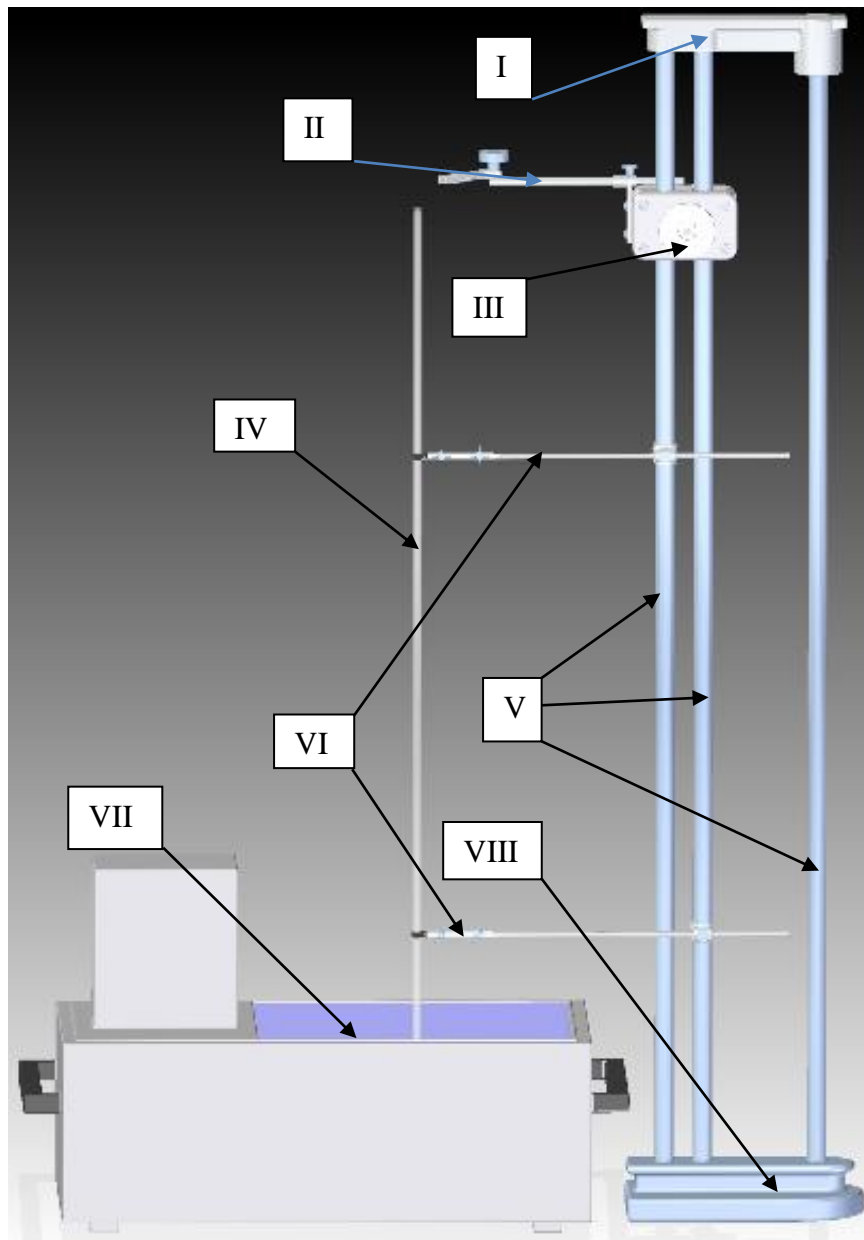
II. PRAKTICKÁ ČÁST

4 NÁVRH

4.1 Cíl práce

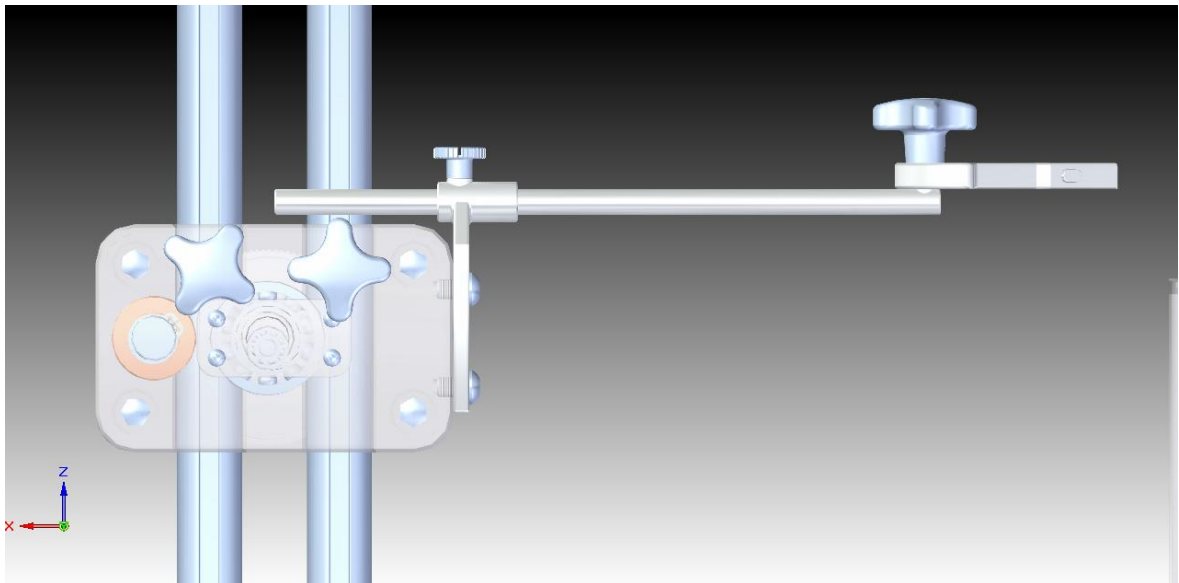
Navrhnout zařízení pro měření teplotní délkové roztažnosti plastů a jeho použití v laboratoři a vypracujte návod pro využití zařízení v laboratorní výuce

4.2 Návrh zařízení

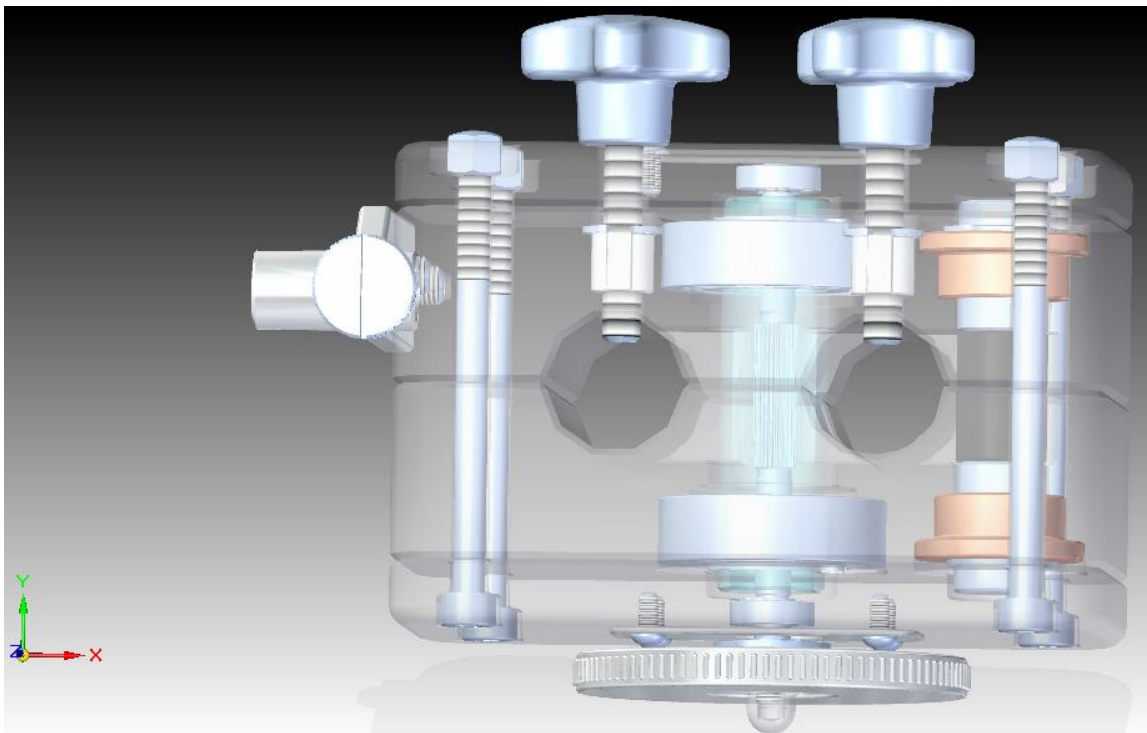


Obr. 2 Sestava

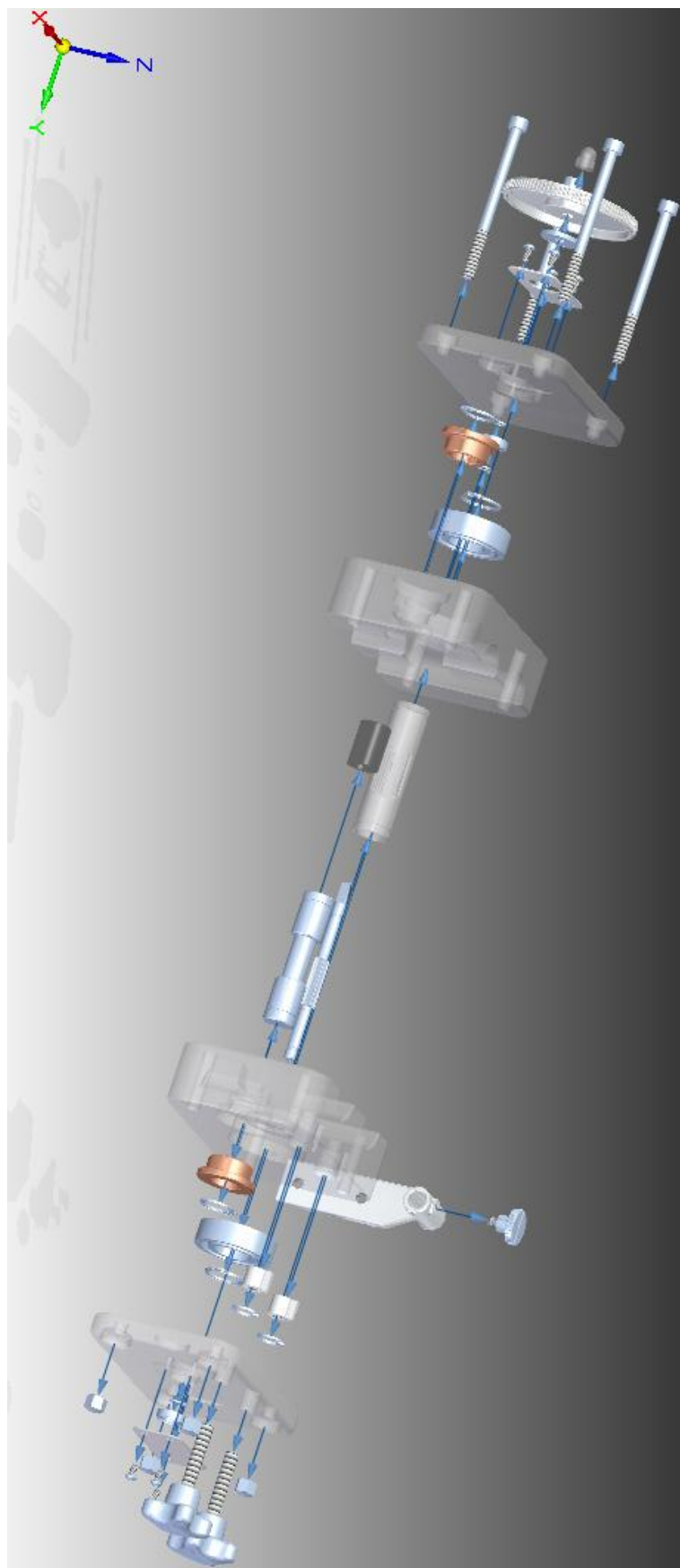
I horní díl, II držák úhlykoměru, III posuv, IV trubice, V tyče,
VI držáky trubic, VII termostat, VIII podstava



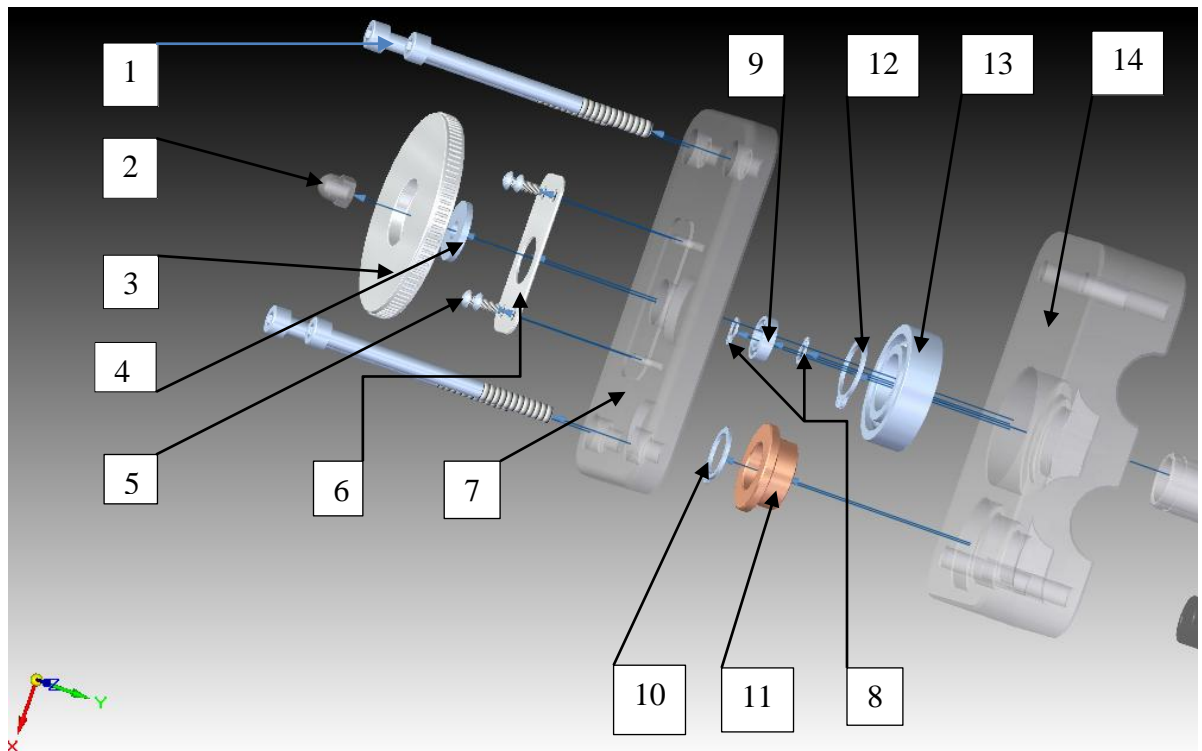
Obr. 3 Detail posuv + držák úchylkoměru



Obr. 4 Detail podstavy posuvu horní pohled

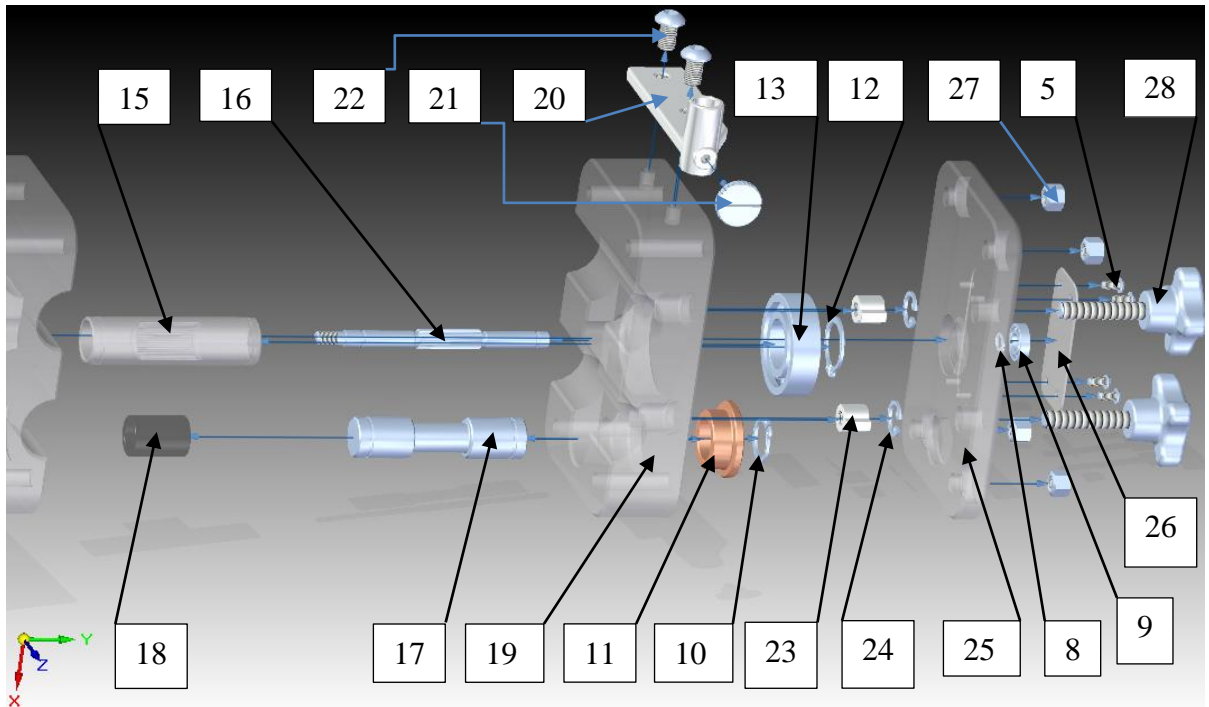


Obr. 5 Rozložená podsestava posuvu



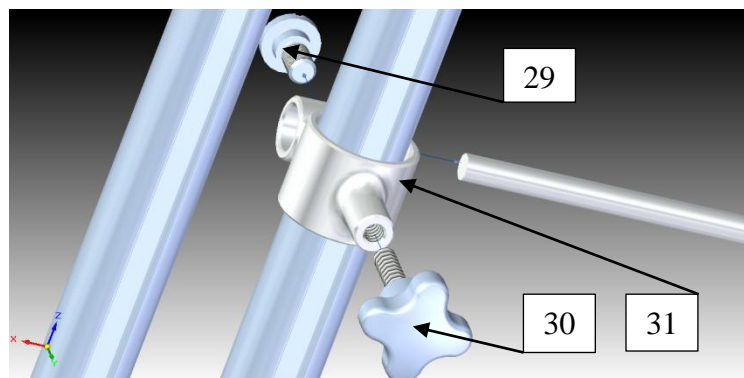
Obr. 6 Levá strana

- 1** šroub s vnitřním šestihranem M5x70, **2** matice šestihránná uzavřená půlkulatá M5, **3** ovládací kolo, **4** Podložka, **5** šroub s půlkulatou hlavou M3x6, **6** krycí deska levá, **7** opěrná deska levá, **8** pojistný kroužek pro hřídele 5x0,6, **9** ložisko 618/6, **10** pojistný kroužek 13x1, **11** Kluzné pouzdro 14x20x10, **12** pojistný kroužek pro hřídele 16x1, **13** ložisko 6003, **14** vodící deska levá



