

Konstrukce přípravku pro rázovou zkoušku polymerních strun

Lukáš Kozár

Bakalářská práce
2011



Univerzita Tomáše Bati ve Zlíně
Fakulta technologická

Univerzita Tomáše Bati ve Zlíně

Fakulta technologická

Ústav výrobního inženýrství

akademický rok: 2010/2011

ZADÁNÍ BAKALÁŘSKÉ PRÁCE

(PROJEKTU, UMĚLECKÉHO DÍLA, UMĚLECKÉHO VÝKONU)

Jméno a příjmení: Lukáš KOZÁR
Osobní číslo: T07358
Studijní program: B 3909 Procesní inženýrství
Studijní obor: Technologická zařízení

**Téma práce: Konstrukce přípravku pro rázovou zkoušku
polymerních strun**

Zásady pro vypracování:

- 1. Vypracování literární studie na dané téma**
- 2. Návrh konstrukce a zhotovení výkresové dokumentace**
- 3. Výroba a zprovoznění přípravku**
- 4. Otestování přípravku**

Rozsah bakalářské práce:

Rozsah příloh:

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

Seznam odborné literatury:

Literatura dle zadání vedoucího bakalářské práce.

Vedoucí bakalářské práce: **Ing. Milan Žaludek, Ph.D.**
Ústav výrobního inženýrství

Datum zadání bakalářské práce: **14. února 2011**

Termín odevzdání bakalářské práce: **3. června 2011**

Ve Zlině dne 7. ledna 2011


doc. Ing. Petr Hlaváček, CSc.
děkan




doc. Ing. Miroslav Maňas, CSc.
ředitel ústavu

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 25. 5. 2011

.....

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 nevýdělečně 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). 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 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 výtěžku 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 přihlíží k výši výtěžku dosaženého školou nebo školským či vzdělávacím zařízením z užití školního díla podle odstavce 1.

ABSTRAKT

Práce byla zhotovena na téma: Konstrukce přípravku pro rázovou zkoušku polymerních strun.

V teoretické části jsem se zabýval základy konstruování, dynamickými zkouškami a vlastnostmi zkoušeného materiálu. V praktické části jsem se věnoval navrhování konstrukčního řešení, pro které jsem vyhotovil výkresovou dokumentaci a zadal ji do výroby. Hotové výrobky se odzkoušely na zkušebním zařízení CEAST RESIL IMPACTOR junior, pro které byly přípravky navrženy.

Klíčová slova: Konstrukce, rázová zkouška, polymerní struna, testování

ABSTRACT

The work was done on the topic: Construction of the mounting device for impact test of polymer strings.

The practical part is devoted to construction design solutions, for which I drew the mechanical drawings and put it into production. Finished products are tested on the test CEAST RESIL IMPACTOR junior, for which preparations have been In the theoretical part, I address the issue of design, impact test and material properties. proposed.

Keywords: Construction, impact test, polymer string, testing

PODĚKOVÁNÍ:

Tímto bych chtěl poděkovat vedoucímu bakalářské práce Ing. Milanu Žaludkovi, Ph.D., za odborné vedení a užitečné rady, a dále bych chtěl poděkovat Ing. Jiřímu Šálkovi, za precizní a rychlou výrobu všech součástí.

OBSAH

I TEORETICKÁ ČÁST.....	10
1 ÚVOD	11
1.1 NAVRHOVÁNÍ.....	11
2 PLASTY A JEJICH ZPRACOVATELSKÉ VLASTNOSTI.....	14
2.1 PŘÍPRAVA PLASTŮ	14
2.2 ROZDĚLENÍ PLASTŮ	15
2.2.1 Podle aplikace a konstrukční složitosti vyráběných dílů	15
2.2.2 Na základě teplotního chování při působení teploty	15
2.2.3 Podle nadmolekulární struktury (podle stupně uspořádanosti).....	16
2.2.4 Podle druhu přísad.....	16
2.2.5 Podle polaritý	17
2.2.6 Podle původu.....	17
3 MECHANICKÉ VLASTNOSTI PLASTŮ	18
3.1 SKLOVITÝ STAV.....	18
3.2 KAUKUKOVITÝ STAV	19
3.3 VISKÓZNÍ STAV	19
4 POLYMERY PRO VÝROBU SYNTETICKÝCH VLÁKEN	20
4.1 POLYAMIDOVÁ VLÁKNA.....	20
4.2 POLYESTEROVÁ VLÁKNA	20
5 MECHANICKÉ VLASTNOSTI.....	22
5.1 DRUHY ZKOUŠEK MECHANICKÝCH VLASTNOSTÍ MATERIÁLŮ	22
6 DYNAMICKÉ ZKOUŠKY PLASTŮ.....	24
6.1 PLASTY – STANOVENÍ RÁZOVÉ HOUŽEVNATOSTI METODOU CHARPY (ISO 179:1993)	24
6.1.1 Zkušební zařízení	24
6.1.2 Zkušební tělesa.....	24
6.1.3 Postup zkoušky.....	25
6.2 STANOVENÍ RÁZOVÉ HOUŽEVNATOSTI CHARPY- ČÁST 2: INSTRUMENTOVANÁ RÁZOVÁ ZKOUŠKA.....	27
6.3 PLASTY – STANOVENÍ RÁZOVÉ HOUŽEVNATOSTI V TAHU (ČSN EN ISO 8256).....	30
6.3.1 Podstata zkoušky	32
6.3.2 Zkušební stroj.....	32
6.3.3 Zkušební tělesa.....	33
6.3.4 Postup zkoušky.....	35
6.3.5 Vyjádření výsledků	38
7 DRUHY UZLŮ	40
7.1 LIŠČÍ SMYČKA	40
7.2 LODNÍ SMYČKA	40
7.3 POUTKO.....	42
II PRAKTICKÁ ČÁST	43
8 KONSTRUKCE PŘIDRŽOVAČŮ.....	44

9	TECHNICKÉ ÚDAJE A POPIS ZKUŠEBNÍHO STROJE CEAST.....	46
10	KONSTRUKČNÍ ŘEŠENÍ.....	47
10.1	PŘIDRŽOVAČ PRAVÝ.....	47
10.1.1	Součást k výrobě – upínací těleso pravé.....	48
10.1.2	Součást k výrobě - opěrka.....	48
10.2	PŘIDRŽOVAČ LEVÝ TYPU A.....	49
10.2.1	Součást k výrobě – upínací těleso levé.....	50
10.2.2	Součást k výrobě – otočný válec.....	50
10.2.3	Součást k výrobě – upínací deska.....	51
10.2.4	Součást k výrobě - opěrka.....	51
10.3	PŘIDRŽOVAČ LEVÝ TYPU B.....	51
10.3.1	Součást k výrobě – upínací těleso levé.....	53
10.3.2	Součást k výrobě – otočný čep.....	53
10.3.3	Součást k výrobě – pojistná deska.....	53
10.3.4	Součást k výrobě - opěrka.....	53
11	VÝROBA A OTESTOVÁNÍ PŘIDRŽOVAČŮ.....	54
11.1	VÝROBA.....	54
11.2	OTESTOVÁNÍ.....	55
	SEZNAM POUŽITÉ LITERATURY.....	58
	SEZNAM POUŽITÝCH SYMBOLŮ A ZKRATEK.....	59
	SEZNAM OBRÁZKŮ.....	60
	SEZNAM PŘÍLOH.....	63

I. TEORETICKÁ ČÁST

1 ÚVOD

Navrhování strojních částí je složitá činnost, vyžadující řešení celé řady souvisejících dílčích problémů. Při této práci bude nutno respektovat jejich vzájemné vazby, souvislosti a omezení. Vzhledem ke komplikovanosti problematiky navrhování je vhodné, aby příslušné úvahy a jejich ověřování probíhaly v posloupnosti od jednodušších ke složitějším. Přitom se bude rovněž měnit hloubka těchto úvah; zpočátku budou pouze orientačního charakteru, později budou rozvíjeny a doplňovány o další podrobnosti. Tato činnost tedy vyžaduje značnou míru dovedností.

Rozhodování (rozhodovací proces), tedy vědomá volba z řady možností, je obvyklé ve všech oborech zabývajících se navrhováním konstrukcí. Při výběru cílů a prostředků k jejich dosažení je třeba vzít v úvahu řadu faktorů. Úspěšnost rozhodování je ovlivněna především znalostmi a zkušenostmi rozhodující se osoby a situací, v níž se nachází. Rozvinutí schopnosti správného rozhodování při navrhování strojních částí bude prospěšné i při jiných činnostech. [1]

1.1 Navrhování

Konstruování součástí, stroje, zařízení znamená určení jeho tvaru a rozměrů. Navržený výrobek musí být funkční, bezpečný, spolehlivý, konkurenceschopný, použitelný, vyrobitelný a prodejný. Tyto vlastnosti je možno vymežit následujícím způsobem:

- Funkčnost: výrobek musí být způsobilý plnit stanovené potřeby a očekávání zákazníka
- Bezpečnost: výrobek musí být při plnění požadovaných funkcí ve stavu, ve kterém je riziko ohrožení zdraví, života osob, životního prostředí nebo poškození majetku omezeno na přijatelnou úroveň. Riziko vzniku nebezpečných situací je třeba snížit vhodnou konstrukční úpravou, ochranným krytem, výstražným zařízením nebo bezpečnostními předpisy.
- Spolehlivost: (spolehlivost v užším smyslu) je souhrnný termín pro popis pohotovosti a činitelů, které ji ovlivňují: bezporuchovost, udržovatelnost a zajištění údržby.
- Pohotovost: výrobek je schopen plnit požadovanou funkci v daných podmínkách, v daném časovém okamžiku nebo intervalu, za předpokladu, že jsou zajištěny požadované vnější podmínky

- Bezporuchovost: výrobek je schopen plnit nepřetržitě požadovanou funkci v daných podmínkách a v daném časovém období. Jedním z ukazatelů bezporuchovosti je pravděpodobnost bezporuchového provozu.
- Životnost: výrobek je schopen plnit požadovanou funkci v daných podmínkách používání a údržby do mezního stavu, který lze charakterizovat ukončením užitečného života, nevhodností z důvodů ekonomických, technických nebo jinými závažnými faktory.
- Konkurenceschopnost: výrobek je schopen se úspěšně uplatnit v tržním prostředí
- Použitelnost: výrobek je snadno ovladatelný, přizpůsobený stavbě lidského těla, jeho silovým schopnostem, výkonnosti a velikosti.
- Vyrobitelnost: výrobek má minimální počet částí, je schopný hromadné výroby v předepsaných tolerancích.
- Prodejnost: výrobek může být nakupován a je zajištěn servis pro provádění záručních i pozáručních oprav.

Metodologie řešení je omezena znalostmi a možnostmi konstruktéra: výsledek návrhu, který má být v souhrnu funkční, bezpečný, spolehlivý, konkurenceschopný, upotřebitelný, vyrobitelný a prodeje schopný, musí též být v souladu se zákony, normami a předpisy.

Je důležité, aby konstruktér začínal svou práci přesným vymezením způsobu, jak rozpoznat přijatelné alternativy, jak rozlišit mezi dvěma přijatelnými alternativami a z nich vybrat tu lepší. Na tomto základě pak může vytvářet nebo volit strategie optimalizace. Následující úkoly jsou:

- Navrhnout alternativní řešení.
- Stanovit významné měřitelné funkční charakteristiky.
- Na základě analýzy a zkoušek simulovat a předpovědět chování každé alternativy, uchovat přijatelné alternativy a nevyhovující alternativy vyloučit.
- Zvolit nejpřijatelnější zjištěnou alternativu jako aproximaci optimální alternativy.
- Realizovat návrh.

Zadání, stanovující navrhnout určitý výrobek, představuje pro řešitele (případně pro tým řešitelů) jistý problém (návrhový problém). Ten může být řešitelný, a to v jedné nebo více alternativách. Hovoříme potom o n-rozměrném návrhovém prostoru (podle počtu alternativ řešení). Je-li problém neřešitelný, jedná se o prázdný návrhový prostor.

Potom je nutno přehodnotit některá omezení a dohodnout nová. Není-li však konstruktér dostatečně tvořivý, dostatečně vynalézavý, nemusí se mu ani potom podařit nalézt řešení. K této činnosti je tedy nezbytné nadání a zkušenosti.

Obvykle existuje více než jedno řešení: nenechat se zavalit jejich množstvím, charakterizovat je a vybrat to nejlepší není snadné. Pokud existují mnohá řešení, pak některá z nich mohou být hodnocena jako vyhovující, některá jako lepší než ostatní, jiná jako bezpochyby dobrá, a pouze jedno, které nejlépe splňuje zadané požadavky. Řešení mohou být časově závislá; potom jsou sice přijatelná dnes, nikoliv však zítra nebo naopak.

Navrhování je inovační a vysoce iterační proces. Je to ale též rozhodovací proces. Často musí být rozhodováno na základě velmi malého množství informací, občas s náležitým množstvím informací nebo s přemírou částečně si odporujících informací. Člověk mající hodinky ví, kolik je hodin; má-li dvoje hodinky, není si již nikdy jistý. Rozhodnutí má někdy pouze prozatímní charakter, je ponecháno právo na pozdější úpravu, kdy bude k dispozici více znalostí. Rozhodovat a řešit problémy by měla být pro konstruktéra uspokojující a vítaná činnost. Jestliže tomu tak není, může docházet k přetížení jeho organismu (např. stres), kdy může být dokonce ohroženo jeho zdraví.

Navrhování je intenzivní komunikační činnost, při níž se využívají jak slova, tak obrazy, a je používána jak psaná, tak ústní forma. Konstruktéři musí být schopni efektivně komunikovat a spolupracovat s lidmi z různých vědních oborů, kteří jsou více či méně informováni o jejich práci. Na zvládnutí těchto schopností též závisí konstruktérův úspěch.

Konstruktéřovy osobní tvůrčí schopnosti, jeho schopnost komunikovat a schopnost řešení problémů jsou spjaty s jeho technologickými znalostmi a znalostmi základních vědeckých zákonitostí. Kombinované použití inženýrských nástrojů (jako matematika, statistika, počítač, grafika a jazyk) vede k vytvoření konstrukčního návrhu a následně k realizaci výrobku, který je funkční, bezpečný, spolehlivý, konkurenceschopný, použitelný, vyrobitelný a prodejný bez ohledu na to, kdo jej vyrobil nebo užívá. [1]

2 PLASTY A JEJICH ZPRACOVATELSKÉ VLASTNOSTI

V současné době existuje na trhu plastů několik tisíc různých druhů plastů. V technické praxi však výrazné uplatnění má jen několik desítek druhů plastů. Z celkového objemu světové produkce plastů představuje skoro 80 % jen šest druhů plastů a 70 % výroby jen tři druhy, a to polyolefiny, styrenové hmoty a polyvinylchlorid. Sortiment termoplastů se neustále zvětšuje, a to v podstatě dvěma směry, kdy jednou cestou je výroba stále nových polymerů a druhou cestou je modifikace dosavadních polymerů. Toto zvyšování počtu materiálů má své výhody pro konstrukci a výrobu dílů z plastů, aniž by došlo k výrazné změně ceny, na druhé straně to klade zvýšené nároky na znalosti konstruktérů.

Při volbě materiálu je třeba vedle vlastností a ceny hmoty vzít v úvahu i jeho zpracovatelnost, která výrazně ovlivňuje mechanické a fyzikální vlastnosti konečného výrobku, ale i technologické podmínky, konstrukční řešení nástroje a volbu stroje. Vlastnosti a odolnost polymerů jsou v podstatě dány jejich chemickou a fyzikální strukturou, ale mohou být do značné míry ovlivněny i zpracovatelským procesem.

Výhody a nevýhody plastů lze shrnout do následujících bodů. Mezi výhody patří nízká měrná hmotnost, výborné zpracovatelské vlastnosti, plasty jsou elektrické izolanty, mají výbornou korozní odolnost, tlumí rázy a chvění, atd. Nevýhodou jsou nízké mechanické a časově závislé vlastnosti, kríp, ekologická zatížitelnost, apod. [2]

2.1 Příprava plastů

Synteticky připravované makromolekulární látky vznikají *polyreakce* (*polymerace, polykondenzace a polyadice*). Jedná se v podstatě o velmi jednoduché chemické reakce, které se mnohokrát opakují, takže původní nízkomolekulární sloučenina *monomér* přechází ve vysokomolekulární látku zvanou *polymer*. Platem se polymer stává poté, co ho smícháme a smísíme s nezbytnými přísadami a převedeme do formy vhodné k dalšímu technologickému zpracování, např. do formy granulí, prášků, tablet, apod. - obecný termín polymer představuje chemickou látku, zatímco plast je technický materiál, který musí mít vhodné užitné vlastnosti. [2]

2.2 Rozdělení plastů

Plasty je možno klasifikovat podle různých hledisek:

2.2.1 Podle aplikace a konstrukční složitosti vyráběných dílů

Nejrozšířenější a ekonomicky nepřijatelnější jsou plasty pro *široké použití*, mezi které patří polyolefiny (PE, PP), polystyrénové hmoty (PS), polyvinylchlorid (PVC), fenolformaldehydové (PF) a močovinoformaldehydové hmoty (UF).

Dále plasty pro *inženýrské aplikace*, kam lze zařadit polyamidy (PA), polykarbonáty (PC), polyoximetylen (POM), polymetylmakrylát (PMMA), terpolymer ABS, polyfenilénoxid (PPO), polyuretan (PU), epoxidové (EP) a polyesterové (UP) pryskyřice.

A nakonec plasty pro *špičkové aplikace*, do kterých lze zařadit polysulfon (PSU), polyfenylénsulfid (PPS), tetrafluoretylen (PTFE), polyimidy (PI) a další. [2]

2.2.2 Na základě teplotního chování při působení teploty

Termoplasty - jedná se o 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. K termoplastům patří většina zpracovávaných hmot, jako je polyethylen (PE), polypropylen (PP), polystyren (PS), polyvinylchlorid (PVC), polyamid (PA), atd.

Reaktoplasty - jedná se o polymerní materiály, dříve nazývané termosety, které rovněž v první fázi zahřívání měknou a lze je tvářet, avšak jen omezenou dobu. Během dalšího zahřívání dochází k chemické reakci – prostorovému zesíťování struktury, k tzv. *vytvrzování*. Výrobek je možno považovat za jednu velkou makromolekulu. Ochlazování reaktoplastů probíhá mimo nástroj, neboť zajištění rychlého ohřevu formy pro vytvrzení a následné rychlé ochlazení materiálu by bylo obtížné. Tento děj je nevratný a vytvrzené plasty nelze roztavit ani rozpustit, dalším zahříváním dojde k rozkladu hmoty (degradaci). Patří sem fenolformaldehydové hmoty, epoxidové pryskyřice, polyesterové hmoty, apod.

