

Mechanické vlastnosti rybářských vlasců

Petr Svoboda

Bakalářská práce
2009



Univerzita Tomáše Bati ve Zlíně
Fakulta technologická

Univerzita Tomáše Bati ve Zlíně

Fakulta technologická

Ústav výrobního inženýrství

akademický rok: 2008/2009

ZADÁNÍ BAKALÁŘSKÉ PRÁCE

(PROJEKTU, UMĚLECKÉHO DÍLA, UMĚLECKÉHO VÝKONU)

Jméno a příjmení: **Petr SVOBODA**

Studijní program: **B 3909 Procesní inženýrství**

Studijní obor: **Technologická zařízení**

Téma práce: **Mechanické vlastnosti rybářských vlasců**

Zásady pro vypracování:

1. Vypracujte literární studii na dané téma
2. Navrhněte metodiku měření při použití čelistí pro zkoušku tahem drátů a kordů
3. Provedte experimentální zkoušky na trhacím stroji ZWICK
4. Provedte vyhodnocení experimentálních zkoušek

Rozsah práce:

Rozsah příloh:

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

Seznam odborné literatury:

Dle doporučení vedoucího bakalářské práce

Vedoucí bakalářské práce:

Ing. František Rulík, CSc.

Ústav výrobního inženýrství

Datum zadání bakalářské práce:

20. února 2009

Termín odevzdání bakalářské práce:

3. června 2009

Ve Zlíně dne 16. února 2009



doc. Ing. Petr Hlaváček, CSc.
děkan



doc. Ing. Miroslav Maňas, CSc.
vedoucí katedry

ABSTRAKT

Bakalářská práce s názvem „Mechanické vlastnosti rybářských vlasců“ se zabývá základními mechanickými zkouškami materiálů a jejich prováděním. Dále potom základními vlastnostmi polymerů a způsobem výroby vláken z nich.

V praktické části jsou popsány vzorky běžně prodávaných rybářských vlasců, u nichž byly změřeny mechanické vlastnosti – zejména pevnost v tahu a tažnost. Naměřené hodnoty byly vyhodnoceny a porovnány s údaji výrobců. Měření bylo provedeno na laboratorním zkušebním stroji ZWICK 1456 za použití čelistí pro zkoušku tahem drátů a kordů.

Klíčová slova:

zkouška tahem, mechanické vlastnosti, polymer, vlákna, rybářský vlasec

ABSTRACT

My bachelor work “Mechanical properties of fish lines“ is devoted to the basic mechanical testing of materials and their proceeding. Also it is dealing with basic properties of polymers and the procedure of making fibers from it.

The practical part describes samples of commonly sold fish lines which has been measured especially in tension and elongation to fracture. The measured values were classified and compared with producer’s specifications. Measuring was executed on laboratory device ZWICK 1456 with usage of clamping grips for tension test of wires and cordes.

Keywords:

tension test, mechanical properties, polymer, fibres, fishing lines

Na tomto místě bych rád poděkoval Ing. Františku Rulíkovi, CSc. za odborné vedení, ochotu a pečlivost, s jakou mi pomáhal při tvorbě této bakalářské práce, a také Ing. Milanu Žaludkovi, Ph.D. za ochotnou pomoc při měření v laboratoři.

Prohlašuji, že jsem na bakalářské práci pracoval samostatně a použitou literaturu jsem citoval. V případě publikace výsledků, je-li to uvedeno na základě licenční smlouvy, budu uveden jako spoluautor.

Ve Zlíně

29. května 2009

Štěpán Sedláček

Podpis diplomanta

OBSAH

| | |
|--|-----------|
| ÚVOD | 7 |
| I TEORETICKÁ ČÁST | 8 |
| 1 MECHANICKÉ ZKOUŠENÍ MATERIÁLŮ | 9 |
| 1.1 ZKOUŠKA TAHEM | 10 |
| 1.1.1 Smluvní diagram napětí – deformace..... | 11 |
| 1.1.2 Určení smluvní meze pevnosti | 12 |
| 1.1.3 Určení meze kluzu..... | 13 |
| 1.1.4 Určování deformačních charakteristik | 13 |
| 1.2 ZKOUŠKA TLAKEM..... | 14 |
| 1.3 ZKOUŠKA OHYBEM..... | 15 |
| 2 MECHANICKÉ ZKOUŠENÍ PLASTŮ | 18 |
| 2.1 MECHANICKÉ VLASTNOSTI PLASTŮ | 18 |
| 2.2 MECHANICKÉ ZKOUŠENÍ PLASTŮ KRÁTKODOBÝM NAMÁHÁNÍM | 20 |
| 2.2.1 Zkouška tahem – ČSN EN ISO 527 | 21 |
| 2.2.2 Zkouška tlakem – ČSN EN ISO 604..... | 25 |
| 2.2.3 Zkouška ohybem – ČSN EN ISO 178..... | 25 |
| 2.2.4 Zkouška tvrdosti..... | 26 |
| 2.2.5 Rázová a vrubová houževnatost..... | 26 |
| 2.3 MECHANICKÉ ZKOUŠENÍ PLASTŮ DLOUHODOBÝM KONSTANTNÍM NAMÁHÁNÍM..... | 27 |
| 2.4 MECHANICKÉ ZKOUŠENÍ CYKlickÝM NAMÁHÁNÍM..... | 27 |
| 3 VYTLAČOVÁNÍ PLASTŮ | 30 |
| 3.1 ŠNEKOVÉ VYTLAČOVACÍ STROJE | 30 |
| 3.2 PÍSTOVÉ VYTLAČOVACÍ STROJE..... | 31 |
| 4 VÝROBA VLÁKEN | 33 |
| 4.1 VÝROBA VLÁKEN VYTLAČOVÁNÍM..... | 33 |
| 4.2 VÝROBA VLÁKEN Z FÓLIÍ..... | 34 |
| 4.3 ZVLÁKŇOVÁNÍ | 35 |
| 4.3.1 Zvlákňování z roztoku..... | 36 |
| 4.3.2 Zvlákňování z taveniny | 36 |
| 5 NEJVÝZNAMĚJŠÍ POLYMERY PRO VÝROBU VLÁKEN | 39 |
| 5.1 POLYAMID – PA | 39 |
| 5.2 POLYPROPYLEN – PP..... | 40 |
| 5.3 POLYETHYLENTEREFTALÁT – PETP | 40 |
| 5.4 POLYAKRYLONITRIL – PAN | 40 |
| 5.5 SPECIÁLNÍ VLÁKNA | 40 |