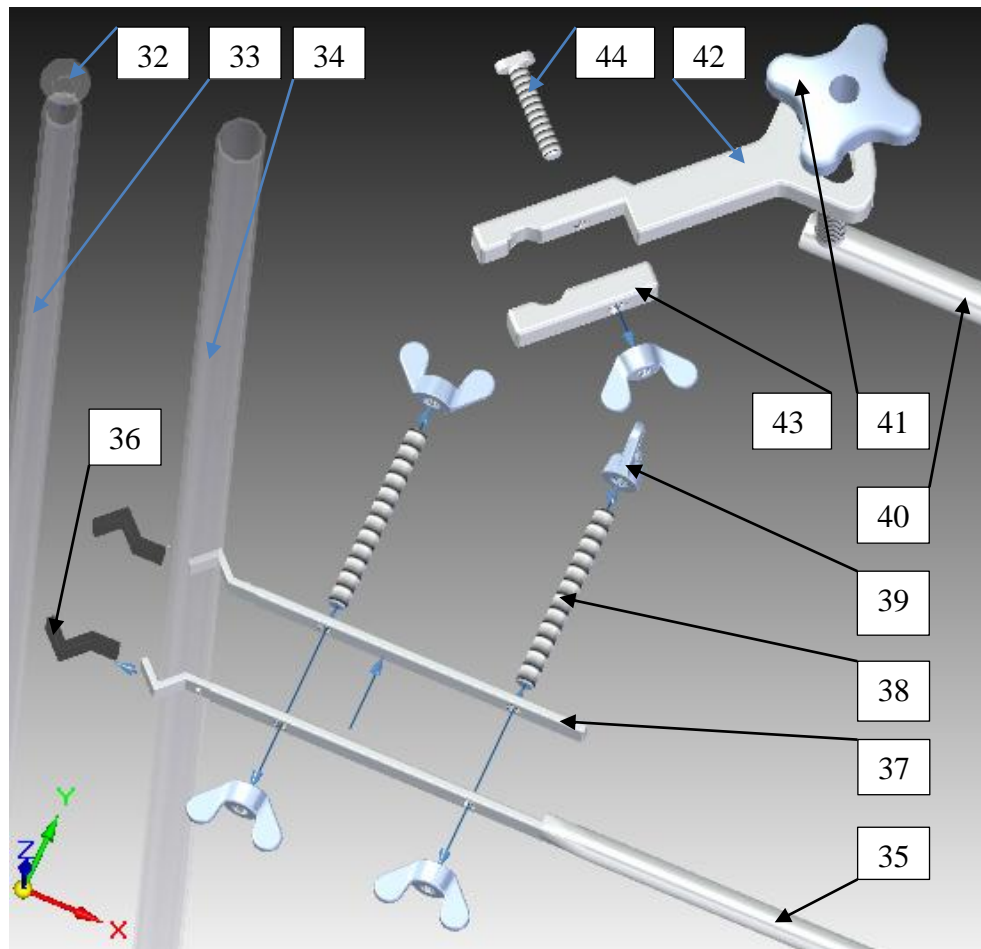
Obr. 7 Pravá strana

15 kolo s ozubením, **16** hřídel s pastorkem, **17** opěrný válec, **18** návlek na válec, **19** vodící deska pravá, **20** uchycení držáku, **21** šroub s vysokou rýhovanou hlavou M4x5, **22** šroub s půlkulatou hlavou M6x10, **11** Kluzné pouzdro 14x20x10, **10** pojistný kroužek pro hřídele 13x1, **13** ložisko 6003, **12** pojistný kroužek pro hřídele 16x1, **23** pouzdro se závitem, **24** pojistný kroužek pro díry 12x1, **25** opěrná deska pravá, **8** pojistný kroužek pro hřídele 5x0,6, **9** ložisko 618/6, **26** krycí deska pravá, **5** šroub s půlkulatou hlavou M3x6, **27** matice šestihránná uzavřená M5, **28** rychloupínací šroub M6 L32x30



Obr. 8 Uchycení držáku trubice

29 šroub s vysokou rýhovanou hlavou M6x3,
30 rychloupínací šroub M5 L 25x20, **31** objímka



Obr. 9 Rozložená podsestava trubic, držáku trubice a držáku úchylkoměru

Podsestava trubic- **32** vrchlík, **33** trubice vnitřní, **34** trubice vnější,

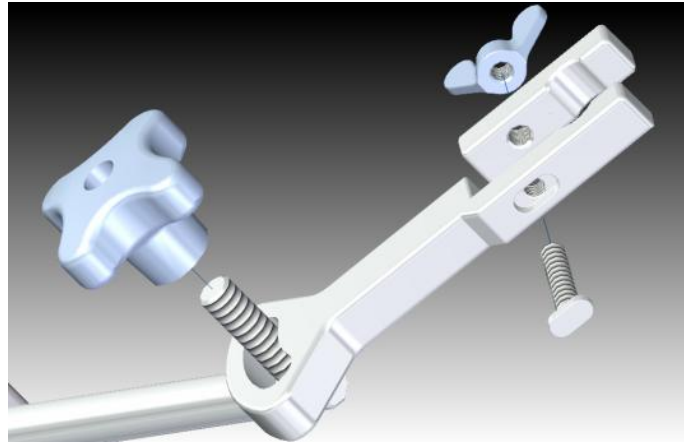
Podsestava držáku trubic- **35** pevná část kleští, **36** návlek na kleště,

37 pohyblivá část kleští, **38** závitová tyč M4x40, **39** křídlová matice M4,

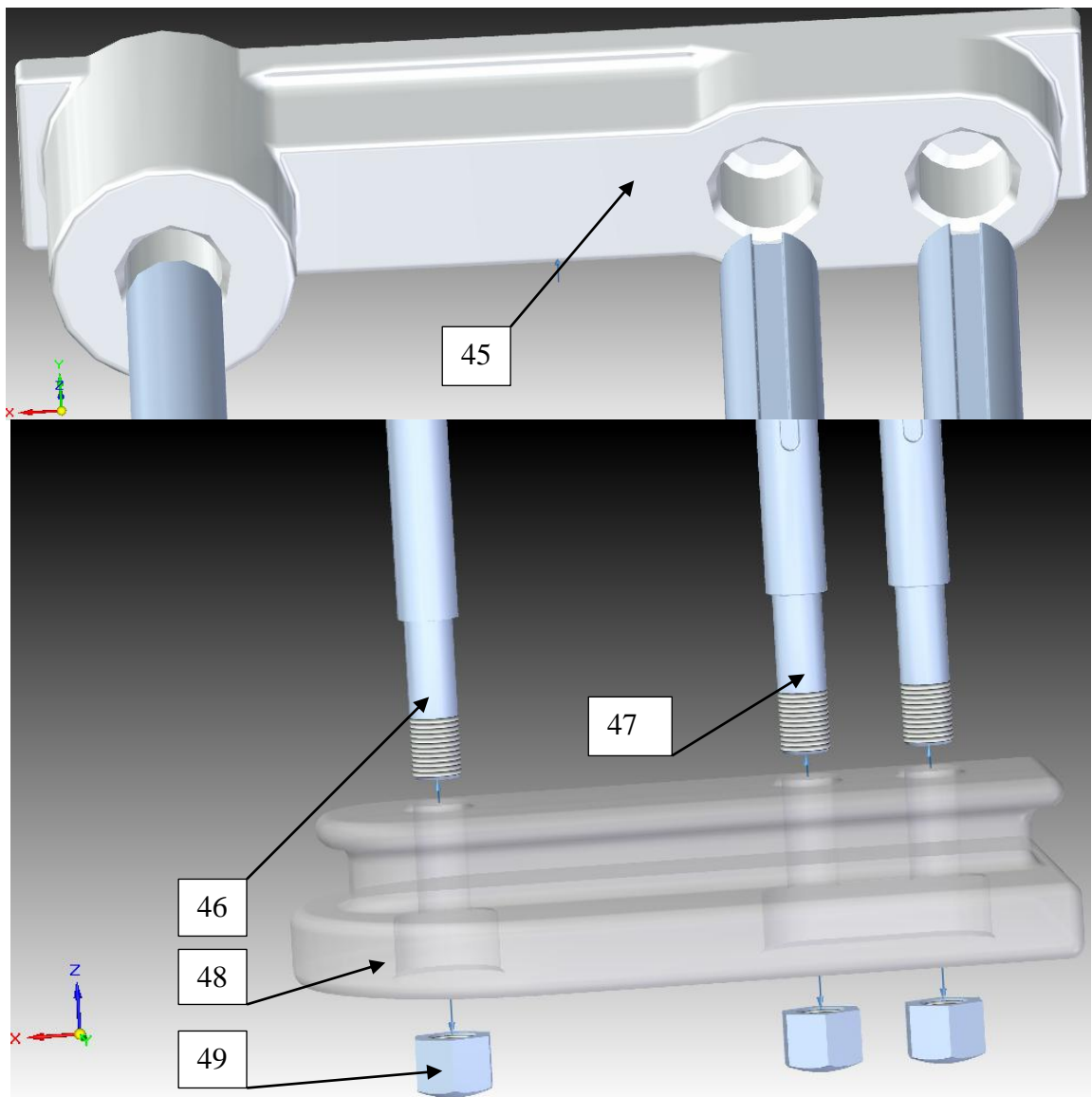
Podsestava držáku úchylkoměru- **40** tyč s kolíkem M6, **41** rychloupínací

matice M6 B32 , **42** otočná část držáku, **43** pohyblivá část držáku,

44 závitová tyč M4x20 s hlavicí, **39** křídlová matice M4,

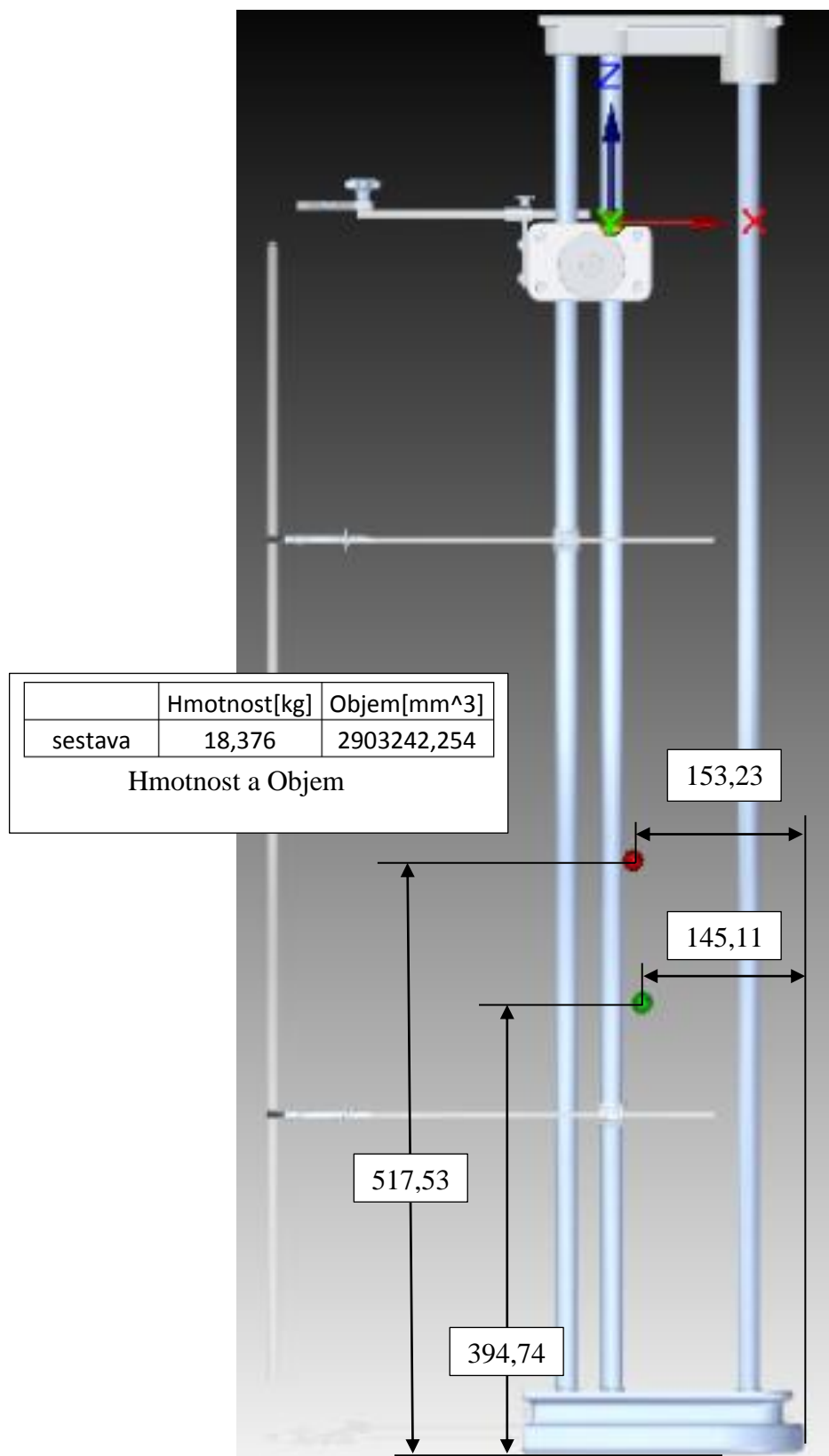


Obr. 10 Opačná strana držáku úchylkoměru



Obr. 11 Horní díl + podstava

45 horní díl, 46 tyč, 47 tyč s drážkou, 48 podstava, 49 matice šestihranná uzavřená M16



Obr. 12 Těžiště, střed objemu

Těžiště -zelený bod, střed objemu - červený bod.

4.2.1 Výpočty

Níže uvedené výsledky byly vypočítány pomocí programu Solid Edge ST3. Výpočet Př.2 je uveden v příloze –Výpočet hřídele a ozubeného kola

Př.1 Výpočet prutu na vzpěr

Strojírenská knihovna Solid Edge

PODMÍNKY ZADÁNÍ NÁVRHU

Výpis návrhu a výpočtu

Prut

OBEČNÉ INFORMACE

VSTUPNÍ PARAMETRY NÁVRHU

Vytvořeno dne: 18.7.2012 23:21:56

Typ profilu: Kruhový

Vytvořil: Jan - Čech

(L) Délka prutu: 1152,00 mm

Autor:

(D) Vnější průměr: 20,00 mm

Název souboru:

Dutý: Ano

Název:

(d1) Vnitřní průměr: 10,00 mm

Číslo dokumentu:

(Ixx) Kvadratický moment průřezu v ose

Číslo revize:

X: 7363,1 mm⁴

Název projektu:

(Iyy) Kvadratický moment průřezu v ose

Y: 7363,1 mm⁴

(CG-xx) Těžiště v ose X: 10,00 mm

(CG-yy) Těžiště v ose Y: 10,00 mm

KONTROLA PEVNOSTI: Vyhovuje

(J-xx) Průřezový moment v ohybu k ose

X: 736,31 mm³

Norma: ISO

(J-yy) Průřezový moment v ohybu k ose

Y: 736,31 mm³

ZATÍŽENÍ

(F) Maximální axiální síla: 1000000,000
mN

(n) Koeficient uložení: 0,7

Koeficient bezpečnosti: 1,5

VLASTNOSTI MATERIÁLU POUŽITÉ
PRO VÝPOČET

Materiál: Konstrukční ocel 55

Mez kluzu: 324 MPa

Modul pružnosti: 206000 MPa

Poissonovo číslo: 0,3

Hustota: 7850 kg/m³

VLASTNOSTI MATERIÁLU POUŽITÉ
PRO MODEL

MOŽNOSTI ZADÁNÍ NÁVRHU

Kritéria návrhu: Kontrolní výpočet

VÝSLEDEK VÝPOČTU

VÝSTUPNÍ PARAMETRY NÁVRHU

KONTROLA PEVNOSTI

Tlakové napětí: 4,244 MegaPa

Rankinovo kritické napětí: 75,068 Mega-
Pa

Eulerovo kritické napětí: 97,705 MegaPa

Johnsonovo kritické napětí: 1895,044
MegaPa

Vypočítaný koeficient bezpečnosti: 17,7

PRŮŘEZOVÉ VLASTNOSTI

Odpovídající délka prutu: 806,40 mm

Plocha profilu: 235,62 mm²

Nejnižší moment setrvačnosti: 7363,1
mm⁴

Nejnižší poloměr setrvačnosti: 5,59 mm

Štíhlostní poměr: 144,25

KONEC VÝPISU

5 NÁVOD PRACOVNÍHO POSTUPU

Níže předkládám mnou navržený pracovní postup měření na navrženém zařízení

5.1 Cíl práce

Stanovte koeficient lineární teplotní roztažnost daného polymerního vzorku.

5.2 Pomůcky

vzorek polymeru, délkový dilatometr, termostat, úchylkoměr, držák.

5.3 Pracovní postup

Dilatometry jsou zařízení na měření délkové roztažnosti pevných látek. Roztažnost je samozřejmě objemovou záležitostí, ale její experimentální měření je velmi složité zejména na kalibraci a znalost teplotní roztažnosti, proto se používá délková roztažnost. Koeficient délkové roztažnosti je vhodnější u izotropních látek.

V tomto případě použijeme jednoduchý dilatometr, skládá se ze dvou skleněných trubic, zasouvajících se do sebe. Do trubice o větším průměru vložíme tyčinku o známé délce ($l_0 \approx 50\text{mm}$) a zasuneme se do ní trubici o menším průměru. Dilatometr uchytíme do zařízení, vnoříme se do temperační lázně termostatu, nastavíme počáteční teplotu, měla by být stejná jako teplota při měření tyčinky, na vnitřní trubici položíme vrchlík a přisuneme držák úchylkoměru s úchylkoměrem, který vynulujeme.

zahříváme systém, aby se jeho teplota zvýšila asi o 5°C a počkáme na ustálení stavu, ve kterém odečítáme prodloužení tyčinky. Takto postup nejméně 10krát. Pro ustálení teploty vyčkáme nejméně 10 minut

Po dosažení 10-té teploty měření úchylkoměr znovu vynulujeme a následuje pomalé ochlazování měřícího systému. Podobně jako při ohřevu, snižujeme teplotu po 5°C a při každém kroku čekáme na ustálený stav.

Protože je v zařízení použito křemenné sklo, musíme provést korekci na roztažnost skla dilatometru. V opačném případě, pokud předpokládáme stejnou teplotu trubic v celé jejich délce, můžeme změnu délky skla zanedbat, mimo části větší trubice o délce zkoušené tyčinky. Jelikož se tato část větší trubice bude roztahovat, ale opačně než měřený vzorek, bude vypočtená změna délky tyčinky menší než skutečná:

$$l = l_0(1 + \bar{\alpha}_{lp} \cdot \Delta T) - l_0 \cdot \bar{\alpha}_{ls} \cdot \Delta T \quad (7)$$

$$l = l_0 + l_0 \cdot \bar{\alpha}_{lp} \cdot \Delta T - l_0 \cdot \bar{\alpha}_{ls} \cdot \Delta T$$

$$l = l_0(\bar{\alpha}_{lp} - \bar{\alpha}_{ls}) \Delta T$$

$$\frac{\Delta l}{l_0} = \bar{\alpha}_{lexp} \cdot T$$

kde

$\bar{\alpha}_{lp}$ je střední hodnota koeficientu teplotní délkové roztažnosti polymeru

$\bar{\alpha}_{ls}$ je koeficient teplotní délkové roztažnosti skla dilatometru ($\approx 3,3 \cdot 10^{-6} \text{ K}^{-1}$).

$\bar{\alpha}_{lexp}$ je experimentální hodnota koeficientu délkové roztažnosti

Skutečná střední hodnota koeficientu teplotní délkové roztažnosti korigovaná na roztažnost dilatometru je pak dána vztahem

$$\bar{\alpha}_{lp} = \bar{\alpha}_{lexp} + \bar{\alpha}_{ls} \quad (8)$$

5.4 Zpracování protokolu

Naměřené hodnoty zaneseme do grafu a obě měření vyhodnotíme zvlášť'. Směrnici lineární regrese určíme metodou nejmenších čtverců.