Kaučuky, pryže a elastomery - jedná se o polymerní materiály, které rovněž v první fázi zahřívání měknou a lze je tvářet, avšak jen omezenou dobu. Během dalšího zahřívání do-

cháží k chemické reakci – prostorovému zesíťování struktury, probíhá tzv. vulkanizace. U elastomerů na bázi termoplastů nedochází ke změnám chemické struktury, proces měknutí a následného tuhnutí lze opakovat teoreticky bez omezení, probíhá zde pouze fyzikální děj. [2]

2.2.3 Podle nadmolekulární struktury (podle stupně uspořádanosti)

Amorfní plasty, kde makromolekuly zaujímají zcela nahodilou pozici. Patří sem např. PS, PMMA, PC, apod. Jsou charakteristické tvrdostí, křehkostí, vysokou pevností, modulem pružnosti a jsou vzhledem k nízkému indexu lomu (1,4 až 1,6) 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 zesklenní T_g .

Krystalické (semikrystalické) plasty, 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 . [2]

2.2.4 Podle druhu přísad

Neplněné plasty - neplněný plast je takový plast, u kterého množství přísad neovlivňuje vlastnosti polymerní matrice.

Plněné plasty – plnivo ovlivňuje fyzikální a mechanické vlastnosti plastu. Makromolekulární látka plní funkci pojiva a určuje základní fyzikální a mechanické vlastnosti hmoty. Přísadou mohou být plniva, stabilizátory, maziva, barviva, změkčovadla, iniciátory, nadouvadla, tvrdidla, retardéry hoření, apod.

Plniva zlepšují buď mechanické vlastnosti materiálu, nebo chemickou odolnost či tvarovou stálost při zvýšené teplotě, jiné prostě jen hmotu zlevňují. Rozeznáváme *vyztužující* (skleněná, uhlíková, kovová či méně účinná bavlněná krátká nebo dlouhá vlákna, popř. textilní ústřížky do obsahu maximálně 50 %, neboť pro správnou funkci vyztužujícího plniva je důležité, aby bylo dokonale obaleno pojivem) a *nevyztužující plniva* ve formě práš-

ku, které se přidávají se většinou z důvodu snížení ceny materiálu (moučka z břidlice, kaolinu, křídly a dalších levných materiálů).

Jiná plniva (např. grafit) zlepšují kluzné vlastnosti, práškové kovy zlepšují tepelnou vodivost. Přídavkem sazí (zejména u polyolefinů) se zvyšuje odolnost proti UV záření, atd. Obsah nevyztužujících plniv bývá až 70 %. Zvláštním typem plniva jsou skleněné nebo kovové kuličky, které zvyšují rozměrovou stabilitu a odolnost proti rázům, resp. vodivost. *Stabilizátory* (tepelné, světelné) jsou určeny k zpomalení degračních procesů a zvýšení životnosti součásti. *Maziva* (obsah do 1 %) usnadňují zpracování polymerů např. tím, že snižují viskozitu polymeru nebo zabraňují lepení výrobku na stěnu formy. Mohou to být např. vosky, stearáty *Zn* či *Ca*, popřípadě méně používané oleje a tuky. *Barviva* (obsah do 10 %) dávají plastům požadovaný barevný odstín. Většinou se používají barevné pigmenty založené na anorganických sloučeninách kovu (oxidy železa popř. chrómu). Organická barviva (líhové roztoky) rozpustná v polymeru se použijí tehdy, má-li hmota po vybarvení zůstat průhledná. *Změkčovadla* zlepšují houževnatost, zpracovatelnost a ohebnost materiálu, ovšem na úkor mechanických vlastností. *Tvrdidla* způsobují vznik příčných vazeb mezi makromolekulami a tím vytvrzení. *Iniciátory a urychlovače polyreakcí* ovlivňují účinek tvrdidla. *Retardéry hoření* působí samozhášivě, zpomalují proces hoření plastů nebo vůbec nedovolí zapálení plastu. *Nadouvadla* jsou přidávána v malém množství (0,5 ÷ 2 %) k základnímu materiálu a po zahřátí na zpracovatelskou teplotu se rozkládají v plynné látky, vytvářející lehčené plasty. [2]

2.2.5 Podle polarity

Polární plasty – mají trvalý dipól a mezi polární plasty patří PA, některé pryskyřice, apod.

Nepolární plasty – nemají trvalý dipól a patří sem PE, PP, PS, apod. [2]

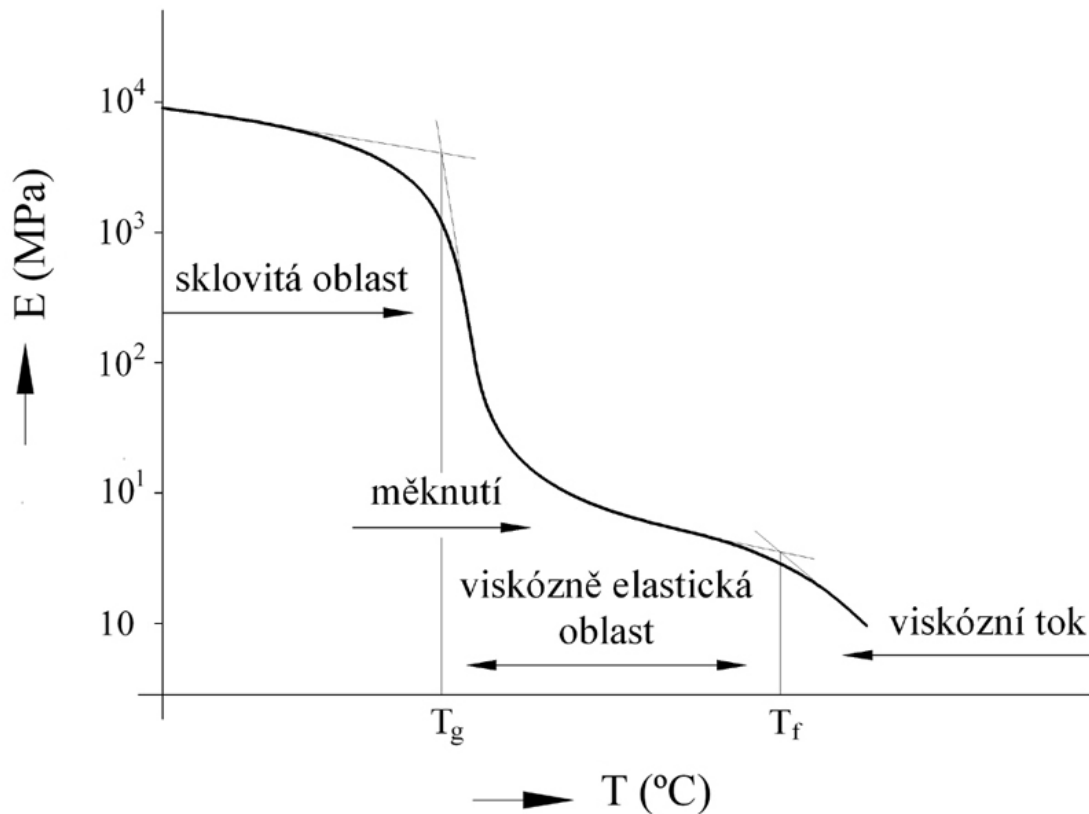
2.2.6 Podle původu

Přírodní – jsou založeny na přírodních makromolekulárních látkách, např. na bázi celulózy, latexu, kaseinu, atd.

Syntetické – k výrobě je použita chemická cesta. [2]

3 MECHANICKÉ VLASTNOSTI PLASTŮ

Kovy jako nízkomolekulární látky mohou existovat ve stavu tuhém, kapalném a plynném. Polymery vzhledem k rozměrnosti makromolekul ale nemohou být ve stavu plynném. Vyskytují se ve stavu tuhém (sklovitém), kaučukovitém (viskózně – elastickém) a kapalném (viskózním). [3]



Obrázek 1 - Závislost modulu pružnosti polymeru na teplotě

3.1 Sklovitý stav

Sklovitý stav se nachází pod teplotou skelného přechodu T_g a je pro něj charakteristický vysoký modul pružnosti a velmi malá deformace, prakticky nezávislá na čase. Makromolekuly jsou jako celky tuhé, polymer je v tomto stavu tvrdý a křehký. Platí zde Hookův zákon lineární úměrnosti napětí a deformace.

Teplota skelného přechodu T_g je tedy nejdůležitější fyzikální charakteristika rozhodující o teplotním rozsahu konstrukčního použití plastu. [3]

3.2 Kaučukovitý stav

Nachází se nad teplotou T_g a je pro něj charakteristické snadné rozvinutí řetězce při působení zatížení, ale až po určité době. Po uvolnění napětí se řetězce opět pozvolna vrací do původního stavu, který je pro ně nejstabilnější (viskoelastická deformace).

Amorfní termoplasty a elastomery jsou v tomto stádiu měkké a pružně tvárné, semikrystalické termoplasty jsou pevné a houževnaté. Kaučukovitý stav se projevuje jen v amorfních oblastech polymeru. Reaktoplasty v této oblasti měknou jen málo. [3]

3.3 Viskózní stav

U lineárních polymerů amorfních leží nad teplotou měknutí T_f , u lineárních polymerů semikrystalických nad teplotou tání krystalu T_m . Polymer se nachází ve stavu taveniny. [3]

4 POLYMERY PRO VÝROBU SYNTETICKÝCH VLÁKEN

Výrobky ze syntetických materiálů jsou většinou levnější a některé jejich fyzikální vlastnosti se nechají modifikací přizpůsobit požadavkům na finální výrobek. [4]

4.1 Polyamidová vlákna

Vlákna mají značnou pevnost v tahu a dobrou ohebnost. Pokud jde o odolnost proti oděru, překonávají polyamidová vlákna běžných typů daleko všechna vlákna přírodní, umělá i ostatní syntetická. Jejich navlhavost je nízká, jen několik procent.

Polyamidová vlákna se snadno barví, jsou málo odolná povětrnostním vlivům, hlavně slunečnímu záření. Také při delším působením teplot nad 100°C na vzduchu nastává rychle degradace. Mrazu odolávají tyto vlákna velmi dobře. Jsou rozpustná jen v polárních rozpouštědlech např. kyselině sírové, dusičné nebo solné.

Polyamidy jsou lineární polymery s modulem pružnosti $E = 900 - 3200$ MPa. Pro výrobu vláken se z polyamidu prosadily hlavně PA 6 a PA 66. Mají vhodnou surovinovou bázi a jejich teploty tání jsou přiměřené pro výrobu, zpracování i použití vláken.

Polyamid 6 (PA 6) – vlákna, rybářské vlasce, struny, štetiny, vlákna na síta, textilní vlákna.

- obchodní název SILON
- mez pevnosti v tahu $\sigma_m = 30 - 85$ MPa
- modul pružnosti v tahu $E = 900 - 3200$ MPa

Polyamid 66 (PA66) - koberce a podlahové krytiny, punčochové zboží. [4]

4.2 Polyesterová vlákna

Polyesterová vlákna mají teplotu tavení mezi 65 až 100°C a nehodí se k výrobě textilních vláken, třebaže se dají dobře orientovat dloužením a mají pak dosti dobré mechanické vlastnosti. Teprve pravidelným vestavěním aromatických jader v poloze para stoupne teplota tavení nad 200°C a získají se dobrá vlákna k textilnímu použití. Ve velkém se vyrábí pouze polyethyltereftalát.

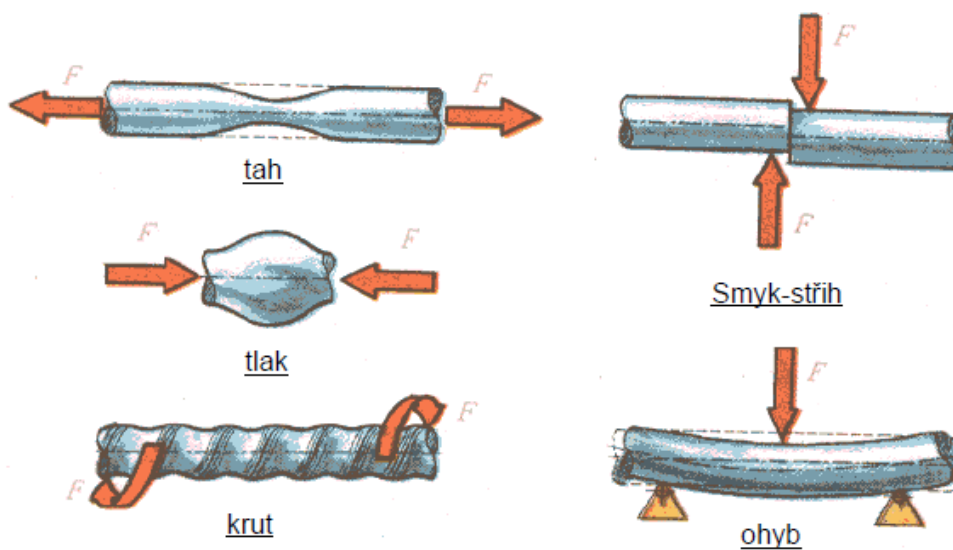
Struktura polyethyltereftalátu umožňuje libovolně měnit vzájemný podíl krystalické a amorfni fáze i stupně orientace prostým měnění podmínek při zvlákňování a hlavně při dloužení. Lze měnit průtažnost od 8 do 80% a pevnost v tahu. Zároveň se mění ostatní vlastnosti, jako modul pružnosti, ohebnost a měkkost.

Tato měnitelnost polyethyltereftalátových vláken umožňuje přizpůsobit vlastnosti požadovaným účelům mnohem více než u většiny ostatních vláken umělých i syntetických. [4]

5 MECHANICKÉ VLASTNOSTI

Při zpracování i při použití jsou materiály vystaveny různému namáhání, jako je **tah, tlak, krut, stříh a ohyb**. Tato namáhání obvykle nepůsobí samostatně (jednotlivě) ale naopak působí většinou současně jako kombinace dvou i více namáhání prostých (např. tah a ohyb, nebo tah, ohyb a krut).

Aby jim materiál mohl odolávat, musí mít určité vlastnosti, jako **pevnost, tvrdost, pružnost, tvárnost** aj. [5]



Obrázek 2 - Základní druhy namáhání materiálů

Na mechanické vlastnosti materiálů má značný vliv také teplota. Při určitých teplotách se mění krystalická struktura materiálů a tím se mění i jejich mechanické vlastnosti. [5]

5.1 Druhy zkoušek mechanických vlastností materiálů

Z hlediska působení síly na zkušební těleso rozdělujeme mechanické zkoušky na:

Statické zkoušky, při nichž zatížení zvětšujeme poměrně zvolna. Působí obvykle minuty, při dlouhodobých zkouškách dny až roky.

Dynamické zkoušky rázové a cyklické, při kterých působí síla nárazově po zlomek sekundy. Při cyklických zkouškách (zkoušky na únavu materiálu) se proměnné zatížení opakuje i mnoha cykly za sekundu až mnoha milionů jejich celkového počtu.

Zvláštní technické zkoušky, jejichž údaje je možné považovat za směrné, neboť výsledky zkoušek zde závisí na mnoha vedlejších činitelích. Z těchto zkoušek jsou nejdůležitější zkoušky tvrdosti.

Podle teplot, při kterých zkoušky provádíme, je dělíme na **zkoušky za normálních, vysokých a nízkých teplot**.

Mechanické zkoušky se většinou neprovádějí na součásti, ale na zvláštních vzorcích zhotovených buď přímo ze součásti, nebo z téhož materiálu. [5]

6 DYNAMICKÉ ZKOUŠKY PLASTŮ

6.1 Plasty – Stanovení rázové houževnatosti metodou Charpy (ISO 179:1993)

Zkušební těleso umístěné vodorovně na podpěrách je přeraženo úderem rázového kyvadla, přičemž směr nárazu je veden středem vzdálenosti mezi podpěrami.

V případě rázu na užší stranu, tj. v případě, kdy se používají zkušební tělesa opatřená vrubem, dopadá kladivo na stranu protilehlou k vrubu (viz obrázek 3 vlevo a obrázek 4). [6]

6.1.1 Zkušební zařízení

Zkušební stroj je kyvadlové kladivo s tuhou konstrukcí. Musí být schopno měřit rázovou energii W spotřebovanou k přeražení zkušebního tělesa. Hodnota této energie je definována jako rozdíl mezi počáteční energií rázového kyvadla E a energií kyvadla zbývající po přeražení zkušebního tělesa. Musí být provedena přesná korekce hodnoty energie na ztráty způsobené třením a odporem vzduchu. [6]

Energie E (nominální) J	Rychlost rázu V_0 $m \cdot s^{-1}$	Maximální povolené ztráty třením bez zkušebního tělesa J	Povolená chyba pro korekci se zkušebním tělesem ¹⁾ J
0,5 1,0 2,0 4,0 5,0	2,9 (±10 %)	0,02	0,01 0,01 0,01 0,02 0,02
7,5 15,0 25,0 50,0	3,8 (±10 %)	0,04 0,05 0,10 0,20	0,05 0,05 0,10 0,10

¹⁾ Povolená chyba nesmí být v rozsahu 10 % až 80 % kapacity kyvadla překročena.

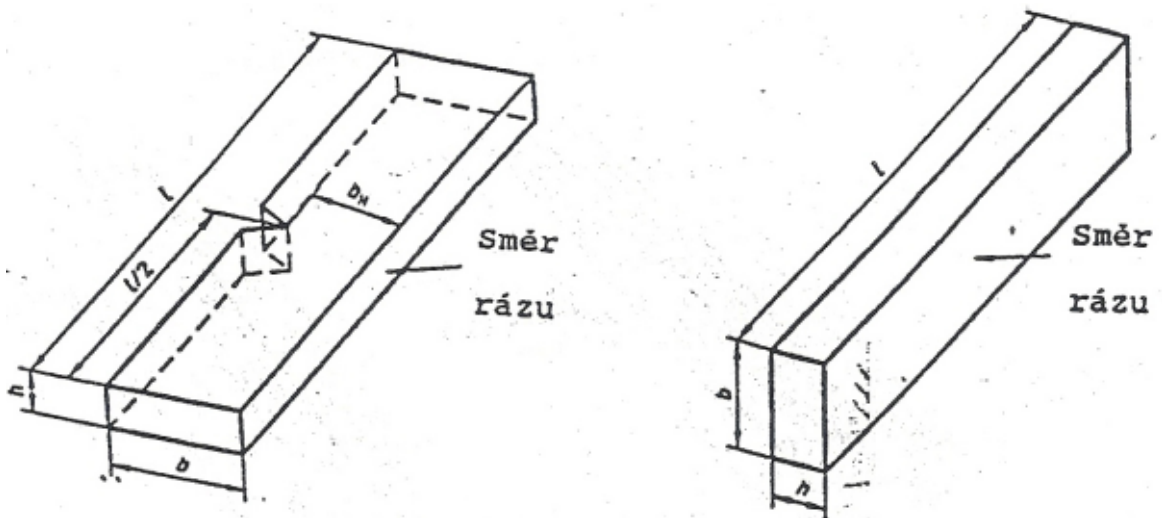
Tabulka 1 - Charakteristika rázových zkušebních strojů používajících kyvadlo

6.1.2 Zkušební tělesa

Rozměry a tvary zkušební těles jsou definovány příslušnou normou ISO 179.

