

# Ověření vlastností univerzálního zkušebního systému PROMI - PC

Petr Prause

---

Bakalářská práce  
2006



Univerzita Tomáše Bati ve Zlíně  
Fakulta technologická

---

Univerzita Tomáše Bati ve Zlíně

Fakulta technologická

Ústav výrobního inženýrství

akademický rok: 2005/2006

## ZADÁNÍ BAKALÁŘSKÉ PRÁCE

(PROJEKTU, UMĚLECKÉHO DÍLA, UMĚLECKÉHO VÝKONU)

Jméno a příjmení: **Petr PRAUSE**

Studijní program: **B 3909 Procesní inženýrství**

Studijní obor: **Technologická zařízení**

Téma práce: **Ověření vlastností univerzálního zkušebního systému PROMI-PC**

Zásady pro vypracování:

1. Teoretická východiska zkoušky tahem
2. Analýza současného stavu vyhodnocování zkoušek tahem
3. Ověření zkoušky tahem na zařízení PROMI-PC
4. Zhodnocení výsledků zkoušek

Rozsah práce:

Rozsah příloh:

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

Seznam odborné literatury:

1. PTÁČEK,L. a kol.: Nauka o materiálu I. Brno, Akademické nakladatelství CERM, s.r.o., 2002,392 s.
2. PTÁČEK,L. a kol.: Nauka o materiálu II. Brno, Akademické nakladatelství CERM, s.r.o., 2002,505 s.
3. Norma ČSN EN 10002-1 Zkušba tahem. Praha, ČNI 1994, 28 s.
4. Norma ČSN EN 10012 Systémy managementu měření-Požadavky na procesy měření a měřicí vybavení. Praha, ČNI 2003, 36 s.
5. Norma ČSN 01 0250 Statistické metody v průmyslové praxi. Praha, ÚNM. 1975, 114 s.

Vedoucí bakalářské práce:

**Ing. Josef Hrdina**

Ústav výrobního inženýrství

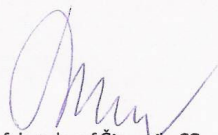
Datum zadání bakalářské práce:

**14. února 2006**

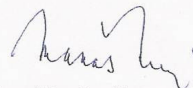
Termín odevzdání bakalářské práce:

**13. června 2006**

Ve Zlíně dne 10. ledna 2006



prof. Ing. Josef Šimoník, CSc.  
*děkan*



doc. Ing. Miroslav Maňas, CSc.  
*ředitel ústavu*

Prohlašuji, že jsem na celé bakalářské práci pracoval samostatně a použitou literaturu jsem citoval

Ve Zlíně, 25.5.2006

.....

Jméno

## **ABSTRAKT**

Abstrakt česky

Cílem mé bakalářské práce je ověření vlastností systému, proto se zaměřím na mechanické namáhání, zvláště na zkoušku tahem u plastů. Jelikož používaný systém je určen především pro tahové a tlakové zkoušky, hlavně plastových součástí. Statická zkouška tahem je nejdůležitější a nejvýznamnější zkouškou. Porovnání budu provádět na dvou na sobě nezávislých přístrojích. Hodnoty následně vyhodnotím a porovnáám. Porovnávám modul pružnosti a mez pevnosti.

Klíčová slova: Bakalářská práce, tahová zkouška, modul pružnosti, mez pevnosti

## **ABSTRACT**

Abstrakt ve světovém jazyce

The goal my work is check system parameters, therefore intent on mechanical straining, especially on tensile test of plastics. Because used system is intended above all for tension and compressive examination, largely plastic part of. Static tensile test is most important and most considerable competitive examinations. Comparison I'll pursue on two on independent apparatus. Funds subsequently evaluate and comparison. Collation modulus of elasticity and strength.

Keywords: Bachelor thesis , tensile test, modulus of elasticity, strength

Tímto bych chtěl poděkovat Ing. Josefovi Hrdinovi za vedení a pomoc při tvorbě mé bakalářské práce.

## OBSAH

ÚVOD.....	7
<b>I. TEORETICKÁ ČÁST.....</b>	<b>8</b>
<b>1 ZKOUŠENÍ MATERIÁLŮ.....</b>	<b>9</b>
1.1 TŘÍDĚNÍ ZKOUŠEK.....	9
<b>2 MECHANICKÉ ZKOUŠKY.....</b>	<b>11</b>
<b>3 STATICKÁ ZKOUŠKA TAHEM A TLAKEM.....</b>	<b>12</b>
3.1 PŘÍPRAVA ZKUŠEBNÍCH TĚLES .....	19
<b>4 NORMY PRO TAH .....</b>	<b>21</b>
<b>5 MECHANICKÉ VLASTNOSTI PLASTŮ.....</b>	<b>22</b>
5.1 STATICKÁ ZKOUŠKA TAHEM – ČSN EN ISO 527-1 .....	24
<b>6 STATISTICKÉ VYHODNOCENÍ ZKOUŠEK .....</b>	<b>26</b>
<b>II. PRAKTICKÁ ČÁST.....</b>	<b>27</b>
<b>7 ZKUŠEBNÍ VZORKY .....</b>	<b>28</b>
<b>8 TAHOVÁ ZKOUŠKA PŘÍSTROJEM PROMI-PC .....</b>	<b>29</b>
8.1 POSTUP MĚŘENÍ .....	30
<b>9 TAHOVÁ ZKOUŠKA PŘÍSTROJEM ZWICK.....</b>	<b>31</b>
9.1 POSTUP MĚŘENÍ .....	31
<b>10 VÝSLEDKY MĚŘENÍ.....</b>	<b>33</b>
10.1 MĚŘENÍ ZWICK 1456 .....	33
10.2 MĚŘENÍ PROMI-PC .....	36
10.2.1 Porovnání měření .....	40
<b>ZÁVĚR.....</b>	<b>41</b>
<b>SEZNAM POUŽITÉ LITERATURY .....</b>	<b>42</b>
<b>SEZNAM POUŽITÝCH SYMBOLŮ A ZKRATEK.....</b>	<b>43</b>
<b>SEZNAM OBRÁZKŮ.....</b>	<b>44</b>
<b>SEZNAM TABULEK.....</b>	<b>45</b>
<b>SEZNAM PŘÍLOH.....</b>	<b>46</b>

## ÚVOD

Na počátku třetího tisíciletí představují polymerní materiály nejvýznamnější segment ze všech materiálů podle objemu výroby a spotřeby[1]. V konkurenci s klasickými materiály, zejména kovy, se polymery prosadily především svojí snadnou zpracovatelností, nízkou měrnou hmotností a obecně výhodným poměrem mezi užitnými vlastnostmi a cenou. V obecném jazyce se označují nejrůznějšími názvy jako makromolekulární látky, plasty, plastické hmoty, umělé hmoty, igelit apod. Dáváme přednost termínu polymer. Tento termín vyjadřuje, že všechny tyto nové materiály jsou založeny na velkých molekulách, v nichž se jako článek řetězu opakuje základní monomerní jednotka.



## **I. TEORETICKÁ ČÁST**

## 1 ZKOUŠENÍ MATERIÁLŮ

Zvyšování nároků na materiál je spjata s jeho zkoušením. Je známa celá řada materiálových zkoušek. Každá má svůj obor použití a informuje nás o chování materiálu za jiných podmínek a umožňují nám poznat vlastnosti materiálů nutné pro jejich účelné využití v provozu. Jedny z nejdůležitějších zkoušek jsou zkoušky mechanické. Jimi se zjišťuje pevnost materiálu při různém způsobu zatížení. výsledky mechanických zkoušek jsou důležitým podkladem pro výpočet. mechanické zkoušky se provádějí obvykle na zkušebních vzorcích. Přitom se předpokládá, že vzorek má stejné mechanické vlastnosti jako materiál výrobku, jehož vlastnosti chceme zjistit. To však nemusí vždy platit, neboť ve výrobcích mohou být různé vnitřní nebo povrchové vady (trhliny, dutiny atd. ), které mohou ovlivnit celkovou pevnost výrobku a přitom vůbec neovlivní zkušební vzorek. ke zjištění těchto vad se používají nedestruktivní zkoušky, tj. zkoušky u kterých nedochází k poruše materiálu. Zvláštní skupinu tvoří zkoušky technologické. Tyto zkoušky umožňují posoudit, je-li materiál vhodný pro určitý druh zpracování[2].

### 1.1 Třídění zkoušek

- a) Mechanické zkoušky – jsou určeny pro zjišťování mechanických vlastností, které nejvýrazněji charakterizují užité vlastnosti výrobků. Udávají informace a základní charakteristiky za předpokladu působení vnějších sil.
- b) Technologické zkoušky – vhodnost zkoušeného materiálu ( polotovarů a polovýrobků) pro mechanické či jiné zpracování je náplní těchto zkoušek (obrobitelnost, tvářitelnost, slévatelnost, chemická aktivita ad.)
- c) Chemické zkoušky – zahrnují metody stanovení chemického složení materiálu jako celku, ale i analýzu mikroobjemu vzorku často bez porušení (polarografie, fotometrie, spektrální analýza, kvantometrie atd.). Podrobněji jsou tyto metody probírány v chemických disciplínách.
- d) Fyzikální zkoušky – jsou určeny ke zjišťování transportních vlastností, elektrických, magnetických, teplotní roztažnosti, tepelné vodivosti, měrné hmotnosti atd. Do této oblasti patří též problematika krystalické stavby kovů a studium poruchy krystalové mřížky. tato problematika je podrobněji konzultována ve speciálních disciplínách fyziky.

- e) Fyzikálně chemické zkoušky – náplní těchto zkoušek jsou metody zkoumání odolnosti materiálů vůči různým druhům agresivního prostředí (chemická a elektrochemická koroze)
- f) Hodnocení struktury – slouží ke studiu nedokonalosti makrostruktury a mikrostruktury, vnitřní stavby materiálů a ke sledování strukturálních změn v důsledku mechanického, tepelného a chemicko-tepelného zpracování konstrukčních materiálů.
- g) Defektoskopické zkoušky – jsou skupiny zkoušek, které informují o vnitřních a povrchových vadách konstrukčních materiálů převážně bez porušení celistvosti výrobků.
- h) Zkouška odolnosti proti opotřebení – uvádí metody zkoušení materiálů, které vykonávají relativní pohyb a proto dochází k jejich opotřebení a tím často ke ztrátě funkčnosti prvků.

## 2 MECHANICKÉ ZKOUŠKY

Při mechanických zkouškách se vytváří v materiálu určité napětí, které se stupňuje až do porušení zkušební vzorku. Mechanickými zkouškami získáváme podklady, které jsou důležité pro ověření mechanických vlastností dodávaného materiálu. Ke zkouškám používáme zvláštní zkušební zařízení a zkoušky provádíme jednotným způsobem, předepsaným normou.

Mechanické zkoušky poskytují nejdůležitější hodnoty pro použití materiálu v konstrukci technologických zařízení, které musí odolávat při zatížení vnějšími silami základním druhům namáhání (tahem, tlakem, ohybem, kroucením, rázem). Jsou to převážně zkoušky destruktivní, při nichž se zkoušený materiál namáhá až do porušení (přetržení, zlomení apod.). Proto se mohou provádět jen na zkušebních vzorcích (zkušebních tělesech), jejichž tvar je normalizován. Zhotovují se buď ze zkušební surového materiálu (tyče, profily, plochy) nebo z nejnámáhanějšího místa dané součásti. Někdy se zkouší podskupiny strojního zařízení, v letectví např. celý trup s křídly, což jsou zkoušky nákladné, avšak z hlediska bezpečnosti nezbytné[3]. Běžné zkoušení materiálů se provádí v laboratořích na speciálních zkušebních strojích, které v daných možnostech imitují aspoň některé druhy skutečných zatížení součástí v provozu.