ZÁVĚR

Cílem bakalářské práce bylo navrhnout projekt zařízení na měření délkové teplotní roztažnosti plastů. Toto zařízení po případném zhotovení je určeno pro použití v laboratorních podmínkách. Umožňuje měření polymerních materiálů v teplotním rozsahu 20-90°C. Další nedílnou součástí bude termostat s vodní lázní a vodou jako ohřívacím a chladícím médiem.

V této práci byl vytvořen projekt dilatačního měřicího přístroje, umožňující 1000mm vertikální pohyb a zaručující spolehlivé uchopení dilatometru.

Dalším úkolem bylo navrhnout pracovní postup měření na tomto zařízení. Tento úkol je podrobně popsán v praktické části bakalářské práce v kapitole 5.

SEZNAM POUŽITÉ LITERATURY

- [1] LEINVEBER ,J., VÁVRA, P. Strojnické Tabulky.
3. doplněné vyd.Úvaly: Albra, 2006, ISBN 80-7361-033-7
- [2] HAUSNEROVÁ ,B.,PAVLÍNEK,V. Fyzika polymerů: laboratorní cvičení
1.vyd.Zlín:UTB 2003, ISBN 80-7318-157-6.
- [3] http://www.ksp.tul.cz/cz/kpt/obsah/vyuka/skripta_tkp/sekce_plasty/01.htm
- [4] BRZOBOHATÝ, P.: *Měření tepelné a teplotní vodivosti polymerních materiálů.*
Diplomová práce, UTB ve Zlíně, Zlín 2002, s. 15-18
- [5] LUKOVICS, Imrich. *Konstrukční materiály a technologie.* VUT Brno, 1992.
- [6] *Fyzikální základy vědy o materiálu* [online]. [cit. 2006-01-10]. Dostupný z WWW:
<http://www.ped.muni.cz/wphy/FyzV1a/FMkomplet3.htm/>
- [7] KOLOMAZNÍK, K., SEDLÁŘ, J., MACHÁČKOVÁ, A.: *Teorie technologických procesů III.* Vysoké učení technické v Brně, Brno 1978, 1.vydání, skriptum VUT.

SEZNAM POUŽITÝCH SYMBOLŮ A ZKRATEK

T_m	Teplota tání[°C]
T_f	Teplota viskózního toku [°C]
T_g	Teplota skelného přechodu[°C]
PE	Polyetylén
PP	Polypropylen
PS	Polystyren
PVC	Polyvinylchlorid
PA	Polyamid
PMMA	Polymethylmetakrylát
PC	Polykarbonát
PTFE	Polytetrafluoretylen
POM	Polyoximetylen
E	Energie [W]
V	Objem [m ³]
T	Teplota[°C]
α	koeficient objemové roztažnosti
α_1	koeficientu teplotní délkové roztažnosti

SEZNAM OBRÁZKŮ

Obr. 1 Rozdělení polymerů.....	11
Obr. 2 Sestava	20
Obr. 3 Detail posuv + držák úchylkoměru.....	21
Obr. 4 Detail podsestavy posuvu horní pohled.....	21
Obr. 5 Rozložená podsestava posuvu	22
Obr. 6 Levá strana.....	23
Obr. 7 Pravá strana.....	24
Obr. 8 Uchycení držáku trubice	24
Obr. 9 Rozložená podsestava trubic, držáku trubice a držáku úchylkoměru.....	25
Obr. 10 Opačná strana držáku úchylkoměru	26
Obr. 11 Horní díl + podstava	26
Obr. 12 Těžiště, střed objemu	27

SEZNAM TABULEK

Tab. 1 hmotnostní, objemová.....	27
----------------------------------	----

SEZNAM PŘÍLOH

Příloha PI: VÝKRES TERMOSTATU

Příloha P II: TECHNICKÁ DATA TERMOSTATU

Příloha P III: NORMA DIN 53 752

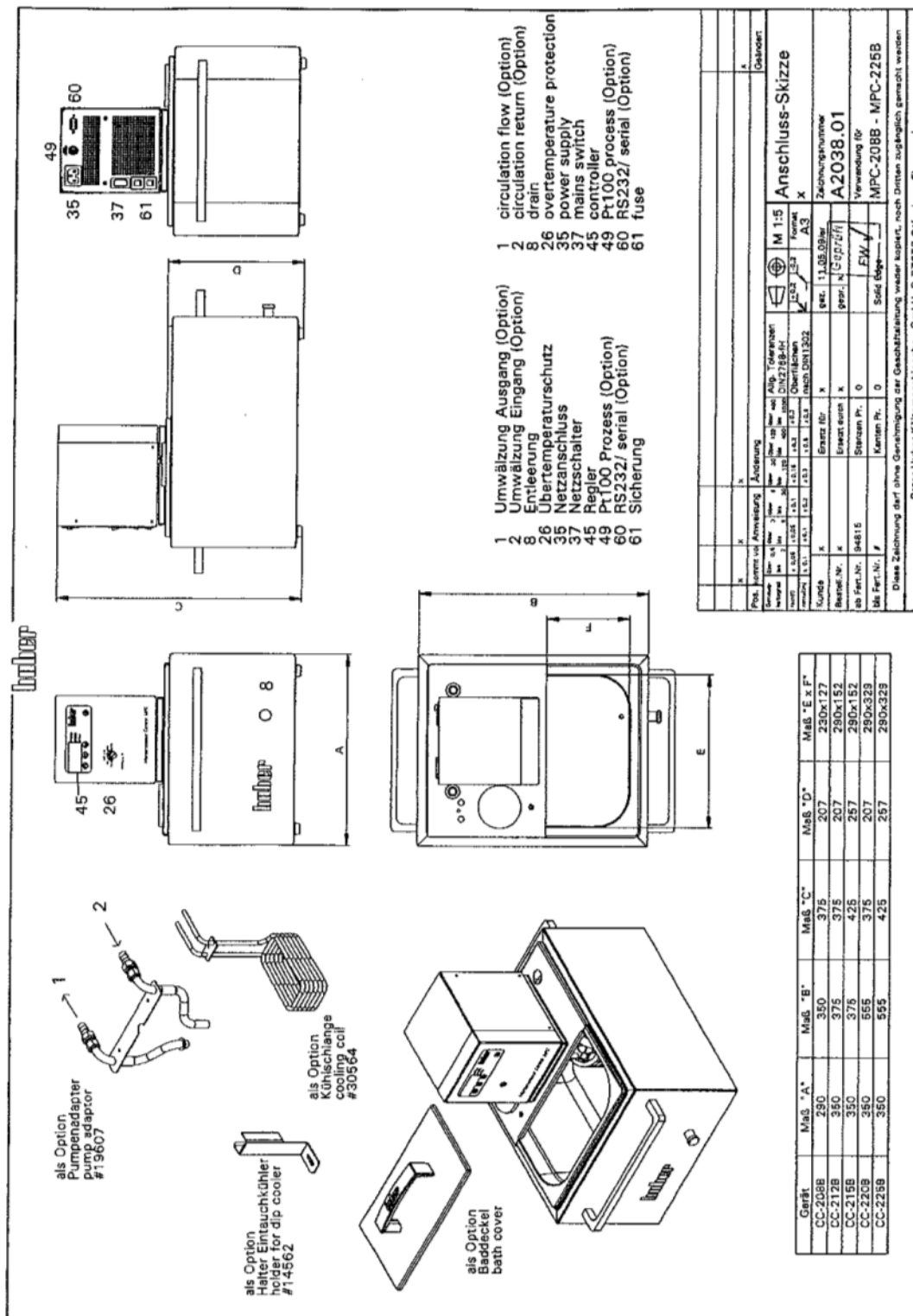
Příloha P IV: VÝPOČET HŘÍDELE A OZUBENÉHO KOLA

PŘÍLOHY VOLNĚ VLOŽENÉ

- TECHNICKÉ VÝKRESY – 25 VÝKRESŮ

- KUSOVNÍK

PŘÍLOHA P I: VÝKRES TERMOSTATU





Technická data

HUBER MPC-220B

Termostat s MPC regulátorem, sestávající z izolované nerezové nádoby. Čerpadlo z plastu, kryt nádoby odolný do teploty 200°C, opatřen otvorem pro chladicí sondu (např. TC45-TC100E). Nastavitelná teplotní ochrana dle DIN 12876.

Pozor při aplikaci acetonu či polyglykolu: plastové čerpadlo nemusí být vůči těmto chemikáliím vždy odolné. Jako nemrznoucí směs používejte vodu s příměsí glysantinu nebo ethylenglycolu. Za příplatek je možné dodat čerpadlo z odolnějšího materiálu.

MPC regulátor:

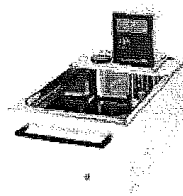
Moderní mikroprocesorový regulátor, snadná obsluha, displej.

Při konstrukci bylo dbáno zejména na:

- velký displej, čitelné a zřetelné zobrazení
- LED kontrolky pro činnost čerpadla, chlazení a topení
- snadnou obsluhu pomocí 3 kláves

Technická data dle DIN 12876

Technická data dle DIN 12876	
Teplotní rozsah	25...200°C
S vodním chlazením	20...200°C
S chladícím zařízením	-30...200°C
Teplotní odchylka při 70°C	0,05K
Nastavení teploty	digitální
Displej	digitální
Přesnost	kalibrovatelná
Interní teplotní čidlo	Pt100
Bezpečnostní třída	FL
Topný výkon	2kW
Tlačné čerpadlo	
Max. průtok	20l/min
Tlak	0,2bar
Sací čerpadlo	Ano
Max. sací výkon	17l/min
Sací tlak	0,18bar
Přípojka čerpadla	M16x1
Přípojka	NW8/12
Objem lázně	20l
Objem kapaliny	20l
Otvor lázně	290x329/150mm
Rozměry (š x h x v)	350x555x375mm
Hmotnost, netto	14kg
Síťové napětí	230V 1~ 50/60Hz
Max. odběr proudu	10A
Pojistka	10A
Min. teplota okolí	5°C
Max. teplota okolí	40°C
Platné od přístroje v.č.	96890



Obj. č.: 2038.0004.99

1.0/09

Prüfung von Kunststoffen
Bestimmung des thermischen
Längenausdehnungskoeffizienten

DIN
53 752

Testing of plastics; determination of the coefficient of linear thermal expansion
Essai des matières plastiques; détermination du coefficient de dilaton linéique thermique

SKUPŠTINA PLASTIČNIH STANČENI KOEFICIENTU DILATACIONE
KONTRAKCije IZ TEMPERATUR

1 Zweck und Anwendungsbereich

Die in dieser Norm beschriebenen Verfahren dienen zur Bestimmung des thermischen Längenausdehnungskoeffizienten (im folgenden kurz Längenausdehnungskoeffizient) von steifen Kunststoffen in Abhängigkeit von der Temperatur (Verfahren A) oder unter bestimmten Voraussetzungen als Zweipunktmessungen in einem festgelegten Temperaturbereich (Verfahren B). Mit dieser Prüfung soll die reversible thermische Längenänderung soweit wie möglich unter Ausschluß von irreversiblen Längenänderungen bestimmt werden. Im allgemeinen wird dies nicht vollständig möglich sein, weshalb diese Bestimmung nur einen angenäherten Wert der wahren reversiblen thermischen Längenänderung geben kann. Bei der Prüfung auftretende irreversible Längenänderungen können gegebenenfalls ermittelt werden.

Hierbei ist $d l_{th}$ das Differential der reversiblen thermischen Längenänderung.

Im allgemeinen wird der thermische mittlere Längenausdehnungskoeffizient $\bar{\alpha}(t_1, t_2)$ in K^{-1} für einen Temperaturbereich t_1 bis t_2 angegeben nach Gleichung (2):

$$\bar{\alpha}(t_1, t_2) = \frac{1}{l_0} \cdot \frac{l_2 - l_1}{t_2 - t_1} = \frac{1}{l_0} \cdot \frac{\Delta l_{th}}{\Delta t} \quad (2)$$

Hierin bedeuten:

- l_0 siehe Abschnitt 3.1
- l_1 Länge des Probekörpers bei t_1
- l_2 Länge des Probekörpers bei t_2
- Δl_{th} siehe Abschnitt 3.1
- t_1 untere Celsius-Temperatur, bei der $\bar{\alpha}(t_1, t_2)$ bestimmt ist
- t_2 obere Celsius-Temperatur, bei der $\bar{\alpha}(t_1, t_2)$ bestimmt ist.

2 Mitgeltende Normen

- DIN 7724 Gruppierung polymerer Werkstoffe auf Grund der Temperaturabhängigkeit ihres mechanischen Verhaltens; Grundlagen; Gruppierung, Begriffe
- DIN 50 014 Klimate und ihre technische Anwendung; Normalklimate
- DIN 50 035 Teil 2 Begriffe auf dem Gebiet der Alterung von Materialien; Hochpolymere Werkstoffe

4 Bezeichnung des Verfahrens

Bezeichnung für das Verfahren zur Bestimmung des thermischen Längenausdehnungskoeffizienten, z. B. bei stetiger Temperaturänderung (A):

Ausdehnungsversuch DIN 53 752 - A

Bei Zweipunktmessung wird der Kennbuchstabe B verwendet.

3 Begriffe

3.1 Temperaturabhängige Längenänderung

Die temperaturabhängige Längenänderung ist die Änderung der Länge eines Probekörpers mit der Bezugslänge l_0 zwischen den beiden Temperaturen t_1 und t_2 , innerhalb welcher der Längenausdehnungskoeffizient bestimmt wird. Die Bezugslänge l_0 eines Probekörpers ist seine Länge bei der Bezugstemperatur t_0 .

Die temperaturabhängige Längenänderung ist die Summe der reversiblen thermischen Längenänderung Δl_{th} , der Längenänderung aus reversiblen Umwandlungen¹⁾ (z. B. Schmelzen teilkristalliner Stoffe) und reversiblen Übergängen¹⁾ (z. B. Glasübergang) und der irreversiblen Längenänderung, die durch physikalische und chemische Alterungsvorgänge²⁾ (z. B. Relaxation und Nachkondensation) hervorgerufen wird.

3.2 Thermischer Längenausdehnungskoeffizient

Der differentielle thermische Längenausdehnungskoeffizient $\alpha(t)$ in K^{-1} ist definiert durch die Gleichung (1)

$$\alpha(t) = \frac{1}{l_0} \cdot \frac{d l_{th}}{d t} \quad (1)$$

1) Begriffe nach DIN 7724

2) Begriffe nach DIN 50 035 Teil 2

5 Geräte

Zur Prüfung werden benötigt:

5.1 Dilatometer

Das Dilatometer muß bei jeder Temperatur gewährleisten, daß der Probekörper während der Messung nicht durch die Meßkraft des Längenausdehnungsmeßgerätes verformt oder in seiner Auflage verkantet werden kann.

5.2 Temperiervorrichtung

Die Temperiervorrichtung muß so konstruiert sein, daß die Temperaturunterschiede innerhalb des Probekörpers (nötigenfalls unter Einschluß der Längenausdehnungsmeßeinrichtung) nicht größer sind als 1 K.

5.3 Längenmeßgerät

Das Längenmeßgerät muß zur Bestimmung der Bezugslänge l_0 mit den zulässigen Fehlergrenzen (siehe Anmerkung zu Abschnitt 5.6) geeignet sein, z. B. Meßschieber nach DIN 862.

5.4 Längenänderungsmeßgerät

Das Längenänderungsmeßgerät muß zur Bestimmung der Längenänderung Δl geeignet sein. Das Längenänderungs-

obavov normalizovani standardizovani

Fortsetzung Seite 2 bis 5
Erläuterungen Seite 5

Normenausschuß Kunststoffe (FNK) im DIN Deutsches Institut für Normung e.V.
Normenausschuß Materialprüfung (NMP) im DIN

Nachdruck, auch auszugsweise, nur mit Genehmigung des DIN Deutsches Institut für Normung e. V., Berlin, gestattet.

meßgerät kann zulässige Fehlergrenzen von $\pm 0,5 \mu\text{m}$ (siehe Anmerkung zu Abschnitt 5.6) haben, z. B. induktiver Wegaufnehmer.

5.5 Temperaturmeßgerät

Der Fühler des Temperaturmeßgerätes muß die Bestimmung der Temperatur am Ort des Probekörpers mit einer Abweichung von höchstens $\pm 0,2 \text{ K}$ ermöglichen. Das Temperaturmeßgerät muß ferner zur Messung der den Längenänderungen Δl entsprechenden Temperaturänderungen Δt mit den zulässigen Fehlergrenzen (siehe Anmerkung zu Abschnitt 5.6) geeignet sein, z. B. Thermoelement.

5.6 Registrier- und gegebenenfalls Differenzierereinrichtung

Die Registrier- und Differenzierereinrichtung darf den Gesamtfehler der Meßeinrichtung nicht z. B. durch Trägheitseffekte vergrößern.

Anmerkung: Obwohl in der Praxis Dilatometer der verschiedensten Bauart benutzt werden, mit denen man Probekörper unterschiedlicher Form prüft, können an die Geräte nach den Abschnitten 5.3 bis 5.6 allgemein gültige Anforderungen gestellt werden.

Aus der weiter unten mitgeteilten Anforderung für die relative Meßunsicherheit u_a/α ergeben sich für die Anforderungen nach den Abschnitten 5.3 bis 5.6 folgende relative Meßunsicherheiten:

$$\frac{u_{l_0}}{l_0} = \frac{u_{\Delta l}}{\Delta l} = \frac{u_{\Delta t}}{t} = \sqrt{3} \cdot 10^{-2}$$

(Siehe auch das im Anhang beschriebene Ausführungsbeispiel).

Die relative Meßunsicherheit u_a/α , die bei der Bestimmung des Längenausdehnungskoeffizienten α auftreten kann, errechnet sich aus den relativen Einzelunsicherheiten für die Bezugslänge u_{l_0}/l_0 , für die Längenänderungsmessung $u_{\Delta l}/\Delta l$ und für die Temperaturänderungsmessung $u_{\Delta t}/\Delta t$ nach dem Gesetz der Fehlerfortpflanzung für zufällige Fehler (siehe dazu DIN 1319 Teil 3):

$$u_a/\alpha = \sqrt{(u_{l_0}/l_0)^2 + (u_{\Delta l}/\Delta l)^2 + (u_{\Delta t}/\Delta t)^2} \quad (3)$$

Durch die Wahl der Anforderungen an die Meßunsicherheiten der einzelnen Meßeinrichtungen nach der oben angegebenen Bedingung ist es möglich, den Längenausdehnungskoeffizienten auf $\pm 0,03 \alpha$ zu bestimmen.

Die Anzeigeinstrumente zur Längen- und Temperaturmessung sind zu justieren (siehe DIN 1319 Teil 1, Ausgabe November 1971, Abschnitt 7), so daß der Meßfehler dem Ablesfehler entspricht.

Zur Bestimmung des Meßfehlers der Meßanordnung ist die Verwendung eines Normals mit den Maßen des Probekörpers und mit bekannten Längenausdehnungskoeffizienten empfehlenswert.

6 Herstellung und Form der Probekörper

6.1 Herstellung

Die Probekörper können aus dem zu prüfenden Erzeugnis entweder direkt, z. B. durch Pressen oder Spritzgießen, oder durch spanende Bearbeitung aus einem Formteil entsprechender Größe hergestellt werden.

Wenn das Formteil, aus dem die Probekörper hergestellt werden sollen, eine Anisotropie der thermischen Ausdehnung erwarten läßt, so sind jeweils parallel zu den Hauptrichtungen der zu erwartenden Anisotropie Probekörper zu entnehmen.

6.2 Form

Die Form der Probekörper richtet sich nach dem verwendeten Dilatometer. Dabei muß gewährleistet sein, daß der Probekörper-Querschnitt (bei gegebener Probekörperlänge und gegebenem Elastizitätsmodul des Formstoffs im Temperaturmeßbereich) so groß ist, daß eine Stauchung und Verbiegung während der Messung ausgeschlossen ist, jedoch nicht größer, so daß eine ausreichend gleichmäßige Temperaturverteilung im Probekörper bei gegebener Aufheizgeschwindigkeit gewährleistet ist.