Metoda je vhodná pro následující druhy materiálu:

- tuhé termoplasty pro tváření, včetně plněných a vyztužených materiálů, desky z tuhých termoplastů;
- tuhé rekatoplasty pro tváření, včetně plněných a vyztužených materiálů, desky z tuhých rekatoplastů, včetně laminátů;
- kompozity plněné vlákny na bázi rekatoplastů a termoplastů vyztužené v jednom nebo více směrech výztužemi jako jsou rohože, tkaniny, atd.; [6]



Obrázek 3 - Ráz na širší stranu se zkušebním tělesem opatřeným vrubem (nalevo)
a ráz na širší stranu (napravo)

6.1.3 Postup zkoušky

Zkouška se provádí ve stejném standardním prostředí jako kondicionace, není-li mezi zúčastněnými stranami dohodnuto jinak, např. v případě zkoušení při zvýšených nebo snížených teplotách.

Změří se tloušťka h a šířka b ve středu každého zkušebního tělesa s přesností na 0,02 mm. U zkušebních těles opatřených vruby se pečlivě změří šířka pod vrubem b_N s přesností na 0,02 mm.

Je třeba zkontrolovat, zda kyvadlové kladivo má předepsanou rychlost rázu (viz tabulka 1) a zda je správně zvoleno tak, že absorbovaná energie W leží v intervalu 10 % až 80 % celkové energie kyvadla E . Vyhovuje-li tomuto požadavku více kyvadel, použije se kyvadlo s nejvyšší nominální energií.

Provede se slepý pokus (tj. bez zkušebního tělesa) a zaznamená se celková ztráta energie třením. Ztráta energie nesmí přesahovat příslušnou hodnotu uvedenou v tabulce 1.

Jsou-li ztráty třením stejné nebo nižší než hodnoty uvedené v tabulce 1, je možno je použít pro výpočet korekce spotřebované energie. Pokud ztráty třením překračují hodnoty uvedené v tabulce 1, je nutno vyhodnotit příčinu nadměrných ztrát třením a provést nezbytná nápravná opatření na zkušebním zařízení.

Kyvadlo se zvedne a zajistí. Zkušební těleso se umístí na podpěry stroje tak, aby břit kyvadla dopadal do středu zkušebního tělesa. Zkušební tělesa opatřená vrubem se musí pečlivě ustavovat tak, aby střed vrubu byl umístěn přesně v rovině rázu (viz obrázek 3 vlevo).

Kyvadlo se uvolní. Zaznamená se rázová energie absorbovaná zkušebním tělesem a zahrnou se nezbytné korekce na ztráty třením, atd. (viz tabulka 1).

U materiálů pro tváření se mohou objevit čtyři typy přeražení, která jsou popsána následujícími písmennými kódy:

C - úplné přeražení; typ přeražení, kdy je zkušební těleso rozděleno na dva nebo více kusů

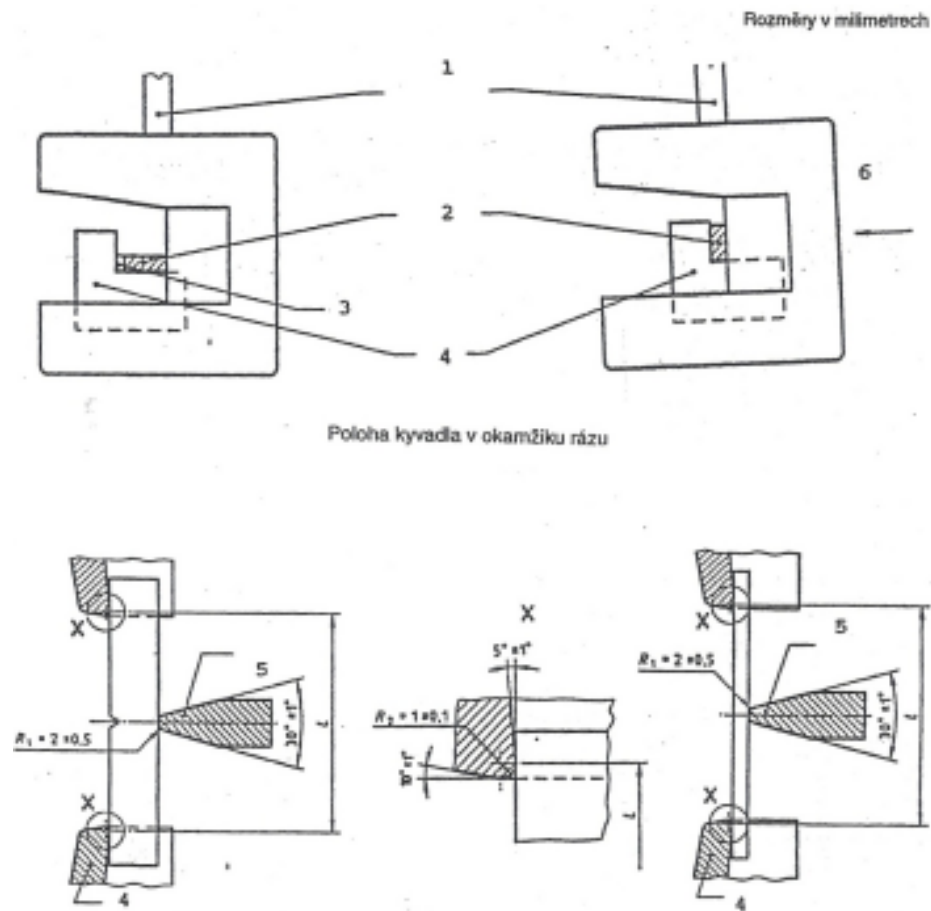
H - kloubové přeražení; neúplné přeražení, kdy obě části zkušebního tělesa drží pohromadě pouze tenkou obvodovou vrstvou v podobě kloubu bez zbytkové tuhosti

P - částečné přeražení; neúplné přeražení, které neodpovídá definici kloubového přeražení

NB - nepřeraženo; případ, kdy nedojde k přeražení a zkušební těleso je pouze ohnuto a protlačeno mezi podpěrami, což je někdy doprovázeno zbělením zkušebního tělesa.

Hodnoty naměřené pro úplné a kloubové přeražení lze použít pro výpočet průměrné hodnoty bez uvedení poznámky. Je-li v případě částečného přeražení požadována hodnota, musí být rovněž uvedeno písmeno P. V případě, kdy je zkušební těleso nepřeraženo, se žádná hodnota neuvádí.

Vykazují-li zkušební tělesa v rámci jednoho vzorku materiálu přeražení typu P a C (nebo H), zaznamená se průměrná hodnota pro každý typ přeražení. [6]



Obrázek 4 - Břit kyvadla a bloky podpěr pro zkušební tělesa

6.2 Stanovení rázové houževnatosti Charpy- Část 2: Instrumentovaná rázová zkouška

Tato část ISO 179 specifikuje metodu pro stanovení rázových vlastností Charpy plastů ze záznamů závislosti síla-průhyb. Definuje různé typy zkušebních těles tvaru hranolu, různá uspořádání a parametry zkoušky podle typu plastu, zkušebního tělesa a vrubu, které jsou definovány v ISO 179-1.

Jsou popsány dynamické jevy, jako např. rezonance snímače síly a břítu, rezonance zkušebního tělesa a maxima na záznamu (píky), vznikající setrvačnými účinky při počátečním kontaktu (břítu se zkušebním tělesem) (viz obrázek 5, křivka b).

Metoda popsaná v ISO 179-1 je vhodná pouze k charakterizaci rázového chování stanovením rázové houževnatosti při použití zkušebních zařízení, jejichž potenciální energie je přibližně rovna energii potřebné k přeražení zkušebního tělesa. Tato část ISO 179 se používá tehdy, je-li potřeba stanovit závislost síla-průhyb nebo síla-čas pro podrobnou charak-

terizaci rázového chování a pro využití automatizovaných zkušebních zařízení, u nichž není třeba využívat srovnatelné energie.

Pro účely této části ISO 179 platí definice uvedené v ISO 179-1 a následující:

rychlost nárazu, v_0 : rychlost břitu kyvadla [$\text{m}\cdot\text{s}^{-1}$] vzhledem k podpěrám zkušebního tělesa v okamžiku nárazu

setrvačný pík: první pík na křivce síla-čas nebo síla-průhyb; vzniká setrvačnými účinky té části zkušebního tělesa, která je urychlena po prvním kontaktu zkušebního tělesa s břitem (viz obrázek 5, křivka b)

rázová síla, F : síla [N], vyvinutá břitem na zkušební těleso ve směru rázu

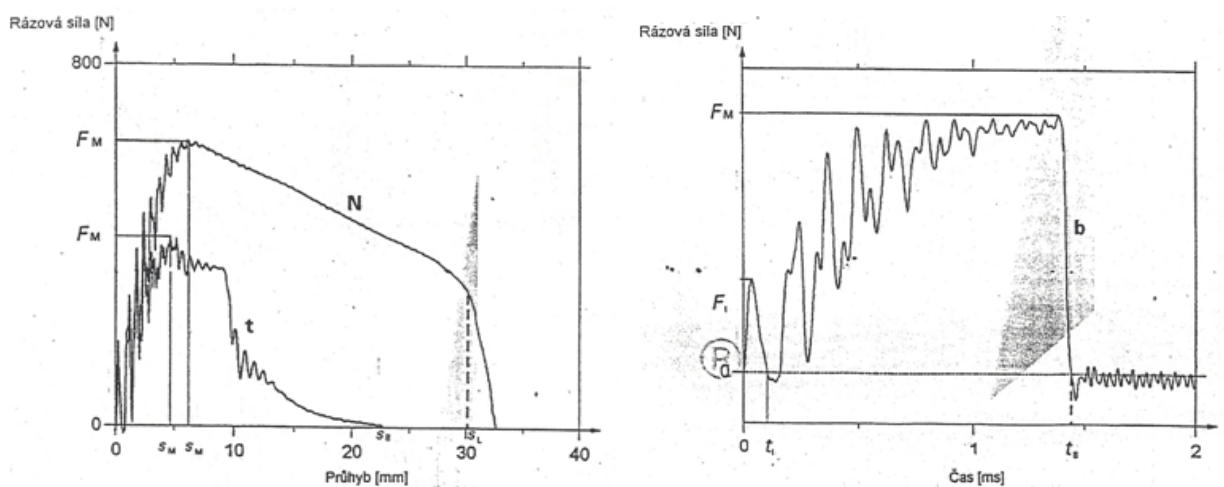
průhyb, s : přemístění břitu kyvadla [mm], vzhledem k podpěrám zkušebního tělesa během rázu od okamžiku prvního kontaktu břitu se zkušebním tělesem

rázová energie, W : energie [J], spotřebovaná ke zrychlení, deformaci a k případnému přeražení zkušebního tělesa během průhybu s

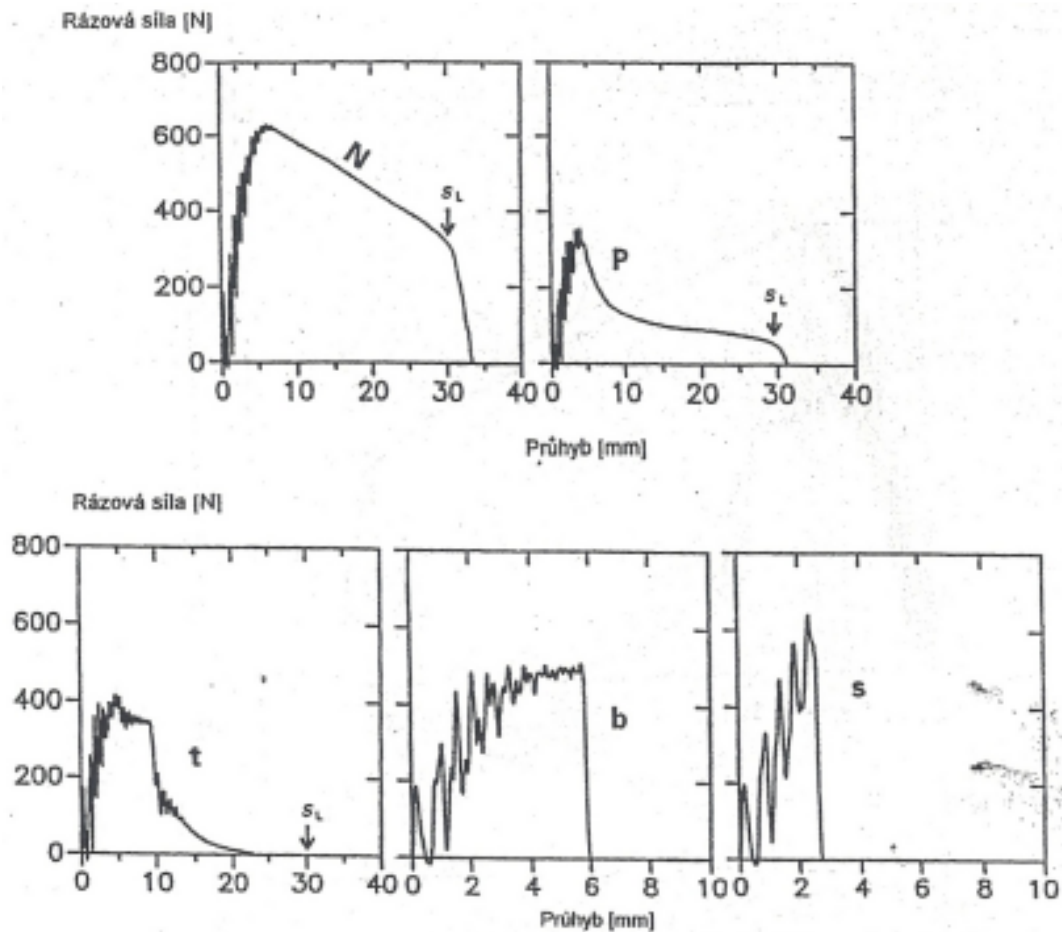
Měří se integrací plochy pod křivkou síla-průhyb od okamžiku nárazu do průhybu s .

maximální rázová síla, F_M : maximální hodnota rázové síly [N] na křivce síla-čas nebo síla-průhyb

průhyb při maximální rázové síle, s_M : průhyb [mm], odpovídající maximální rázové síle F_M [7]



Obrázek 5 - Typické křivky síla-průhyb (N a t) a síla-čas (b)



Obrázek 6 - Typické křivky síla-průhyb znázorňující různé typy přeražení pro zkušební těleso typu 1 v poloze „edgewise” (ráz na užší stranu)

N = nepřeraženo: za mezí kluzu následuje plastická deformace do mezního průhybu s_L ;

P = částečné přeražení: za mezí kluzu následuje stabilní šíření trhliny, jehož výsledkem je, že síla při mezním průhybu s_L je větší než 5 % maximální síly;

t = tvárné přeražení: za mezí kluzu následuje stabilní šíření trhliny, jehož výsledkem je, že síla při mezním průhybu s_L je menší nebo rovna 5 % maximální síly;

b = křehké přeražení: za mezí kluzu následuje nestabilní šíření trhliny;

s = tříštivé přeražení: nestabilní šíření trhliny před mezí kluzu;

s_L = mezní průhyb, začátek protažení mezi podpěrami. [7]

Výsledkem zkoušky je křivka síla-čas, ev. průhyb-čas, zaznamenaná během zkoušky. Ostatní výsledky se vypočtou z těchto dat. Pro výpočet hodnot rázové energie je požadována závislost síla průhyb. [7]

Když jsou známy hodnoty síly a průhybu tak, že se stanoví plocha pod křivkou síla-průhyb, tj. integraci podle rovnice :

$$W_j = \int_0^{s_j} F(s) ds \text{ kde:}$$

j – značí jeden z bodů na této křivce síla-průhyb: přeražení (B) a maximum (M)

s - je průhyb [m]

F - síla [N]

Zkušební tělesa bez vrubu:

Rázová houževnatost Charpy zkušebních těles bez vrubu a_{cU} [$\text{kJ}\cdot\text{m}^{-2}$], se vypočte podle následující rovnice:

$$a_{cU} \frac{W}{hb} \times 10^3 \text{ kde:}$$

h -je tloušťka zkušebního tělesa [mm];

b - šířka zkušebního tělesa [mm];

W - energie při přeražení [J].

Zkušební tělesa s vrubem

Vrubová houževnatost Charpy a_{cN} [$\text{kJ}\cdot\text{m}^{-2}$], se vypočte pomocí následující rovnice:

$$a_{cN} \frac{W}{hb_N} \times 10^3 \text{ kde:}$$

W_B -je energie při přeražení [J];

h -tloušťka zkušebního tělesa [mm];

b_N -šířka zkušebního tělesa pod vrubem [mm];

N -typ vrubu A, B nebo C (viz ISO179-1). [7]

6.3 Plasty – Stanovení rázové houževnatosti v tahu (ČSN EN ISO 8256)

Tato norma specifikuje dvě metody pro stanovení energie potřebné k přeražení zkušebních těles z plastů při specifikované rázové rychlosti v tahu. Tyto zkoušky mohou být popsány jako tahové zkoušky při poměrně vysoké rychlosti deformace. Tyto metody mohou být použity pro materiály, které jsou příliš pružné nebo příliš tenká pro zkoušení rázové hou-

ževnatosti podle ISO 179 a ISO 180, a pro velmi tuhé materiály. Podle typu zkušební tělesa jsou specifikovány různé rozměrové parametry.

Tyto metody se používají pro studium chování specifikovaných zkušebních těles při specifikované rázové rychlosti a pro posouzení křehkosti nebo tuhosti zkušebních těles v mezích daných podmínkami zkoušky. Je užitečné popsat chování plastů při poměrně vysoké rychlosti deformace, například pro odhad chování materiálů vystavených působení stárnutí vlivem prostředí nebo teploty, a pro odhad jejich vlastností v odpovídajících provozních podmínkách.

Pro tyto metody se používají zkušební tělesa připravená z materiálů pro tváření nebo zkušební tělesa odebraná z hotových výrobků nebo polotovarů (například výlisků, fólií, laminátů nebo vytlačovaných nebo litých desek). Metody jsou vhodné pro kontrolu výroby i pro kontrolu kvality. Výsledky získané na zkušebních tělesech vyrobených z materiálů pro tváření nemohou být aplikovány přímo na výlisky libovolných tvarů, protože hodnoty mohou záviset na konstrukci výlisku a podmínkách tváření.