Mechanické zkoušky lze rozdělit podle různých hledisek (způsobu zatěžování, fyzikální podmínky, stav napjatosti). Nejčastěji je dělíme na zkoušky statické (pomalu narůstající síla příp. síla stálé velikosti) a zkoušky dynamické (síla je v čase proměnná nebo působí rázem).

Statické zkoušky určují chování (hlavně deformaci) materiálu při zatěžování zkušební tělesa klidným zatížením a spojitou pomalou změnou tohoto zatížení. Síla vyvolává deformaci, která většinou vede až k porušení vzorku. Zkoušky statické imitují v praxi nejčastěji se objevující druhy namáhání tj. tah, tlak, ohyb, krut, střih. Mezi základní zkoušky pro hodnocení mechanických vlastností patří zkouška tahem. Zkoušky tlakem a ohybem jsou méně univerzální.

### 3 STATICKÁ ZKOUŠKA TAHEM A TLAKEM

Statická zkouška tahem je nejdůležitější a nejvýznamnější. Statická zkouška tahem má podmínky určené normou (podle zkoušeného materiálu).

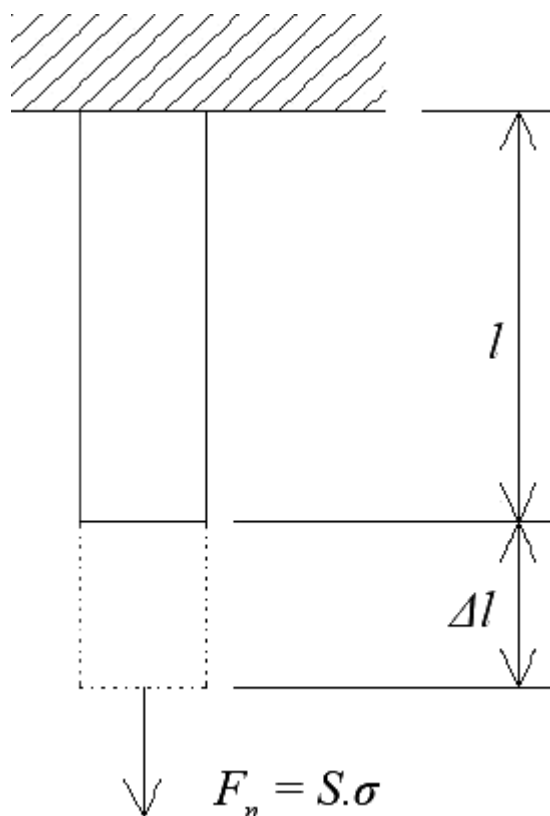
Kovové materiály: ČSN EN 10002-1

Plasty: ČSN EN ISO 527-1

Pryže: ČSN ISO 37

#### Zkouška tahem – ČSN EN 10002-1

Na zkušební těleso se působí ve směru jeho podélné osy (Obr.1) stále se zvětšující silou až do okamžiku, při kterém dojde po určité deformaci k jeho přetržení nebo kdy měřené parametry dosáhnou zvolených hodnot. Zkouška tahem (trhací) je nejrozšířenější statickou zkouškou. Je nutná téměř u všech technických materiálů, protože jí získáme některé základní hodnoty potřebné pro výpočet konstrukčních prvků a volbu vhodného materiálu. Zkoušky tahem se zpravidla nedělají přímo na vyrobené součásti, ale na zkušebních tyčích, jejichž tvary a rozměry jsou normalizovány. Vlastní měřená délka  $l_0$  závisí na průřezu zkušební tyče a je při kruhovém průřezu u dlouhé tyče  $10 d_0$  a u tyče krátké  $5 d_0$  ( $d_0$ =průměr zkušební tyče)[4]. Abychom mohli měřit prodloužení zkušební tyče po přetržení, vyznačíme na ní před zkouškou rysky ve vzdálenosti 10 mm. Trhací zkouškou zjišťujeme pevnost v tahu, poměrné prodloužení, tažnost a zúžení (kontrakci) zkoušeného materiálu. Při všech statických zkouškách vzniká v zatížené součásti napětí. Je to míra vnitřních sil, které vznikají v materiálu působením sil vnějších. Rozeznáváme napětí normálové  $\sigma$  a napětí tečné  $\tau$ . Podíl síly a skutečné plochy průřezu v kterémkoli stadiu zkoušky nazýváme skutečným napětím. Běžně však používáme hodnoty smluvních napětí, protože neuvažujeme změnu průřezu tyče a zatížení vztahujeme na původní průřez  $S_0$ . V průběhu zkoušky se trvale zaznamenává síla a prodloužení tělesa. Vzorky jsou většinou ve tvaru oboustranné lopatky – tzv. osmičky. Volba rychlosti deformace by měla být taková, aby k přetržení došlo kolem 60 sekund. V protokolu je nutné vždy uvádět rychlost deformace, teplotu a relativní vlhkost.



Obr. 1. Působení normálové síly v tahu

Zkušební tyče: jsou normalizované

Pro oceli: kruhové a nekruhové (ploché)

Pro tvrdé plasty: lopatka 150x10x4mm

Pro měkké plasty (pryže): lopatka 115x6x2mm

### Princip:

Zkušební tělesa se zatěžují silou ve zkušebním stroji pomalu rostoucí silou až do přetržení. Zjišťuje se závislost mezi působící silou  $F$  a deformací zkušební tyče. Zkušební tyč o průřezu  $S_0$  [mm<sup>2</sup>] a měřené délce  $l_0$  [mm] je namáhána ve směru své osy silou  $F$  [N]. Zatížená tyč se prodlouží z původní měřené délky  $l_0$  na hodnotu  $l$  o  $\Delta l$ . Původní průřez  $S_0$  se změní na průřez  $S$ . Síla  $F$  vyvodí ve zkušební tyči normálové napětí  $\sigma$

$$\sigma = \frac{F}{S_0} [MPa] \quad (1)$$

$\sigma$  je smluvní hodnota, protože zatížení vztahujeme na původní plochu průřezu  $S_0$ .

Celkové trvalé prodloužení je  $\Delta l = l - l_0$  a poměrná deformace pak:

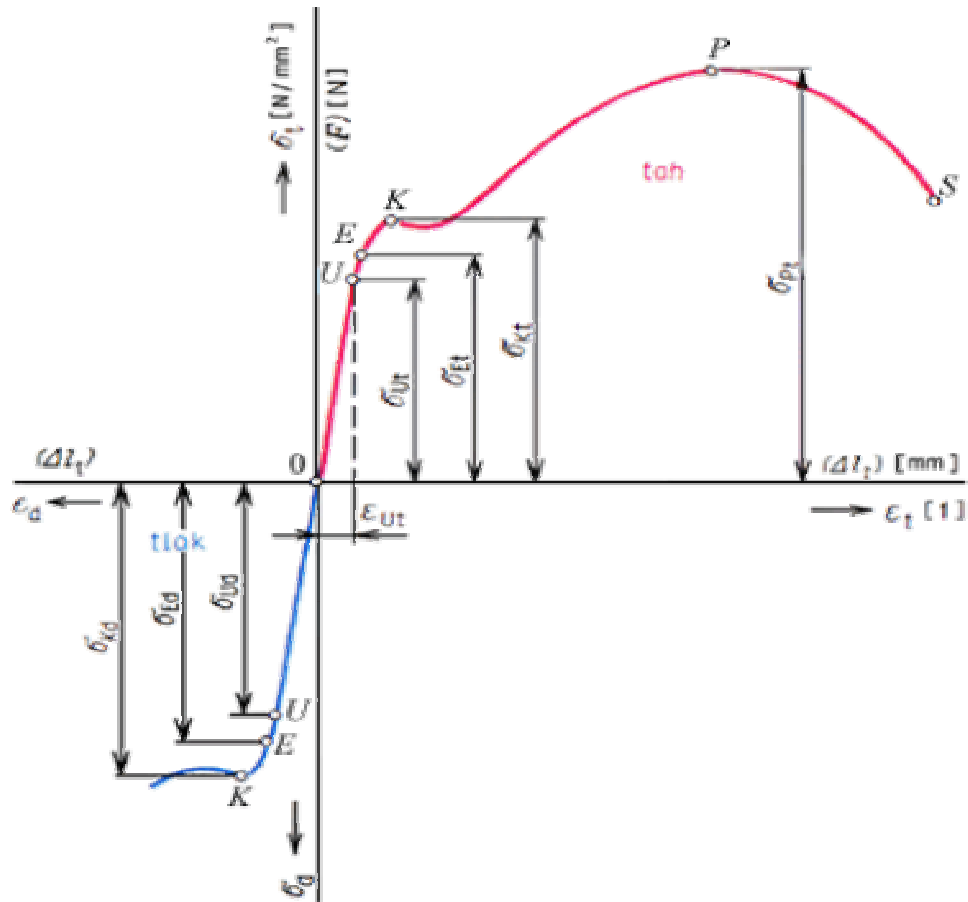
$$\varepsilon = \frac{\Delta l}{l_0} [-] \quad (2)$$

### **Zkouška tlakem – ČSN EN ISO 604**

Při deformaci v tlaku nastává zkracování zkušebního tělesa.

U tuhých, tvrdých a křehkých plastů napětí v tlaku stoupá do meze pevnosti, která je destrukční mezí. Překročí-li napětí mez pevnosti, dojde k roztržení nebo pomalejšímu rozdrcení materiálu. Často dochází k výskytu trhlin na povrchu zkušebního tělesa, aniž by došlo k velké deformaci a byla porušena celková soudržnost. Při stlačování houževnatých a měkčích plastů se těleso deformuje, aniž by docházelo k jeho viditelné destrukci. Tlakové vlastnosti jsou konstrukčně zajímavé do meze kluzu. V průběhu zkoušky se stanovuje síla (napětí) a odpovídající stlačení (poměrné stlačení) zkušebního tělesa (Obr.2).

Zkušební tělesa mají tvar hranolu, válce nebo trubky – délka 10 až 50 mm, šířka 10 mm, tloušťka 4 mm.



Obr. 2. Diagram tahové a tlakové zkoušky

**HOOKEŮV ZÁKON:**

$$\sigma = E \cdot \varepsilon \quad (y = k \cdot x), \quad (3)$$

kde: E- materiálová konstanta- MODUL PRUŽNOSTI V TAHU

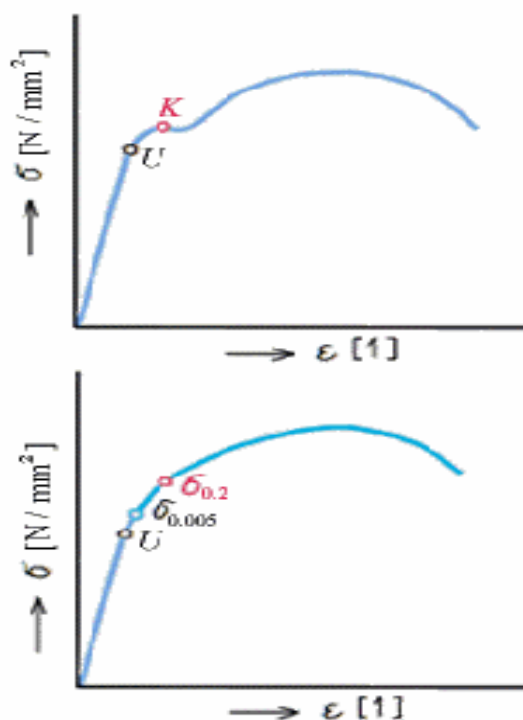
směrnice počáteční přímkové části diagramu (tangenta úhlu  $\alpha$ ) odpovídá modulu pružnosti v tahu E:

$$E = \operatorname{tg} \alpha = \frac{\sigma}{\varepsilon}, [MPa] \quad (4)$$

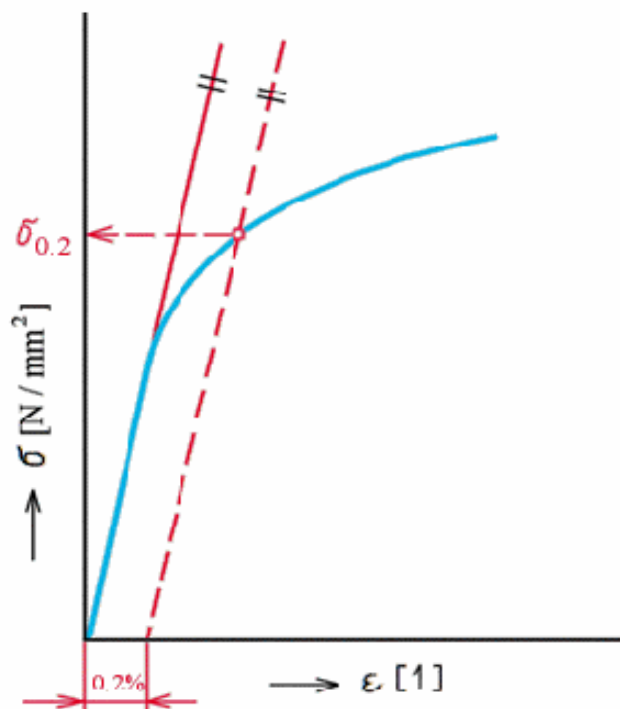
Z diagramu vidíme, že zpočátku je prodloužení tyče přímo úměrné vzrůstajícímu zatížení, a to až do bodu U. Napětí  $\sigma_U$ , odpovídající bodu U, nazýváme mez úměrnosti a definujeme ji jako mezní napětí, při němž je prodloužení ještě přímo úměrné napětí (Hookův zákon). V dalším průběhu zkoušky přestává být prodloužení přímo úměrné zatížení. Až po bod E je protažení pružné, tj. po odlehčení nabývá tyč původních rozměrů. Napětí  $\sigma_E$  odpovídající bodu E je mez pružnosti a definujeme ji jako mezní napětí, které po odtížení (úplném od-



lehčení) nevyvolává trvalé deformace. Zvětšujeme-li zatížení dále, nastává přetváření plastické (trvalé) a tyč po odlehčení již nenabude původní délky. Napětí  $\sigma_{Kt}$  odpovídající bodu  $K$  označujeme jako mez kluzu v tahu a definujeme je jako nejmenší napětí, při němž nastávají podstatné deformace, které někdy dočasně pokračují, aniž se zároveň zvyšuje napětí. V technické praxi se za mez pružnosti bere napětí způsobující první trvalou deformaci. Je to smluvní hodnota pro trvalou deformaci zkušební tyče 0.005 % původní měřené délky  $l_0$ . Označujeme ji  $\sigma_{Et 0.005}$ , krátce  $\sigma_{0.005}$  (Obr.3). Zjišťování této meze je velmi obtížné a zdoluhavé. U některých materiálů prodleva nenastane a mez kluzu nelze zjistit. Proto jako běžnou smluvní hodnotu bereme napětí, které způsobí trvalé prodloužení 0.2%, tj.  $\sigma_{0.2}$ . Zjišťujeme je buď graficky (Obr.4)[5] nebo měřicím zařízením (průtahoměry). Od bodu  $K$  jde čára diagramu téměř vodorovně, kov jako by tekl, tj. tyč se prodlužuje, aniž vzrůstá zatížení. Někdy se objeví i malý pokles napětí. Při dalším zvětšování zatížení se tyč prodlužuje mnohem rychleji než vzrůstá zatížení. Bodu  $P$  na vrcholu křivky odpovídá největší napětí  $\sigma_{Pt}$  (mez pevnosti v tahu čili pevnost v tahu). Při napětí odpovídajícím bodu  $S$  se tyčka přetrhne (skutečné napětí při přetržení je menší než pevnost v tahu).



Obr. 3. Pracovní diagram oceli s výraznou a bez výrazné meze kluzu



Obr. 4. Grafické stanovení  $\sigma_{0,2}$  z pracovního diagramu

#### $\sigma_U$ - mez úměrnosti

- deformace je přímo úměrná napětí – oblast platnosti Hookeova zákona

#### $\sigma_E$ - mez pružnosti

- smluvně se určuje jako napětí vyvolávající trvalou deformaci  $\epsilon=0,005\%$  původní naměřené délky  $l_0$

#### $\sigma_K$ ( $R_y$ ) - mez kluzu (viditelná jen u některých tvárných materiálů (nizkougliková ocel)

- počátek trvalé deformace, smluvně se určuje pro trvalou deformaci  $\epsilon = 0,2\%$  ( $\sigma_{0,2}$ )

$$(\sigma_K)R_y = \frac{F_y}{S_0} [MPa] \quad (5)$$

#### $\sigma_P$ ( $R_m$ ) - mez pevnosti

- při dalším zvyšování zátěže se tyč prodlužuje po celé délce  $l_0$  rovnoměrně. Bod P, kde zatěžovací síla je maximální se stanoví mez pevnosti v tahu

$$(\sigma_p)Rm = \frac{F_{\max}}{S_o} [MPa] \quad (6)$$

### $\sigma_s$ (Rb) - mez přetržení

- po Rm dochází ke tvorbě krčku – zátěžná síla klesá

$$(\sigma_s)Rb = \frac{F_b}{S_o} [MPa] \quad (7)$$

**Poměrné prodloužení  $\varepsilon$**  je dáno poměrem změny délky k původní délce zkušební tyče  $l_0$ :

$$\varepsilon = \frac{l - l_o}{l_o} = \frac{\Delta l}{l_o} \frac{[mm]}{[mm]} [-] \quad (8)$$

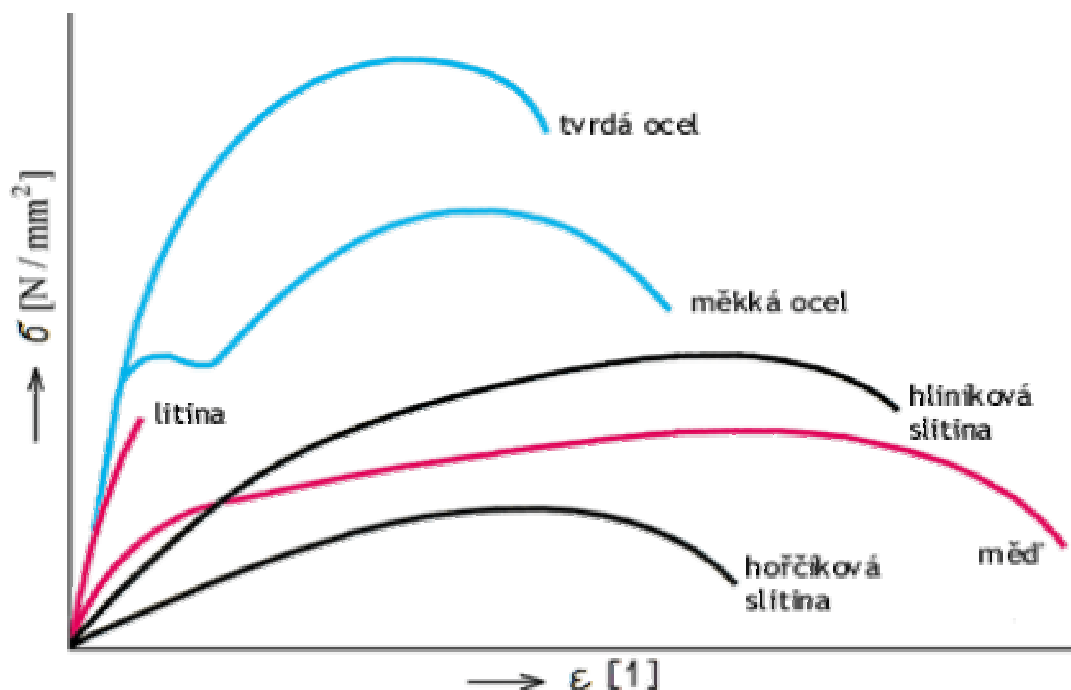
**Tažnost A** je poměrné prodloužení vyjádřené v procentech původní délky:

U tažnosti uvádíme indexem ( $A_5$ ,  $A_{10}$ ), zda byla získána na krátké či dlouhé tyči.

$$A = \frac{l - l_o}{l_o} = \frac{\Delta l}{l_o} \cdot 100 [\%] \quad (9)$$

**Poměrné zúžení (kontrakce) Z** je dána poměrem zúžení průřezu tyče po přetržení ( $S_0-S$ ) k původnímu průřezu tyče  $S_0$ . Vyjadřujeme ji v procentech:

$$Z = \frac{S_o - S}{S_o} \cdot 100 [\%] \quad (10)$$



Obr. 5. Diagram tahové zkoušky - srovnání různých materiálů[6]

### 3.1 Příprava zkušebních těles

1) přímo ze zkoušených materiálů – příprava vulkanizací, lisováním, vstřikováním, odléváním v příslušných formách s tvarem zkušebního tělesa

2) z hotových výrobků nebo polotovarů vysekáváním nebo frézováním

ČSN 64 0210

ČSN ISO 293

ČSN EN ISO 2818

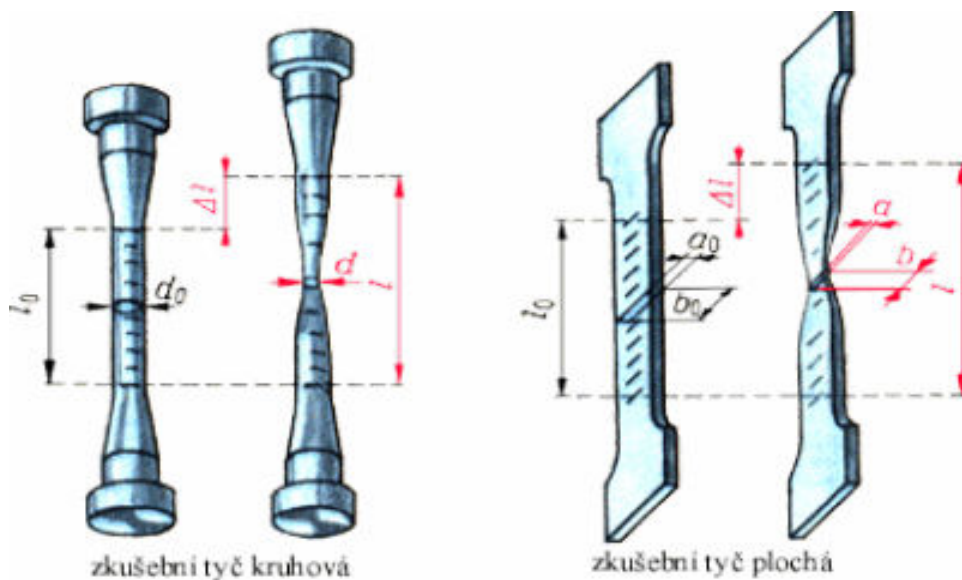
ČSN EN ISO 294-1

Zkušební tělíska (Obr.6):

Pro oceli: kruhové a nekruhové (ploché)

Pro tvrdé plasty: lopatka 150x10x4mm

Pro měkké plasty (pryže): lopatka 115x6x2mm



Obr. 6. Zkušební tělíska

### Kondicionování

Zkušební tělesa, která budou podrobena fyzikálním či mechanickým zkouškám nesmí být předem vystavena mechanickému, fyzikálnímu či chemickému namáhání, které by mohlo výsledky zkoušek ovlivnit.

Před provedením vlastní zkoušky je nutné materiál nechat odležet až dosáhne rovnovážného stavu z hlediska teploty a vzdušné vlhkosti.

Tzv. historie vzorku se má kondicionováním vyrovnat.

Kondicionování spočívá v tom, že se vzorky nechají určitou dobu odležet v klimatizovaných prostorách za podmínek smluvní teploty a relativní vlhkosti.