Die beiden Endflächen der Probekörper müssen senkrecht zur Längsachse des Probekörpers stehen.

Wenn – nach Maßgabe des verwendeten Dilatometers – ein stabförmiger Probekörper geprüft wird, so haben sich Kleinststäbe mit kreisförmigem bzw. quadratischem Querschnitt, einem Verhältnis von Kantenlänge bzw. Durchmesser zur Länge von etwa 1 : 4 bis 1 : 6 und einer Länge zwischen 20 und 35 mm bewährt. Bei dem im Anhang A aufgeführten Quarzrohr-Dilatometer hat sich auch der Norm-Kleinstab nach DIN 53 453 als Probekörper bewährt.

7 Anzahl der Probekörper

Bei Werkstoffen mit isotropen Eigenschaften sind mindestens zwei Probekörper zu prüfen.

Bei Werkstoffen mit anisotropen Eigenschaften sind mindestens zwei Probekörper in jeder Hauptrichtung zu prüfen.

8 Vorbehandlung der Probekörper

Sofern nichts anderes vereinbart ist, werden die Probekörper vor der Prüfung mindestens 36 Stunden im Normalklima DIN 50 014 – 23/50-2 gelagert.

Wenn höhere Temperaturen als 28°C (die obere Raumtemperatur nach DIN 50 014) zur Bestimmung von α verwendet werden, sind die Probekörper gegebenenfalls unter zu vereinbarenden und im Prüfbericht anzugebenden Bedingungen so zu tempern, daß sich der Meßwert bei einer Wiederholung der Messung durch irreversible Längenänderungen der Probekörper nicht wesentlich ändert (z. B. 96 Stunden Lagerung bei der höchsten Temperatur, die bei der Prüfung nach Abschnitt 8 gewählt wird).

Anmerkung: Sollen bei der Durchführung nach Abschnitt 8 auch irreversible Längenänderungen, z. B. hervorgerufen durch herstellungsbedingte Orientierungsspannungen³⁾, bestimmt werden, muß auf eine Temperung verzichtet werden. Durch wiederholte Bestimmungen der Längenänderungen kann bis zum Eintreten von linearen reversiblen Längenänderungen auf die Größe der irreversiblen Veränderungen geschlossen werden. Diese Art der Prüfung ist zu vereinbaren und im Prüfbericht anzugeben.

9 Durchführung

Die Länge l_0 des Probekörpers wird bei Raumtemperatur 18 bis 28°C nach DIN 50 014 innerhalb der erforderlichen Fehlergrenzen gemessen.

Danach wird der Probekörper in das Dilatometer eingebracht. Es ist darauf zu achten, daß die Endflächen des Probekörpers auch während der Messung senkrecht zur Dilatometerachse stehen.

Anmerkung: Zur Messung der Probekörpertemperatur hat sich eine stirnseitige Bohrung im Probekörper und das Einführen eines Thermoelementes in diese Bohrung bewährt.

³⁾ Begriff nach DIN 50 035 Teil 2

9.1 Verfahren A: Messung bei stetiger Temperaturänderung

Das Dilatometer ist zunächst auf eine Temperatur einzustellen, die mindestens 10 K unter der Bezugstemperatur liegt. Die Messung kann jedoch auch bei der Bezugstemperatur beginnen, wenn eine hinreichend niedrige Temperaturanstiegsgeschwindigkeit gewählt wird oder wenn auf ein Ergebnis im Bereich zwischen der Bezugstemperatur und der Temperatur 10 K oberhalb dieser verzichtet werden kann. Danach wird der Meßbereich mit einer so niedrigen Temperaturanstiegsgeschwindigkeit durchfahren, daß eine weitere Erniedrigung der Temperaturanstiegsgeschwindigkeit keine Änderung des Meßergebnisses zur Folge hat.

Für die Messung an einem stabförmigen Probekörper nach Abschnitt 6.2 ist eine Temperaturanstiegsgeschwindigkeit von 1 K/min hinreichend.

Die Längenänderung des Probekörpers wird während der Aufheizung kontinuierlich registriert. Nach Durchfahren des gewünschten Temperaturbereiches ist der Probekörper im Dilatometer zu belassen. Danach ist die Messung so oft zu wiederholen, bis die maximale Abweichung zweier aufeinanderfolgender Messungen der Längenänderung 5% nicht übersteigt. Eine Wiederholung ist nicht notwendig, wenn mit Sicherheit irreversible Vorgänge auszuschließen sind. Nach der letzten Messung ist die Probekörperlänge l_0 zu bestimmen. Ist die Abweichung $(l_0 - l_0) \cdot 100/l_0$ bei der Messung größer als 0,5, so sind irreversible Vorgänge aufgetreten und die Messung ist zu wiederholen.

Anmerkung: Die beim Auftreten irreversibler Längenänderungen notwendigen Wiederholungen der Messungen und die dabei erhaltenen Längenänderungs-Temperaturkurven geben wertvolle Informationen über den Zustand des Werkstoffes im Probekörper. Diese Diagramme sind dem Prüfbericht beizufügen.

9.2 Verfahren B: Zweipunktmessung und Messung bei schrittweiser Temperaturänderung

In vielen Fällen ist die Bestimmung der Längenänderung zwischen zwei (nicht zu weit auseinanderliegenden) Temperaturgrenzen ausreichend. Dieses einfache Verfahren darf jedoch nur angewendet werden, wenn in diesen Temperaturgrenzen keine Umwandlungs- und/oder Übergangstemperaturen liegen. Tritt eine solche Temperatur auf, ist es notwendig, die unterschiedlichen Längenausdehnungskoeffizienten für den Temperaturbereich unter und über der Umwandlungs- oder Übergangstemperatur anzugeben.

Das Dilatometer ist zunächst auf die tiefere Temperatur des zu untersuchenden Temperaturbereiches einzustellen. Bei dieser Temperatur ist das Dilatometer mindestens 10 Minuten zu belassen. In einem Abstand von 5 Minuten wird geprüft, ob sich die Längenänderungsanzeige nicht mehr in einer Richtung ändert. Danach werden die Längenänderung und die Temperatur abgelesen. Bei der höheren Temperatur des zu untersuchenden Temperaturbereiches wird dieser Vorgang wiederholt. Diese Messungen werden so lange wiederholt, bis die maximale Abweichung zweier aufeinanderfolgender Messungen der Längenänderung 5% nicht übersteigt. Eine Wiederholung ist nicht notwendig, wenn mit Sicherheit irreversible Vorgänge auszuschließen sind.

Nach der letzten Messung ist die Probekörperlänge l_0 zu bestimmen. Ist die Abweichung $(l_0 - l_0) \cdot 100/l_0$ bei der Messung größer als 0,5, so sind irreversible Vorgänge aufgetreten und die Messungen sind zu wiederholen (siehe Anmerkung in Abschnitt 9.1).

Zweipunktmessungen können auch aneinandergereiht werden, so daß ein größerer Temperaturbereich diskontinuierlich, d. h. schrittweise, durchfahren wird. Dabei gilt alles oben Gesagte sinngemäß. Besonders ist auch hier darauf zu achten, daß keine Umwandlungs- oder Übergangstemperatur innerhalb eines Einzelschrittes liegt.

Anmerkung: Ein einfaches Quarzrohr-Dilatometer ist im Anhang A beschrieben. Bei diesem Gerät ist die Meßunsicherheit größer als in der Anmerkung zu Abschnitt 5.6 angegeben.

10 Auswertung

Will man eine kontinuierliche Messung (Verfahren A) nach der Gleichung (1) auswerten, so ist es zweckmäßig, einen Rechner zu verwenden, der im Online-Betrieb die Längenänderungskurve nach der Temperatur (bzw. Zeit) differenziert und den Differentialquotienten durch die Bezugslänge l_0 dividiert. Wenn kein Rechner zur Verfügung steht, kann die kontinuierlich registrierte Längenänderungskurve über der Temperatur auch diskontinuierlich ausgewertet werden.

Eine schrittweise gemessene Längenänderungskurve (Verfahren B) wird auch schrittweise nach Gleichung (2) ausgewertet. Man berechnet dann die linear interpolierten mittleren Längenausdehnungskoeffizienten der Einzelintervalle und die zugehörigen mittleren Temperaturen.

11 Prüfbericht

Im Prüfbericht sind unter Hinweis auf diese Norm anzugeben:

- Art, Kennzeichnung und Lieferform des geprüften Erzeugnisses
- Herstelldatum und Herstellbedingungen der Probekörper
- Form und Maße der Probekörper, bei Probekörpern aus Halb- und Fertigerzeugnissen auch die Lage der Probekörper im Erzeugnis und die Richtung der Prüfung
- Vorbehandlung der Probekörper, mit Angabe der dabei aufgetretenen irreversiblen Längenänderungen
- Anzahl der geprüften Probekörper, falls diese von der Norm abweicht
- Angabe des angewandten Verfahrens; Verfahren A oder Verfahren B
- Angabe der Bezugstemperatur t_0 und der zugehörigen Bezugslänge l_0 des Probekörpers
- Angabe des erfaßten Temperaturbereiches (Verfahren A) und gegebenenfalls (Verfahren B) der Temperaturgrenzen der Einzelschritte
- Längenausdehnungskoeffizient $\alpha(t)$ in $10^{-4} \cdot K^{-1}$ auf zwei wertanzeigende Ziffern als Funktion der Temperatur in einem Diagramm (Verfahren A oder, falls in mehreren Einzelschritten gemessen wurde, Verfahren B)
- mittlerer thermischer Längenausdehnungskoeffizient $\bar{\alpha}(t_1, t_2)$ in $10^{-4} \cdot K^{-1}$ auf zwei wertanzeigende Ziffern, nach Verfahren B, falls nur in einem Temperaturintervall t_1 bis t_2 gemessen wurde
- gegebenenfalls Diagramm der relativen thermischen Längenausdehnung in Abhängigkeit von der Temperatur
- Angabe, ob bei der Durchführung der Messungen irreversible Längenänderungen aufgetreten sind und wieviele Wiederholungen bis zum Eintreten von linearen reversiblen Längenänderungen durchgeführt worden sind
- von dieser Norm abweichende Bedingungen
- Prüfdatum.

Anhang A

Bestimmung des Längenausdehnungskoeffizienten mit dem Quarzglas-Rohr-Dilatometer

A.1 Aufbau des Quarzrohr-Dilatometers

Für das Verfahren B kann das in Bild A.1 dargestellte einfache Quarzrohr-Dilatometer verwendet werden. Es besteht aus folgenden Teilen:

a) Äußeres Quarzglas-Rohr

Das äußere Quarzglas-Rohr hat eine Länge von etwa 50 cm, einen inneren Durchmesser von etwa 9 mm und eine Wanddicke von etwa 2 mm. Das Quarzglas-Rohr ist am unteren Ende zugeschmolzen, so daß dieses Ende nach innen konvex gewölbt ist, um so einen punktförmigen Kontakt mit dem unteren Ende des Probekörpers zu erzielen. Der innere Durchmesser des Quarzglas-Rohres muß so groß sein, daß der verwendete Probekörper sich bei der thermischen Ausdehnung seines Querschnittes während der Messung nicht in dem Rohr verklemmen kann.

b) Inneres Quarzglas-Rohr

Das innere Quarzglas-Rohr hat eine Länge von 40 bis 45 cm und einen Außendurchmesser, so daß es mit einem Spiel von etwa 0,5 mm leicht in dem äußeren Quarzglas-Rohr gleitet. Die Länge des inneren Rohres bestimmt die Länge des Probekörpers (z. B. 50 mm beim Norm-Kleinstab), denn die oberen Enden der beiden Rohre sollen etwa gleiches Niveau haben, wenn der Probekörper in das äußere Quarzglas-Rohr eingeführt worden ist. Das untere Ende des inneren Quarzglas-Rohres ist konvex gewölbt, um so einen punktförmigen Kontakt mit dem oberen Ende des Probekörpers zu erzielen. Das obere Ende des inneren Quarzglas-Rohres ist senkrecht zu seiner Längsachse mit einem aufgeschmolzenen, planen Quarzglasplättchen verschlossen, auf dessen Mitte der Taststift der Meßuhr steht.

Die Gewichtskraft des inneren Quarzglas-Rohres und die Reaktionskraft des Taststiftes der Meßuhr sollen zusammen keine größere Spannung als $0,1 \text{ N/mm}^2$ auf den Probekörper ausüben, damit dieser nicht verbogen oder merklich gestaucht wird.

Anmerkung: Quarzglas hat einen Längenausdehnungskoeffizienten

$$\alpha (0^\circ\text{C}, 100^\circ\text{C}) = 0,5 \cdot 10^{-6} \text{ K}^{-1}$$

c) Meßuhr

Eine Meßuhr (z. B. nach DIN 878) an einem Befestigungsbügel ist mit der Klammer verbunden, die am oberen Ende des äußeren Rohres sicher befestigt wird. Die Meßuhr soll einen Meßbereich von 1 mm und einen Skalenwert von $1 \mu\text{m}$ haben.

d) Befestigung

Das Quarzglas-Rohr-Dilatometer wird senkrecht an einem festen Stativ befestigt, so daß ein gegebenenfalls durchgeführter Badwechsel ohne Erschütterungen des Dilatometers durchgeführt werden kann.

e) Flüssigkeitsthermostat

Für den Flüssigkeitsthermostaten ist eine geeignete Temperierflüssigkeit zu verwenden. Das Bad muß eine Rührvorrichtung haben. Die Badtemperatur muß bei den zur Prüfung angewendeten Temperaturen auf $\pm 0,2 \text{ K}$ geregelt werden können.

f) Thermometer

Thermometer mit einer Fehlergrenze von $\pm 0,1 \text{ K}$, das gestattet, die Temperatur des Wärmeübertragungsmittels möglichst nahe am Probekörper zu messen.

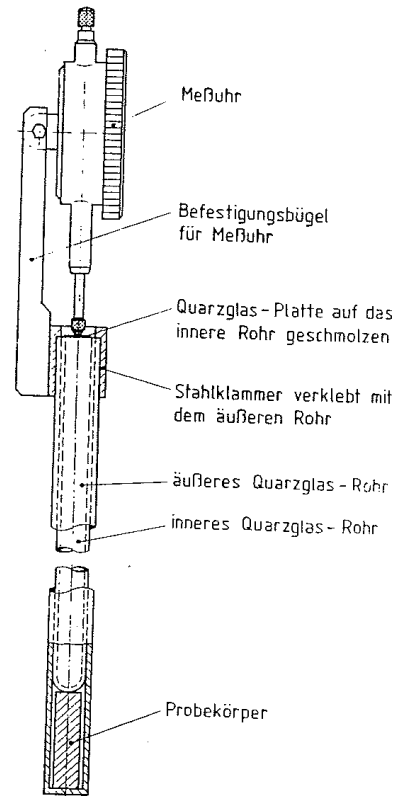


Bild A.1 Quarzglas-Rohr-Dilatometer; Ausführungsbeispiel

A.2 Durchführung der Messung mit dem Quarzglas-Rohr-Dilatometer

A.2.1 Der Probekörper, dessen Länge l_0 vorher gemessen worden ist, wird in das Quarzglas-Rohr-Dilatometer eingesetzt. Das Quarzglas-Rohr-Dilatometer wird nun in die Temperierflüssigkeit eingetaucht, die vorher auf die tiefere Temperatur des zu untersuchenden Temperaturbereiches (z. B. -30°C) gebracht worden ist, bis die Temperatur des Probekörpers die Temperatur der Temperierflüssigkeit angenommen hat. Dabei soll der Abstand zwischen dem oberen Ende des Probekörpers und dem Flüssigkeitsspiegel mindestens 50 mm betragen. Die notwendige Abkühlzeit wird daran erkannt, daß sich in einer Periode von 5 bis 10 Minuten die Längenänderungs-Anzeige nicht mehr ändert. Danach werden die Längenänderungen und die Badtemperatur abgelesen.

A.2.2 Bei der höheren Temperatur des zu untersuchenden Temperaturbereiches (z. B. 30°C) wird die Messung nach Abschnitt A.2.1 wiederholt.

A.2.3 Nun wird die Messung nach Abschnitt A.2.1 bei der tieferen Temperatur wiederholt.

Anmerkung: Es ist einfacher, alternativ zwei Flüssigkeitsbäder, die auf den beiden Temperaturen gehalten werden, zu verwenden. Es sollte darauf geachtet werden, daß beim Übergang von dem einen auf das andere Bad das Quarzglas-Rohr-Dilatometer nicht erschüttert wird. Die Verwendung von zwei Flüssigkeitsbädern wird auch deshalb empfohlen, weil damit die Zeit verkürzt wird, um den Probekörper auf die gewünschten Temperaturen zu bringen. Denn die Prüfung soll in einer möglichst kurzen Zeit durchgeführt werden, um Änderungen der physikalischen Eigenschaften während der Prüfdauer zu vermeiden.

A.3 Auswertung der Messung mit dem Quarzglas-Rohr-Dilatometer

Wenn sich die thermische Ausdehnung $c = \Delta l/l_0$ beim Erwärmen von derjenigen beim Abkühlen um mehr als $3 \cdot 10^{-4}$ unterscheidet, so muß die Ursache

dieser Abweichung gesucht und, wenn möglich, beseitigt werden. Die Prüfung soll dann wiederholt werden, bis dieser Unterschied nicht überschritten wird.

Mit dem Quarzglas-Rohr-Dilatometer wird grundsätzlich nur die Differenz zwischen der Längenänderung des Probekörpers und der Längenänderung des den Probekörper umgebenden Quarzglas-Rohrabschnittes gemessen. Bei besonders hohen Ansprüchen an die Meßgenauigkeit, insbesondere bei Probekörpern mit Längenausdehnungskoeffizienten kleiner als $0,5 \cdot 10^{-4} \text{ K}^{-1}$ ist deshalb bei Gleichung (2) eine Korrektur anzubringen, mit welcher der Längenausdehnungskoeffizient des Quarzglases addiert wird:

$$\bar{\alpha}(t_1; t_2) = \frac{1}{l_0} \cdot \frac{l_2 - l_1}{t_2 - t_1} + 0,5 \cdot 10^{-6}$$

worin $l_2 - l_1$ die an der Meßuhr abgelesene Längenänderung ist.

Weitere Normen

- DIN 862 Meßschieber; Begriffe, Anforderungen, zulässige Abweichungen, Prüfung
 DIN 1319 Teil 1 Grundbegriffe der Meßtechnik; Messen, Zählen, Prüfen
 DIN 1319 Teil 3 Grundbegriffe der Meßtechnik; Begriffe für Fehler

Erläuterungen

Die vorliegende Norm wurde vom Unterausschuß 102.1 „Mechanische und thermische Eigenschaften“ ausgearbeitet.

Bisher fehlte für die Bestimmung des Längenausdehnungskoeffizienten von Kunststoffen eine DIN-Norm. Wegen der bei diesen Werkstoffen häufig auftretenden irreversiblen Längenänderungen bei der Bestimmung des Längenausdehnungskoeffizienten ist es zweckmäßig, eine eigene Prüfnorm aufzustellen. Bei dem in der Literatur angegebenen thermischen Längenausdehnungskoeffizienten eines Kunststoffes handelt es sich meistens um den mittleren Längenausdehnungskoeffizienten $\bar{\alpha}(t_1, t_2)$, wobei aber fast immer die Angabe des Temperaturbereiches t_1 bis t_2 fehlt, in dem dieser Wert bestimmt worden ist.

Im Anhang dieser Norm ist ein relativ einfaches Quarzglas-Rohr-Dilatometer aufgeführt, das auch in der Norm ANSI/ASTM D 696-70 „Standard test method for coefficient of linear thermal expansion of plastics“ beschrieben wird. Dieses Prüfgerät ist wegen des relativ großen Längenausdehnungskoeffizienten der Kunststoffe häufig ausreichend und hat sich in der Praxis gut bewährt.