| | | |
|---|---|-----------|
| 6 | PŘEHLED RYBÁŘSKÝCH VLASCŮ FIRMY BYRON GROUP CZ | 41 |
| 7 | CÍLE BAKALÁŘSKÉ PRÁCE..... | 46 |
| II | PRAKTICKÁ ČÁST | 47 |
| 8 | POPIS ZKUŠEBNÍHO STROJE ZWICK..... | 48 |
| 8.1 | METODIKA MĚŘENÍ ZKOUŠKY TAHEM RYBÁŘSKÝCH VLASCŮ | 51 |
| 9 | VZORKY RYBÁŘSKÝCH VLASCŮ..... | 53 |
| 10 | VÝSLEDKY MĚŘENÍ PEVNOSTI V TAHU A TAŽNOSTI..... | 54 |
| 11 | VYHODNOCENÍ MĚŘENÍ..... | 55 |
| 11.1 | POROVNÁNÍ VYPOČÍTANÝCH A ZMĚŘENÝCH HODNOT..... | 55 |
| 11.2 | POROVNÁNÍ VLASCŮ PODLE TAŽNOSTI | 58 |
| 11.3 | POROVNÁNÍ VLASCŮ STEJNÉHO VÝROBCE A RŮZNÝCH PRŮMĚRŮ | 59 |
| 11.4 | POROVNÁNÍ VLASCŮ STEJNÉHO PRŮMĚRU A RŮZNÝCH VÝROBCŮ..... | 59 |
| 11.5 | POROVNÁNÍ MODULU PRUŽNOSTI VLASCŮ E | 60 |
| 11.6 | TAHOVÝ DIAGRAM RYBÁŘSKÉHO VLASCE..... | 61 |
| ZÁVĚR | 63 | |
| SEZNAM POUŽITÉ LITERATURY..... | 64 | |
| SEZNAM POUŽITÝCH SYMBOLŮ A ZKRATEK | 65 | |
| SEZNAM OBRÁZKŮ | 67 | |
| SEZNAM TABULEK..... | 69 | |
| SEZNAM PŘÍLOH..... | 70 | |
| SEZNAM PŘÍLOH NA CD | 71 | |

ÚVOD

Téma bakalářské práce je zaměřené na problematiku zkoušení základních mechanických vlastností materiálů za pomoci nejzákladnějších zkoušek. Tou nejzákladnější a nejpoužívanější zkouškou je zkouška tahem, pomocí které se získávají hlavní charakteristiky materiálů (mez pevnosti v tahu, tažnost, modul pružnosti v tahu, apod.). Zkoušet lze nejrůznější materiály, které mají nejčastěji tvary normalizovaných vzorků.

V této práci jsou za použití čelistí pro zkoušku tahem drátů a kordů měřeny mechanické vlastnosti rybářských vlasců, zejména pevnost v tahu a tažnost. Z pohledu samotného rybáře není pevnost v tahu vlasce až tak důležitá, neboť existuje celá řada dalších vlastností (oděruvzdornost, životnost vlasce, paměť vlasce, tření, opotřebení vlasce apod.), které jsou neméně důležité. Pevnost je však zároveň s průměrem vlasce hlavními parametry, které výrobce udává.

I. TEORETICKÁ ČÁST

1 MECHANICKÉ ZKOUŠENÍ MATERIÁLŮ

Při volbě materiálu pro výrobu různých součástí a zařízení se ohlížíme na jeho vlastnosti, které by danému použití materiálu měly vyhovovat. Vedle technologických, fyzikálních a chemických vlastností jsou to především vlastnosti mechanické, které jsou celkem čtyři:

- pružnost,
- elasticita,
- pevnost,
- houževnatost.

Mechanickým zkoušením materiálů získáváme materiálové charakteristiky. Tyto materiálové charakteristiky jsou číselné hodnoty, které kvantifikují určitou vlastnost materiálu a určují se experimentálně.

Využívají je:

- výrobci konstrukčních a strojírenských materiálů (metalurgové, výrobci plastů, pryží, stavebních hmot apod.),
- konstruktéři,
- technologové výrobních postupů.

Všechny tyto tři profesní skupiny inženýrů ke své práci nejčastěji potřebují tři typy mechanických zkoušek – zkoušku tahem, zkoušku rázem v ohybu a zkoušku tvrdosti.

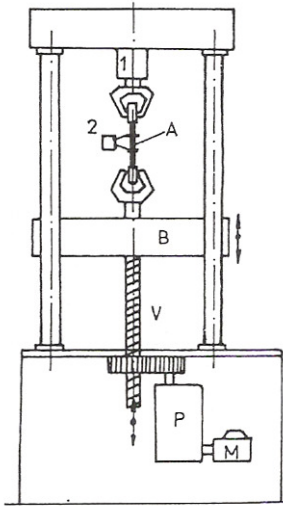
Pro mechanické zkoušky existují normy (u nás s označením ČSN), které vydává Český normalizační institut. [1]

Zkušební zařízení

Univerzální zkušební stroj, na kterém se provádějí tři nejdůležitější zkoušky materiálu, patří k základnímu vybavení laboratoře mechanických zkoušek. Sériově se začal vyrábět na konci minulého století, ale princip jeho funkce zůstal zachován do dnešní doby.