ČSN EN ISO 291

Doba kondicionování je závislá na teplotě přípravy vzorku, jeho tloušťce, tepelné vodivosti, atd.

Kondicionování se provádí v klimatizačních skříních s regulací teploty, vlhkosti a cirkulací vzduchu.

Mechanické kondicionování se provádí u pryže (opakované deformace vedou ke změně tuhosti).

## **4 NORMY PRO TAH**

Základní zkoušky napěťových a deformačních charakteristik

Kovové materiály - zkouška tahem - má pět částí

ČSN EN 10 002-1 Zkouška tahem za okolní teploty

ČSN EN 10 002-2 Ověřování siloměrného ústrojí zkušebních strojů

ČSN EN 10 002-3 Kalibrace zařízení k ověřování siloměrných ústrojí zkušebních strojů

ČSN EN 10002-4 Ověřování průtahoměrů používaných při zkoušce jednoosým zatěžováním

ČSN EN 10 002-5 Zkouška tahem za zvýšených teplot

ČSN EN ISO 527 (ČSN 640604) Tahová zkouška pro plasty

ČSN EN 658 Tahová zkouška keramické kompozity

ČSN ISO 37 Tahová zkouška pro pryže

## 5 MECHANICKÉ VLASTNOSTI PLASTŮ

Mechanické vlastnosti polymerů jsou odrazem jejich:

Chemického složení

Velikosti a tvaru makromolekul

Molekulární struktury (amorfní, krystalické)

Ale také závislosti na teplotě a na čase

Vlastnosti plastů:

Hustota (900-2200) kg/m<sup>3</sup>

Pevnost v tahu (30-80) MPa

Tepelná odolnost trvalá (60-90) °C u běžných termoplastů

(100-120) °C u běžných reaktoplastů a elastomerů

Teplotní roztažnost (průměrně 10) krát větší jak u oceli

Tepelná vodivost (100-200) krát menší jak u oceli

Hořlavost většinou pomalu hoří nebo pohasínají

Elektroizolační vlastnosti (velmi dobré pokud hmota nenavlhá)

Chemická odolnost (nekorodují vodou, odolnost proti chemikáliím)

Zpracovatelnost (snadná a levná zvláště u termoplastů)

Termoplasty – působením tepla měknou a naopak

Reaktoplasty (dříve termosety) – působením tepla se vytvrzují přecházejí nenávratně do netavitelného stavu

Elastomery – mají typickou kaučukovitou pružnost

V soustavě technických materiálů se plasty včleňují mezi kovy a ostatní nekovové materiály a proto přejímají v praxi funkci obou skupin. Z nekovových materiálů vytlačují sklo a porcelán, kůži, textilní vlákna atd. Nastupují na místo kovů v užitkových předmětech, kde

mechanické vlastnosti ustupují pěknému vzhledu a chemické stálosti. U technických výrobků mohou plasty nahradit zinek a jeho slitiny, slitiny olova a mnohdy i mosaz

Mechanické vlastnosti jsou závislé na struktuře, teplotě prostředí a čase. Pevnost v tahu, tlaku a stříhu klesá s růstem teploty rychlostí, která je závislá na molekulární struktuře. Vzhledem k viskozitě a elastickým vlastnostem plastů je nutné brát v úvahu především změnu modulu pružnosti teplem. Zahříváním, vlivem přechodu polymerů ze sklovitého stavu (prochází teplotou zesklenní, teplotou křehnutí, do stavu kaučukovitého), se snižuje a jde-li o lineární polymer, ztrácí elasticitu a tavit se.

Pevnost v tahu plastů je v porovnání s oceli nízká a je také u různých druhů jiná 20 až 50 MPa některé druhy PA až 75 Mpa. Přesto, díky svým specifickým vlastnostem, mohou v některých případech konkurovat kovům.

Kluzné vlastnosti mají některé polymery velmi dobré, neboť koeficient tření je ve srovnání s oceli i barevnými kovy je velmi nízký i bez jakéhokoliv mazání. proto se používají na kluzná ložiska, hlavně tam kde je problematické mazání.

Odolnost proti opotřebení je různá u různých druhů polymerů. Amorfni polymery vykazují větší odolnost proti abrazi, obsahují-li změkčovadla, která snižují jejich přechodovou teplotu  $T_E$  a modul pružnosti a zvyšují oblast kaučukovitého stavu.

U polymerů nás zajímá především jejich mechanická pevnost proti různým působením síly. Zkušební metody lze rozdělit

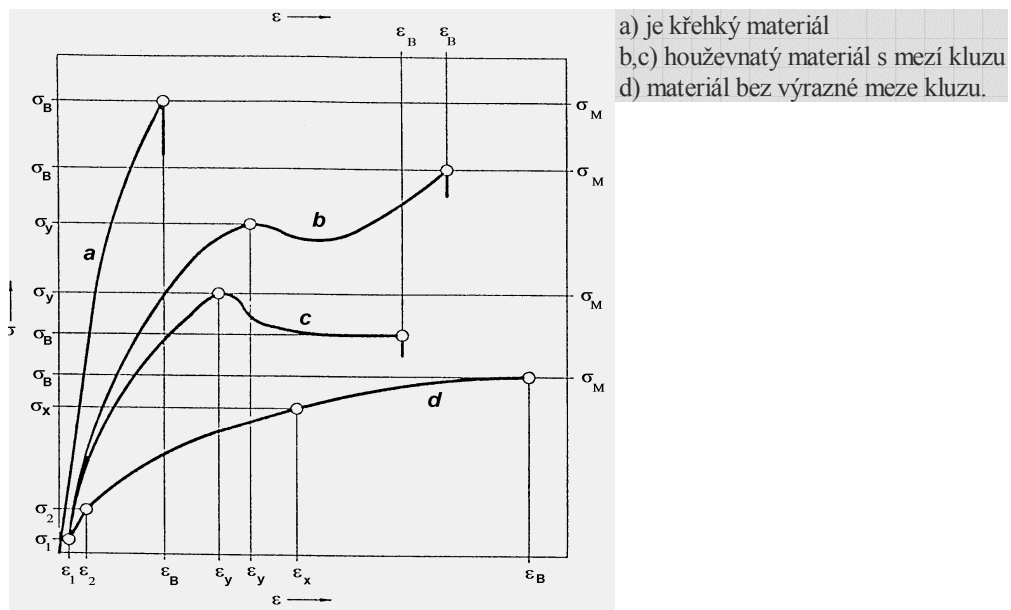
- a) statické – při těchto zkouškách je materiál namáhán pomalu měnícími se silami. Síla se zvyšuje rovnoměrně do okamžiku destrukce tělesa
- b) dynamické – působení síly se mění buď rázem nebo za velmi krátký časový úsek. Někdy se pracuje také tak, že působení síly je dlouhodobé, ale její velikost se mění periodicky v extrémně krátké době.



## 5.1 Statická zkouška tahem – ČSN EN ISO 527-1

V případě plastů ČSN EN ISO 527 (ČSN 640604) je norma pro tahové zkoušky rozdělena opět na pět částí, ale na rozdíl od kovů se jednotlivé části vztahují k různým druhům materiálů (Obr.7).

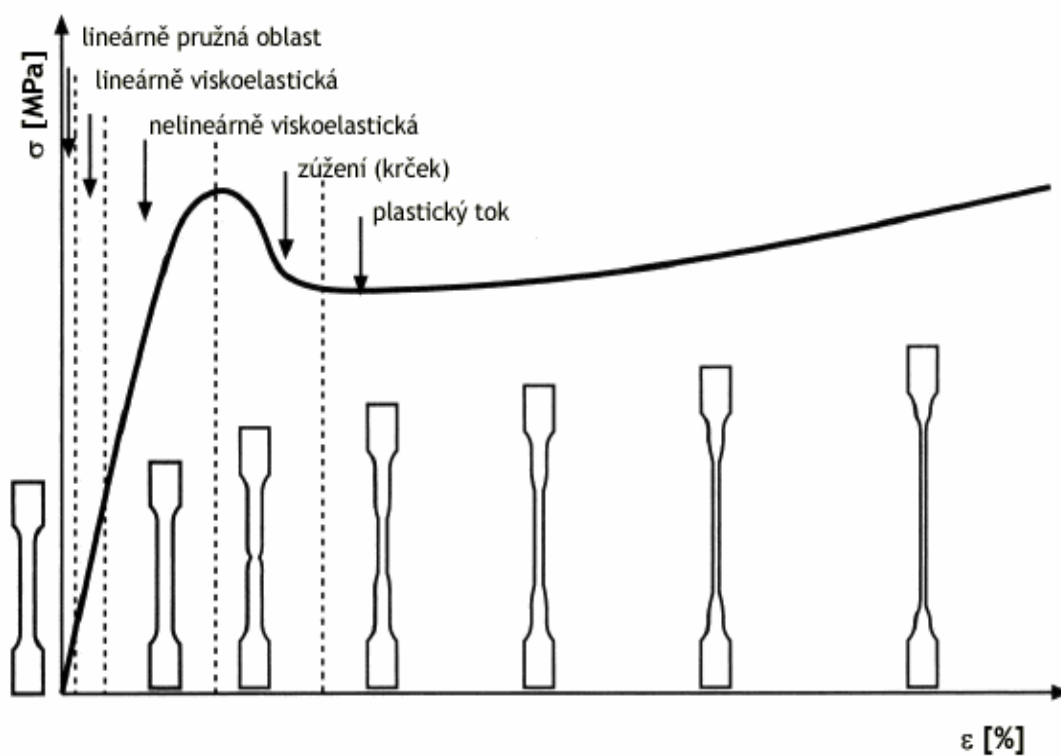
Část -1) základní principy, -2) tvářené plasty, -3) folie-desky, -4) isotropní a orthotropní plastové kompozity. – 5) kompozity vyztužené jednosměrnými vlákny. Symboly se ve srovnání s normou pro kovy liší. Z charakteristik se určují pouze charakteristiky napět'ové.



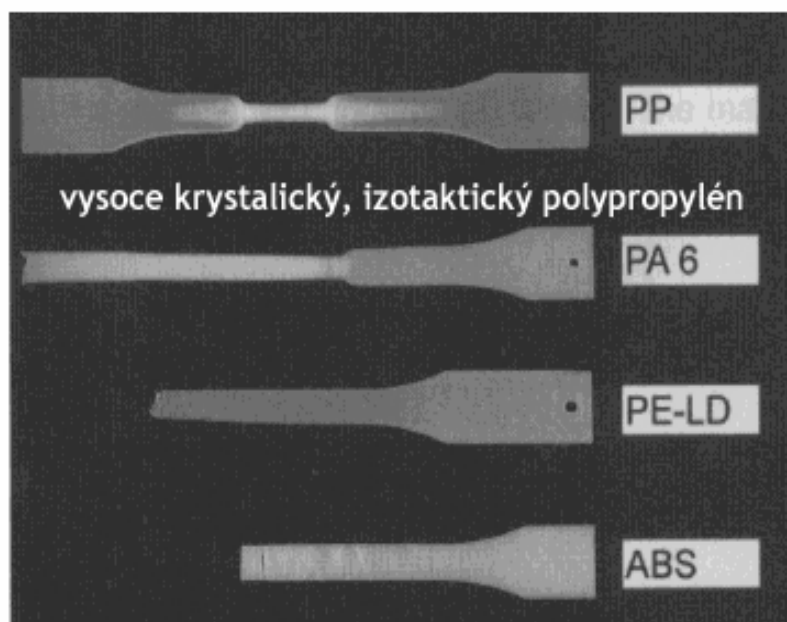
Obr. 7. Diagram tahové zkoušky

Jednotlivé symboly  $\sigma_M$  mez pevnosti v tahu,  $\sigma_B$  lomové napětí v tahu,  $\sigma_y$  napětí na mezi kluzu,  $\sigma_x$  smluvní napětí pro x%ním poměrném prodloužení (na rozdíl od kovů se zde bere deformace celková, plastová norma nezná pojem plastické deformace).