Výsledky získané zkoušením tvářených zkušebních těles různých rozměrů nemusí být nezbytně stejné. Stejně tak zkušební tělesa odebraná z tvářených výrobků nemusí poskytnout stejné výsledky jako zkušební tělesa stejných rozměrů zhotovená tvářením přímo z materiálu. Výsledky získané metodou A a metodou B mohou, ale nemusí být srovnatelné.

Tyto metody nejsou vhodné jako zdroj dat pro konstrukční výpočty dílů. Mohou však poskytovat informace o typickém chování materiálů zkoušením různých typů zkušebních těles připravených za různých podmínek a zkoušením při různých teplotách.

Pro účely této normy se používají následující definice:

rázová houževnatost v tahu zkušebních těles bez vrubu (rázová houževnatost v tahu):

energie spotřebovaná k přeražení zkušebních těles bez vrubu za specifických podmínek, vztažená na původní plochu průřezu zkušební tělesa

Vyjádřena je v kilojoulech na čtvereční metr (kJ/m^2).

rázová houževnatost v tahu zkušebních těles s vrubem (vrubová houževnatost v tahu):

energie spotřebovaná k přeražení zkušební tělesa opatřeného vrubem specifických podmínek, vztažená na původní plochu průřezu zkušební tělesa pod vrubem

Vyjádřena je v kilojoulech na čtvereční metr (kJ/m^2). [8]

6.3.1 Podstata zkoušky

Potřebná energie je vyvozena jedním kmitem kyvadla tahově-rázového stroje. Energie potřebná k přeražení je stanovena z kinetické energie kyvadla při přeražení zkušební tělesa. Provádějí se korekce na energii potřebnou k odrazu nebo odrazovou energii křížového příčnicku.

K nárazu na zkušební těleso dochází v nejnižším bodě kmitu kyvadla. Zkušební těleso je rázově namáháno v tahu v horizontálním směru. Jeden konec přeraženého zkušební tělesa je při rázu upevněn buď v rámové konstrukci přístroje nebo v kyvadle a druhý konec v křížovém příčnicku. Křížový příčnick může být buď pevně uchycen na podpěře rámu (metoda A), nebo se pohybuje směrem dolů společně s kyvadlem (metoda B). [8]

6.3.2 Zkušební stroj

Zkušební stroj je kyvadlové kladivo s tuhou konstrukcí. Musí být schopno měřit rázovou energii spotřebovanou k přeražení zkušební tělesa. Hodnota rázové energie je definována jako rozdíl mezi počáteční potenciální energií kyvadla a zbytkovou energií kyvadla po přeražení zkušební tělesa. Proveďte se korekce odečtené energie o ztráty způsobené třením a odporem vzduchu a o chyby stupnice.

Zkušební stroj musí splňovat požadavky uvedené v tabulce 2. Ztráty třením musí být pravidelně kontrolovány.

Zkušební stroj musí být pevně připevněn k základně, při nejmenším 20krát těžší než je použité kyvadlo.

Vzdálenost mezi osou rotace a středem nárazu kyvadla musí být v rozmezí ± 1 % vzdálenosti osy rotace od středu zkušební tělesa.

Stupnice nebo jiný indikátor spotřebované energie musí mít možnost odečítání s přesností ± 1 % plného rozsahu stupnice.

Pro metodu A se musí používat typ stroje schematicky znázorněný na obrázku 8, pro metodu B typ stroje znázorněný na obrázku 9.

Kyvadlo má být konstruováno jako jednoduché nebo vícenásobně členěné rameno držící hlavu, v níž je koncentrována největší hmotnost. Tuhé kyvadlo má především zabezpečovat správné vůle a geometrické poměry mezi uvedenými díly stroje a má minimalizovat ztráty energie, které jsou v naměřených hodnotách rázové energie vždy obsaženy.

Vhodnými prostředky musí být přesně stanoveny a minimalizovány ztráty energie, způsobené odporem vzduchu a třením.

Křížový příčník, do kterého se upíná zkušební těleso pro metodu A, musí být vyroben z materiálu, zabezpečujícího dokonalý a nepružný ráz (např. z hliníku).

Hmotnost křížového příčníku se volí z hodnot uvedených v tabulce 2. [8]

Počáteční potenciální energie J	Rychlost rázu m/s	Maximální dovolené ztráty třením %	Hmotnost křížového příčníku ¹⁾	
			Metoda A g	Metoda B g
2,0	2,6 až 3,2	1	15 ±1 nebo 30 ±1	15 ±1
4,0	2,6 až 3,2	0,5	15 ±1 nebo 30 ±1	15 ±1
7,5	3,4 až 4,1	0,5	30 ±1 nebo 60 ±1	30 ±1
15,0	3,4 až 4,1	0,5	30 ±1 nebo 60 ±1	120 ±1
25,0	3,4 až 4,1	0,5	60 ±1 nebo 120 ±1	120 ±1
50,0	3,4 až 4,1	0,5	60 ±1 nebo 120 ±1	120 ±1

¹⁾ U metody A, vždy se použije lehčí z možných křížových příčníků

Tabulka 2 - Charakteristiky kyvadla tahově-rázového stroje

6.3.3 Zkušební tělesa

Rozměry a vruby:

Je možno použít pět typů zkušebních těles specifikovaných v tabulce 3 a znázorněných na obrázku 7.

Pro metodu A se přednostně používá zkušební těleso typu 1 (s vrubem) a typu 3 (bez vrubu), podle potřeby však může být použito i zkušební těleso typu 2, 4 nebo 5. Pro metodu B jsou doporučena zkušební tělesa typu 2 a 4.

Výsledky zkoušky závisí na typu zkušebního tělesa a jeho tloušťce. Proto v případě opakování výsledků, nebo v případě sporu, typ zkušebních těles a jejich tloušťka musí být dohodnuty.

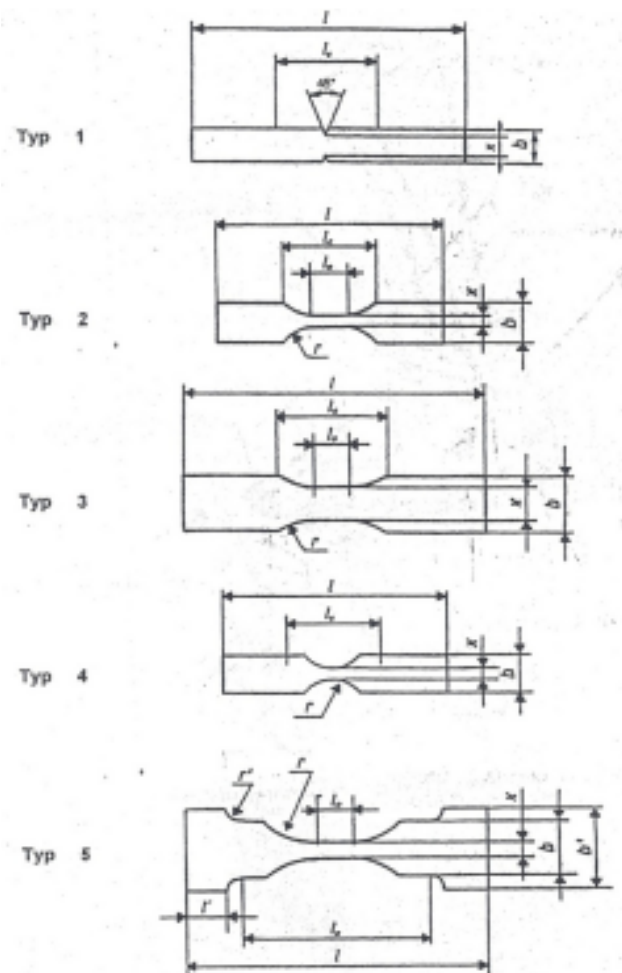
Zkoušena jsou zkušební tělesa s původní tloušťkou do 4 mm, včetně. Upřednostněná tloušťka zkušebních těles je $(4 \pm 0,2)$ mm. V místech měřené plochy musí být tloušťka dodržena v toleranci ± 5 %. Pro zkušební tělesa o tloušťce nad 4 mm je zkušební metoda popsaná v této normě nepoužitelná a musí být použita metoda dle ISO 179 nebo ISO 180. [8]

Rozměry v milimetrech

Typ zkušebního tělesa	Délka, l	Šířka, b	Upřednostněná hodnota rozměru x	Upřednostněná hodnota l_0	Volná vzdálenost mezi čelistmi, l_e	Poloměr zakřivení, r
1 ¹⁾	80 ± 2	$10 \pm 0,2$	$6 \pm 0,2$	-	30 ± 2	-
2	60 ± 1	$10 \pm 0,2$	$3 \pm 0,05$	$10 \pm 0,2$	25 ± 2	10 ± 1
3	80 ± 2	$15 \pm 0,5$	$10 \pm 0,2$	$10 \pm 0,2$	30 ± 2	20 ± 1
4	60 ± 1	$10 \pm 0,2$	$3 \pm 0,1$	-	25 ± 2	15 ± 1
5 ²⁾	80 ± 2	$15 \pm 0,5$	$5 \pm 0,5$	$10 \pm 0,2$	50 ± 5	20 ± 1

¹⁾ Vrub s úhlem $45^\circ \pm 1^\circ$, poloměr vrubu ($1,0 \pm 0,02$) mm
²⁾ Pro typ 5: $b' = (23 \pm 2)$ mm $r' = (6 \pm 0,5)$ mm $l' = (11 \pm 1)$ mm

Tabulka 3 - Typy zkušebních těles, jejich rozměry a vzdálenosti mezi podpěrami
 (viz také obrázek 3)



Obrázek 7 - Zkušební tělesa

6.3.4 Postup zkoušky

Zkontroluje se, zda kyvadlo má správný rozsah energie a zda má specifikovanou rychlost rázu (viz tabulka 2). J

Zvolené kyvadlo musí spotřebovat při přeražení zkušebního tělesa nejméně 20 %, nejvýše však 80 % jeho energie. Splňuje-li tyto požadavky více než jedno kyvadlo z kyvadel popsaných v tabulce 2, musí být použito kyvadlo s vyšší energií.

Jestliže je to možné, nastaví se při výchozí poloze ukazatel stupnice energie tak, aby se kyvadlo dotýkalo unášecího kolíku. Třikrát se provede slepý pokus (tj. bez zkušebního tělesa nebo umístěného křížového příčnicku), vypočte se střední hodnota ztráty třením a ověří se, zda střední hodnota ztráty třením nepřesáhne hodnoty uvedené v tabulce 2. [8]

Stanovení korekcí energie:

Metoda A - Korekce energie E, v důsledku plastické deformace a kinetické energie křížového příčnicku

Korekce E_q je určena z rovnice

$$E_q = \frac{E_{max}\mu(3 + \mu)}{2(1 + \mu)} \approx \frac{3}{2}E_{max}\mu$$

kde

E_q - je korekce energie v důsledku plastické deformace a kinetické energie křížového příčnicku

E_{max} - maximální rázová energie kyvadla

μ - hmotnost křížového příčnicku dělená redukovanou hmotností kyvadla (tj. m_{cr}/m_p)

Redukovaná hmotnost kyvadla je dána rovnicí

$$m_p = \frac{E_{max}}{gL(1 - \cos\alpha)}$$

kde

g - je gravitační zrychlení;

L- redukovaná délka kyvadla;

α - úhel mezi maximální a minimální výškou polohy kyvadla;

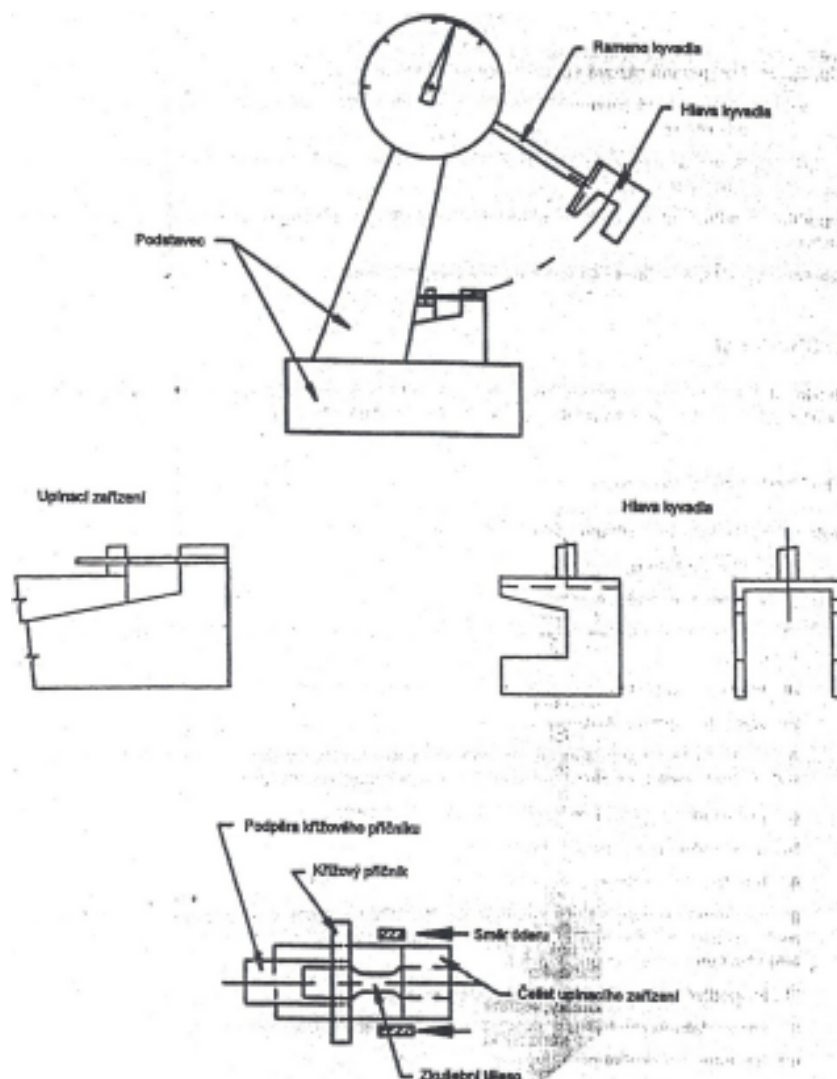
L je dáno rovnicí

$$L = \frac{gT^2}{4\pi^2}$$

kde T je perioda kyvadla.

Jestliže α je 160° a m_p je měřena v kilogramech. E_{max} v joulech a L v metrech, platí, že

$$m_p = 5,3 \times 10^{-2} \frac{E_{max}}{L}$$



Obrázek 8 - Schéma uspořádání kyvadla a upínání zkušebních těles pro metodu A
Metoda B - Odrazová energie křížového příčnicku E_b

Odrazová energie křížového příčnicku E_b se stanovuje pro každé zkušební těleso a kyvadlo z křivky odrazové energie křížového příčnicku. Tato křivka je stanovena pro každou kombinaci křížového příčnicku a kyvadla pouze jednou.

Tloušťka d a šířka x zkušebních těles se změří v jejich zúžené rovnoběžné části s přesností na 0,02 mm. V případě zkušebních těles s vrubem se provedou pečlivá měření rozměru x , například pomocí mikrometru opatřeného kalibrem šířky od 2 mm do 3 mm a s vhodným profilem přizpůsobeným tvaru vrubu.

Kyvadlo se zvedne a zaaretuje a provede se seřízení ukazatele.

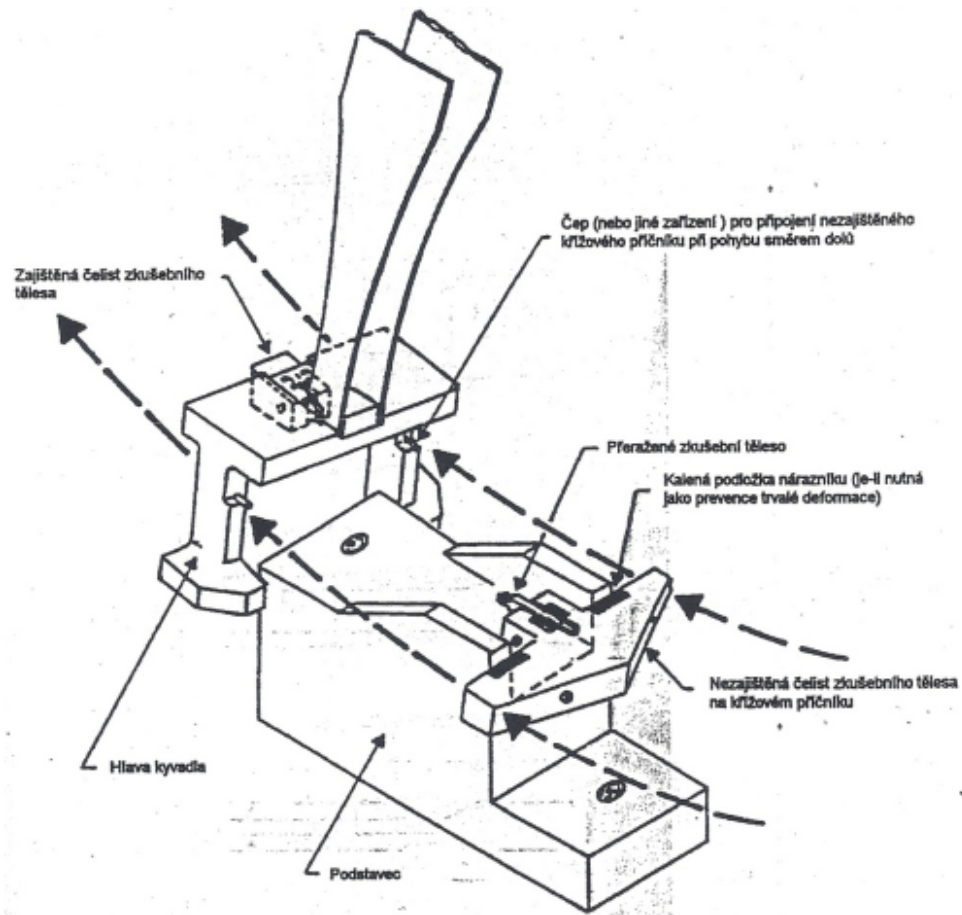
Zkušební tělesa se vloží do čelistí, které se pevně utáhnou.

Opatrně se spustí kyvadlo. Na stupnici se odečte rázová energie E_s absorbovaná zkušebním tělesem a je-li to nutné, tak se provede korekce pro ztráty třením.

Jestliže je výsledná korigovaná rázová energie v tahu nižší než 20 % kapacity 2-joulového kyvadla (viz tabulka 1), musí se použít vícevrstvá zkušební tělesa.

Jestliže jsou srovnávány různé materiály, pro všechny materiály musí být použita kyvadla se stejnou rychlostí rázu. V případech sporu se doporučuje srovnávat pouze výsledky získané s kyvadly se stejnou jmenovitou energií a se zkušebními tělesy stejné geometrie.