Stroj tvoří pevný rám, v jehož horní části je umístěn dynamometr 1 – zařízení pro měření síly (Obr. 1). Zkušební těleso A je jedním koncem uchyceno k dynamometru a druhým koncem k pohyblivému příčníku B. Příčník je uváděn do pohybu motorem M, přes vřetenou V a převodovou skříň P. Při pohybu příčníku dochází k postupnému zatěžování a deformaci zkušebního tělesa. Deformace tělesa je registrována průtahoměrem 2. Vhodnou úpravou

uchycení zkušebního tělesa a průtahoměru se na tomto stroji provádí i ostatní mechanické zkoušky.



Obr. 1. Univerzální zkušební stroj

1 – dynamometr, 2 – průtahoměr, A – zkušební těleso, B – příčník, V – vřeteno,

P – převodovka, M – motor

Pohon zkušebních strojů může být mechanický nebo hydraulický (stroje pro zatížení větší než 200 kN). Mechanické stroje byly původně vybaveny dynamometry, které měřily sílu na principu mechanické váhy. U hydraulických strojů se síla snímala z hydrostatického tlaku oleje v pracovním válci. Deformace se měřila při desetinásobném zvětšení pohybu příčníku. Měření malých deformací (citlivost 1 μm až 0,1 μm) a stejně tak i přesné měření síly umožnil až rozvoj elektroniky v padesátých letech, kdy začaly vznikat tzv. elektronické zkušební stroje. [1]

1.1 Zkouška tahem

Zkouškou tahem získáváme závislost napětí na deformaci a provádí se experimentálně na hladkých zkušebních tělesech. Zkušební těleso (jednoduchého tvaru nejčastěji kruhového či obdélníkového průřezu) uchytíme do čelistí zkušebního stroje a na těleso nasadíme průtahoměr. Během zkoušky se na zapisovači registruje (příp. do paměti počítače ukládá) závislost působící síly F (zatížení – snímané dynamometrem) na prodloužení zkušební tyče (snímané průtahoměrem, případně určené z pohybu příčníku zkušebního stroje).

1.1.1 Smluvní diagram napětí – deformace

Závislosti síla – prodloužení, získané na zkušebních tělesech různých velikostí zhotovených z jednoho materiálu, je možné přepočítat na jedinou závislost smluvní napětí R – poměrná deformace ε podle vztahů:

- smluvní napětí:

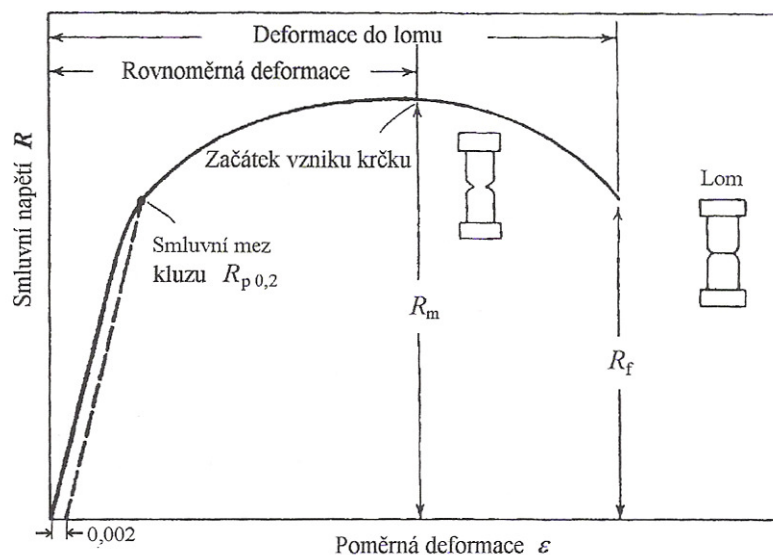
$$R = \frac{F}{S_0} \quad [MPa] \quad (1)$$

- poměrná deformace

$$\varepsilon = \frac{L - L_0}{L_0} \quad [-] \quad (2)$$

$$\varepsilon = \frac{L - L_0}{L_0} \cdot 100 \quad [\%] \quad (3)$$

kde S_0 [mm²] je původní průřez zkušebního tělesa, L_0 [mm] je původní měrná délka zkušebního tělesa (výraz $L - L_0$ vyjadřuje přírůstek délky L_0 a proto se často označuje ΔL).



Obr. 2. Smluvní diagram napětí – deformace

Počáteční úsek diagramu je přímkový a odpovídá elastické deformaci. V případě, že prodloužení bylo snímáno snímačem umístěným na zkušebním tělese, pak tato přímka je popsána Hookeovým zákonem:

$$R = E \cdot \varepsilon \quad [MPa] \quad (4)$$

kde E [MPa] je modul pružnosti v tahu materiálu zkušební tyče.

Pro spolehlivý výpočet modulu pružnosti je nutné, aby zvětšení snímače bylo (500 – 1000) násobné. Je-li prodloužení zkušebního tělesa odvozeno pouze z posuvu příčnicku zkušebního stroje, potom sklon počátečního úseku tahového diagramu zahrnuje vedle elastické deformace zkušebního tělesa i elastické deformace zkušebního stroje (rám stroje, dynamometr, čelisti). Elastická deformace zkušebního stroje je zpravidla řádově větší ve srovnání s elastickou deformací zkušební tyče. Proto z takového záznamu nelze modulu E vyhodnotit.