Praktické provedení zkoušky tahem je obdobné jako u materiálů kovových, obdobné jsou i vzorce pro výpočet  $R_m$ ,  $A$ ,  $Z$ . Patří k nejpoužívanější zkoušce.



Obr. 8. Deformační křivka semikrystalického termoplastu



Obr. 9. Porušení materiálu při tahové zkoušce

## 6 STATISTICKÉ VYHODNOCENÍ ZKOUŠEK

Výsledky zkoušek jednotlivých sad zkušebních vzorků kompozitních materiálů jsou statisticky vyhodnocovány. U každé sady vzorku je určena:

### 1. Průměrná hodnota sady

$$\bar{x} = \frac{\sum_{i=1}^n x_i}{n} \quad (11)$$

kde:

$x_i$  hodnota zpracovávané veličiny

$n$  počet zpracovávaných vzorků

### 2. Směrodatná odchylka

$$s_{n-1} = \sqrt{\frac{\sum_{i=1}^n x_i^2 - n \cdot (\bar{x})^2}{n-1}} \quad (12)$$

kde:

$x_i$  hodnota zpracovávané veličiny

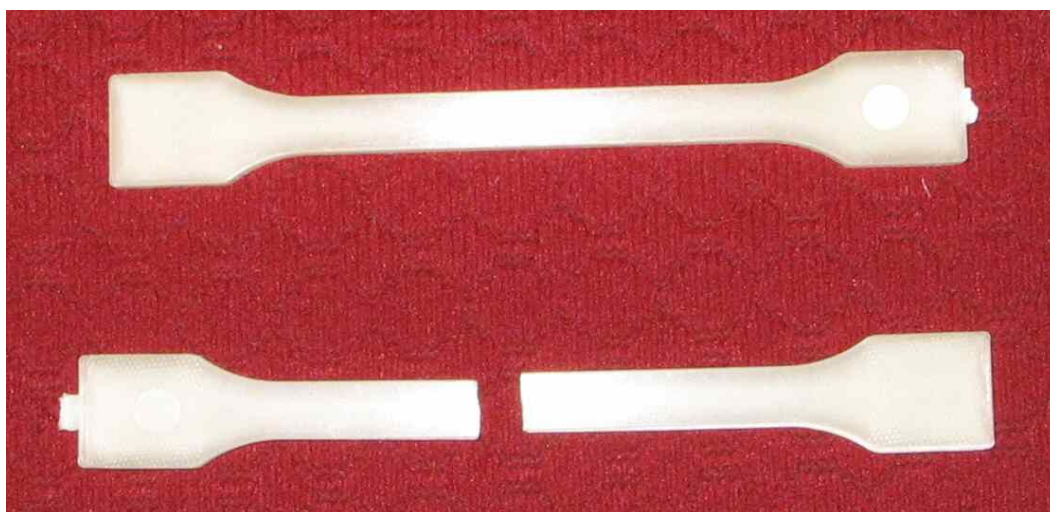
$n$  počet zpracovávaných vzorků

$\bar{x}$  průměrná hodnota zpracovávaných vzorků

## **II. PRAKTICKÁ ČÁST**

## 7 ZKUŠEBNÍ VZORKY

Zkoušené vzorky představovaly normalizované plastové lopatky (Obr.10). Vzorky byly vyrobeny vstříkovaním. Materiál je polypropylen s 30 % skleněných vláken (PP GF30), označení je shodné s obchodním názvem Slovalen (PH49GF30), vyráběným slovenskou firmou Plastcom (Příloha1). Potřebné rozměry jsou délka  $L_0$ , tloušťka  $a_0$  a šířka  $b_0$ . Hodnoty  $a_0$  a  $b_0$  jsou potřebné ke zjištění průřezu  $S_0$  a následnému přepočítání zatěžující síly na napětí. Hodnota  $L_0$  je potřebná k výpočtu poměrného prodloužení  $\epsilon$ . Při zvětšující se zatěžující síle dochází k natahování a při překročení meze pevnosti dojde k přetržení. Na přetrženém vzorku jsou patrné pukliny.



*Obr. 10. Zkušební vzorky*

## 8 TAHOVÁ ZKOUŠKA PŘÍSTROJEM PROMI-PC

Zcela nový univerzální zkušební systém „Promi-PC“ (Obr.11). Jedná se o plně automatizované zkušební zařízení řízené personálním počítačem určené pro velmi širokou škálu zkoušek tahem, tlakem, kombinovaným ohybem a dalších zkoušek vyžadujících měření síly a výchylky. V praxi nalezne tento systém uplatnění nejen ve strojírenském a automobilním průmyslu, ale také v oblasti testů v textilních a farmaceutických oblastech. Systém je koncipován na maximální zatížení 3 kN. Pracovní zdvih je standardně 450mm, v případě zájmu lze navrhnout a vyrobit i stativ s jinou pracovní výškou. Sestava tohoto systému je velmi skromná. Skládá se z robustního motorického stativu, který byl vyvinut z již osvědčeného poloautomatického systému „Promi stat-mot 3000“ a řídicího PC. Posuv zkušebního stativu je vyvozen přesným kuličkovým šroubem a maticí pomocí digitálně řízené jednotky. Tato jednotka je ovládána počítačem s operačním prostředím Windows a nastavbovým softwarem „Promi-PC“.Upínací zařízení je tvořeno čelistmi, které jsou ovládány pružinovým systémem a jsou usazeny v kuželovém sedle. Při samotné zkoušce se přenáší údaje z přístroje do počítače, které se zobrazují na monitoru. Zobrazovanými hodnotami jsou čas (s), dráha (mm) a zatěžující síla  $F$  (N). Ze zjištěných hodnot tahové zkoušky se vytváří graf v závislosti na zatěžující síle a dráze. Získané hodnoty lze přenést do Excelu, pro další námi zvolené zpracování. Graf vytvořený systémem PROMI-PC lze vyjmout a dále používat už jen jako obrázek. Ze zobrazených hodnot a ze známých vzorců, lze dopočítat modul pružnosti a napětí.



Obr. 11. PROMI-PC

## 8.1 Postup měření

Postup měření na systému PROMI-PC. Zapneme počítač a přístroj. Na počítači si otevřeme příslušný program a v něm si vytvoříme novou úlohu. Nadefinujeme požadované hodnoty. Rychlost zatěžování 20mm/min, pokles síly, předpětí, časovou prodlevu pro bezpečné vyjmutí atd. Ručním posuvem si najedeme na takovou vzdálenost , abychom bezpečně upnuli zkoušené těleso do upínacích čelistí. Po upnutí se spustí požadovaný proces kliknutím na tlačítko START. Jakmile je přístroj v chodu pozorujeme na monitoru získané hodnoty, které lze později zpracovat. Při přetržení a tedy poklesu síly se proces zastaví na dobu námi zvolenou, abychom mohli přetržený vzorek vyjmout. Při následujícím pohybu dolů do výchozí polohy, by mohlo dojít k poškození čelistí nebo přístroje. Vyhodnocené údaje označíme a vložíme do tabulkového souboru v našem případě Excelu. Kde si vytvořím graf s kterým mohu nadále pracovat. Do grafu vytvořeného systémem nelze již vpisovat nebo jej jakkoliv měnit. Po uložení dat se do čelistí vloží nové tělísko a odstartuje se nový cyklus. Při nesrovnalosti se systém zastaví kliknutím na tlačítko STOP, při kolizi se použije stop tlačítko stroje CENTRAL STOP.

## 9 TAHOVÁ ZKOUŠKA PŘÍSTROJEM ZWICK

Na přístroji ZWICK 1456 (Obr.12) se mohou vzorky zkoušet na tah, tlak, ohyb a cyklické namáhání. Oproti přístroji PROMI-PC je vhodný i pro větší tělesa, maximální zátěž nesmí překročit 20 kN. Zkušební rychlost má rozmezí 0,001 – 750 mm/min. Celek jako takový obsahuje počítač s příslušenstvím a vlastní přístroj, který se skládá ze stojanu upínacího zařízení. Upínací zařízení je tvořeno čelistmi, které jsou ovládány pružinovým systémem a jsou usazeny v kuželovém sedle. Při samotné zkoušce se přenáší údaje z přístroje do počítače, které se zobrazují v tabulce. Program testXpert V 10.1 zjištěné hodnoty zrovna přepočítává a z vypočtených hodnot pak vytváří graf. Graf je vytvořen v závislosti napětí na deformaci  $\varepsilon$  (%). Poměrné prodloužení se zde vypočítá pomocí  $L_0$ , která zde není stejná jako u systému PROMI-PC, což znamená, že zde nebere v úvahu délku zkušebního vzorku, ale vzdálenost hrotů extenzometru. Program vyhodnotí i statistiku.



Obr. 12. Systém ZWICK 1456

### 9.1 Postup měření

Postup měření se systémem ZWICK 1456. Zapneme počítač a přístroj. Na počítači si otevřeme příslušný program a v něm si otevřeme novou složku. Z nabídky vybereme námi



požadovaný průběh grafu, četnost zapisování dat. Jako u předešlého systému navolíme rychlost zatěžování 20mm/min, a najedeme si výchozí polohu pro vhodné upnutí vzorku, aby nám dostatečně držel a nedošlo k vyjetí z upínacích čelistí. Po upnutí do čelistí se na trhaný vzorek přiloží extenzometr. Ten se tam dává pro přesné zjištění modulu pružnosti  $E$ . Kdyby tam extenzometr nebyl započítávaly by se do měření veškeré chyby, jako třeba povyjetí z čelistí nebo vůle čelistí, stroje a to je pro nás nežádoucí. Máme-li vzorky různých tloušťek a délek můžeme si navolit, jestli se nám mají jednotlivé cykly ukládat do jedné série nebo do několika subsérií. Po přiložení extenzometru a než spustíme program musíme nadefinovat rozměry vzorku. Posuvkou změříme vzorek a do políčka  $a_0$  označujícího tloušťku zadáme pomocí klávesnice námi naměřený rozměr, to samé provedeme u políčka  $b_0$ . Zatěžující rychlost již máme navolenou 20mm/min a už stačí jen kliknutí na tlačítko START. Jakmile je přístroj v chodu pozorujeme na monitoru získané hodnoty, které program zpracoval. Po přetržení odděláme extenzometr a vyjmeme přetržený vzorek. Někdy se stane, že nám při vyndávání malé části vzorků spadnou do držáku čelistí a my je pak neotevřeme, tak je potřeba uvolnit čelisti povolením šroubů a kousky vzorků z dosedacích ploch odstranit. Po vyčištění čelisti vložíme na místo a přitáhneme šrouby. A opět celý cyklus opakujeme. Získané hodnoty měření a grafy si můžeme přenést do vhodných souborů.