Bezprostředně po zkoušce musí být provedena kontrola, zda zkušební těleso bylo pevně uchyceno nebo zda vyklouzlo z jedné nebo obou čelistí a zda porušení zkušebních těles nastalo v jejich zúžené rovnoběžné části. Jestliže některá ze zkoušených zkušebních těles nesplňují tyto požadavky, jejich výsledky musí být vyřazeny a musí být zkoušena další zkušební tělesa. [8]



Obrázek 9 - Schéma uspořádání kyvadla a upínání zkušebních těles pro metodu B pro přeražení zkušební tělesa

6.3.5 Vyjádření výsledků

Aby mohl být proveden výpočet rázové houževnatosti v tahu, musí být nejprve provedena korekce spotřebované energie E_s o energii E_q potřebnou k odrazu. [8]

Korekce energie pro metodu A:

Korigovaná rázová energie E_c v tahu, v joulech, se vypočítá použitím rovnice

$$E_c = E_s - E_q$$

kde:

E - je spotřebovaná energie (nekorigovaná) v joulech;

E_q - elastická energie odrazu křížového příčnicku v joulech

Korekce energie pro metodu B:

Korigovaná tahová rázová energie E_c v joulech se vypočítá použitím rovnice

$$E_c = E_s + E_b$$

kde:

E_s - je spotřebovaná energie (nekorigovaná) v joulech;

E_b - energie odrazu křížového příčnicku v joulech, určená z naměřených hodnot E_s grafickým postupem pro zvolený rázový přístroj

Výpočet rázové houževnatosti v tahu

Rázová houževnatost v tahu E nebo vrubová houževnatost v tahu E_n vyjádřená v kilojoulech na metr čtvereční, se vypočte použitím rovnice:

$$E \text{ nebo } E_n = \frac{E_c}{x-d} \times 10^3$$

Kde

E_c - je korigovaná rázová energie v joulech

x - šířka zúžené rovnoběžné části zkušebních těles nebo vzdálenost mezi vruby v milimetrech (viz obrázek 7);

d - tloušťka zúžené rovnoběžné části zkušebních těles (nebo pro spojené fólie celková tloušťka) v milimetrech.

Vypočítá se aritmetický průměr, směrodatná odchylka a variační koeficient z 10 výsledků, podle požadavku.

Všechny vypočtené hodnoty se zaznamenají na dvě platné číslice. [8]

7 DRUHY UZLŮ

Uzel je prostorový útvar na jednom kusu nebo pevné spojení dvou či více kusů podlouhlého materiálu (obvykle lan, provazů, nití), v takovém případě se obvykle hovoří o spojkách, případně spojení takového materiálu a pevného předmětu, zde se hovoří obvykle o smyčkách. Pro spojení se využívá pouze vhodného způsobu vzájemného propletení lan a jejich tření. Uzly jsou důležitým prvkem rybářských sítí a sítí obecně. Další oblastí využití jsou ozdobné uzly, pletence, rohože, různé dekorativní a tkalcovské. [9]

7.1 Liščí smyčka

Liščí smyčka je hodně známý a hojně používaný uzel. Používá se všude tam, kde je potřeba připevnit lano k nějakému nejlépe válcovému předmětu. Rovněž je hojně používán v dekoračních vázacích technikách, kde má různá jména. Vytvoříme ji pomocí dvou závitů, které sklopíme přes sebe a navlékneme na válcovou součást. [10]



Obrázek 10 – Vázání liščí smyčky

7.2 Lodní smyčka

Jedná se o velmi užitečnou smyčku s všestranným použitím. Je základem pro vázání mnoha jiných uzlů (třeba pro turbany). Horolezci ji používají na sebezajištění do karabin, protože se snadno váže, spolehlivě drží i při zatížení jen jednoho konce, po zatažení ji lze snadno rozvázat a lehce zkrátit. Spolehlivě drží lano na válcových předmětech, ať mají hladký nebo drsný povrch - hladká ocelová tyč, borová větev s hrubou kůrou, lano. [10]

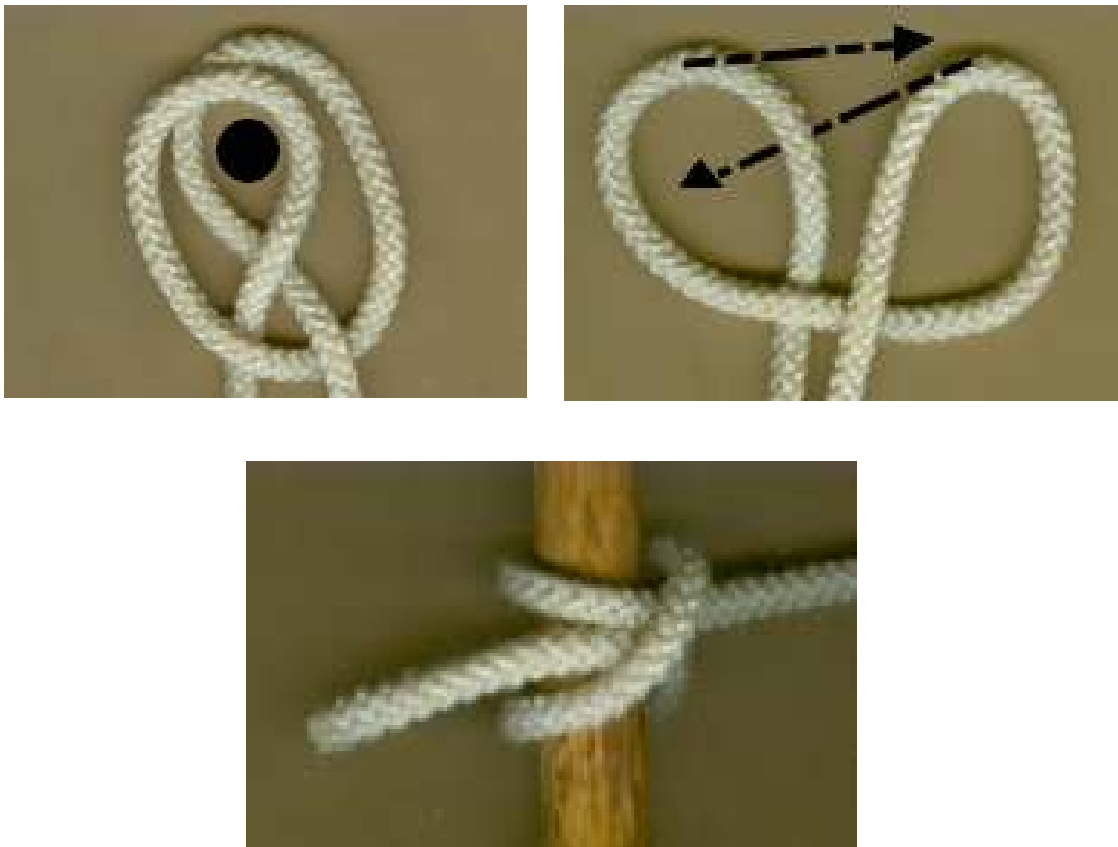
Nehodí se pro vázání na hranaté předměty nebo předměty, k jejichž povrchu nemůže přilnout po celém obvodu - hranoly, bedny, pytle, svazky železa a podobně. Při postranním tahu provazu se valí a točí po předmětu.

Lodní smyčkou prochází lano jen v závitech, nikde se neláme v ostrých záhybech, nezhoršuje se v něm pevnost lana.

Při jeho používání je třeba mít na mysli, že je spolehlivý, jen pokud je zatížení trvalé. Jakmile napětí pomine, uzel se povolí.

Uzel se skládá ze dvou stejných závitů nasunutých přes sebe tak, aby část lana mezi závity byla po přesunutí mezi oběma konci. Uzel lze vázat několika způsoby.

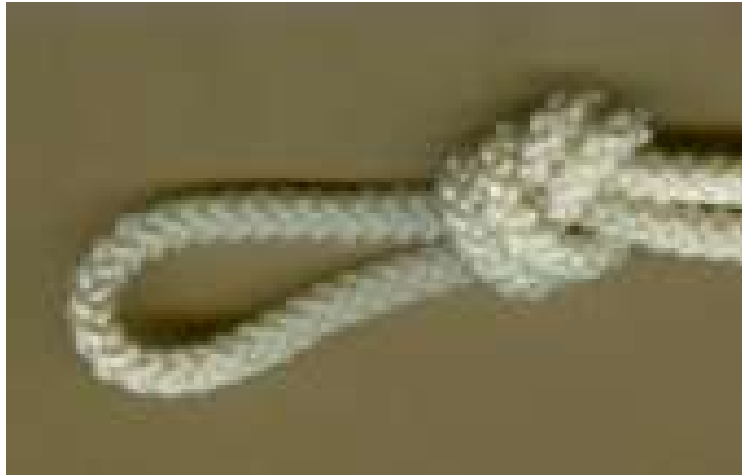
Pokud je jeden z konců předmětu, ke kterému má být lano přivázáno, volný, uváže se smyčka mimo předmět a hotová smyčka se na něj pak navlékne. [10]



Obrázek 11 – Vázání lodní smyčky

7.3 Poutko

Jedná se o očko uvázané na ohybu, buď u oka ohybu, nebo na koncích dvou paralelních (v tom případě se jedná o očkovou spojku). Jedná se o nejjednodušší smyčku, jakou lze uvázat. Je pevná a bezpečná, ale ostrými ohyby značně snižuje nosnost lana. Po silném zatažení se obtížně rozvazuje. [10]

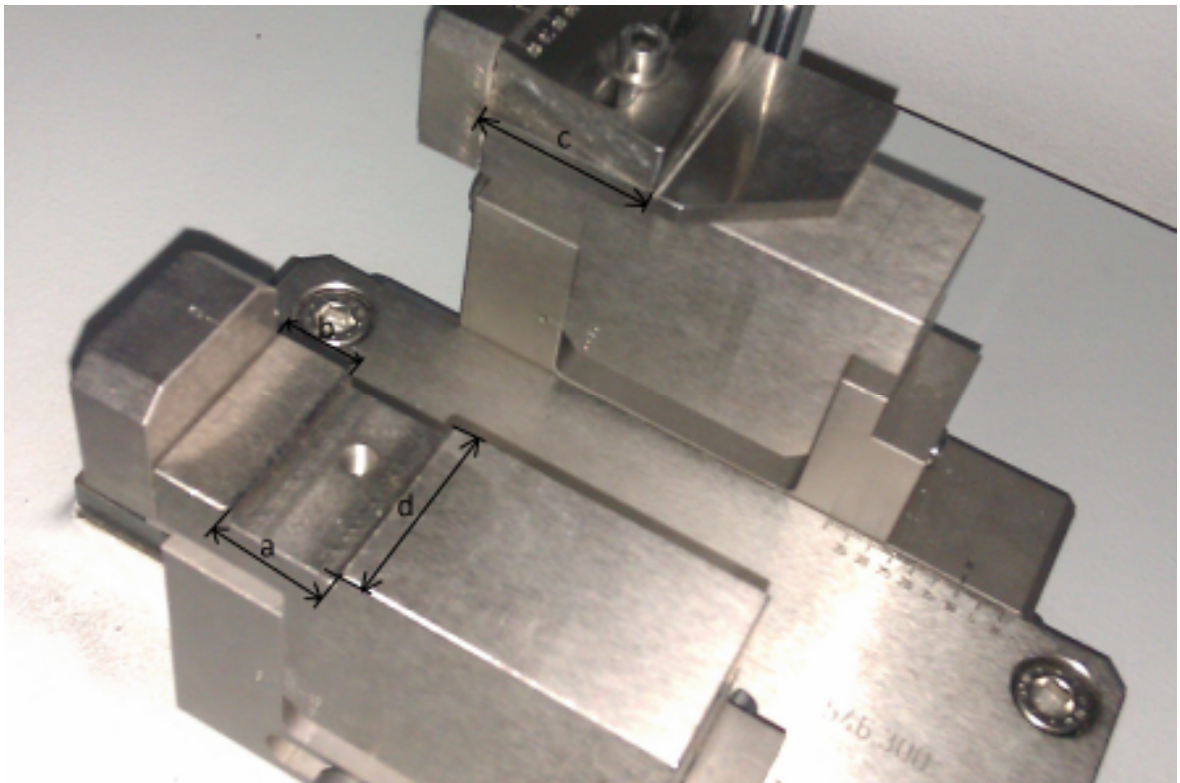


II. PRAKTICKÁ ČÁST

8 KONSTRUKCE PŘIDRŽOVAČŮ

V praktické části se budu snažit navrhnout přípravky pro přidržení polymerních strun při rázovém namáhání. V univerzitních laboratořích se nachází zkušební zařízení CEAST RESIL IMPACTOR junior, které pracuje jako Charpyho kladivo. Na tomto zařízení se provádí zkoušky ke stanovení rázové houževnatosti v ohybu. Zařízení je dimenzováno převážně na zkoušení plastů.

Nyní budu navrhovat pro toto zařízení přidržovače, pomocí kterých budeme schopni upnout polymerní strunu a zjistit její chování při rázovém namáhání. Pro navrhování bylo nezbytně nutné zjistit všechny funkční hodnoty upínacího mechanismu.



Obrázek 12 – Funkční rozměry pro přidržovač

$a = 19,7 \text{ mm}$...šířka drážky

$b = 40 \text{ mm}$...délka drážky

$c = 36 \text{ mm}$...vzdálenost dopadu na zkuš. těleso

$d = 15 \text{ mm}$...vzdálenost uložení od hrany

Po zjištění funkčních rozměrů se vyhotovují návrhy přídržovačů. Jsou navrhovány tak, aby byly jednoduché konstrukce, nenáročné na výrobu a zároveň plně funkční. Vyhotoví se výkresová dokumentace, která se předá do výroby.

Vyrobené součásti se pak upnou do upínacího zařízení zkušebního stroje a odzkouší se jejich funkčnost.

9 TECHNICKÉ ÚDAJE A POPIS ZKUŠEBNÍHO STROJE CEAST



Obrázek 13 – Zkušební zařízení CEAST RESIL IMPACTOR junior

Zařízení se používá pro rázovou zkoušku Charpyho kladivem. Pomocí senzorů lze provádět instrumentované zkoušky, které nám umožní získat více hodnot než u klasické zkoušky rázové houževnatosti, tj. rázová síla a deformace (průhyb). Konstrukčně je určen pro zkušební tělesa menších pevností. Nejčastěji pro plasty. Zařízení je napojeno na počítač, který má nainstalovaný software pro získání a vyhodnocování požadovaných hodnot, popřípadě grafů.

Technické údaje:

hmotnost kladiva..... 2,192 kg

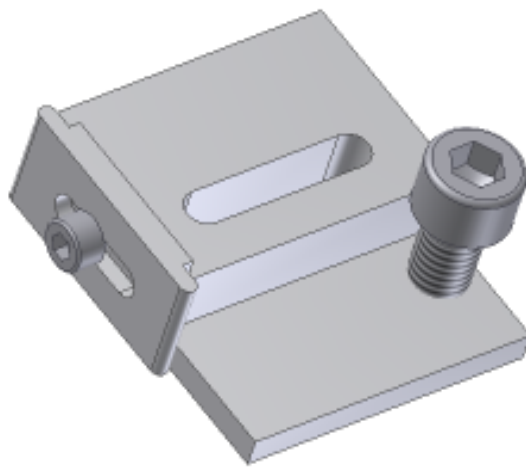
délka ramene..... 0,5 m

počáteční max. úhel..... 140°

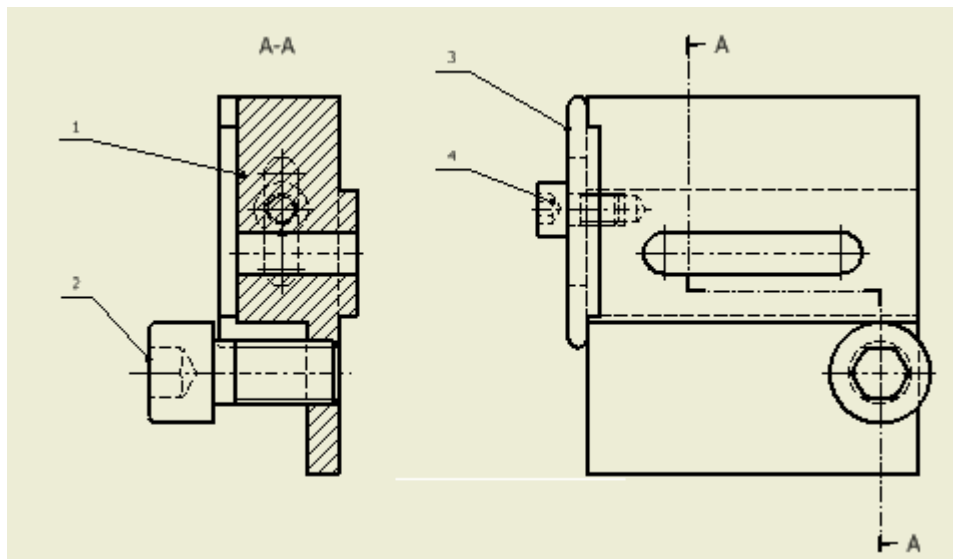
10 KONSTRUKČNÍ ŘEŠENÍ

Při navrhování jsem bral zřetel na výrobní jednoduchost a plnou funkčnost. Výkresová dokumentace byla vyhotovena pro tři různá konstrukční řešení. Na pravé straně upínacího zařízení bylo vyhotoveno jedno konstrukční řešení, které bude stacionární. Pravá strana pak bude moci využít konstrukční řešení dvě, pomocí kterých se zkoušený materiál (struna) bude moci napínat.

10.1 Přidržovač pravý



Obrázek 14 – 3D model pravého přidržovače



Obrázek 15 – Sestava pravého přidržovače

1...upínací těleso levé

2...šroub s válcovou hlavou a vnitřním šestihranem M10x20

3...opěrka

4... šroub s válcovou hlavou a vnitřním šestihranem M5x8

Je navržen tak, aby konal stacionární úlohu. Přidržovač se skládá ze dvou součástí: z upínacího tělesa (pozice 2) a šroubu s metrickým závitem M10x20 (p. 1). Struna se na tomto přidržovači bude upínat pomocí jednoduchého uvázání poutka. Pro rovnoměrné napnutí struny se přidržovač opatřil opěrkami (p.3), o které budeme moci zkoušený materiál opřít.

Bude uložen na pravé straně zařízení v drážce a zajištěn šroubem (p. 2).

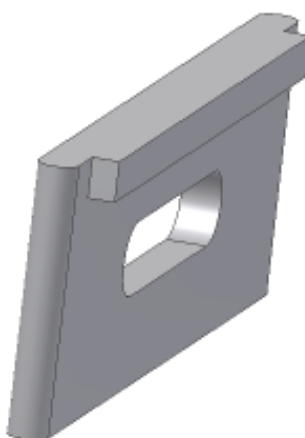
10.1.1 Součást k výrobě – upínací těleso pravé



Obrázek 16 – Upínací těleso pravé

Výrobní výkres pravého upínacího tělesa je v příloze bakalářské práce.