V další části diagramu dochází k odklonu od přímkové závislosti v důsledku vzniku plastické deformace. Přírůstek napětí v závislosti na deformaci (deformační zpevnění) postupně klesá až na nulovou hodnotu. Až do tohoto okamžiku se měrná část zkušební tyče deformuje rovnoměrně (dochází k rovnoměrnému zužování průřezu). Další deformace je provázána poklesem a vznikem krčku na měrné části zkušebního tělesa. V praxi se na základě průběhu závislosti smluvní napětí – poměrná deformace vyhodnocují dvě napětíové materiálové charakteristiky: smluvní mez pevnosti a mez kluzu. [1]

1.1.2 Určení smluvní meze pevnosti

Mez pevnosti R_m je nejvyšší napětí dosažené ve smluvním diagramu napětí – deformace, což je poměr hodnot maximální síly dosažené při zkoušce a původního průřezu zkušebního tělesa:

$$R_m = \frac{F_{\max}}{S_o} \quad [MPa] \quad (5)$$

U tvárných materiálů je mez pevnosti dána hodnotou smluvního napětí, při němž se začíná vytvářet na zkušebním tělese krček. K lomu tělesa dojde při smluvním napětí R_f (lomové napětí) až po vzniku krčku. V případě, že k porušení zkušebního tělesa dojde po malé nebo nulové plastické deformaci, pak hodnota R_m odpovídá napětí v okamžiku lomu R_f , což je lomové napětí.

Smluvní mez pevnosti se nejčastěji uvádí jako základní mechanická charakteristika určená zkouškou tahem. Ve skutečnosti tato veličina nevystihuje přesně pevnost materiálu. Pro tvárné materiály smluvní mez pevnosti vyjadřuje zatížení, které materiál přenesení za velmi

přísných podmínek jednoosé napjatosti. Tato veličina prakticky nevystihuje skutečnou únosnost součástí, které jsou vystaveny působení víceosé napjatosti.

Pro výpočty součástí mnoho let tvořila základ smluvní mez pevnosti vhodně redukována faktorem bezpečnosti. Dnes se při výpočtu konstrukcí z tvárných materiálů využívá druhé napěťové charakteristiky – meze kluzu. Z hlediska zkušeností inženýrů z dřívějších let však smluvní mez pevnosti zůstává i v současné době v materiálových listech. Pro určení R_m lze použít i jednodušší zkušební stroje, které nejsou vybaveny snímači prodloužení zkušebního tělesa. Existuje řada empirických korelačních vztahů mezi smluvní pevností a dalšími charakteristikami (tvrdostí, mezí únavy apod.). [1]

1.1.3 Určení meze kluzu

Mez kluzu je napětí, při němž začíná vznikat plastická deformace. Podle obrázku (Obr. 2) bychom měli považovat za mez kluzu napětí, při kterém dochází k odklonu diagramu od přímky. Takto zjištěná hodnota meze kluzu by však byla závislá na citlivosti snímače prodloužení. Proto se zavádí smluvní mez kluzu $R_{p0,2}$ [MPa], což je napětí, které vyvolává plastickou deformaci o velikosti $\varepsilon_p = 0,002$ (0,2 %). I v tomto případě je nutné při měření tahového diagramu použít snímače prodloužení. Ve srovnání s měřením modulu pružnosti E však zvětšení snímače může být o řád menší (50 – 100 násobné). Ze záznamu napětí – deformace hodnotu meze kluzu $R_{p0,2}$ určíme následujícím postupem. Na ose poměrných deformací vyznačíme hodnotu deformace 0,2 %. Tímto bodem vedeme rovnoběžku s přímkovou částí tahového diagramu (Obr. 2.). Bod, kde protíná rovnoběžka závislost napětí – deformace, je napětí smluvní meze kluzu $R_{p0,2}$.

1.1.4 Určování deformačních charakteristik

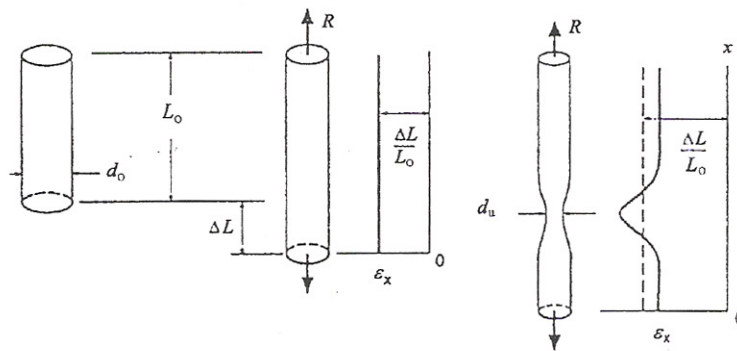
Vedle uvedených dvou napěťových charakteristik meze pevnosti a meze kluzu, které určujeme ze záznamu síla – prodloužení zkušebního tělesa jsou v materiálových listech ještě další dvě charakteristiky A a Z, které určujeme pouze na základě rozměrů zkušební tyče před a po zkoušce. Jedná se o deformační charakteristiky tažnost A a zúžení Z. Před zkouškou na rovnoměrné části zkušební tyče vyznačíme ryskami vzdálenost L_0 . Po přetržení obě části tyče přiložíme lomovými plochami těsně k sobě a změříme vzdálenost rysek L_u a průřez tyče S_u v místě lomu. Deformační charakteristiky vypočteme ze vztahů:

$$A = 100 \cdot \frac{L_u - L_o}{L_o} \quad [\%] \quad (6)$$

$$Z = 100 \cdot \frac{F_{\max}}{S_0} \quad [\%] \quad (7)$$

pro kruhovou tyč:

$$Z = 100 \cdot \frac{d_o^2 - d_u^2}{d_o^2} \quad [\%] \quad (8)$$



Obr. 3. Schéma určování tažnosti

Měření hodnot A i Z provádíme na přetržených, tj. nezatížených zkušebních tělesech, a proto tyto materiálové charakteristiky souvisí pouze s plastickou deformací zkoušeného materiálu. [1]

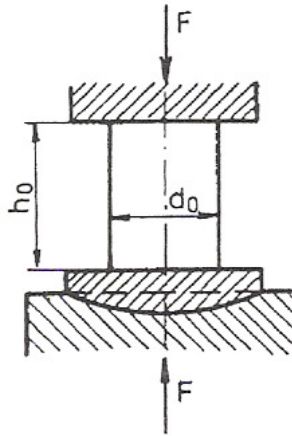
1.2 Zkouška tlakem

Zkušebním tělesem je zpravidla váleček o výšce h_o [mm] a průměru d_o [mm]. Zkušební těleso se položí mezi dvě podložky, z nichž jedna je uložena v kulovém sedle (Obr. 4). Kulové sedlo zajišťuje zatížení v ose válečku. Při zkoušce se zaznamenává tlaková síla v závislosti na velikosti stlačení výšky válečku.