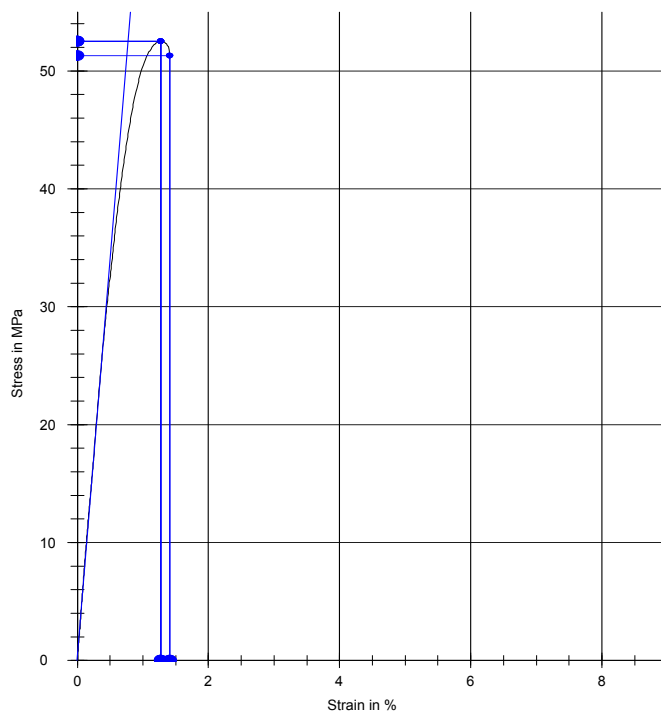
## 10 VÝSLEDKY MĚŘENÍ

Ze zadaných zkušebních vzorků měřených na dvou nezávislých měřicích přístrojích byly zjištěny a vypočteny hodnoty napětí a poměrného prodloužení. Hodnoty přístroje Zwick (Tab.1-2) a PROMI-PC (Tab.3-7). Zjištěné hodnoty byly dále vyhodnoceny grafy (Obr.13-22) a z grafu pomocí regrese byl stanoven modul (Tab.8).

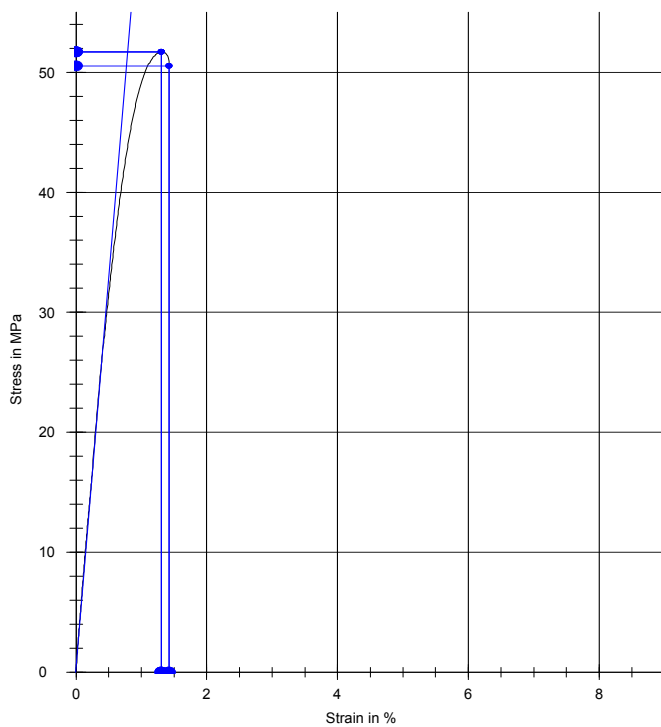
### 10.1 Měření Zwick 1456

Tab. 1. Hodnoty vyhodnocené přístrojem Zwick 1456

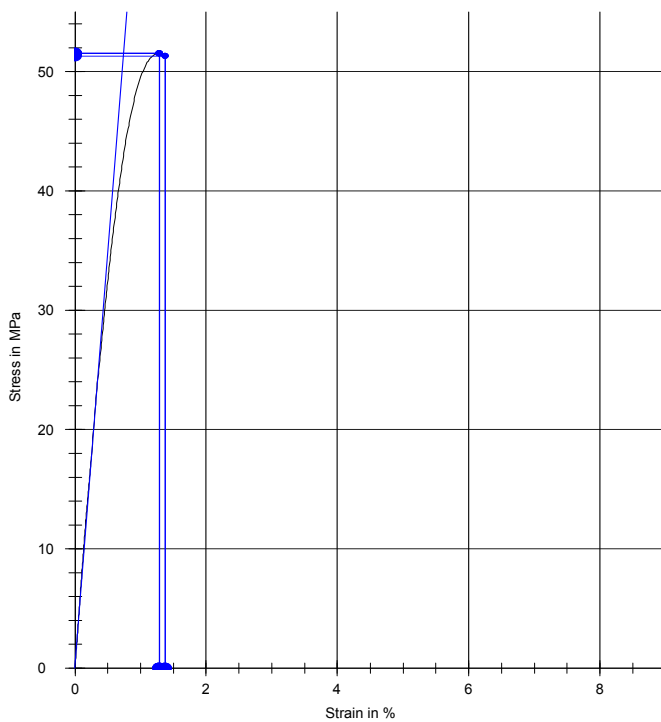
Číslo měření	Rychlost	L0 ST	a0	b0	Rm	Nominal strain-Rm	L0	E-Modul	epsilon Rm	RB	epsilon Break	epsilon Fmax.
	mm/min	m m	mm	mm	N/ mm <sup>2</sup>	mm	mm	N/ mm <sup>2</sup>	%	N/ mm <sup>2</sup>	mm	mm
1	20	20	3,88	10,05	52,48	2,79	20	6767,18	1,28	51,30	0,28	0,26
2	20	20	3,84	10,02	51,68	2,71	20	6470,96	1,31	50,48	0,29	0,26
3	20	20	3,87	9,98	51,52	2,70	20	6847,89	1,29	51,29	0,28	0,26
4	20	20	3,88	10,02	50,49	2,66	20	6517,31	1,28	49,74	0,27	0,26
5	20	20	3,84	10,03	51,11	2,72	20	6438,22	1,36	49,40	0,35	0,27



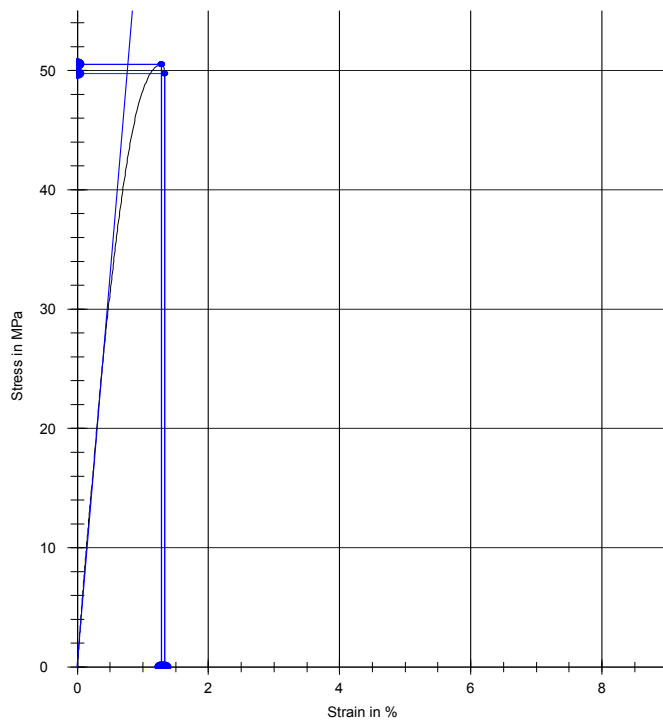
Obr. 13. Graf měření 1



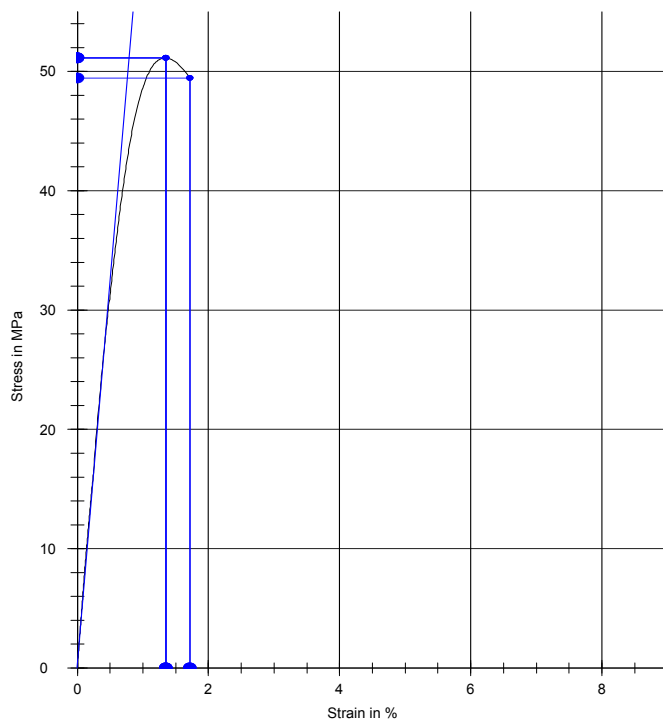
Obr. 14. Graf měření 2



Obr. 15. Graf měření 3



Obr. 16. Graf měření 4



Obr. 17. Graf měření 5

Tab. 2. Statistické vyhodnocení přístrojem Zwick 1456

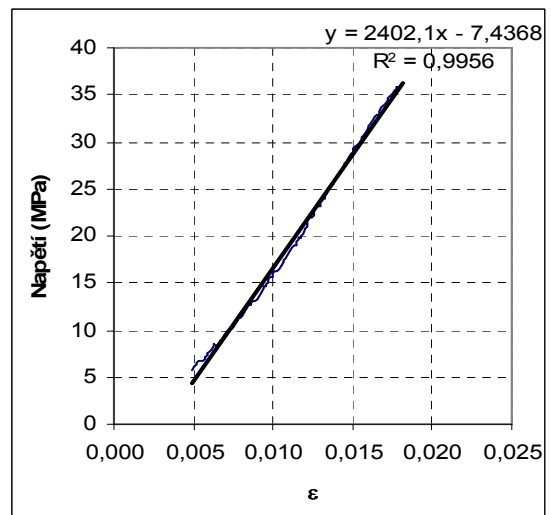
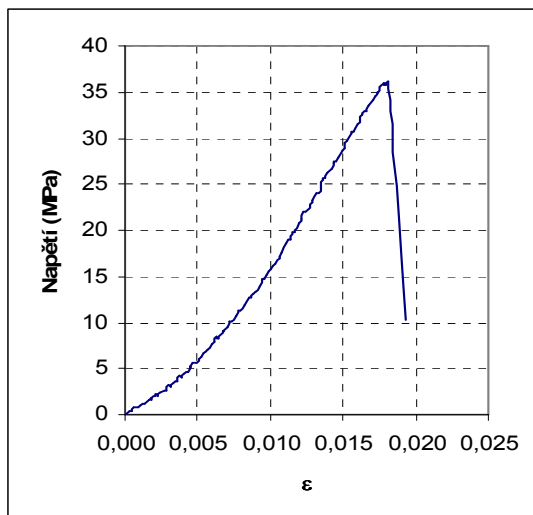
Sub-série	Rychlost	L0 ST	a0	b0	Rm	Nominal strain-Rm	L0	E-Modul	epsilon Rm	RB	epsilon Break	epsilon Fmax.
n = 5	mm/min	mm	mm	mm	N/mm <sup>2</sup>	mm	mm	N/mm <sup>2</sup>	%	N/mm <sup>2</sup>	mm	mm
ol x	20	20	3,86	10,02	51,46	2,71	20	6608,31	1,30	50,44	0,29	0,26
S	0	0	0,02	0,03	0,73	0,05	0	186,22	0,03	0,87	0,03	0,01
Ny	0	0	0,53	0,25	1,43	1,69	0	2,82	2,61	1,73	10,54	2,67