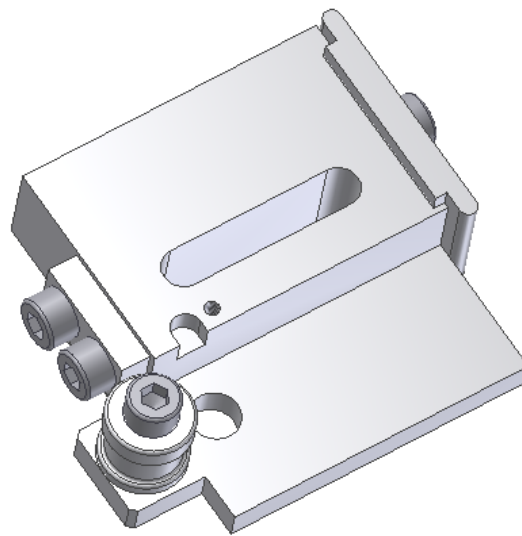
10.1.2 Součást k výrobě - opěrka



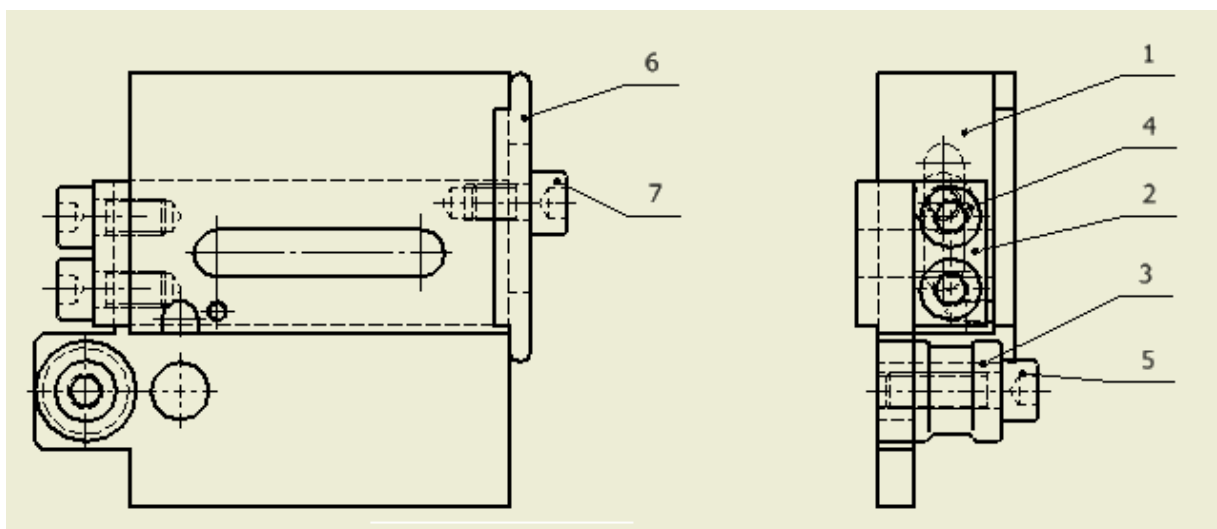
Obrázek 17 - Opěrka

Výrobní výkres pravého upínacího tělesa je v příloze bakalářské práce.

10.2 Přidržovač levý typu A



Obrázek 18 – 3D model levého přidržovače typu A



Obrázek 19 – Schéma levého přidržovače typu A

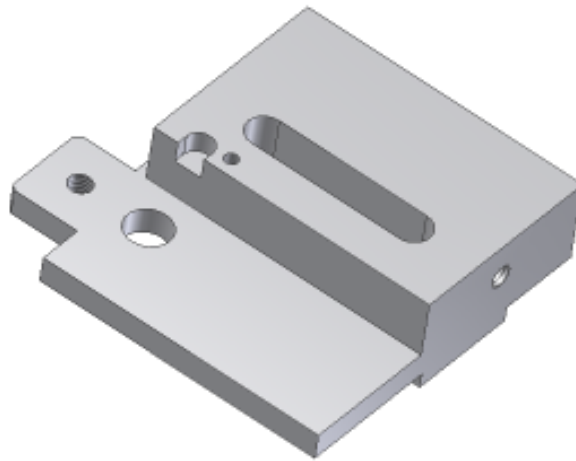
- 1...upínací těleso levé
- 2...upínací deska
- 3...obtočný válec
- 4...šroub s válcovou hlavou a vnitřním šestihranem M10x10
- 5...šroub s válcovou hlavou a vnitřním šestihranem M5x16

6...opěrka

7... šroub s válcovou hlavou a vnitřním šestihranem M5x8

U přidržovače levého typu A se struna nejdříve obtočí kolem obtočného válce (p. 3) a dále se upevní mezi vroubkovanou část stěny upínací desky (p. 2) a boční stěnu upínacího tělesa (p. 1). Celý mechanismus se upevní do levé části zkušebního zařízení stejným způsobem, jako na pravé části. Opět je zde opěrka (p.6), které plní stejnou funkci jako u předchozího případu.

10.2.1 Součást k výrobě – upínací těleso levé

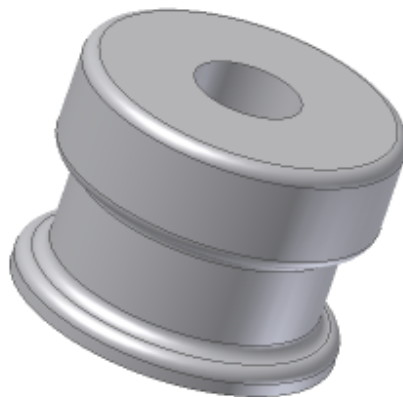


Obrázek 20 - Upínací těleso levé

Upínací těleso levé je navrženo tak, abychom mohli vyzkoušet dvě konstrukční řešení přidržovače (typy A a B). Toto těleso pak bude využito u dvou sestav.

Výrobní výkres pravého upínacího tělesa je v příloze bakalářské práce.

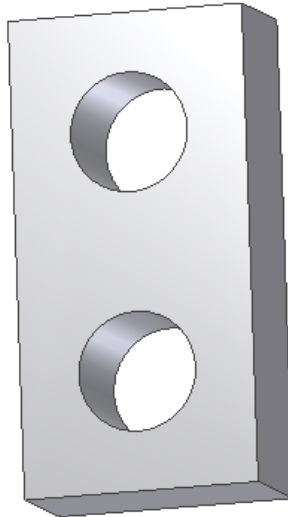
10.2.2 Součást k výrobě – obtočný válec



Obrázek 21 – Obtočný válec

Výrobní výkres pravého upínacího tělesa je v příloze bakalářské práce.

10.2.3 Součást k výrobě – upínací deska



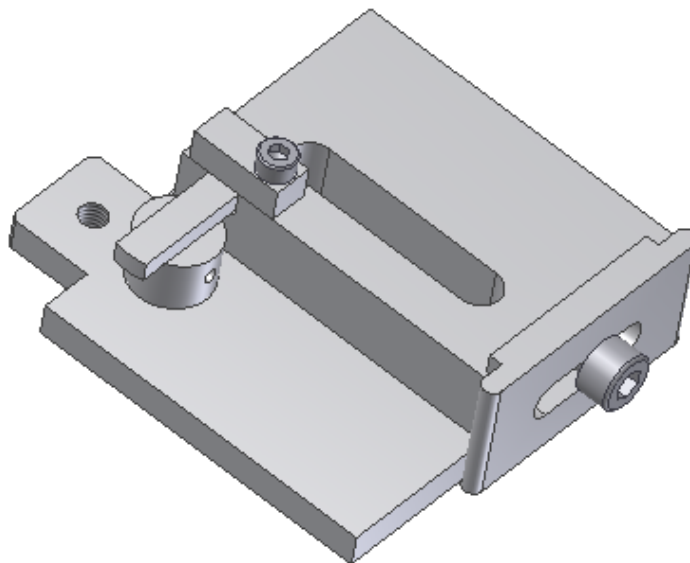
Obrázek 22 – Upínací deska

Výrobní výkres pravého upínacího tělesa je v příloze bakalářské práce.

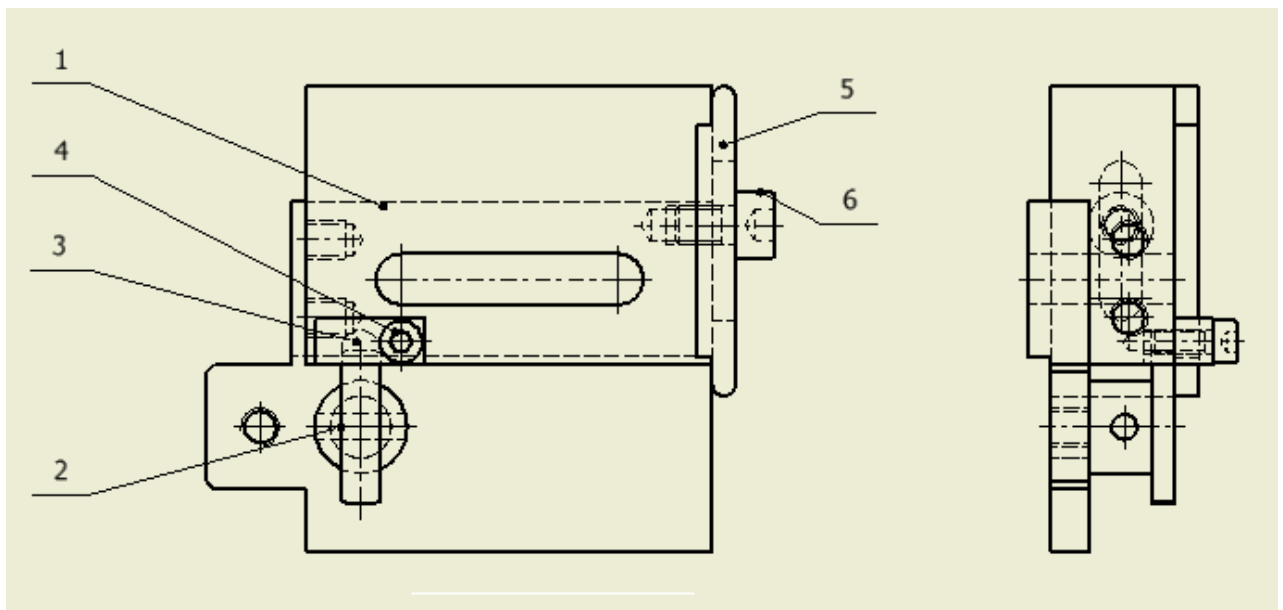
10.2.4 Součást k výrobě - opěrka

Viz. 10.1.2

10.3 Přidržovač levý typu B



Obrázek 23 – 3D model levého přidržovače typu B



Obrázek 24 – Sestava levého přidržovače typu A

1...upínací těleso levé

2...otočný čep

3...pojistná deska

4... šroub s válcovou hlavou a vnitřním šestihranem M3x8

5...opěrka

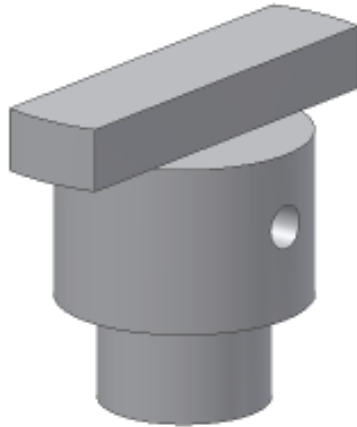
6... šroub s válcovou hlavou a vnitřním šestihranem M5x8

Tato sestava je druhým konstrukčním řešením, které jsem navrhl pro levou část zkušebního zařízení. Struna se prostrčí otvorem na otočném čepu (p. 2), který se následně otočí tak, aby se struna namotala na čep. Otočný čep (p.2) se zajistí do vybrání na upínacím tělese levém (p. 1) a zároveň se zajistí proti vysunutí pomocí pojistné desky připevněné na upínacím tělese (p. 1).

10.3.1 Součást k výrobě – upínací těleso levé

viz. 8.2.1

10.3.2 Součást k výrobě – otočný čep



Obrázek 25 – Otočný čep

Výrobní výkres pravého upínacího tělesa je v příloze bakalářské práce.

10.3.3 Součást k výrobě – pojistná deska



Obrázek 26 – Pojistná deska

Výrobní výkres pravého upínacího tělesa je v příloze bakalářské práce.

10.3.4 Součást k výrobě - opěrka

Viz. 10.1.2

11 VÝROBA A OTESTOVÁNÍ PŘIDRŽOVAČŮ

Pro ověření správnosti funkce přidržovačů bylo nezbytně nutné, abychom je nechali vyrobit a následně potom otestovat přímo na zkušebním zařízení.

11.1 Výroba

Při konstrukci jsem se snažil, aby přípravky byly snadno vyrobitelné v univerzitních dílnách. Výkresovou dokumentaci po mém vyhotovení převzal pan Ing. Jiří Šálek, který měl na starost celou výrobu.

Výroba byla provedena na univerzální frézce, kde vznikaly převážně rovinné plochy a dále byl použit soustruh na součásti kruhových průřezů.



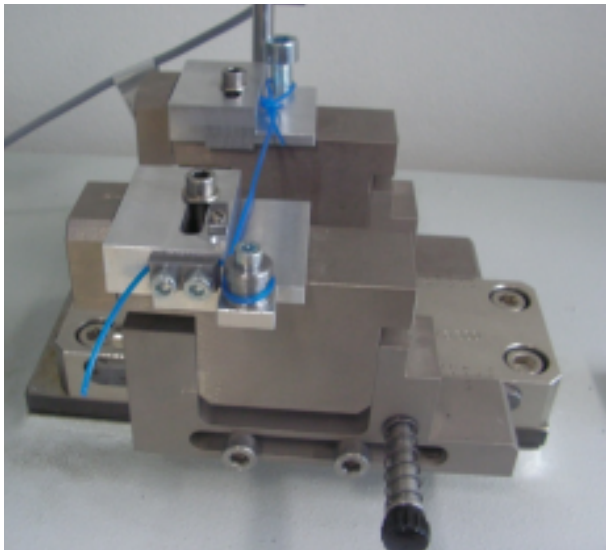
Obrázek 27 – Univerzální frézka FHD – 50 PD



Obrázek 28 – Soustruh S32

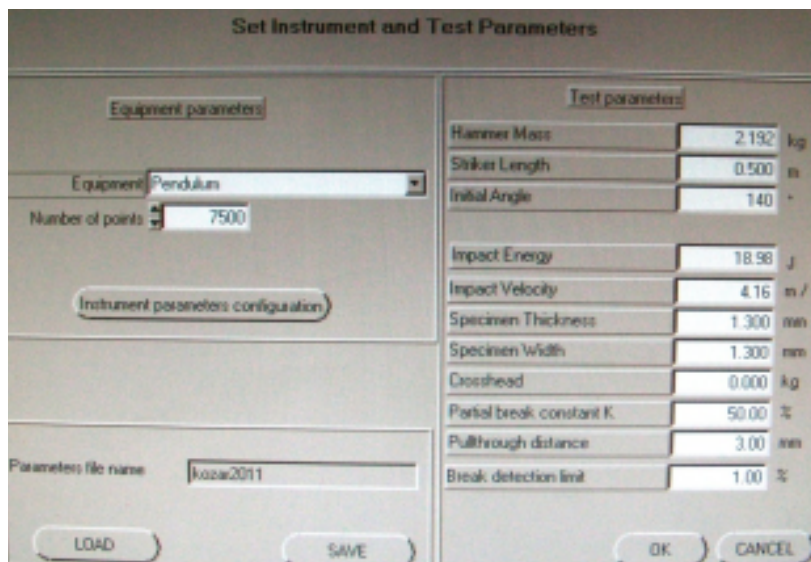
11.2 Otestování

Vyrobené součástky jsem zkompletoval a namontoval na místo stávajících podpěr pro zkoušení plastových těles. Jako zkušební těleso nám posloužila struna Energy Pure o průměru 1,3 mm, která byla zakoupena u firmy Komerč Plus, s.r.o.



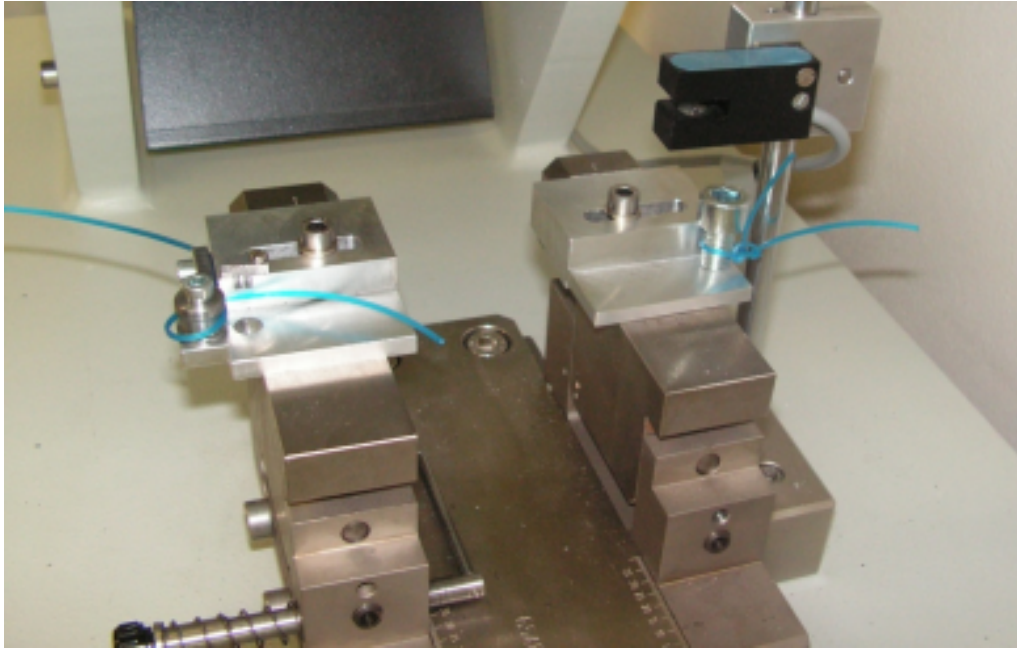
Obrázek 29 – Upnutá struna v přidržovačích

Struna byla upnuta do přidržovačů na pravé straně pomocí poutka a na pravé jsem využil prvního konstrukčního řešení (typ A). Poté jsem překontroloval dotažení všech šroubů.