Tlakovou zkouškou se hodnotí pevnost hlavně křehkých materiálů (šedá litina, stavební materiály, kompozice apod.), tj. materiálů, které slouží pro výrobu součástí a konstrukcí namáhaných v provozu tlakovým zatěžováním. Základní veličina pevnost v tlaku je dána vztahem:

$$R_{Pd} = \frac{F_{Pd}}{S_o} \quad [MPa] \quad (9)$$

kde F_{Pd} [N] je síla při porušení a S_o [mm²] je původní průřez zkušební tělesa.



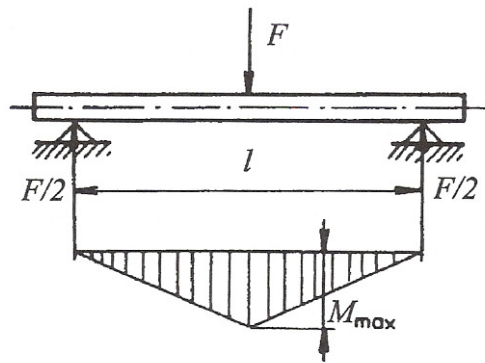
Obr. 4. Schéma zatěžování zkušební tělesa tvaru válečku při zkoušce tlakem

Pro hodnocení mechanických vlastností tvárných materiálů se běžně používá pouze zkouška tahem. Tlaková zkouška u těchto materiálů má však velký význam pro hodnocení objemové tvařitelnosti. Podobně jako u zkoušky tahem i v případě tlakové zkoušky se zjišťuje závislost skutečného napětí na skutečné tlakové deformaci. [1]

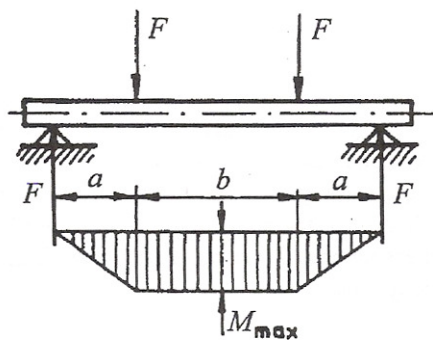
1.3 Zkouška ohybem

Při zkoušce se zkušební tyč obdélníkového nebo kruhového průřezu položí na dvě opory (zpravidla válečky). Zkušební stroj pracuje v režimu tlakového zatěžování. Horní část přípravku pro ohybovou zkoušku tvoří jeden trn, který působí silou uprostřed zkušební tyče (zkouška tříbodovým ohybem) nebo dva trny umístěné symetricky vzhledem ke středu tyče (zkouška čtyřbodovým ohybem). Účelem zkoušky je získat závislost síla – průhyb tyče. Průhyb se měří snímačem přemístění středu tyče vzhledem k nejbližším oporám.

Při průhybu není napětí v průřezu zkušební tyče konstantní, ale mění se. Na povrchu vzorku proti zatěžovacímu trnu působí maximální tahové napětí. Směrem ke středu tyče napětí klesá na nulovou hodnotu a dále nabývá záporných hodnot.



Obr. 5. Schéma zkoušky tříbodovým ohybem



Obr. 6. Schéma zkoušky čtyřbodovým ohybem

Zkouška se používá pro hodnocení křehkých materiálů (např. litiny, konstrukční keramiky apod.). Za pevnost v ohybu se bere maximální hodnota tahového napětí působícího na povrchu tyče v okamžiku lomu:

$$R_{mo} = \frac{M_{oMAX}}{W_o} \quad [\sigma] \quad (10)$$

kde M_{oMAX} je maximální ohybový moment:

- v případě tříbodového ohybu

$$M_{oMAX} = F \cdot \frac{l}{4} \quad [N \cdot mm] \quad (11)$$

- v případě čtyřbodového ohybu

$$M_{oMAX} = F \cdot a \quad [N \cdot mm] \quad (12)$$

kde rozměry l [mm], a [mm] jsou patrné z (Obr. 5) a (Obr. 6).

W_o je modul průřezu v ohybu:

- kruhová tyč průměru d [mm]

$$W_o = \frac{\pi \cdot d^3}{32} \quad [mm^3] \quad (13)$$

- obdélníková tyč výšky h [mm], šířky b [mm]