Příloha P IV: VÝPOČET HŘÍDELE A OZUBENÉHO KOLA

Strojírenská knihovna Solid Edge

Výpis návrhu a výpočtu

Čelní ozubení

OBEČNÉ INFORMACE

Vytvořeno dne: 19.7.2012 20:54:29

Vytvořil: Jan - Čech

Autor:

Název souboru:

Název:

Číslo dokumentu:

Číslo revize:

Název projektu:

KONTROLA PEVNOSTI: Vyhovuje

Norma: ISO

PODMÍNKY ZADÁNÍ NÁVRHU

VSTUPNÍ PARAMETRY NÁVRHU

PARAMETRY OZUBENÍ

Požadovaný převodový poměr: 2

(a) Úhel záběru: 20,00 °

(CD) Osová vzdálenost: 3,00 mm

(r) Zaoblení paty: 0,20 mm

Přesnost ozubení: 1

Součinitel vnějších dynamických sil: 1,2

Součinitel uložení pastorku: 0,8

Koeficient drsnosti: 1

PARAMETRY VÝPOČTU

Účinnost: 0,92

Pastorek:

(DM) Průměr díry uložení: 4,00 mm

(b) Šířka ozubení: 22,00 mm

Výkon: 0,10 W

Otáčky: 28,000 st/s

Součinitel tvaru zubu pro dotyk: 1

Součinitel tvaru zubu pro ohyb: 1

Kolo:

(b) Šířka ozubení: 20,00 mm

Součinitel tvaru zubu pro dotyk: 1

Součinitel tvaru zubu pro ohyb: 1

SOUČINITEL ULOŽENÍ PASTORKU

Pastorek:

Vzdálenost ložiska: 80,00 mm

Posun ze středu hřídele: 8,00 mm

Střední průměr hřídele: 25,00 mm

Kolo:

Vzdálenost ložiska: 80,00 mm

Posun ze středu hřídele: 8,00 mm

Střední průměr hřídele: 25,00 mm

VLASTNOSTI MATERIÁLU POUŽITÉ PRO VÝPOČET

Pastorek Materiál: 40Ni2Cr1Mo28

Časovaná pevnost v dotyku [MPa]: 762

Časovaná pevnost v ohybu [MPa]: 889

Kolo Materiál: 40Ni2Cr1Mo28

Časovaná pevnost v dotyku [MPa]: 762

Časovaná pevnost v ohybu [MPa]: 889

VLASTNOSTI MATERIÁLU POUŽITÉ PRO MODEL

MOŽNOSTI ZADÁNÍ NÁVRHU

Typ ozubení: Vnitřní ozubení

Výstupní geometrické parametry: Zjistit počet zubů a modul

Metoda výpočtu pevnosti: Dle únosnosti v ohybu a dotyku

Korekční metoda: Korekce profilu zubu

Výpočet zatížení: Zjistit krouticí moment

Použitá korekce: K převodovému poměru

Typ výpočtu pevnosti: Dle dané pevnosti materiálu

Hodnoty šířky ozubení: Uživatelské zadání

Vložit s úplnou vazbou na sestavu: Ne

VÝSLEDEK VÝPOČTU

VÝSTUPNÍ PARAMETRY NÁVRHU

OBECNÉ VÝSLEDKY

Skutečný převodový poměr: 1,96

Modul: 0,25 mm

Součet jednotkových korekcí: 0

Součinitel záběru: 2,15

Čelní úhel záběru: 20,00 °

Pracovní úhel záběru: 20,00 °

Čelní pracovní úhel záběru: 20,00 °

Základní úhel sklonu: 0,00 °

Vypočtená osová vzdálenost: 3,00 mm

Čelní modul: 0,25 mm

(Pc) Normální rozteč: 0,79 mm

Čelní rozteč: 0,79 mm

(Pb) Základní rozteč: 0,74 mm

Korigované zaoblení paty: 0,10 mm

Pastorek:

Počet zubů: 25

Koeficient šířky ozubení: 3,52

Jednotková korekce: 0,0426

Výkon: 0,10 W

Otáčky: 28,000 st/s

Krouticí moment: 0,205 N-m

Kolo:

Počet zubů: 49

Koeficient šířky ozubení: 1,633

Jednotková korekce: 0,0426

Výkon: 0,10 W

Otáčky: 14,286 st/s

Krouticí moment: 0,4011 Nm

KONTROLA PEVNOSTI

Pastorek:

Dovolená časovaná pevnost v ohybu:
824,620 MegaPa

Koeficient bezpečnosti pro ohyb: 1,19

Dovolená časovaná pevnost v dotyku:
931,230 MegaPa

Koeficient bezpečnosti pro dotyk: 1,42

Kolo:

Dovolená časovaná pevnost v ohybu:
810,010 MegaPa

Koeficient bezpečnosti pro ohyb: 1,03

Dovolená časovaná pevnost v dotyku:
931,230 MegaPa

Koeficient bezpečnosti pro dotyk: 1,36

SÍLY

Tečná síla: 65480,891 mN

Radiální síla: 23833,095 mN

Normální síla: 69683,309 mN

Obvodová rychlost: 0,0015 m/s

Rezonanční otáčky: 785950,495 st/s

Axiální síla: 0,000 mN

ZÁKLADNÍ ROZMĚRY

Pastorek:

(db) Průměr základní kružnice: 5,87 mm

(da) Průměr hlavové kružnice: 6,77 mm

(d) Průměr roztečné kružnice: 6,25 mm

(dr) Průměr patní kružnice: 5,65 mm

Průměr pracovní roztečné kružnice: 6,25
mm

(T) Konstantní tloušťka: 0,35 mm

(ht) Konstantní výška: 0,20 mm

(M) Jmenovitý rozměr přes zuby: 1,85
mm

(S) Tloušťka zubu: 0,98 mm

Kolo:

(db) Průměr základní kružnice: 11,51 mm

(da) Průměr hlavové kružnice: 11,73 mm

(d) Průměr roztečné kružnice: 12,25 mm

(dr) Průměr patní kružnice: 12,90 mm

Průměr pracovní roztečné kružnice: 12,25
mm

(T) Konstantní tloušťka: 0,35 mm

(ht) Konstantní výška: 0,32 mm

(M) Jmenovitý rozměr přes zuby: 1,85
mm

(S) Tloušťka zubu: 0,98 mm

KOEFICIENTY PŘÍDAVNÝCH ZATÍŽENÍ

Pastorek:

Koeficient dynamických sil: 1

Koeficient zatížení na plochu: 6,962

Koeficient příčného zatížení: 1

Kolo:

Koeficient dynamických sil: 1

Koeficient zatížení na plochu: 4,085

Koeficient příčného zatížení: 1

DOTYKOVÉ KOEFICIENTY

Koeficient pružnosti: 189,81

Koeficient délky záběru: 2,495

Součinitel záběru: 0,5638

Koeficient maziva: 0,8964

Koeficient rychlosti: 0,8521

Koeficient úhlu sklonu: 1

Pracovní koeficient kalení: 1

Pastorek:

Koeficient životnosti: 1,6

Kolo:

Koeficient životnosti: 1,6

OHYBOVÉ KOEFICIENTY

Koeficient úhlu sklonu: 1

Součinitel záběru: 0,4962

Pastorek:

Tvarový koeficient: 16,9

Redukční koeficient časové pevnosti zubů: 1,409

Koeficient životnosti: 1,6

Součinitel vrubu v oblasti patní přechodové křivky zubu: 0,9662

Kolo:

Tvarový koeficient: 18,4

Redukční koeficient časové pevnosti zubů: 1,343

Koeficient životnosti: 1,6

Součinitel vrubu v oblasti patní přechodové křivky zubu: 0,9491

PARAMETRY OZUBENÍ

Mezní odchylka úhlu sklonu: 0,00 mm

Mezní odchylka rovnoběžnosti osy sklonu (Fx): 0,01 mm

Mezní odchylka rovnoběžnosti osy sklonu (Fy): 0,01 mm

PARAMETRY OZUBENÍ

Pastorek:

Mezní odchylka axiální rozteče: 0,00 mm

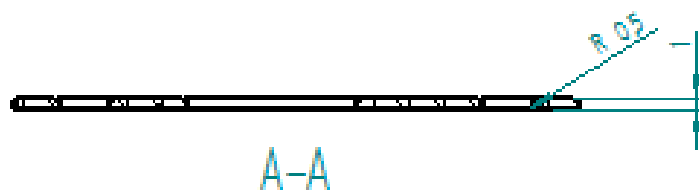
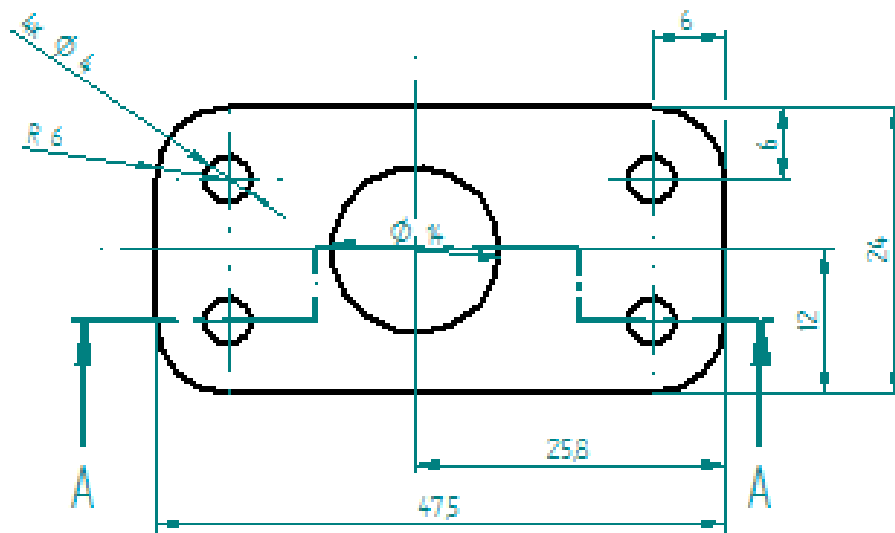
Mezní odchylka základní rozteče: 0,00 mm

Kolo:

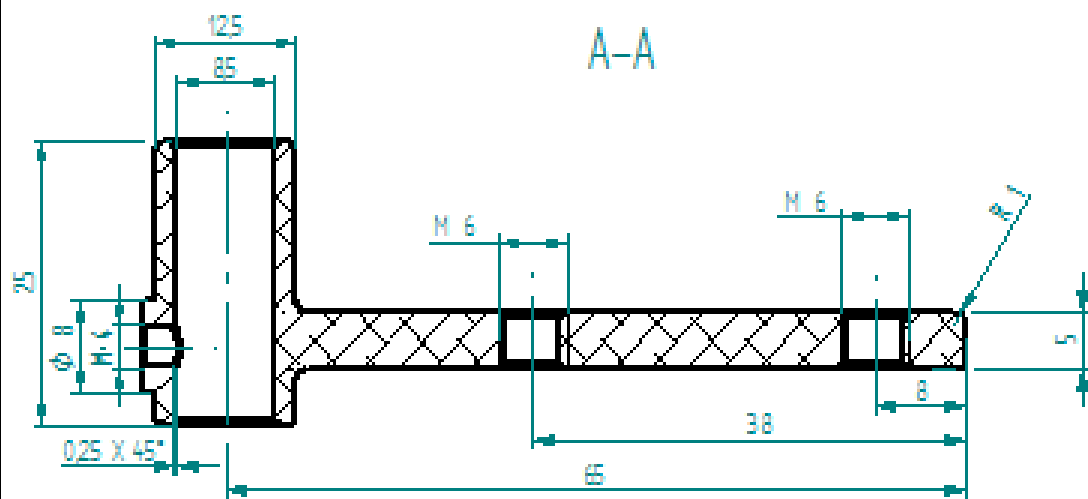
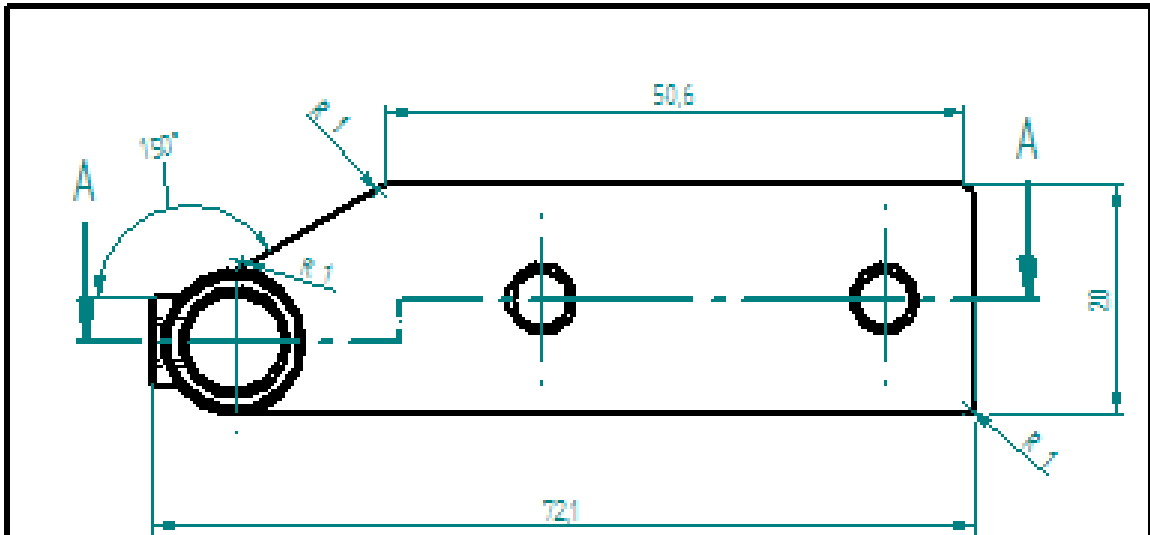
Mezní odchylka axiální rozteče: 0,00 mm

Mezní odchylka základní rozteče: 0,00 mm

KONEC VÝPISU

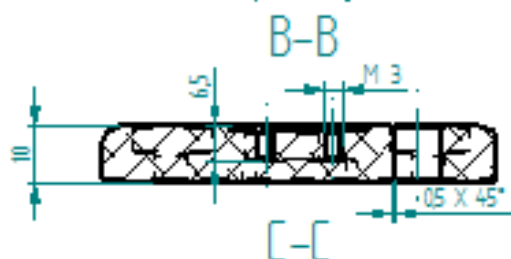
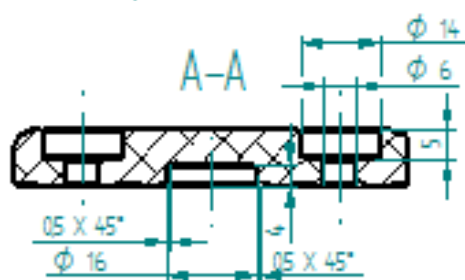
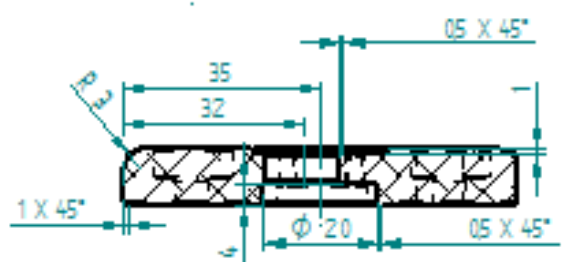
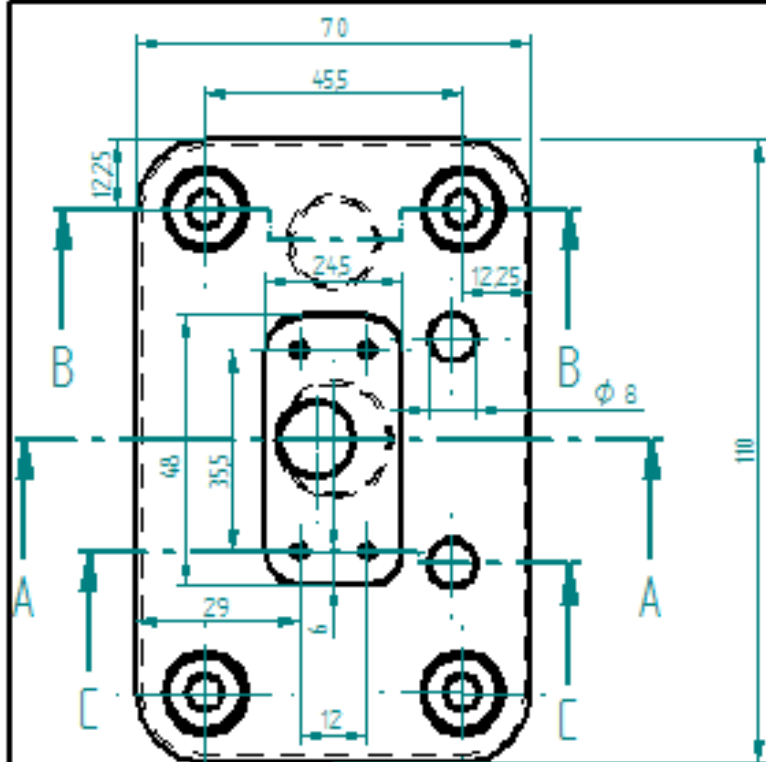


UTB-FT	
Meritko 2 : 1	
Název: Krycí deska levá	Datum: 20.5.2012
Vypracoval: Čech Jan	Vykres: 1



NEKOTOVANÉ ZKOSEŇ 0.5 X 45°

UTB-FT	
Merítka 2:1	
Název uchytení držáku	Datum 20. 5. 2012
Vypracoval: Čech Jm	Vykres 2



NEKOTOVANÉ RÁDIUSY R 0,25

NEKOTOVANÉ ZKŮSENÍ 0,25 X 45°

UTB-FT

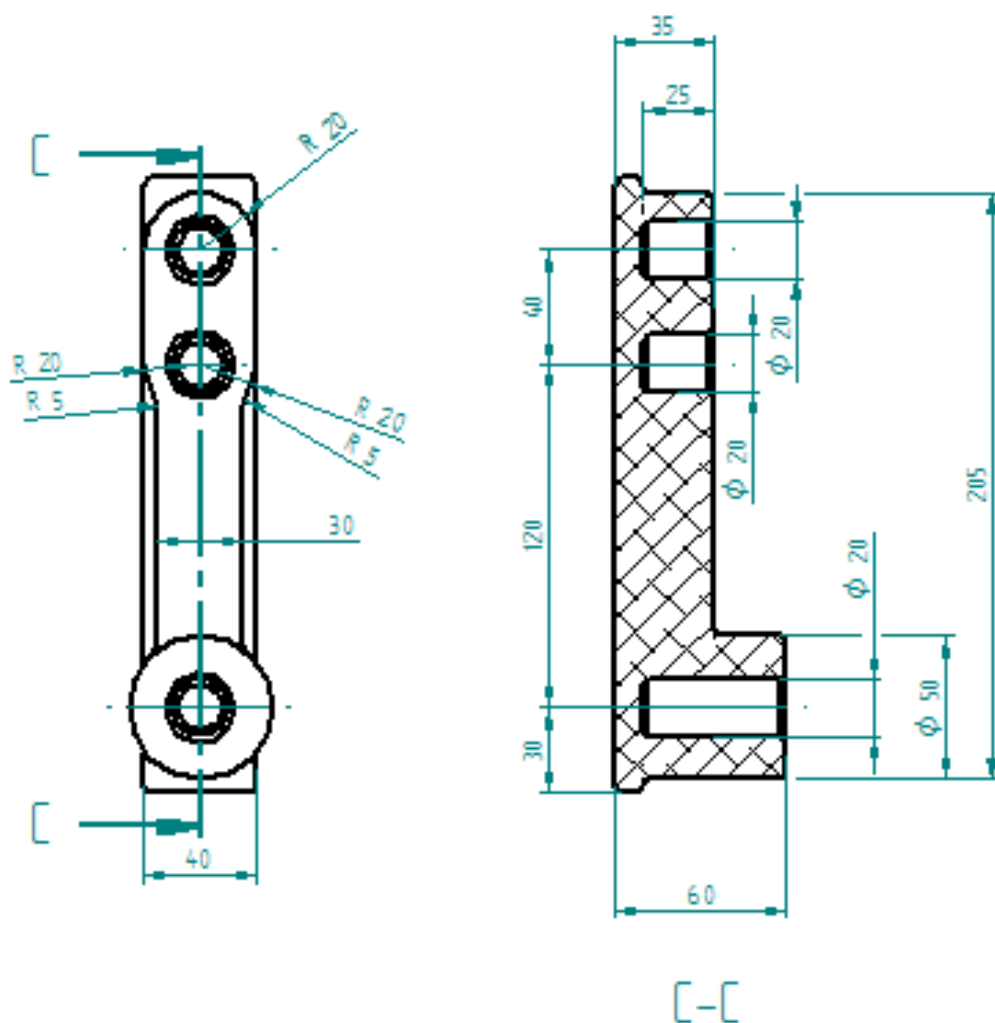
Měřítko 1:1

Název opera deska prava

Datum 20.5.2012

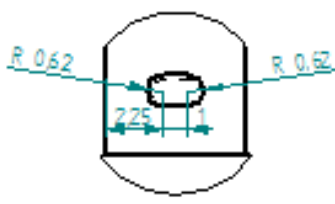
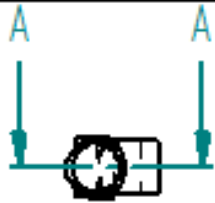
Vypracoval: Cech Jan