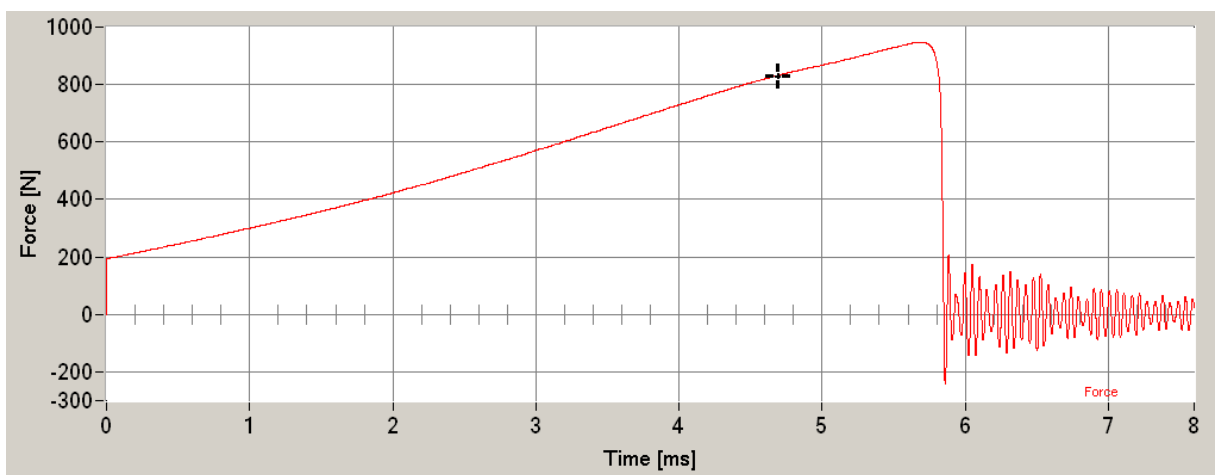
Obrázek 30 – Nastavení softwaru

Dále jsme museli zapnout zařízení a počítač se softwarem DAS8WIN Extended Version © CAEST. V softwaru jsme nastavili potřebné hodnoty jako je základní (počáteční) úhel klavdiva (Initial Angle) a průřez struny.

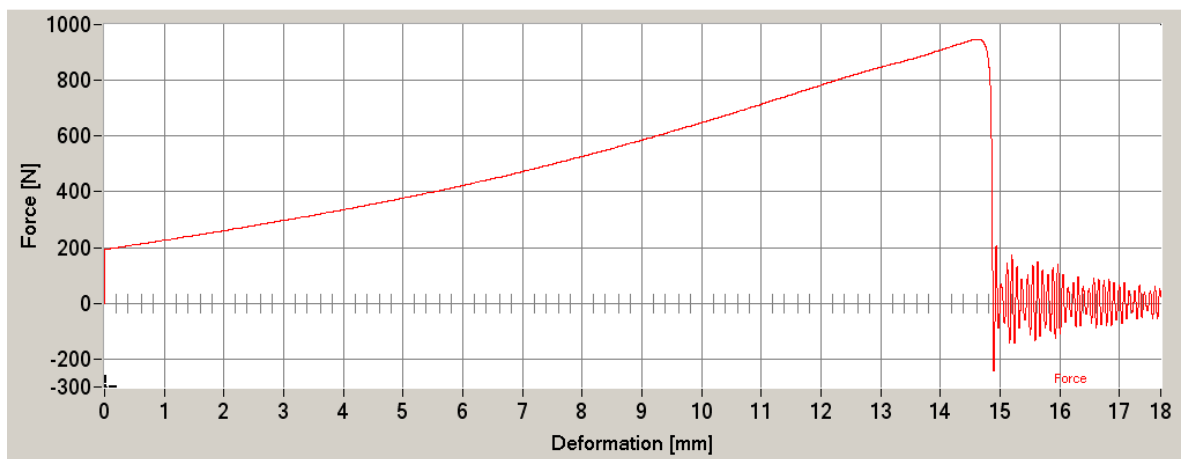


Obrázek 31 – Přetržení struny

Struna byla snadno přetržena. Program vygeneroval grafy v závislostech síla-čas a síla-deformace.



Graf 1 – Závislost síly na čase



Graf 2 – Závislost síly na deformaci.

Pomocí softwaru a grafu jsme získali hodnoty:

- nejvyšší sílu: $F_m = 947,81 \text{ N}$
- sílu při přetržení: $F_L = 297,45 \text{ N}$
- deformace po nejvyšší zatížení $S_m = 14,61 \text{ mm}$
- deformace do přerušení materiálu $S_b = 14,88 \text{ mm}$

SEZNAM POUŽITÉ LITERATURY

1. Shigley, E. Joseph, Mischke, R. Charles a Budynas, G. Richard. *Konstruování strojních součástí*. Brno : VUTIUM, 2010. ISBN 978-80-214-2629-0.
2. Technologie II Tváření kovů a plastů . [Online] [Citace: 30. leden 2011.] http://www.ksp.tul.cz/cz/kpt/obsah/vyuka/skripta_tkp/sekce_plasty/01.htm.
3. Ptáček, L. a kolektiv. *Nauka o materiálu II*. Brno : CERM, 2002.
4. Stoy, A. *Technologie syntetických vláken*. Praha : Státní nakladatelství technické literatury, 1957.
5. Mechanické vlastnosti materiálů . [Online] [Citace: 30. 1 2011.] http://chemikalie.upol.cz/skripta/mvm/zkousky_mat.pdf.
6. EN ISO 179, *Plasty - Stanovení rázové houževnatosti metodou Charpy*. Brusel: Evropská komise pro normalizaci, 1996. 18 s.
7. EN ISO 179-2, *Plasty - Stanovení rázové houževnatosti metodou Charpy - Část 2: Instrumentovaná rázová zkouška*. Brusel: Evropská komise pro normalizaci, 1999. 19 s.
8. ČSN EN ISO 8256, *Plasty – Stanovení rázové houževnatosti v tahu*. Praha: Český normalizační institut, 1998. 21 s.
9. Uzel . [Online] [Citace: 12. 5 2011.] <http://cs.wikipedia.org/wiki/Uzel>
10. Uzly a uzlíky . [Online] [Citace: 12. 5 2011.] <http://gord.gringo.cz/Uzly/index.html>
11. Leinveber, Jan. *Strojnické tabulky*. Úvaly : ALBRA, 2006

SEZNAM POUŽITÝCH SYMBOLŮ A ZKRATEK

v_0	[m.s ⁻¹]	rychlost břitu kyvadla
F	[N]	síla
W	[J]	energie
F_N	[N]	maximální hodnota rázové síly
s	[mm]	maximální průhyb
σ_m	[MPa]	mez pevnosti v tahu
E	[MPa]	modul pružnosti v tahu
b	[mm]	šířka
s	[mm]	průhyb
a_{cU}	[kJ.m ⁻²]	rázová houževnatost
a_{cN}	[kJ.m ⁻²]	vrubová houževnatost
W_b	[J]	energie při přeražení
b_N	[mm]	šířka zkušebního tělesa pod vrubem
Tg		teplota skelného přechodu
Tf		teplota měknutí
Tm		teplota tání
HDPE		vysoko hustotní polyetylen
PA 6		polyamid 6 (silon)
PA 66		polyamid 66 (silon)
PBT		polybutylentereftalát
PE		polyetylen
PET		polyethylentereftalát
PMMA		polymethylmetakrylát
PP		polypropylen

SEZNAM OBRÁZKŮ

Obrázek 1 - Závislost modulu pružnosti polymeru na teplotě.....	18
Obrázek 2 - Základní druhy namáhání materiálů	22
Obrázek 3 - Ráz na širší stranu se zkušebním tělesem opatřeným vrubem (nalevo) a ráz na širší stranu (napravo)	25
Obrázek 4 - Břit kyvadla a bloky podpěr pro zkušební tělesa	27
Obrázek 5 - Typické křivky síla-průhyb (N a t) a síla-čas (b).....	28
Obrázek 6 - Typické křivky síla-průhyb znázorňující různé typy přeražení pro zkušební těleso typu 1 v poloze „edgewise” (ráz na užší stranu)	29
Obrázek 7 - Zkušební tělesa.....	34
Obrázek 8 - Schéma uspořádání kyvadla a upínání zkušebních těles pro metodu A	36
Obrázek 9 - Schéma uspořádání kyvadla a upínání zkušebních těles pro metodu B pro přeražení zkušebního tělesa	38
Obrázek 10 – Vázání liščí smyčky	40
Obrázek 11 – Vázání lodní smyčky	41
Obrázek 12 – Funkční rozměry pro přidržovač	44
Obrázek 13 – Zkušební zařízení CEAST RESIL IMPACTOR junior	46
Obrázek 14 – 3D model pravého přidržovače	47
Obrázek 15 – Sestava pravého přidržovače	47
Obrázek 16 – Upínací těleso pravé	48
Obrázek 17 - Opěrka.....	48
Obrázek 18 – 3D model levého přidržovače typu A	49
Obrázek 19 – Schéma levého přidržovače typu A.....	49
Obrázek 20 - Upínací těleso levé	50
Obrázek 21 – Obtočný válec.....	50
Obrázek 22 – Upínací deska	51
Obrázek 23 – 3D model levého přidržovače typu B.....	51
Obrázek 24 – Sestava levého přidržovače typu A	52
Obrázek 25 – Otočný čep.....	53
Obrázek 26 – Pojistná deska	53
Obrázek 27 – Univerzální frézka FHD – 50 PD.....	54
Obrázek 28 – Soustruh S32	54
Obrázek 29 – Upnutá struna v přidržovačích	55

Obrázek 30 – Nastavení softwaru	55
Obrázek 31 – Přetržení struny	56

SEZNAM TABULEK

Tabulka 1 - Charakteristika rázových zkušebních strojů používajících kyvadlo	24
Tabulka 2 - Charakteristiky kyvadla tahově-rázového stroje	33
Tabulka 3 - Typy zkušebních těles, jejich rozměry a vzdálenosti mezi podpěrami (viz také obrázek 3)	34

SEZNAM PŘÍLOH

P I: Výrobní výkres upínacího tělesa pravého, číslo výkresu UTB – 01 – 001

P II: Sestava přídržovače pravého, číslo výkresu UTB – 01 - 002

P III: Výrobní výkres opěrky, číslo výkresu UTB – 01 – 003

P IV: Výrobní výkres upínacího tělesa levého, číslo výkresu UTB – 02 – 001

P V: Výrobní výkres upínací desky, číslo výkresu UTB – 02 – 002

P VI: Výrobní výkres obtočného válce, číslo výkresu UTB – 02 – 003

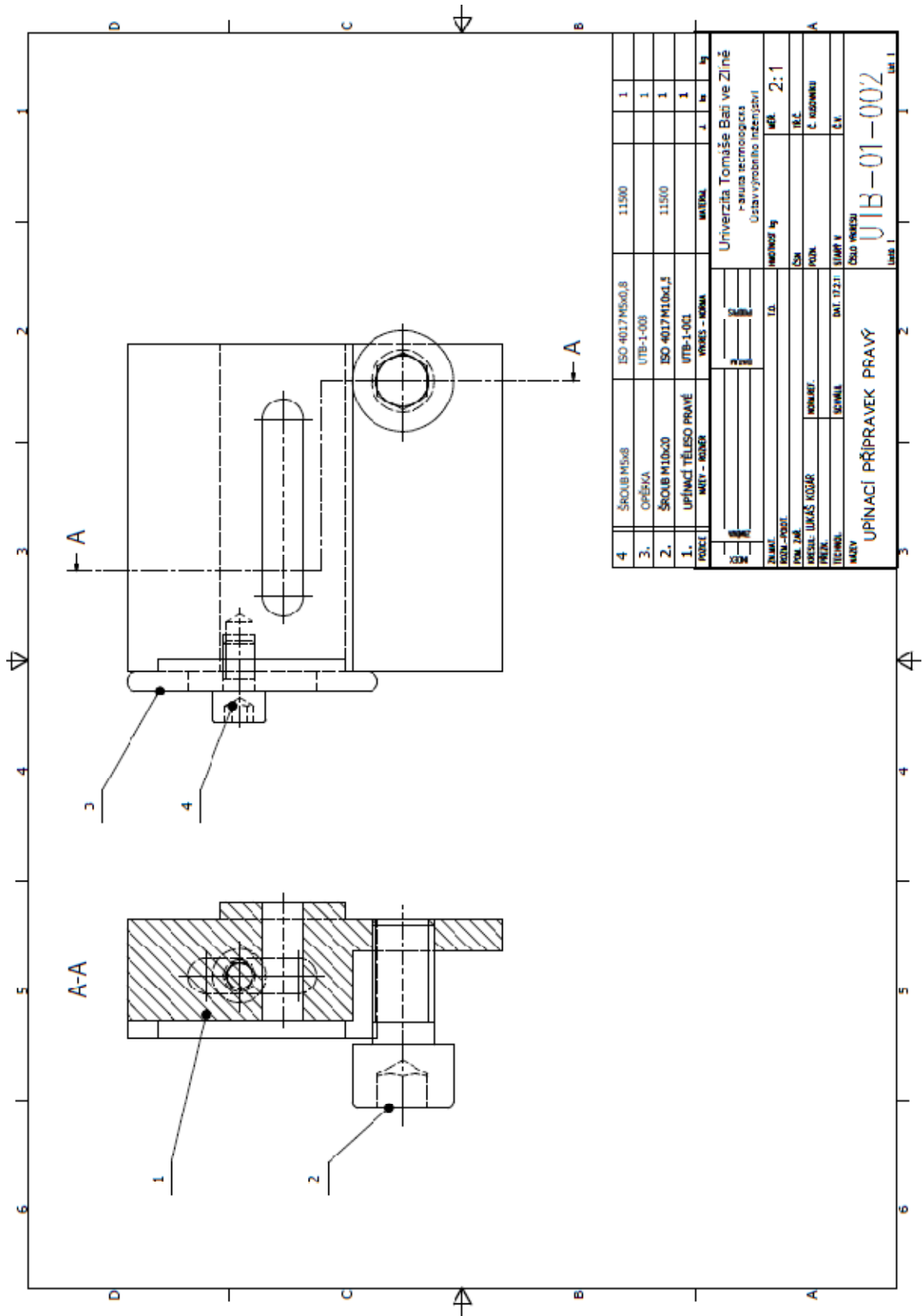
P VII: Sestava přídržovače levého – typ A, číslo výkresu UTB – 02 - 004

P VIII: Výrobní výkres otočného čepu, číslo výkresu UTB – 03 – 001

P IX: Výrobní výkres pojistné desky, číslo výkresu UTB – 03 – 002

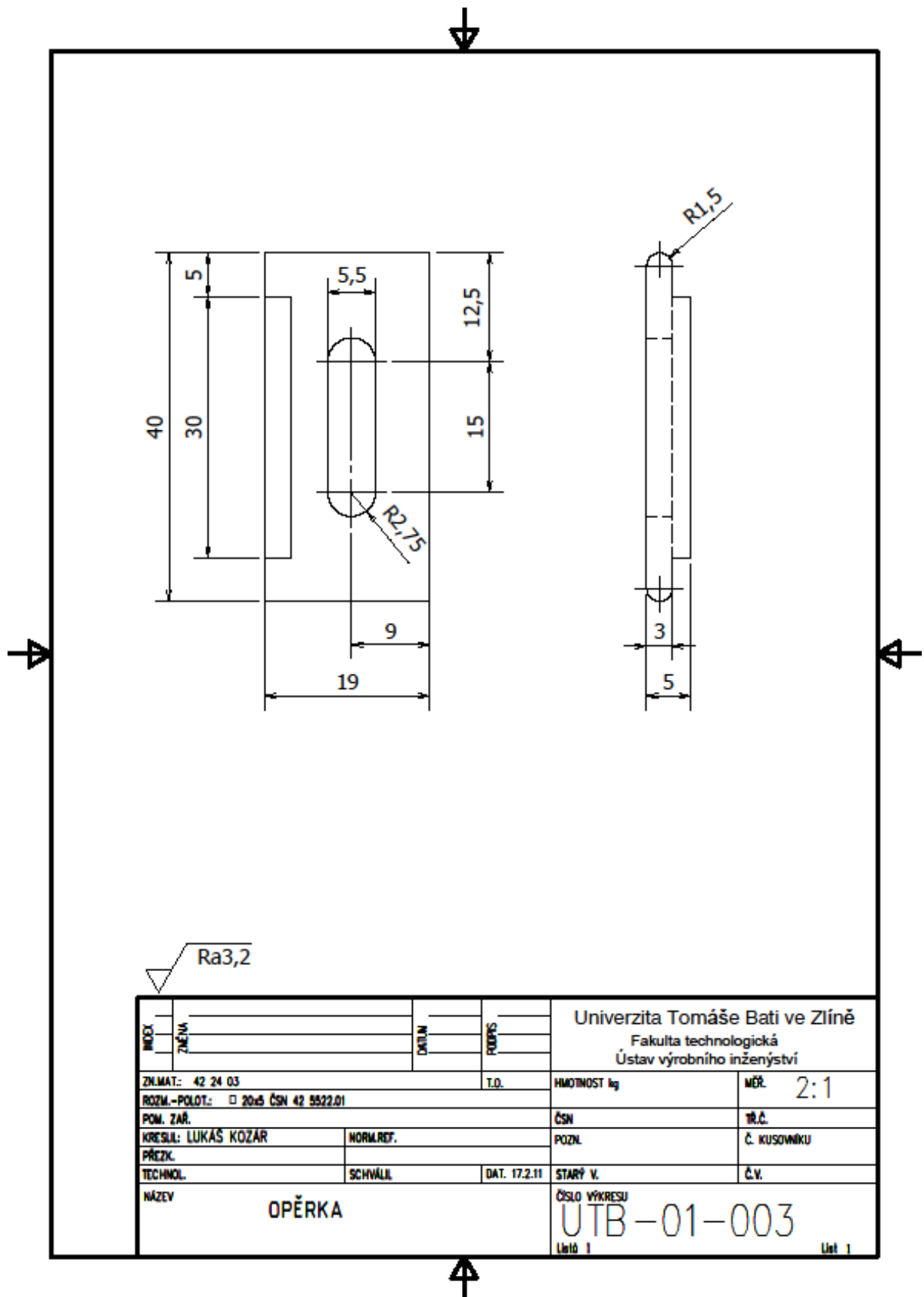
P X: Sestava přídržovače levého – typ B, číslo výkresu UTB – 03 - 003