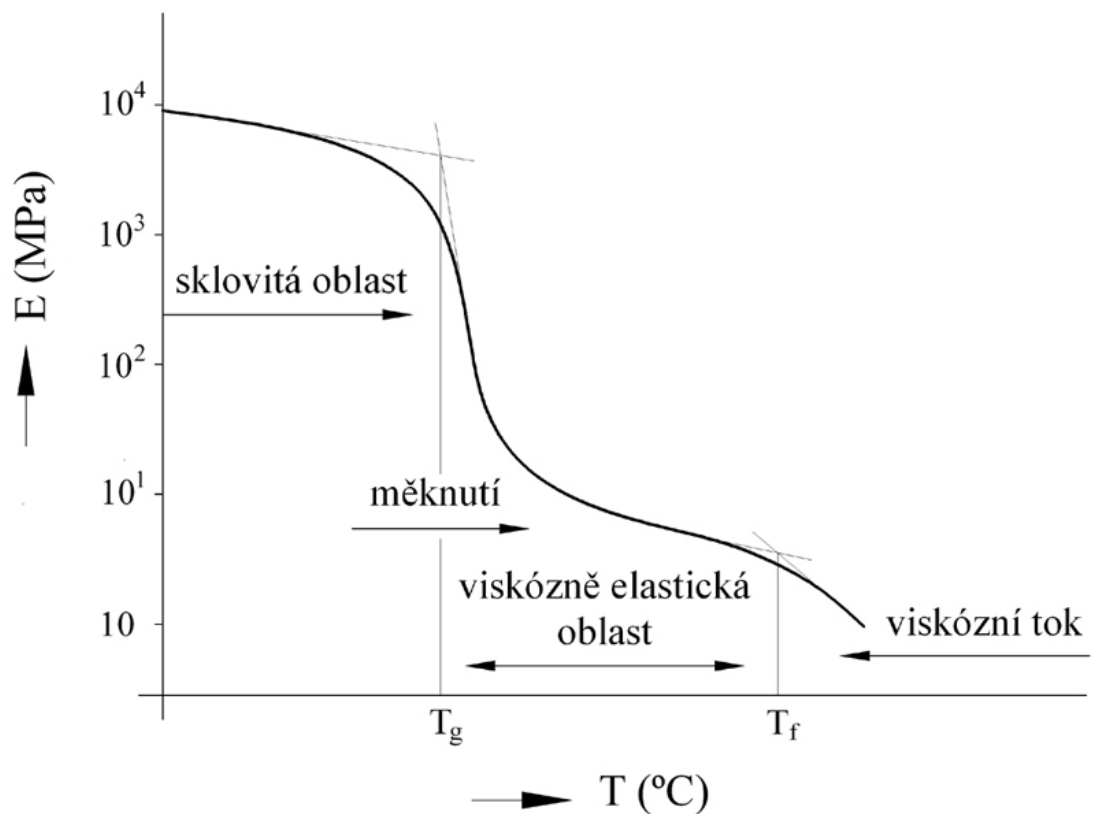
$$W_o = \frac{b \cdot h^2}{6} \quad [mm^3] \quad (14)$$

Hodnota R_{mo} je výrazně závislá na kvalitě povrchu zkušebního tělesa. U křehkých materiálů k lomu dochází z povrchových defektů. Ohybového namáhání se používá v řadě dalších zkoušek pro hodnocení mezních stavů např. při hodnocení houževnatosti. [1]

2 MECHANICKÉ ZKOUŠENÍ PLASTŮ

2.1 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) (Obr. 7).



Obr. 7. Závislost modulu pružnosti polymeru na teplotě

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 Hookeův zákon lineární úměrnosti napětí a deformace.

Teplota skelného přechodu T_g je tedy nejdůležitější fyzikální charakteristika rozhodující o teplotním rozsahu konstrukčního použití plastů.

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 vracejí 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.

Viskózní stav

U lineárních polymerů amorfních leží nad teplotou měknutí T_f , u lineárních polymerů semikrystalických nad teplotou tání krystalů T_m . Polymer se nachází ve stavu taveniny. [2]

Teplotní závislost modulu pružnosti

- amorfní termoplastické polymery

S rostoucí teplotou se oslabují mezimolekulární soudržné síly (van der Waalsovy) a modul pružnosti zpočátku mírně klesá. Pohyblivost řetězců v této teplotní oblasti je značně omezena, řetězce jsou v „zamrzlém“ stavu označovaném jako stav sklovitý. Deformační a lomové chování polymerů se podobá chování anorganických skel. Při dalším zvyšování teploty prochází polymer přechodovým stavem, kdy modul pružnosti klesá až o 4 řády a přechází ze sklovitého do kaučukovitého stavu. Teploty omezující praktické použití amorfních termoplastů leží při teplotách pod T_g , kdy se modul pružnosti začíná výrazněji snižovat.

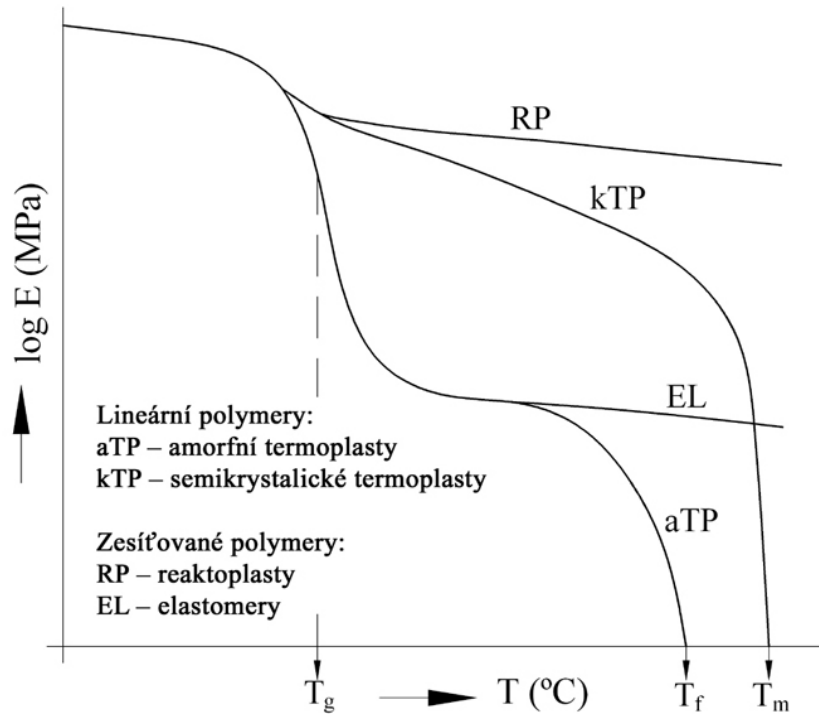
- semikrystalické polymery

Semikrystalické polymery obsahují jak fázi krystalickou, tak amorfní. Z toho důvodu se na křivce teplotní závislosti modulu pružnosti projevuje jak teplota skelného přechodu T_g , tak teplota tání T_m krystalické fáze (Obr. 12). Nad T_g jsou amorfní oblasti v kaučukovitém stavu, podobně jako u amorfních polymerů. Přetrvávající krystalové útvary však vyztužují kaučukovité amorfní oblasti a pokles modulu pružnosti v oblasti T_g je podstatně menší než u amorfních polymerů (pokles asi o 1 řád). Z toho důvodu se semikrystalické polymery mohou používat jako konstrukční materiály i nad teplotou skelného přechodu.