## 10.2 Měření PROMI-PC

Vyhodnocení hodnot systémem PROMI-PC

Tab. 3. Hodnoty měření č. 1

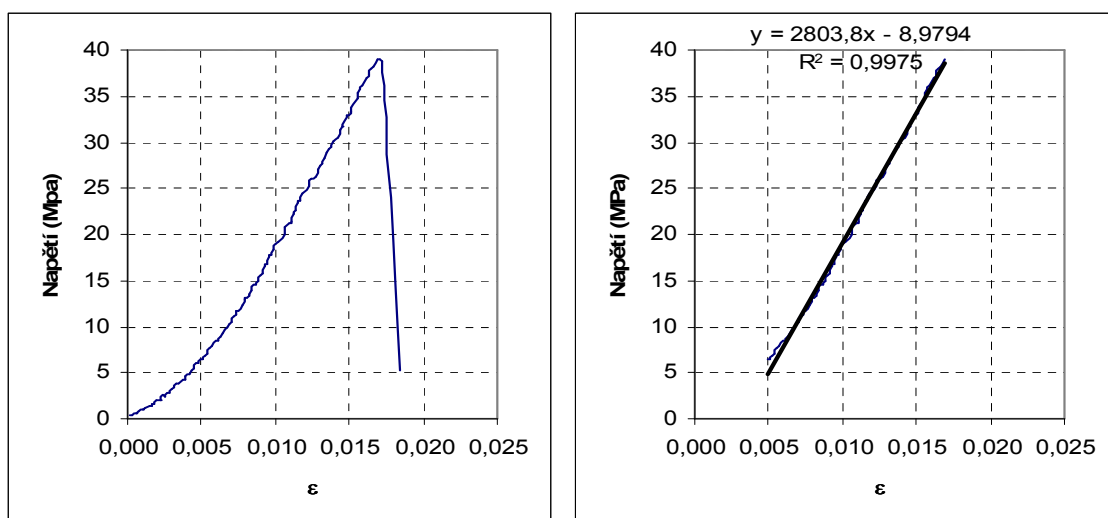
$\Delta l$	L0	$\epsilon = \Delta l / L0$	a0	b0	S = a * b	F	R <sub>m</sub> = F / S	E = R <sub>m</sub> / $\epsilon$
2,64	151,50	0,0174	3,88	10,05	38,99	1359,63	34,87	2000,92
2,69		0,0178				1399,16	35,88	2059,10
2,71		0,0179				1395,16	35,78	2053,21
2,73		0,0180				1397,66	35,84	2056,90
2,75		0,0182				1413,17	36,24	2079,73



Obr. 18. Grafy měření č.1

Tab. 4. Hodnoty měření č. 2

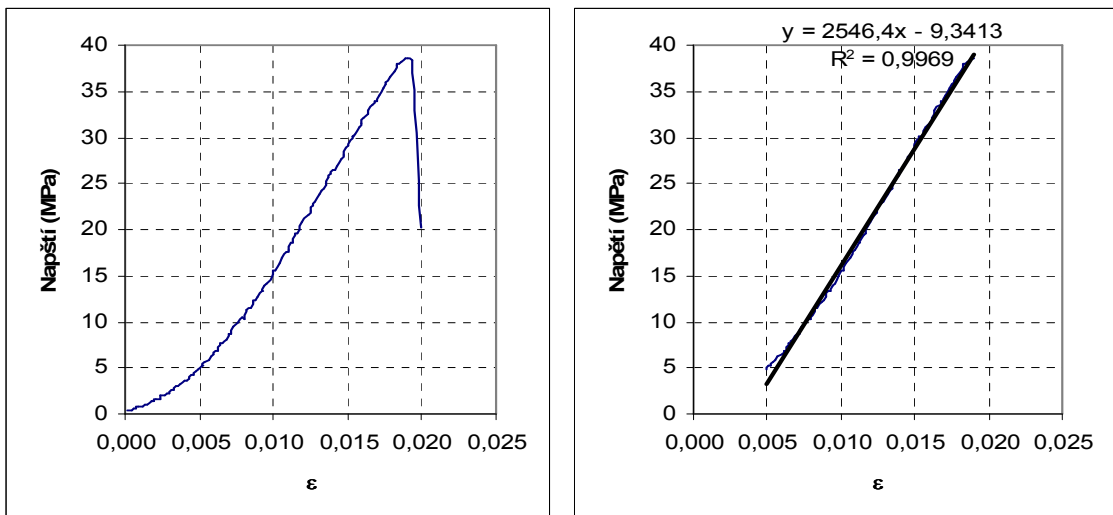
$\Delta l$	$L_0$	$\varepsilon = \Delta l / L_0$	$a_0$	$b_0$	$S = a * b$	F	$R_m = F / S$	$E = R_m / \varepsilon$
2,46	151,50	0,0162	3,84	10,02	38,48	1424,69	37,03	2280,33
2,48		0,0164				1439,20	37,40	2284,98
2,50		0,0165				1458,21	37,90	2296,65
2,52		0,0166				1468,72	38,17	2294,84
2,57		0,0170				1502,75	39,06	2302,33



Obr. 19. Grafy měření č.2

Tab. 5. Hodnoty měření č. 3

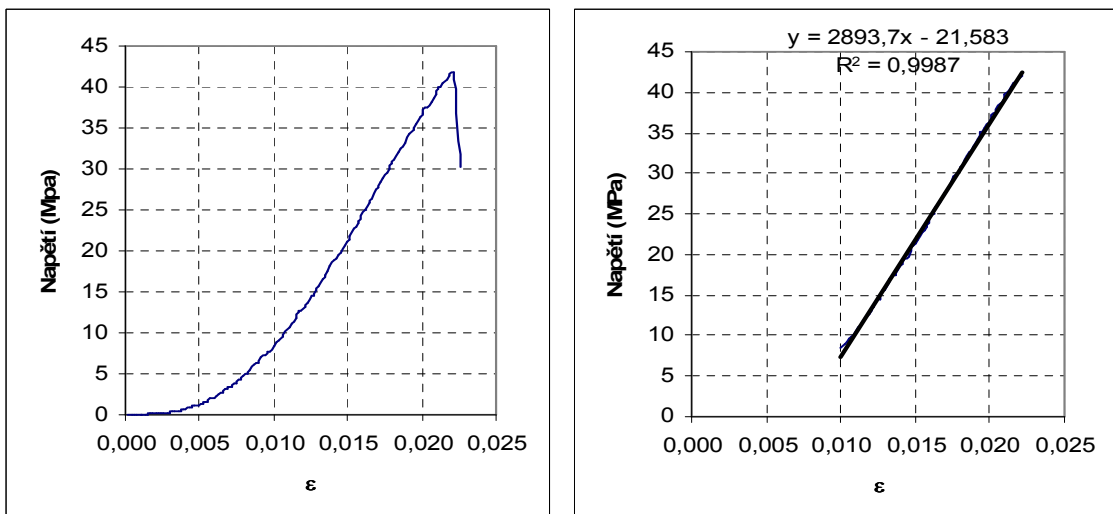
$\Delta l$	$L_0$	$\varepsilon = \Delta l / L_0$	$a_0$	$b_0$	$S = a * b$	F	$R_m = F / S$	$E = R_m / \varepsilon$
2,75	151,50	0,0182	3,87	9,98	38,62	1437,19	37,21	2049,99
2,77		0,0183				1457,20	37,73	2063,53
2,80		0,0185				1470,71	38,08	2060,35
2,82		0,0186				1472,21	38,12	2047,83
2,87		0,0189				1491,73	38,62	2038,82



Obr. 20. Grafy měření č.3

Tab. 6. Hodnoty měření č. 4

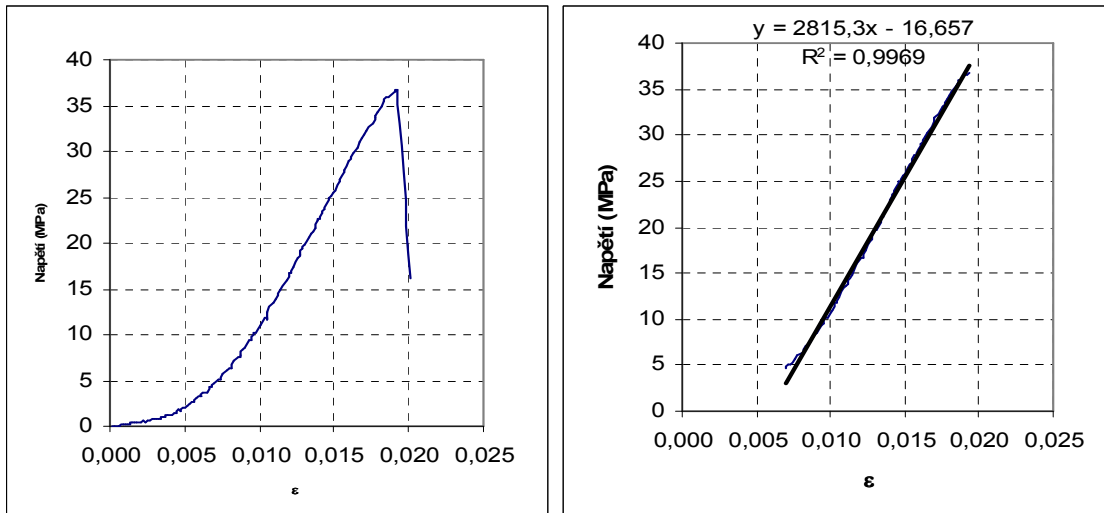
$\Delta l$	$L_0$	$\epsilon = \Delta l / L_0$	$a_0$	$b_0$	$S = a * b$	F	$R_m = F / S$	$E = R_m / \epsilon$
3,23	151,50	0,0213	3,88	10,02	38,88	1558,76	40,09	1880,57
3,25		0,0215				1576,28	40,54	1890,00
3,28		0,0217				1594,79	41,02	1894,71
3,30		0,0218				1603,80	41,25	1893,87
3,35		0,0221				1629,82	41,92	1895,87



Obr. 21. Grafy měření č.4

Tab. 7. Hodnoty měření č. 5

$\Delta l$	L0	$\epsilon = \Delta l / L0$	a0	b0	S= a * b	F	R <sub>m</sub> =F / S	E =R <sub>m</sub> / $\epsilon$
2,81	151,50	0,0185	3,84	10,03	38,52	1380,62	35,85	1932,63
2,83		0,0187				1384,62	35,95	1924,53
2,88		0,0190				1406,64	36,52	1921,19
2,90		0,0191				1409,64	36,60	1912,02
2,92		0,0193				1416,15	36,77	1907,68



Obr. 22. Grafy měření č.5

Tab. 8. Určení modulu pružnosti z regresí grafů

	Rych- lost	a0	b0	Rm	L0	E-Modul	epsilon
Nr	mm/min	mm	mm	N/ mm <sup>2</sup>	mm	N/ mm <sup>2</sup>	/
1	20	3,88	10,05	36,24	151,50	2402,1	0,0182
2	20	3,84	10,02	39,06		2803,8	0,0170
3	20	3,87	9,98	38,62		2546,4	0,0189
4	20	3,88	10,02	41,92		2893,7	0,0221
5	20	3,84	10,03	36,77		2815,3	0,0193

Tab. 9. Statistické vyhodnocení přístrojem z hodnot PROMI

Nr	Rych- lost	a0	b0	Rm	L0	E-Modul	epsilon
n = 5	mm/mi n	mm	mm	N/ mm <sup>2</sup>	mm	N/ mm <sup>2</sup>	/
ol x	20	3,86	10,02	38,52	151,50	2692,26	0,0191
S	0	0,02	0,03	2,24	0	208,34	0,0019



### 10.2.1 Porovnání měření

Tahová zkouška byla prováděna dvěma na sobě nezávislými přístroji a to systémem ZWICK 1456 a PROMI-PC. Zkoušené vzorky byly vstříkovány z polypropylenu s 30 % skleněných vláken (PP GF30). Ve výpočtu jsem se zaměřil na stanovení napětí a modulu pružnosti. Tabulková hodnota polypropylenu s 30% skleněných vláken je u modulu pružnosti v tahu je dle materiálového listu firmy Plastcom,  $E = 5800 \text{ Mpa}$  a pevnost v tahu je dle 100 Mpa. U systému Zwick mi zjištěné hodnoty modulu vyšli velmi shodně s tabulkovými hodnotami. U systému PROMI-PC modul pružnosti byl 2 krát menší. U obou systémů se hodnota pevnosti v tahu velmi lišila od tabulkové.