PŘÍLOHA P II: SESTAVA PŘIDRŽOVAČE PRAVÉHO

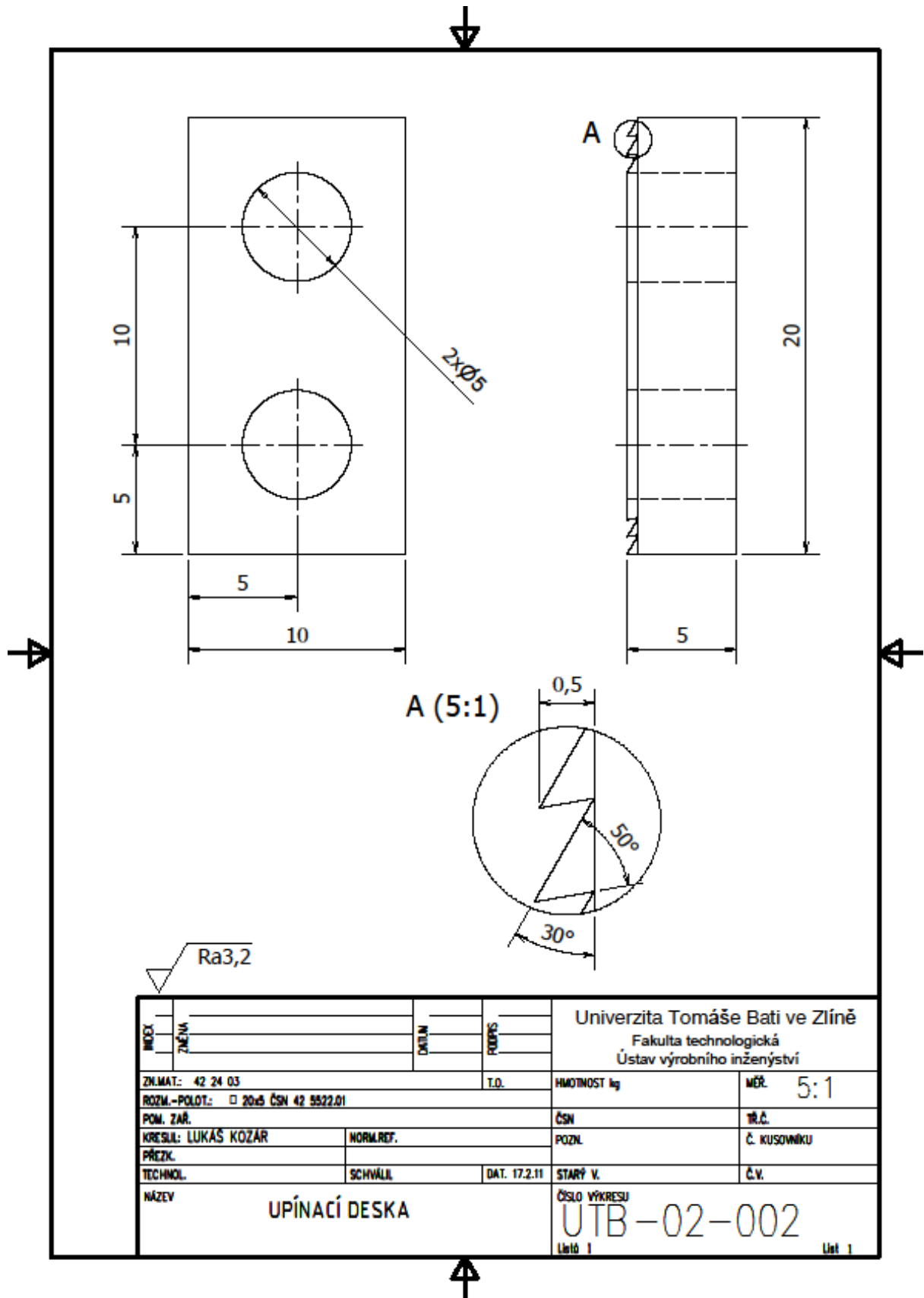


4	ŠROUB M5x8	ISO 4017 M5x0,8	11500	1
3.	OPĚVKA	UTB-1-008		1
2.	ŠROUB M10x20	ISO 4017 M10x1,5	11500	1
1.	UPÍNACÍ TĚLESO PRAVÉ	UTB-1-001		1
PODČÍ		VAZEB - KONA	MATERIAL	J. m. h. g.
Univerzita Tomáše Bati ve Zlíně Fakulta technologická Ústav výrobního inženýringu				
ZNAMENÍ	TO.	PROJEKTOR	PROJEKT	VEŠL. 2:1
PROJEKTANT	PROJEKT	PROJEKTANT	PROJEKTANT	TRČ.
PROJEKTANT	PROJEKTANT	PROJEKTANT	PROJEKTANT	Č. KROUKU
PROJEKTANT	PROJEKTANT	PROJEKTANT	PROJEKTANT	Č. V.
UPÍNACÍ PŘÍPRAVEK PRAVÝ		UTB-01-002		
Lístek 1		Lístek 1		

PŘÍLOHA P III: VÝROBNÍ VÝKRES OPĚRKY

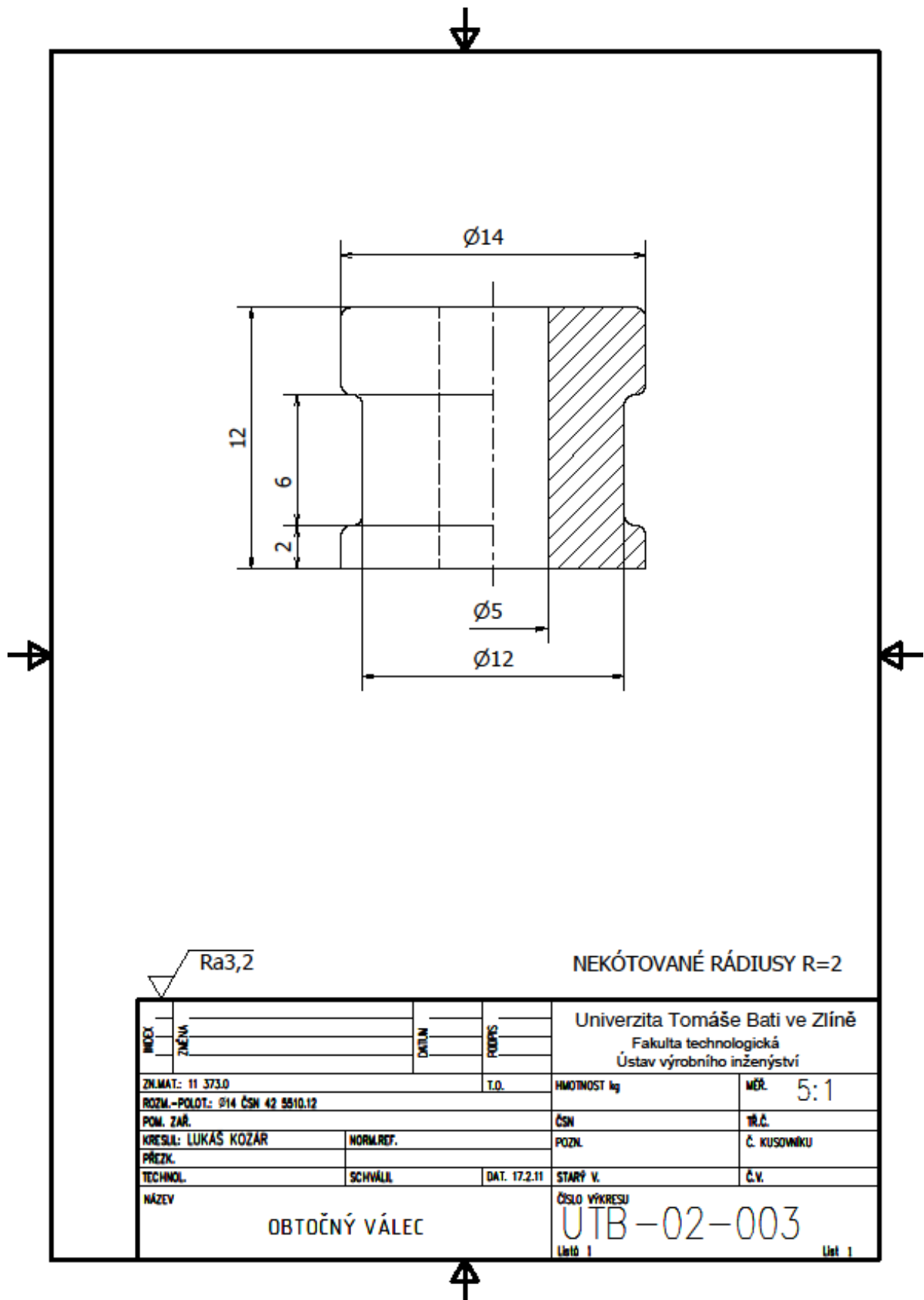


PŘÍLOHA P V: VÝROBNÍ VÝKRES UPÍNACÍ DESKY

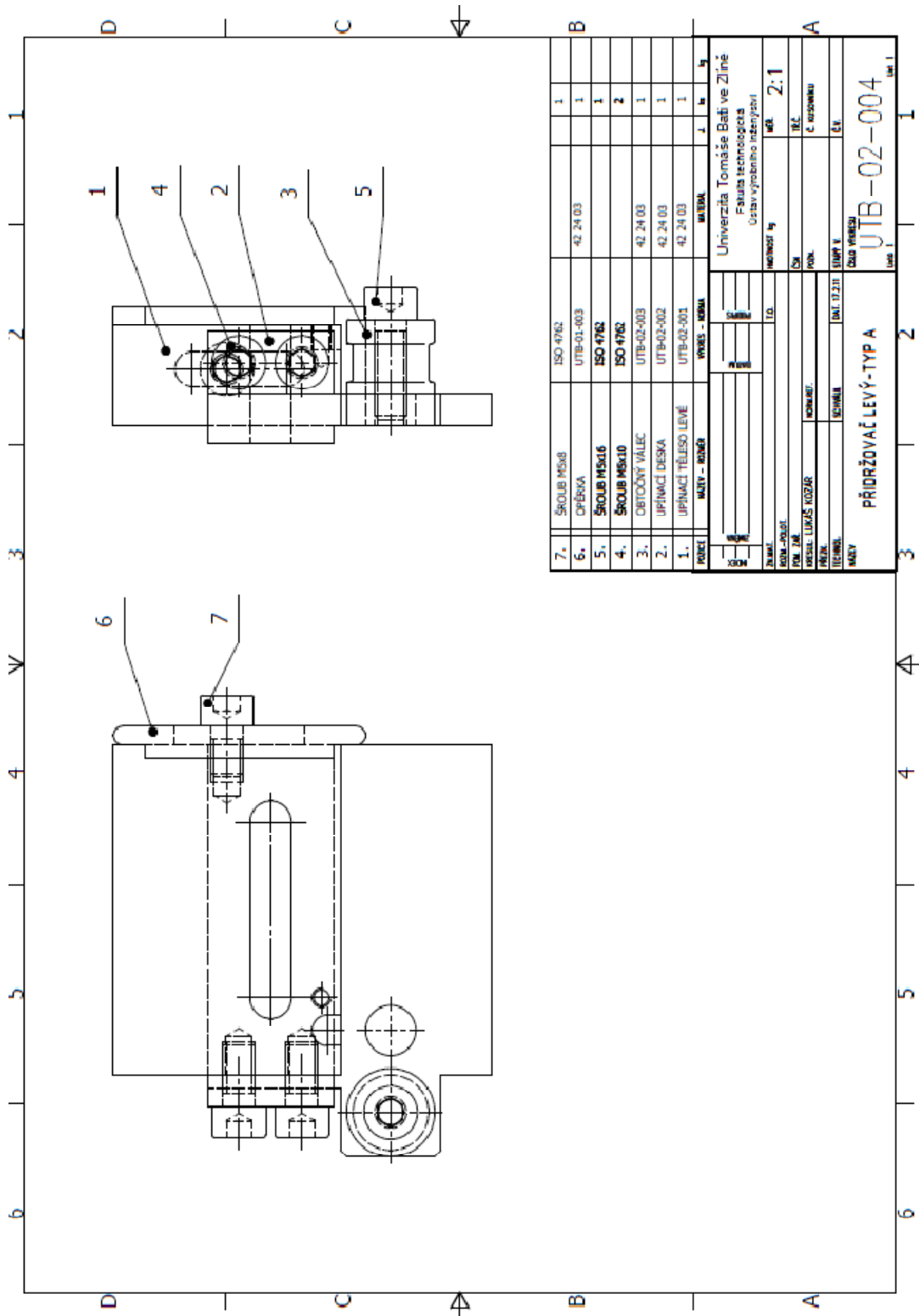


INDEX	ZMĚNA	DATUM	PODPIS	Univerzita Tomáše Bati ve Zlíně Fakulta technologická Ústav výrobního inženýrství	
ZN.MAT: 42 24 03			T.O.	HMOTNOST kg	MĚR. 5:1
ROZM.-POLOH.: □ 20x5 ČSN 42 5522.01				ČSN	TR.Č.
POM. ZAŘ.				POZN.	Č. KUSOVNIKU
KRESLIL: LUKÁŠ KOZÁR	NORM.REF.			STARÝ V.	Č.V.
PŘEZK.	SCHVÁLIL	DAT. 17.2.11			
TECHNOL.					
NÁZEV	UPÍNACÍ DESKA			ČÍSLO VÝKRESU	UTB-02-002
				List 1	List 1

PŘÍLOHA P VI: VÝROBNÍ VÝKRES OBTOČNÉHO VÁLCE

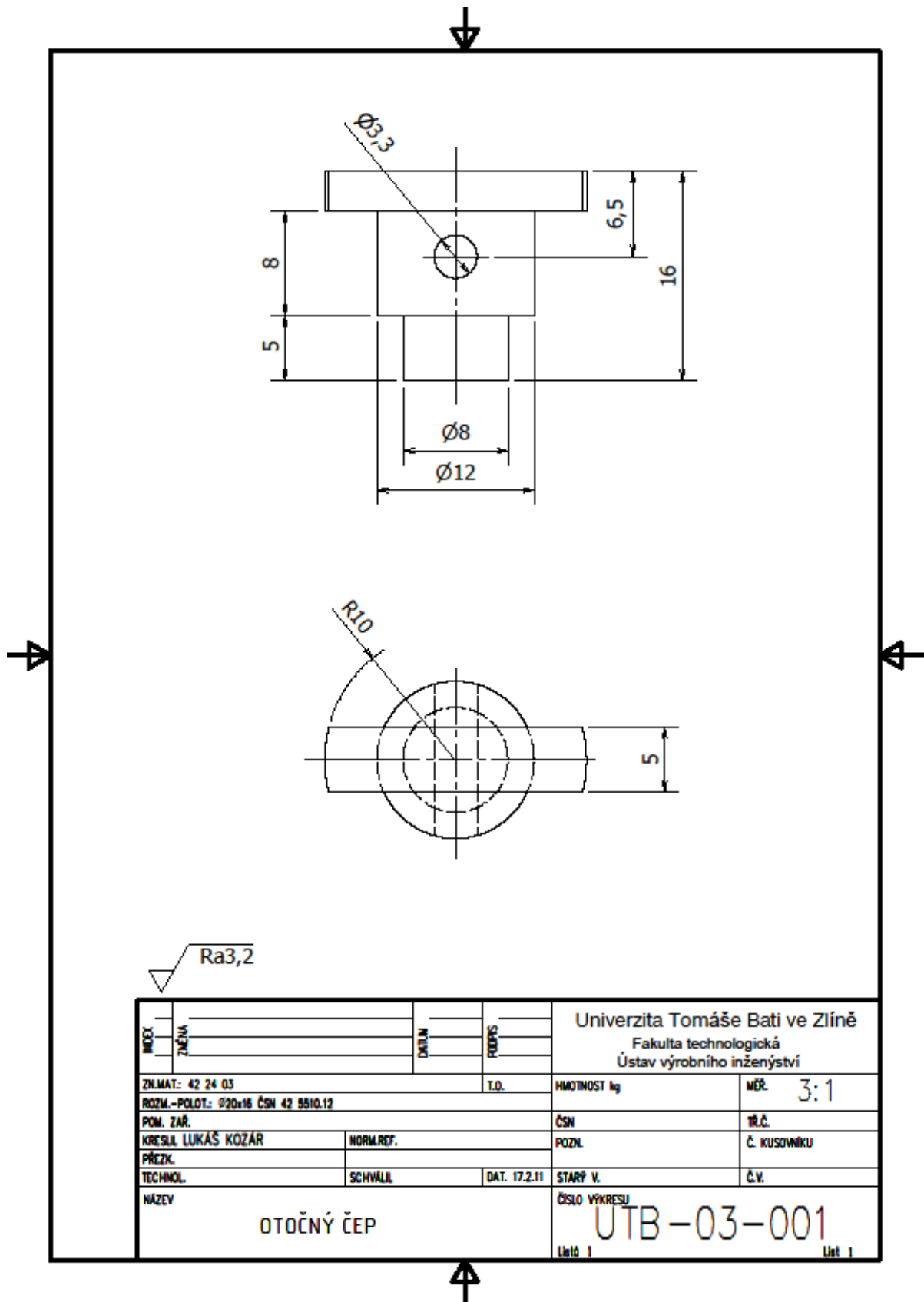


PŘÍLOHA P VII: SESTAVA PŘIDRŽOVAČE LEVÉHO – TYP A



7.	ŠROUB M5x8	ISO 4762		1	h																				
6.	OPĚSKA	UTB-01-003	42, 24 03	1	h																				
5.	ŠROUB M5x16	ISO 4762		1	h																				
4.	ŠROUB M8x10	ISO 4762		2	h																				
3.	OBTOČNÝ VALEČ	UTB-02-003	42, 24 03	1	h																				
2.	UPÍNACÍ DESKA	UTB-02-002	42, 24 03	1	h																				
1.	UPÍNACÍ TĚLESO LEVÉ	UTB-02-001	42, 24 03	1	h																				
<table border="1"> <tr> <td>POVZRCH</td> <td>NAVNÍ</td> <td>h</td> <td>h</td> <td>h</td> </tr> <tr> <td>vnitřní</td> <td>vnitřní</td> <td>h</td> <td>h</td> <td>h</td> </tr> <tr> <td>vnitřní</td> <td>vnitřní</td> <td>h</td> <td>h</td> <td>h</td> </tr> <tr> <td>vnitřní</td> <td>vnitřní</td> <td>h</td> <td>h</td> <td>h</td> </tr> </table>						POVZRCH	NAVNÍ	h	h	h	vnitřní	vnitřní	h	h	h	vnitřní	vnitřní	h	h	h	vnitřní	vnitřní	h	h	h
POVZRCH	NAVNÍ	h	h	h																					
vnitřní	vnitřní	h	h	h																					
vnitřní	vnitřní	h	h	h																					
vnitřní	vnitřní	h	h	h																					
ZNAMENÍ KRESLENÍ PRŮMĚR KRESLEJÍCÍ LUKÁŠ KOZDAR KONTROLA TECHNICKÁ DATUM 10.2.2011																									
UNIVERZITA TOMÁŠE BATI VE ZLÍNĚ FAKULTA TECHNOLOGICKÁ ÚSTAV VÝROBNÍHO INŽENÝRSTVÍ																									
MĚŘITELNOST 1:1 ČÍSLO KRESBY ÚTB-02-004 LIST 1																									

PŘÍLOHA P VIII: VÝROBNÍ VÝKRES OTOČNÉHO ČEPU



PŘÍLOHA P IX: VÝROBNÍ VÝKRES POJISTNÉ DESKY