- zesítěné polymery

Zesítěné polymery (reaktoplasty), u nichž jsou uzlová místa prostorové sítě tvořena kovalentními vazbami, mají po dosažení teploty skelného přechodu modul pružnosti nižší oproti

skelnému stavu o jeden, maximálně dva řády. Pro konstrukční účely se reaktoplasty používají ve skelném stavu. Modul pružnosti je téměř konstantní až do teplot, kdy dochází k degračním procesům mechanismem porušování kovalentních vazeb. [3]



Obr. 8. Schéma závislosti modulu pružnosti E na teplotě různých skupin plastů

2.2 Mechanické zkoušení plastů krátkodobým namáháním

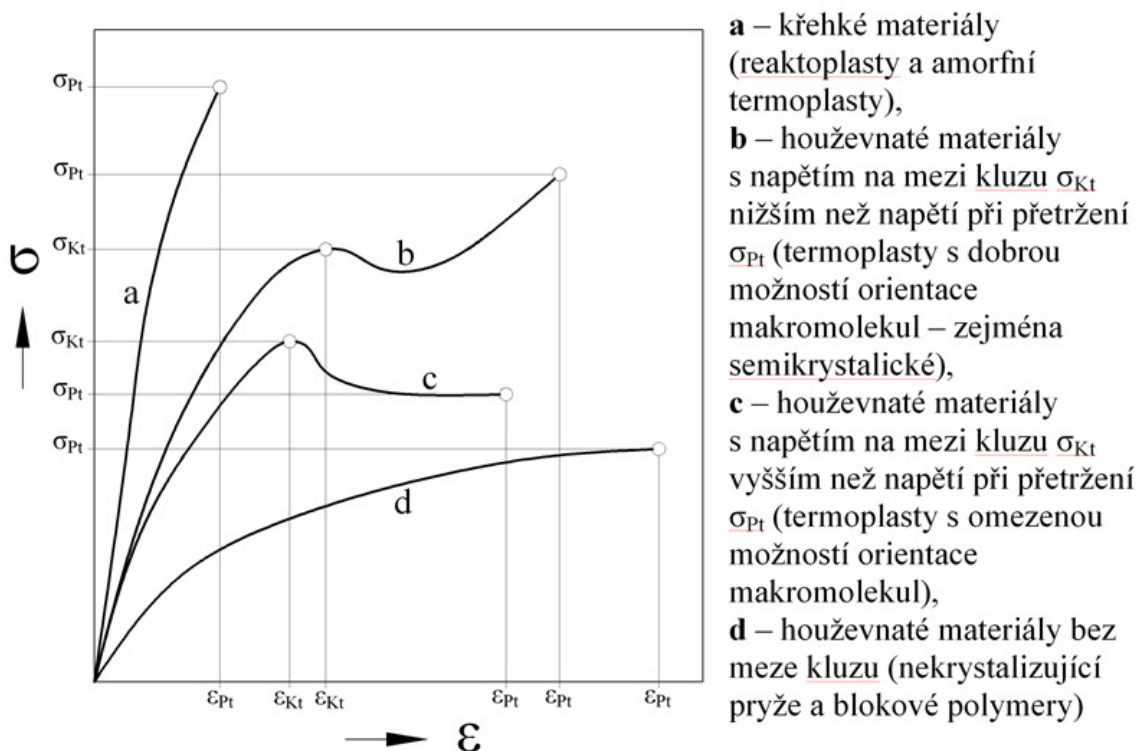
Nejdůležitější mechanické vlastnosti plastů při krátkodobém namáhání se zjišťují tahovou zkouškou, ze které můžeme zjistit mez kluzu, mez pevnosti, tažnost, modul pružnosti a celkové chování materiálu při deformaci. Při krátkodobém namáhání se zanedbávají relaxační děje plastů. [2]

Zkušební tělesa určená pro zkoušky se vyrábí přímo ze zkoušených materiálů (např. vulkanizací, lisováním, vstřikováním, odléváním v příslušných formách s tvarem zkušebního tělesa) nebo z hotových výrobků a polotovarů vysekáváním a frézováním (Obr. 13). Zkušební tělesa by neměla být před zkouškami vystavena mechanickému, fyzikálnímu či chemickému namáhání, které by mohlo výsledky zkoušek ovlivnit.

Před provedením vlastní zkoušky je nutné materiál nechat určitou dobu odležet, aby dosáhl rovnovážného stavu z hlediska teploty a vzdušné vlhkosti s okolím, ve kterém probíhá měření (tzv. kondicionání). [4]