Výkres 3

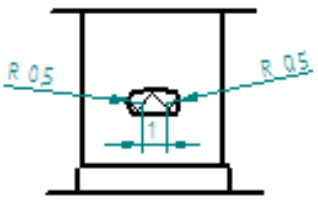
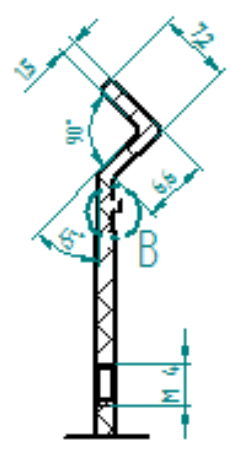


NEKOTOVANÉ RÁDIUSY R 2
 NEKOTOVANÉ ZKŮSENÍ Z 45°

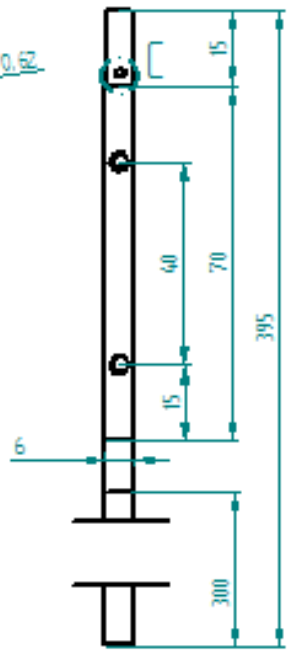
UTB-FT	
Meritko 1 : 2	
Název Horní díl	Datum 20.5.2012
Vypracoval: Čech Jan	Vykres 4



DETAIL C
5:1

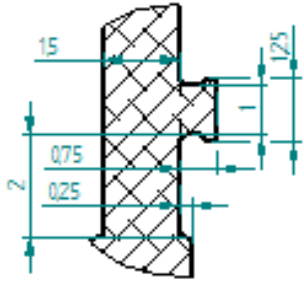
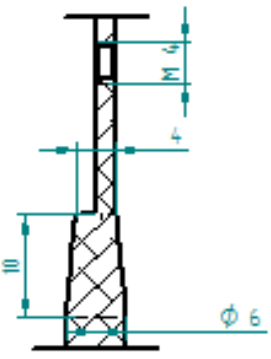


CASTECNY REZ
5:1



DETAIL B
10:1

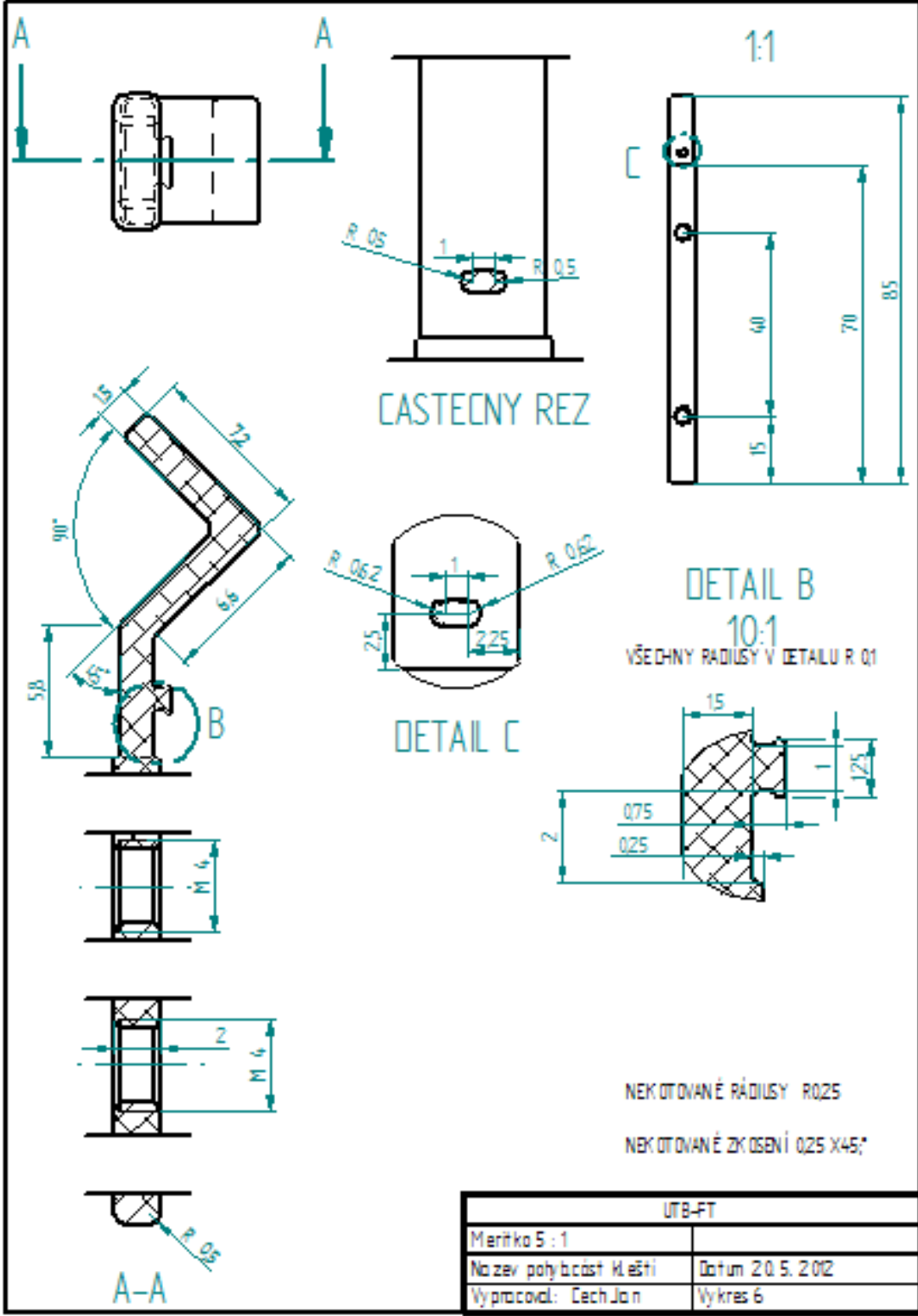
VŠECHNY RÁDIUSY V DETAILU R 01



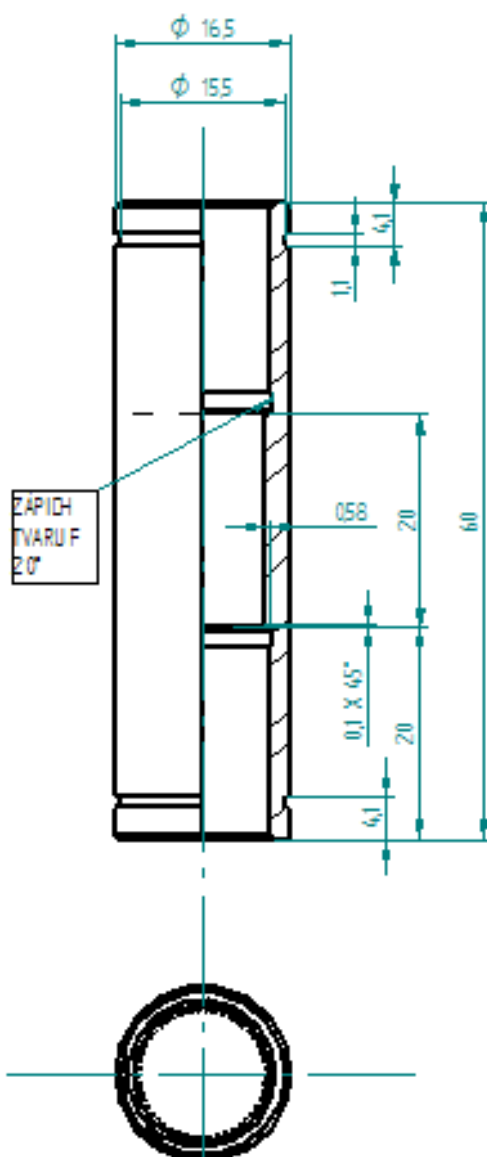
A-A

NEKOTOVANÉ RÁDIUSY R 0.25

UTB-FT	
Měřítko 1 : 1	
Název KLESTE PEV. ČAST	Datum 20.5.2012
Vypracoval: Tech.Jan	Vykres 5



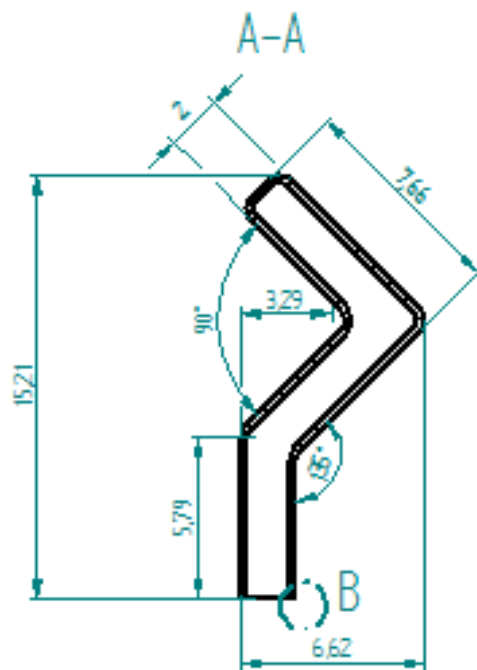
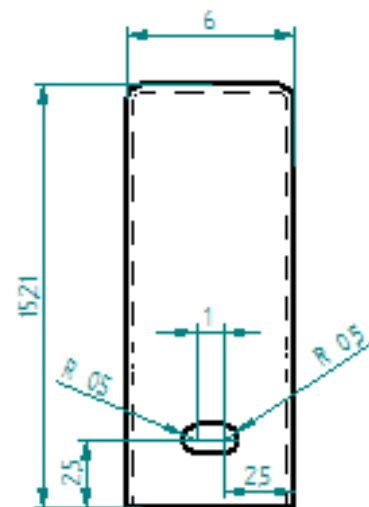
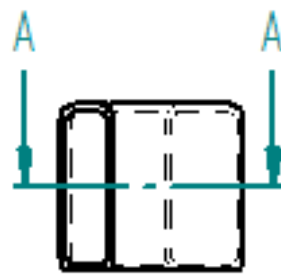
UTB-FT	
Měřítka 5 : 1	
Název položky: část kleští	Datum 20.5.2012
Vypracoval: Těch Jan	Výkres 6



NEKOTOVANÉ RÁDIUSY R 0,1

NEKOTOVANÉ ZKŮSOVNÍ 05 X45°

UTB-FT	
Meritko 2 : 1	
Název kolo s ozubením	Datum 20.5.2012
Vypracoval: Cech Jan	Vykres 7

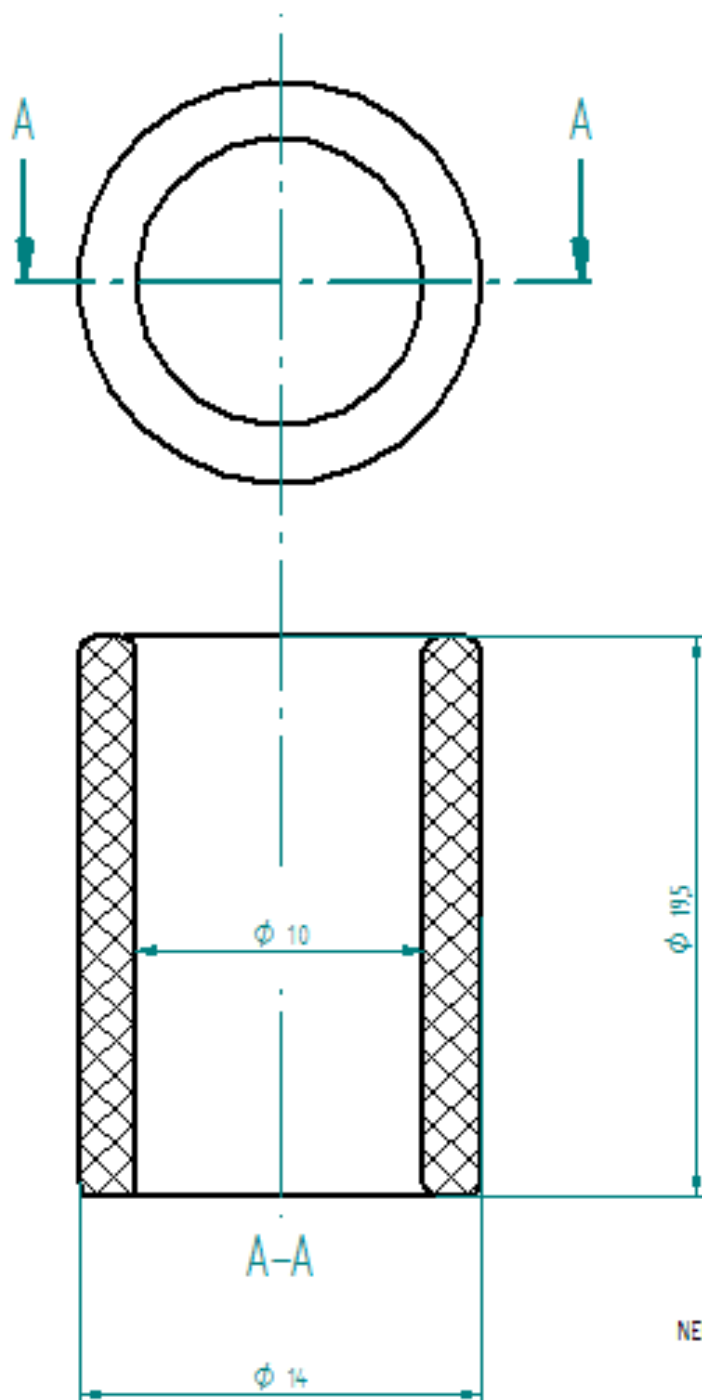


DETAIL B
20:1



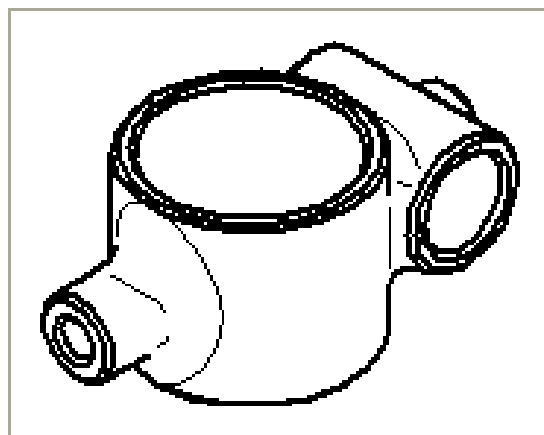
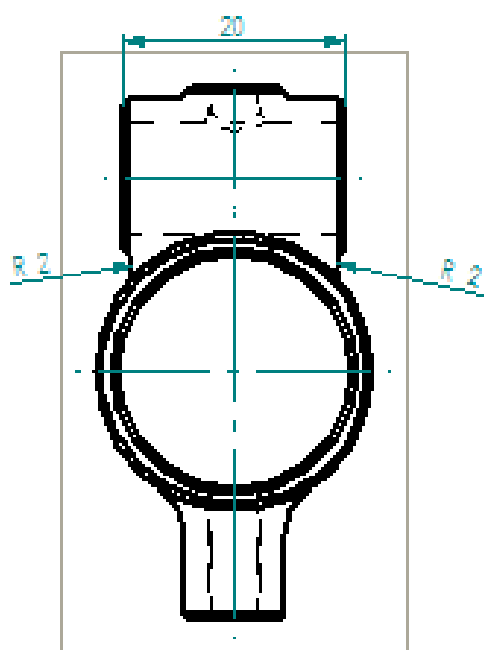
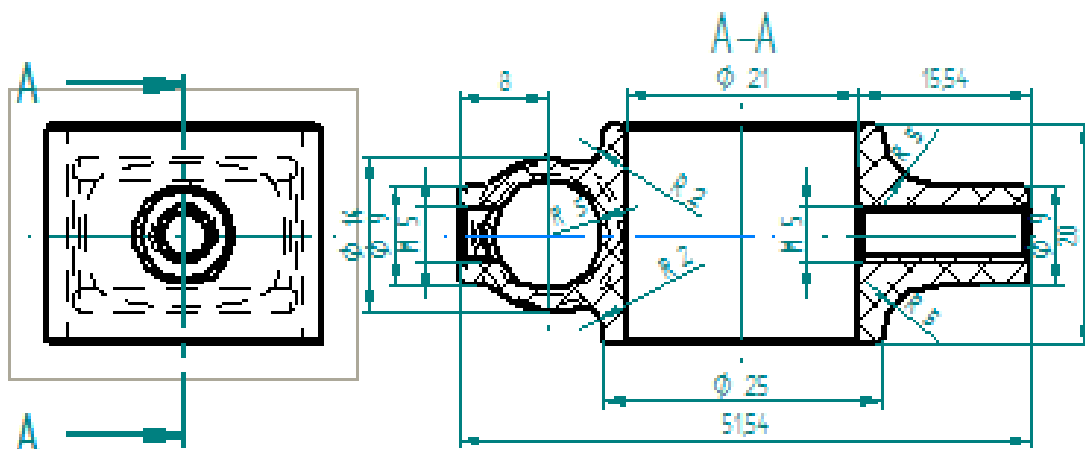
VNEJŠÍ NEOKOTOVANÉ
RÁDIUSY R05

UTB-FT	
Meritko 5 : 1	
Název: návlak na křešle	Datum 20.5.2012
Vypracoval: Těch Jan	Výkres 9