System ZWICK 1456 se ukázal jako velmi přesný pro zjišťování modulu pružnosti. System PROMI-PC se ukázal jako velmi nepřesný pro zjišťování modulu. Důvodem jeho nepřesnosti je, že ve vyhodnocovaných hodnotách se projevuje vliv vůle čelistí, stojanu a vliv nedokonalého uchycení a následné posunutí vzorku v čelistech. System ZWICK je vybaven extenzometrem , který vymezuje nežádoucí vlivy vůlí a vyhodnocované hodnoty jsou zpracovávány mezi hroty extenzometru.

## ZÁVĚR

V teoretické části jsem se zabýval rozdělením mechanických zkoušek. Zaměřil jsem se na statickou tahovou zkoušku, která patří k nejdůležitějším mechanickým zkouškám. Hlavně na její význam a popis. Jelikož ověřovaný systém je určen především pro tahové a tlakové zkoušky. Zkušební tělesa představují plastové součásti.

V praktické části jsem se zabýval vyhodnocením statických tahových zkoušek. Vyhodnocení jsem rozdělil do dvou úseků. V prvním úseku jsem se zabýval vyhodnocením tahové zkoušky na přístroji Zwick 1456. Hodnoty výsledků měření se blížily hodnotám udávaným materiálovým listem firmy Plastcom (Příloha1).

Druhá část měření byla prováděna na přístroji PROMI-PC. Data vyhodnocovaná přístrojem se zdaleka nedaly srovnat s tabulkovými hodnotami (Příloha1). Systém je vhodný pro ohybové zatížení a součásti zatěžované malými silami. Dále je vhodný pro cyklické namáhání (opakované strkání klíče do zámku) a jako učební pomůcka, pro demonstraci tahové zkoušky ve výuce, kde nepožadujeme přesnou hodnotu. Určitě bych jej nedoporučil pro přesné stanovení zkoušky.

Z obou testovaných přístrojů se jako lepší ukázal ZWICK 1456, který se přiblížil hodnotám výrobce. Pro přesné měření přístrojem PROMI-PC je nutné systém doplnit o extenzometr, který vymezuje vůle upínacích čelistí a stojanu.

**SEZNAM POUŽITÉ LITERATURY**

- [1] Lapčík, L., Raab, M. Nauka o materiálech II: 1. vyd. Zlín: UTB, 2001. ISBN 80-238-6527-7
- [2] Bothe, O. Strojírenská technologie I - Učebnice pro strojírenské učební obory: Praha: SOBOTÁLES, 1997. ISBN 80-85920-42-5
- [3] Lukovics, I. Konstrukční materiály a technologie: 1. vyd. Brno: VUT, 1992. ISBN 80-214-0399-3
- [4] Kaštánek, O. Strojírenské materiály a technologie: 1. vyd. Brno: VUT, 1979
- [5] Volek, F. Základy pružnosti a pevnosti: 1.vyd. Zlín: UTB, 2004. ISBN 80-7318-200-9
- [6] Ateam [online]. c2005. [cit. 2005-12-08]. Dostupné na World Wide Web: <http://www.ateam.zcu.cz>

**SEZNAM POUŽITÝCH SYMBOLŮ A ZKRATEK**

$S_0$	Původní průřez tělíska
$S$	Průřez tělíska po zatížení
$d_0$	Původní průměr tělíska
$l_0$	Původní délka tělíska
$l$	Délka tělíska po zatížení
$\Delta l$	Rozdíl délek tělíska (původní a po zatížení)
$F$	Zatěžující síla
$\sigma$	Zatěžující napětí
$E$	Modul pružnosti materiálová konstanta
$\varepsilon$	Poměrné prodloužení
$\sigma_U$	Mez úměrnosti
$\sigma_E$	Mez pružnosti
$\sigma_K$	Mez kluzu
$R_y$	
$\sigma_P$	Mez pevnosti
$R_m$	
$\sigma_S$	Mez přetržení
$R_b$	
$A$	Tažnost
$Z$	Poměrné zúžení (kontrakce)
$x_i$	Hodnota zpracovávané veličiny
$n$	Počet zpracovávaných vzorků

**SEZNAM OBRÁZKŮ**

OBR. 1. PŮSOBNÍ NORMÁLOVÉ SÍLY V TAHU.....	13
OBR. 2. DIAGRAM TAHOVÉ A TLAKOVÉ ZKOUŠKY .....	15
OBR. 3. PRACOVNÍ DIAGRAM OCELI S VÝRAZNOU A BEZ VÝRAZNÉ MEZE KLUZU.....	16
OBR. 4. GRAFICKÉ STANOVENÍ $\sigma_{0,2}$ Z PRACOVNÍHO DIAGRAMU.....	17
OBR. 5. DIAGRAM TAHOVÉ ZKOUŠKY - SROVNÁNÍ RŮZNÝCH MATERIÁLŮ[6] .....	19
OBR. 6. ZKUŠEBNÍ TĚLÍSKA .....	20
OBR. 7. DIAGRAM TAHOVÉ ZKOUŠKY.....	24
OBR. 8. DEFORMAČNÍ KŘIVKA SEMIKRYSTALICKÉHO TERMOPLASTU .....	25
OBR. 9. PORUŠENÍ MATERIÁLU PŘI TAHOVÉ ZKOUŠCE.....	25
OBR. 10. ZKUŠEBNÍ VZORKY .....	28
OBR. 11. PROMI-PC .....	29
OBR. 12. SYSTÉM ZWICK 1456 .....	31
OBR. 13. GRAF MĚŘENÍ 1 .....	33
OBR. 14. GRAF MĚŘENÍ 2 .....	34
OBR. 15. GRAF MĚŘENÍ 3 .....	34
OBR. 16. GRAF MĚŘENÍ 4 .....	35
OBR. 17. GRAF MĚŘENÍ 5 .....	35
OBR. 18. GRAFY MĚŘENÍ Č.1 .....	36
OBR. 19. GRAFY MĚŘENÍ Č.2.....	37
OBR. 20. GRAFY MĚŘENÍ Č.3.....	38
OBR. 21. GRAFY MĚŘENÍ Č.4.....	38
OBR. 22. GRAFY MĚŘENÍ Č.5.....	39



**SEZNAM TABULEK**

TAB. 1. HODNOTY VYHODNOCENÉ PŘÍSTROJEM ZWICK 1456.....	33
TAB. 2. STATISTICKÉ VYHODNOCENÍ PŘÍSTROJEM ZWICK 1456.....	36
TAB. 3. HODNOTY MĚŘENÍ Č. 1 .....	36
TAB. 4. HODNOTY MĚŘENÍ Č. 2 .....	37
TAB. 5. HODNOTY MĚŘENÍ Č. 3 .....	37
TAB. 6. HODNOTY MĚŘENÍ Č. 4 .....	38
TAB. 7. HODNOTY MĚŘENÍ Č. 5 .....	39
TAB. 8. URČENÍ MODULU PRUŽNOSTI Z REGRESÍ GRAFŮ.....	39
TAB. 9. STATISTICKÉ VYHODNOCENÍ PŘÍSTROJEM Z HODNOT PROMI.....	39

## **SEZNAM PŘÍLOH**

PŘÍLOHA 1. MATERIÁLOVÝ LIST.....	47
----------------------------------	----

## Příloha I. Materiálový list

Vlastnosti (v prír. prevedení pri 23 °C)		Jednotka	Skúšobná metóda	Hodnota
<b>Slovalen PH 49 GF 30</b>				
<b>Polymér</b> Polypropylén <b>Charakteristika</b> skl. vlákno, mod. mech. vlastností <b>Spracovanie</b> Vstrekovanie <b>Kvalita</b> Prvá kvalita <b>Kód výrobku</b> 222 000				
				
EN ISO 9001:2000 ISO/TS 16949:2002				
<b>Všeobecné</b>				
Symboly a skratky			STN EN ISO 1043	PP
Hustota		g/cm <sup>3</sup>	STN 64 0111	1,05
Plnenie: GF, GB, MF, G				GF
Stabilizácia: TS, LS, K				
Modifikácia: FR, HI, MI, ME				ME
Farbenie: NA, F, BK				NA/F
<b>Spracovateľské</b>				
Technológia: IM, E		°C		IM
Teplota topenia DSC		°C	STN EN ISO 3146	160
Teplota taveniny		°C		200-250
Teplota formy		°C		40-80
Vstrekovací tlak		Mpa		70-120
Sušenie: teplota/čas		°C/H		
Obsah vody		%	STN EN ISO 960	
Index toku taveniny min. 230 °C/2.16 kg		g/10 min	STN EN ISO 1133	4
Výrobné zmrštenie v smere/kolmo		%	STN 64 0808	1,78/1,83
<b>Mechanické</b>				
Pevnosť v ťahu		MPa	STN EN ISO 527-2	100
Ťažnosť		%	STN EN ISO 527-2	2
Modul pružnosti v ťahu		MPa	STN EN ISO 527-2	5800
Modul pružnosti v ohybe		MPa	STN EN ISO 178	5500
Pevnosť v ohybe		MPa	STN EN ISO 178	115
Rázová húževnatosť Charpy 23 °C		kJ/m <sup>2</sup>	STN EN ISO 179	40
Rázová húževnatosť Charpy -20 °C		kJ/m <sup>2</sup>	STN EN ISO 179	35
Vrubová húževnatosť Charpy 23 °C		kJ/m <sup>2</sup>	STN EN ISO 179	15
Vrubová húževnatosť Charpy -20 °C		kJ/m <sup>2</sup>	STN EN ISO 179	2
<b>Teplné</b>				
Teplota priehybu pri zaťažení		°C	STN EN ISO 75/A	150
Odolnosť za tepla podľa Vicata B		°C	STN EN ISO 306	140
<b>Horľavosť</b>				
Horľavosť		°Brenn.	UL - 94	
Žeravá slučka		°C	STN IEC 60695-2-10	
<b>Elektrické</b>				
Plazivé prúdy CTI, A		V	STN 34 6468	
Vnútoraná rezistivita		Ohm.m	STN IEC 60093	
Povrchová rezistivita		Ohm	STN IEC 60093	
Elektrická pevnosť		kV/mm	STN IEC 60243	
<b>Všeobecná charakteristika</b>				
Modifikovaný homopolymér PP pre vstrekovanie chemicky vystužený 30% skleneného vlákna, obsahuje modifikátor mechanických vlastností. Zvýšená tuhosť oproti neplneným PP. Uplatnenie vo všetkých odvetviach priemyslu. Modifikáciou zvýšená tuhosť, húževnatosť, modul pružnosti. Dodáva sa v prírodnom prevedení a v celej škále farebnej stupnice RAL. V porovnaní s PH 69 GF 30 nižší ITT, mierne zvýšená húževnatosť. Výroba plastových klinčov pre zateplovanie hmoždinky.				
<b>Balenie, preprava, skladovanie</b>				
Výrobok je balený v hermeticky uzavretých hrubostenných PE vreciach s obsahom 25 kg, na palete 1.000 kg obalené zmršťivou fóliou, v Big-bagu vystlanom hrubostenným PE rukávom upevnenom na palete 1.000 kg, v oktábine vystlanom hrubostenným PE rukávom upevneným na palete 1.000 kg, prípadne iné balenie na požiadanie zákazníka. Prepravuje sa v krytých dopravných prostriedkoch, zaistený pred posunutím a mechanickým poškodením. Skladuje sa v uzavretých, suchých, proti slnečnému žiareniu a tepelnému sálianiu chránených priestoroch.				
Poznámka: Údaje a hodnoty sú priemerné namerané hodnoty, slúžia ako technický servis a podliehajú zmenám bez ohľadovania.				
Kontakt: Plastcom, spol. s r. o., Hattalova 4, 831 03 Bratislava, Slovensko tel.: 00421 2 44259, 00421 2 44460 509 fax: 00421 2 44259 223, office@plastcom.sk, www.plastcom.sk				