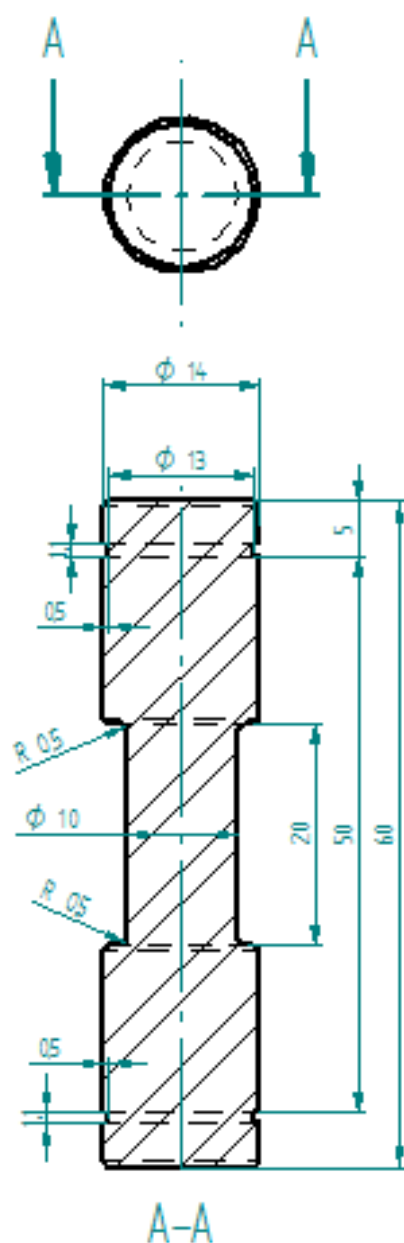
NEKOTOVANÉ RÁDIUSY R05

ÚTB-FT	
Meritko 5 : 1	
Název: návlak na válec	Datum 20.5.2012
Vypracoval: Čech Jan	Vykres 10



NEKOTOVANÉ RÁDIUSY R 0,5
 NEKOTOVANÉ ZKOŠENÍ 0,5 X45°

ÚTB-F1	
Merítka 2:1	
Název: Ovládací	Datum: 20. 5. 2012
Vypracoval: Ondřej Jan	Vykreslil: I I



NEKOTOVANÉ RÁDIUSY R0,1

NEKOTOVANÉ ZKŮSENÍ 05 X45°

UTB-FT

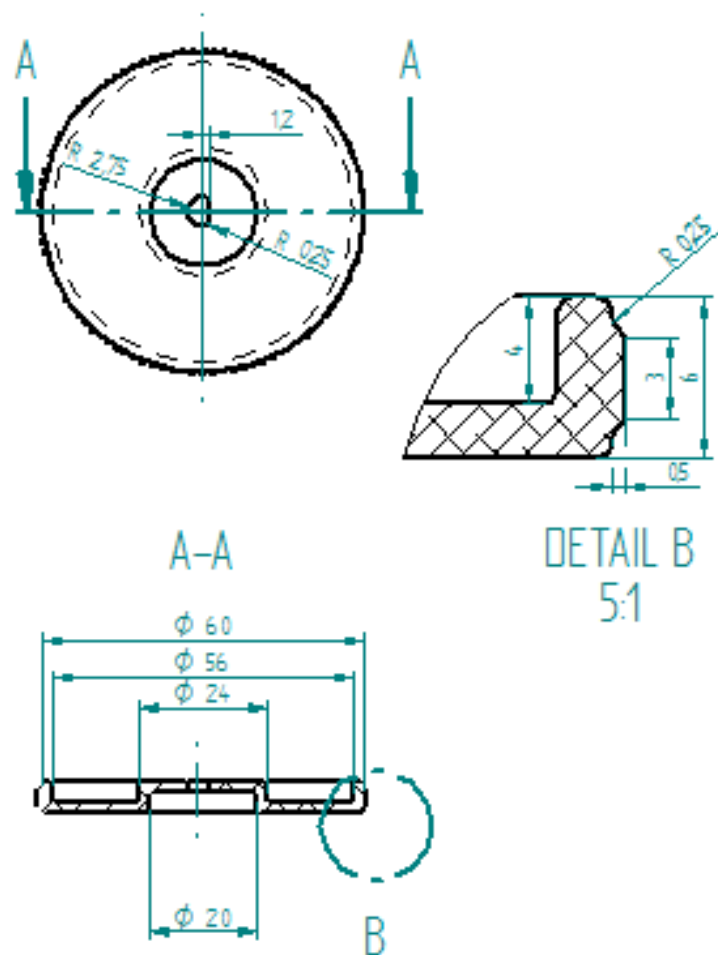
Měřítko 1:1

Název Opěrný válec

Datum 20.5.2012

Vypracoval: Čech Jan

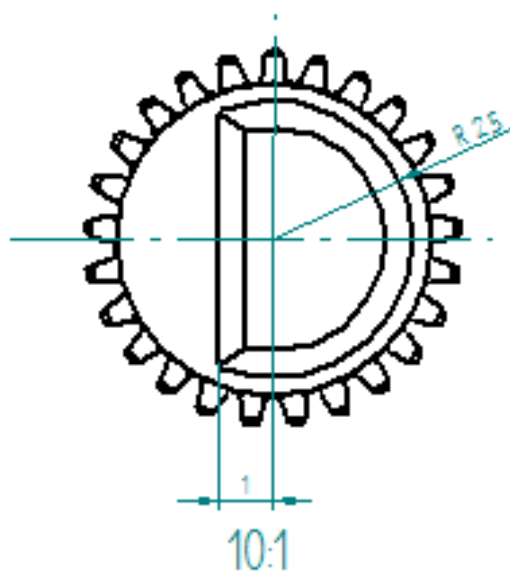
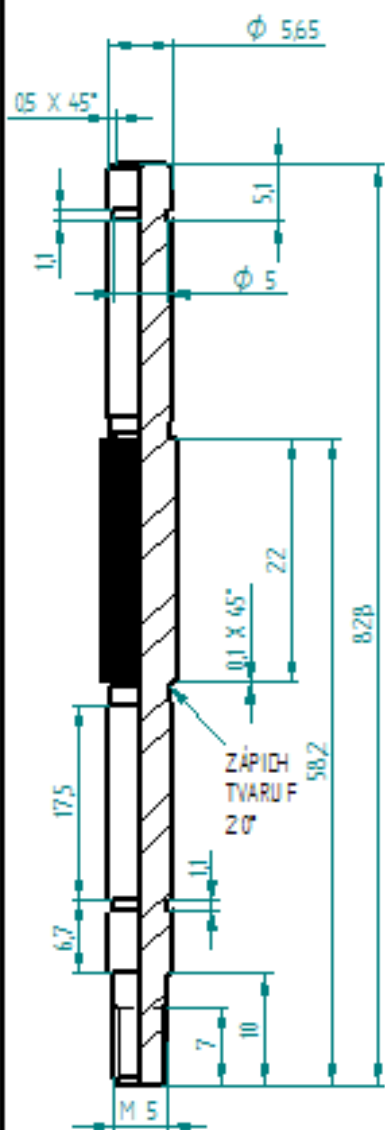
Výkres 13



NEKOTOVANÉ RÁDIUSY R 05

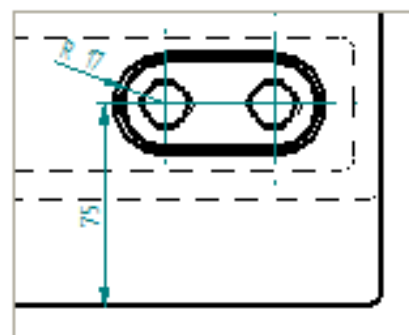
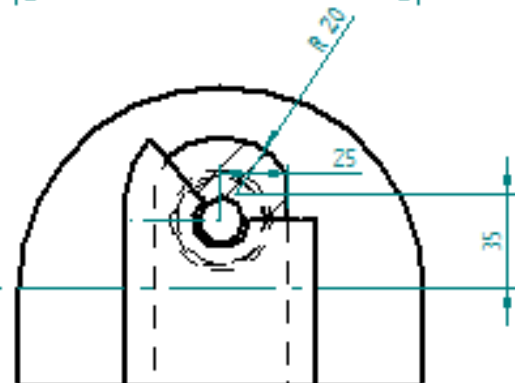
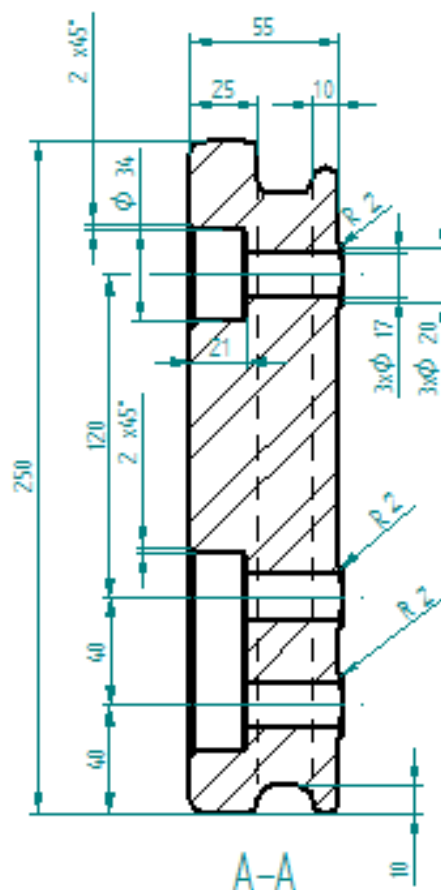
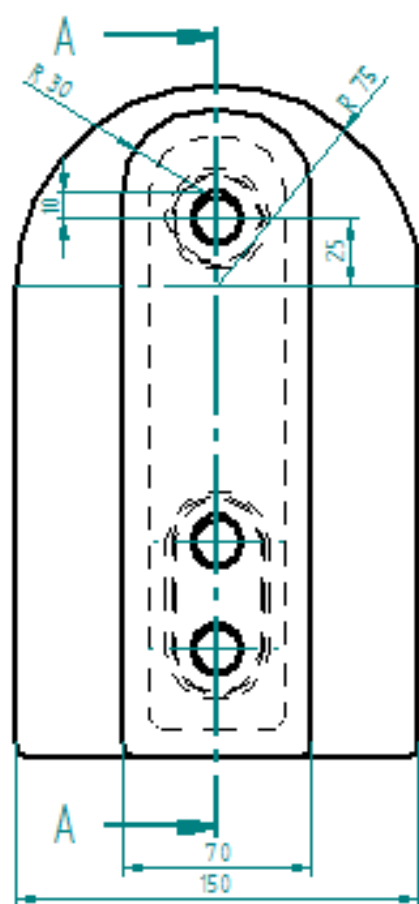
NEKOTOVANÉ ZKŮŠENÍ Q5 X45;

UTB-FT	
Meritka 1:1	
Název: Ovládací kolo	Datum 20.5.2012
Vypracoval: Čech Jan	Vykras 14



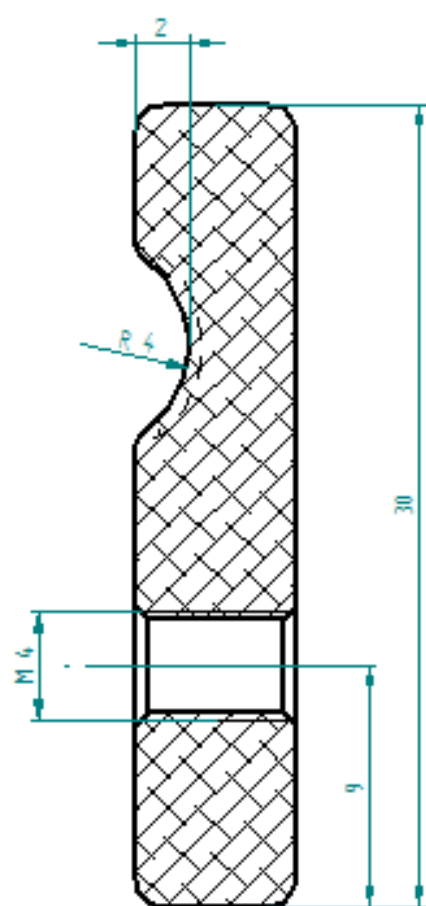
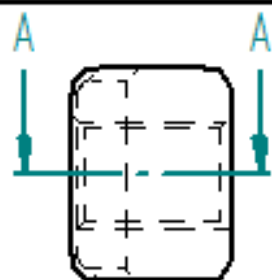
NEKOTOVANÉ RÁDIUSY R 0,1

UTB-FT	
Meritko 2 : 1	
Nazev hrs. postorkem	Datum 20.5.2012
Vypracoval: Cech Jan	Vykres 15

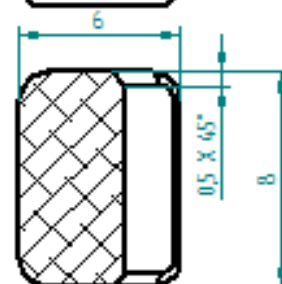
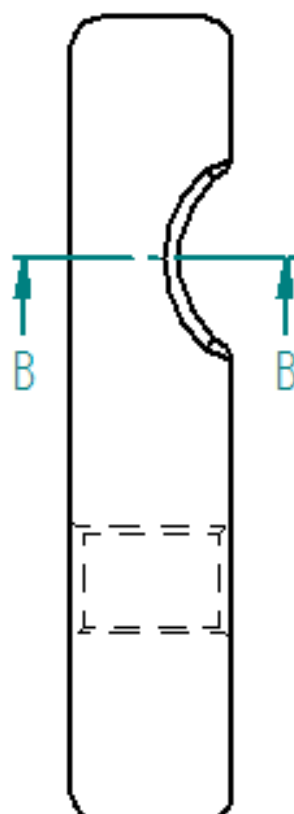


NEKOTOVANÉ RÁDIUSY R 5
NEKOTOVANÉ ZKOŠENÍ 1 X45°

UTB-FT	
Merítka 1 : 2	
Název	Datum 20.5.2012
Vypracoval: Čech Jan	Vykreslil



A-A

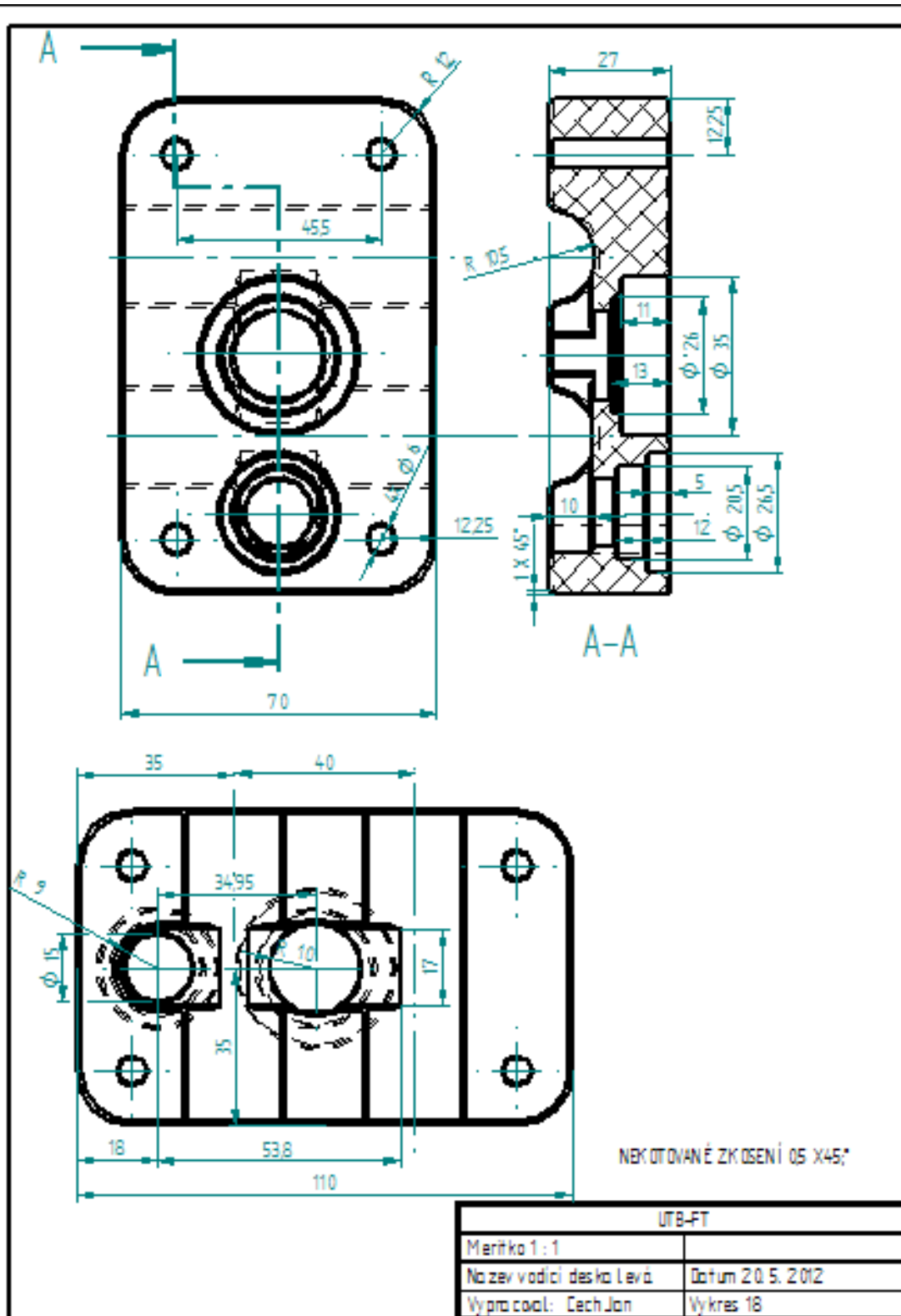


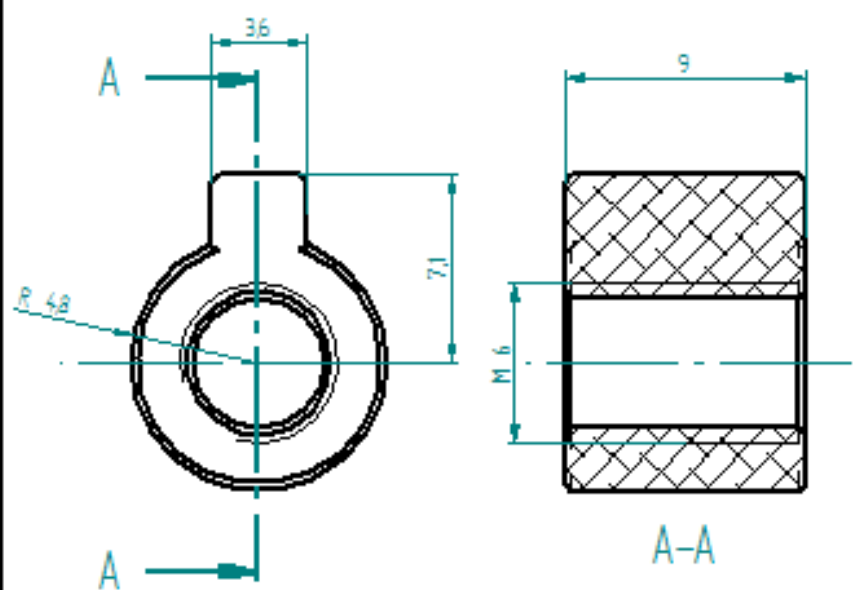
B-B

NEKOTOVANÉ RÁDIUSY R1

NEKOTOVANÉ ZKOSENÍ 0,5 X 45°

UTB-FT	
Merítka 5 : 1	
Název pohost drázkůch	Datum 20.5.2012
Vypracoval: Cech Jan	Vykres 17

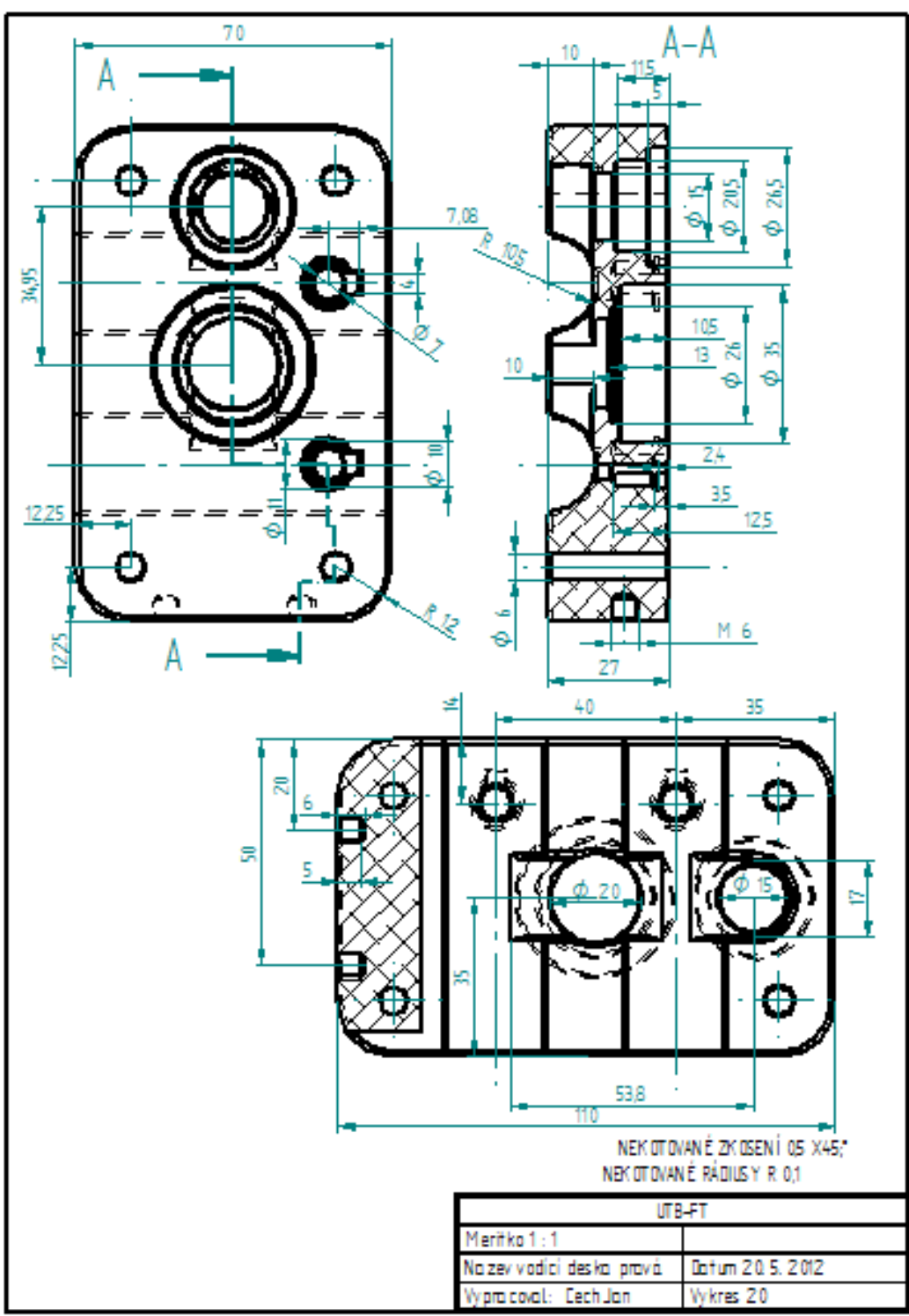


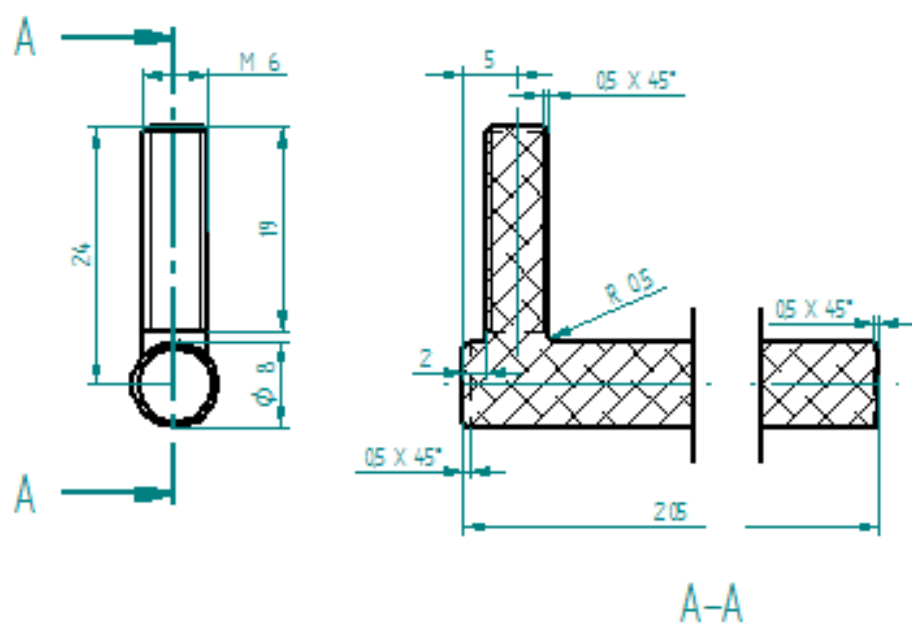


NEKOTVANÉ RÁDIUSY R0,25

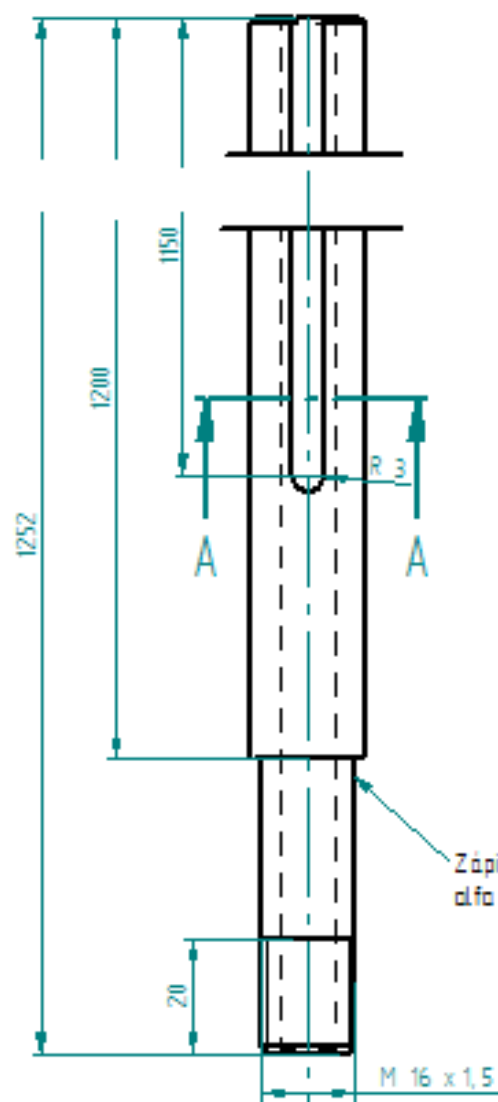
NEKOTVANÉ ZKŮSNĚNÍ 0,25 X45°

UTB-FT	
Merítka 5 : 1	
Název pouzdra se závitem	Číslo 20.5.2012
Vypracoval: Čech Jan	Výkres 19

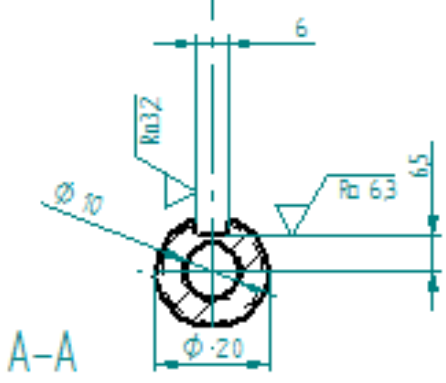




UTB-FT	
Meritka 2 : 1	
Název: typ s kalíkem	Datum: 20.5.2012
Vypracoval: Čech Jan	Vykreslil: 21

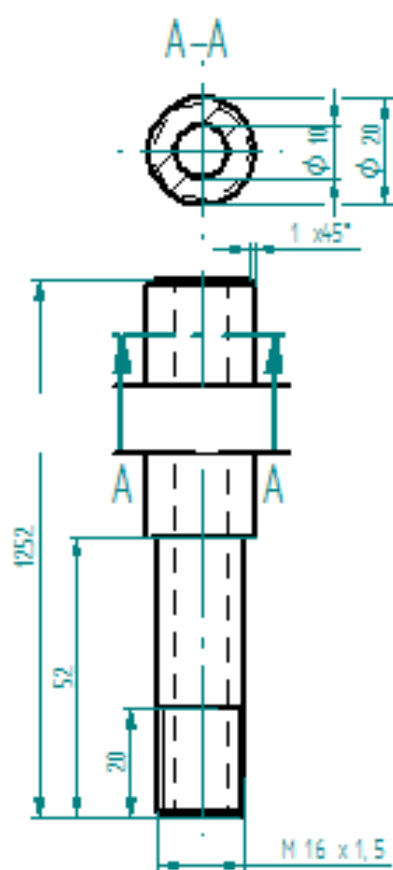


Zápich tvaru F
 $\alpha = 20^\circ$



NEKOTOVANÉ RÁDIUSY R 0,4
 NEKOTOVANÉ ZKOŠENÍ 05 X45°

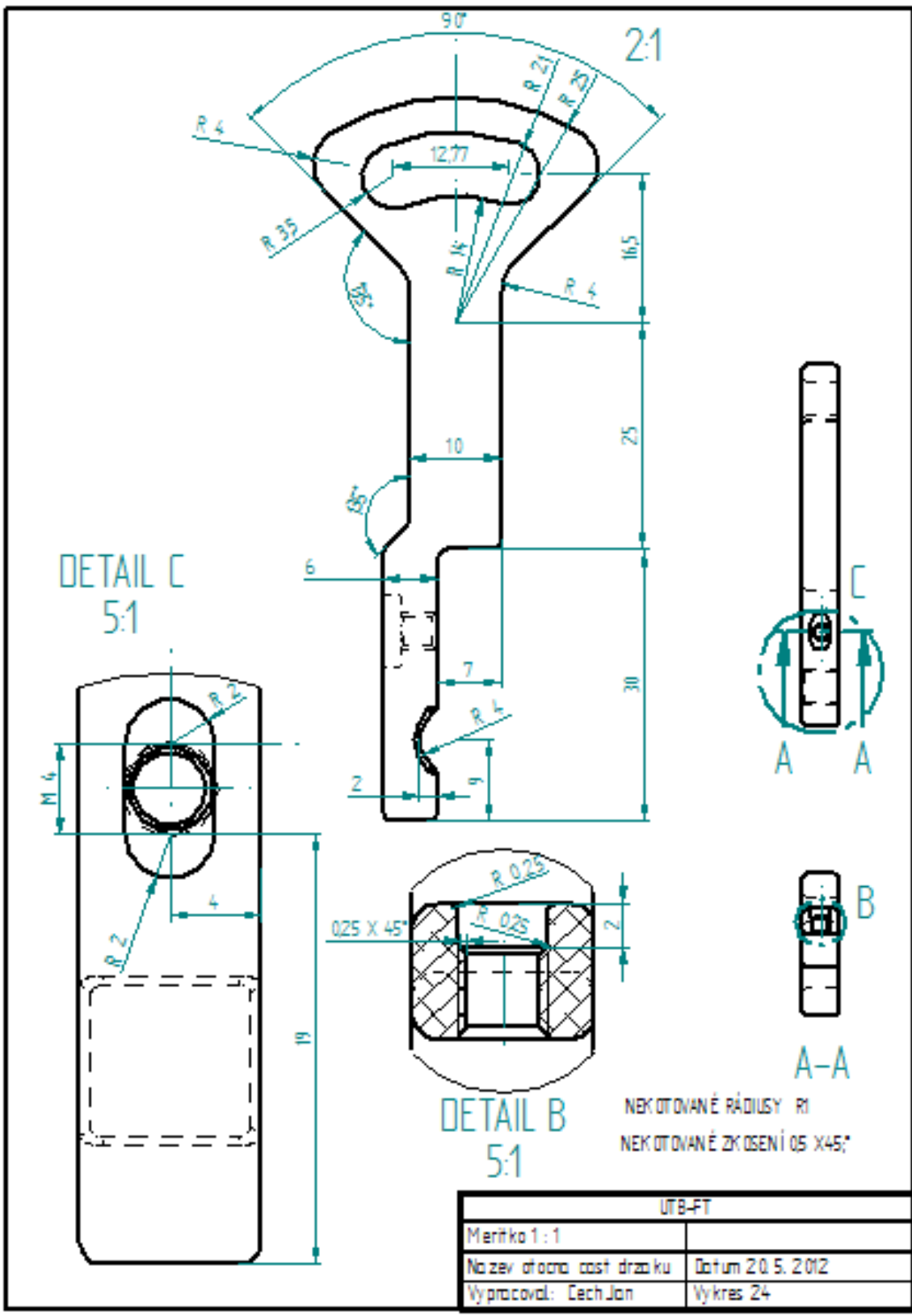
UTB-FT	
Merítka 1 : 1	
Nazev tyč s drážkou	Datum 20.5.2012
Vypracoval: Čech Jan	Vykreslil: Z2



NEKOTOVANÉ RÁDUSY R0,4

NEKOTOVANÉ ZKOSEŇ 0,5 X45°

UTB-FT	
Měřítko 1:1	
Název Tyc	Datum 20.5.2012
Vypracoval: Cech Jan	Vykres

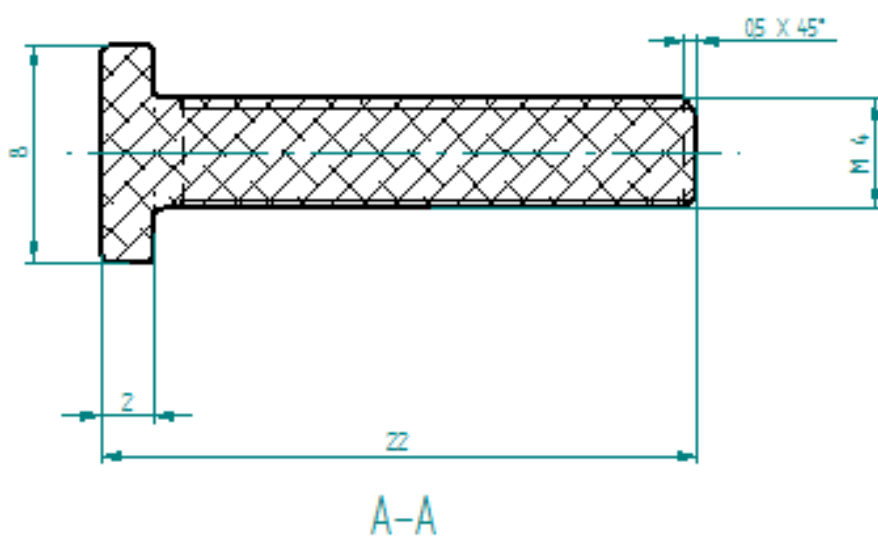
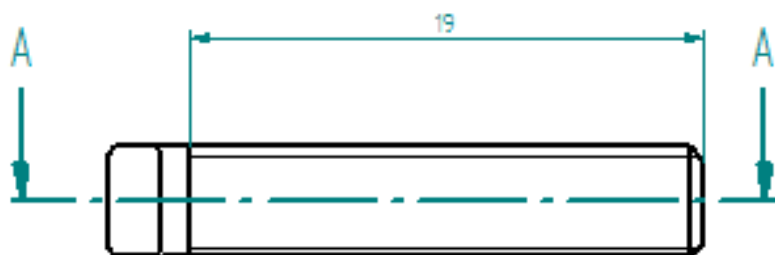


DETAIL C
5:1

DETAIL B
5:1

NEKOTOVANÉ RÁDIUSY R1
NEKOTOVANÉ ZKOŠENÍ 05 X45°

UTB-FT	
Meritka 1:1	
Název dílna část držáku	Datum 20.5.2012
Vypracoval: Eech Jan	Vykres 24



NEKOTOVANÉ RÁDIUSY R0.25

UTB-FT	
Merítka 5:1	
Název záv. týč s hlaví	Číslo 20.5.2012
Vypracoval: Čech Jan	Výkres 25

	Název	Navržený Materiál	Norma	výkres	Hmotnost[kg]
1	šroub s vnitř. šestihranem M5x70	DLE NORMY	DIN 912		0,013
2	Mat. šestihr. uzav. půlkulatá M5	DLE NORMY	DIN 1587		0,003
3	Ovládací kolo	hliník, 6061-T6		14	0,021
4	Podložka 5,5x2	DLE NORMY	ČSN EN ISO 7094		0,004
5	šroub s půlkulatou hlavou M3x6	DLE NORMY	ISO 7380		0,001
6	krycí deska levá	hliník, 6061-T6		1	0,002
7	opěrná deska levá	hliník, 6061-T6		12	0,187
8	pojistný kroužek pro hřídele 5x0,6	DLE NORMY	DIN 471		0 *
9	ložisko 618/6	DLE NORMY	DIN 625		0,001
10	pojistný kroužek 13x1	DLE NORMY	DIN 471		0,001
11	Kluzné pouzdro14x20x10	DLE NORMY	DIN 1850		0,020
12	pojistný kroužek pro hřídele 16x1	DLE NORMY	DIN 471		0,001
13	ložisko 6003	DLE NORMY	DIN 625		0,031
14	vodící deska levá	hliník, 6061-T6		18	0,409
15	kolo s ozubením	1.6565		7	0,040
16	hřídel s pastorkem	1.6565		15	0,016
17	opěrný válec	14 220		13	0,060
18	návlek na válec	SBR		10	0,002
19	vodící deska pravá	hliník, 6061-T6		20	0,401
20	uchycení držáku	hliník, 6061-T6		2	0,020
21	šr. s vys. rýhovanou hl. M4x5	DLE NORMY	DIN 461		0,008
22	šr. s půlkulatou hl. M6x10	DLE NORMY	ISO 7380		0,003
23	pouzdro se závitem M6	hliník, 6061-T6		19	0,002
24	pojistný kroužek pro díry 12x1	DLE NORMY	DIN 472		0*
25	opěrná deska pravá	hliník, 6061-T6		3	0,180
26	krycí deska pravá	hliník, 6061-T6		8	0,003
27	matice šestihranná uzavřená M5	DLE NORMY	DIN 917		0,002
28	rychloupínací šroub velký M6 L32x30	DLE NORMY	DIN 6335		0,053
29	šroub s vysokou rýhovanou hl M6x3	DLE NORMY	DIN 923		0,006
30	rychloupínací šroub M5 L25x20	DLE NORMY	DIN 6335		0,029
31	objímka	hliník, 6061-T6		11	0,014
32	vrchlík	KŘEMÍKOVÉ SKLO		Nepoužito	0,000
33	trubice vnitřní	KŘEMÍKOVÉ SKLO		Nepoužito	0,057
34	trubice vnější	KŘEMÍKOVÉ SKLO		Nepoužito	0,057
35	pevná část kleští	hliník, 6061-T6		5	0,026
36	návlek na kleště	SBR		9	0*
37	pohyblivá část kleští	hliník, 6061-T6		6	0,003
38	závitová tyč M4x40	DLE NORMY	DIN 976		0,004
39	křídlová matice M4	DLE NORMY	DIN 315		0,003
40	tyč s kolíkemM6	hliník, 6061-T6		21	0,029
41	rychloupínací matice M6 B32	DLE NORMY	DIN 6335		0,039
42	otočná část držáku	hliník, 6061-T6		24	0,017
43	pohyblivá část držáku	hliník, 6061-T6		17	0,003
44	závitová tyč M4x20 s hlavicí	hliník, 6061-T6		25	0,001
45	Horní díl	hliník, 6061-T6		4	0,774
46	Tyč	14220		23	2,264
47	Tyč s drážkou	14220		22	2,082
48	Podstava	11500		16	8,984
49	Mat. šest. uzav. M16	DLE NORMY	DIN 917		0,049
*	Název	Navržený Materiál	Hmotnost[kg]		
8	pojistný kroužek pro hřídele 5x0,6	DLE NORMY	0,00009		
24	pojistný kroužek pro díry 12x1	DLE NORMY	0,00040		
36	návlek na kleště	SBR	0,00009		