2.2.1 Zkouška tahem – ČSN EN ISO 527

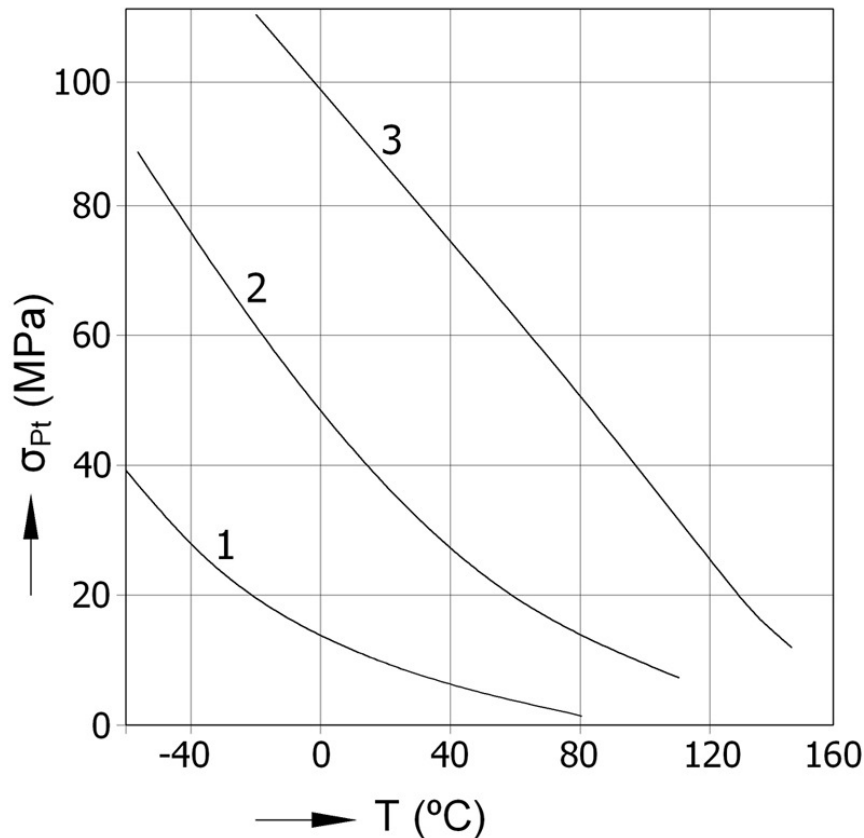
Praktické provedení zkoušky je stejné jako u materiálů kovových. U kovů se pro napětí používá symbolu R , kdežto u plastů se napětí označuje σ (Obr. 14). Průběh tahových diagramů je na rozdíl od kovů silně závislý na teplotě a čase. U jednoho typu plastu se mohou v závislosti na podmínkách zkoušky vyskytovat různé tvary průběhů od křehkého charakteru (nízké teploty, vysoké rychlosti zatěžování) přes křivky s výraznou mezí kluzu za normálních teplot až po houževnatý charakter bez meze kluzu (amorfní plasty v oblasti teploty T_g).



Obr. 9. Charakteristické křivky napětí – deformace pro polymerní materiály

U tahové zkoušky plastů (Obr. 9) jsou ve srovnání s kovy dvě základní odlišnosti. Pokud je u plastu mez kluzu vyšší než mez pevnosti, potom za pevnost považujeme mez kluzu. Pro plasty, u kterých je naopak napětí při přetržení vyšší než mez kluzu, je nutno považovat za pevnost tuto hodnotu. Časová závislost deformačního chování je důvodem, proč u plastů nemohl být zaveden pojem tažnosti, tak jak je definován u kovů, kdy její výpočet je založen na deformacích trvalých. U plastů se používá pojmu prodloužení při přetržení, které zahrnuje deformace pružné i trvalé. [3]

Při navrhování součástí potřebuje konstruktér znát nejen hodnoty σ_{Pt} a σ_{Kt} získané za normálních teplot (20 °C), ale také v určitém rozmezí teplot. Proto jsou důležité závislosti těchto hodnot na teplotě (Obr. 10) a (Obr. 11).

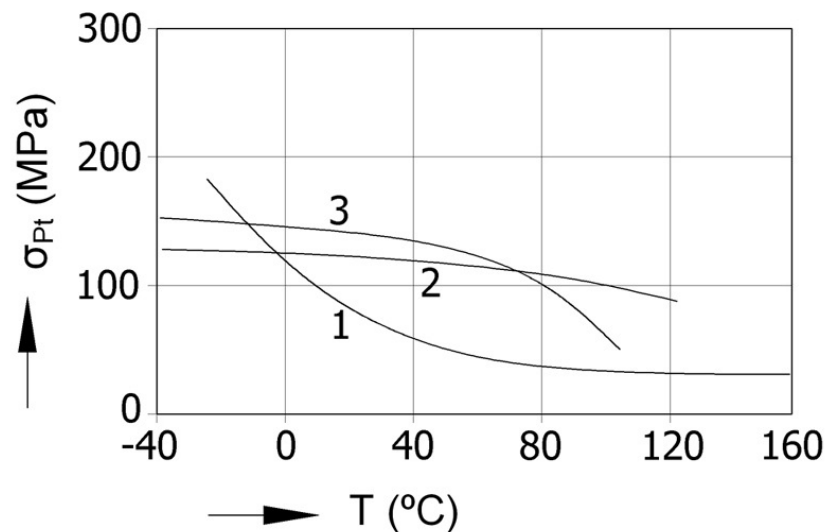


Obr. 10. Závislost meze pevnosti v tahu na teplotě u vybraných termoplastů

Křivka 1 – Rozvětvený polyethylen (rPE) je měkký, houževnatý, teplotní odolnost 60 až 90 °C. Použití – nenáročná těsnění, hadice, trubky, tvarovky, těsnící fólie.

Křivka 2 – Polypropylen (PP) je tuhý, houževnatý, teplotní odolnost 90 až 130 °C. Pro zvýšení pevnosti a tuhosti se plní sekanými skleněnými nebo azbestovými vlákny. Použití – trubky a tvarovky pro horkou vodu, tělesa čerpadel, nádoby akumulátorů.

Křivka 3 – Ethylen tetrafluorethylen kopolymer s přidavkem 25 % skelných vláken (ETFE + 25 % SV) je semikrystalický termoplast. Teplotní odolnost 200 až 260 °C. Lze jej snadno vstříkovat a vytlačovat. Použití – kluzná ložiska, statická i dynamická těsnění, pístní kroužky, trubky, hadice, chemicky odolné povlaky. [2]

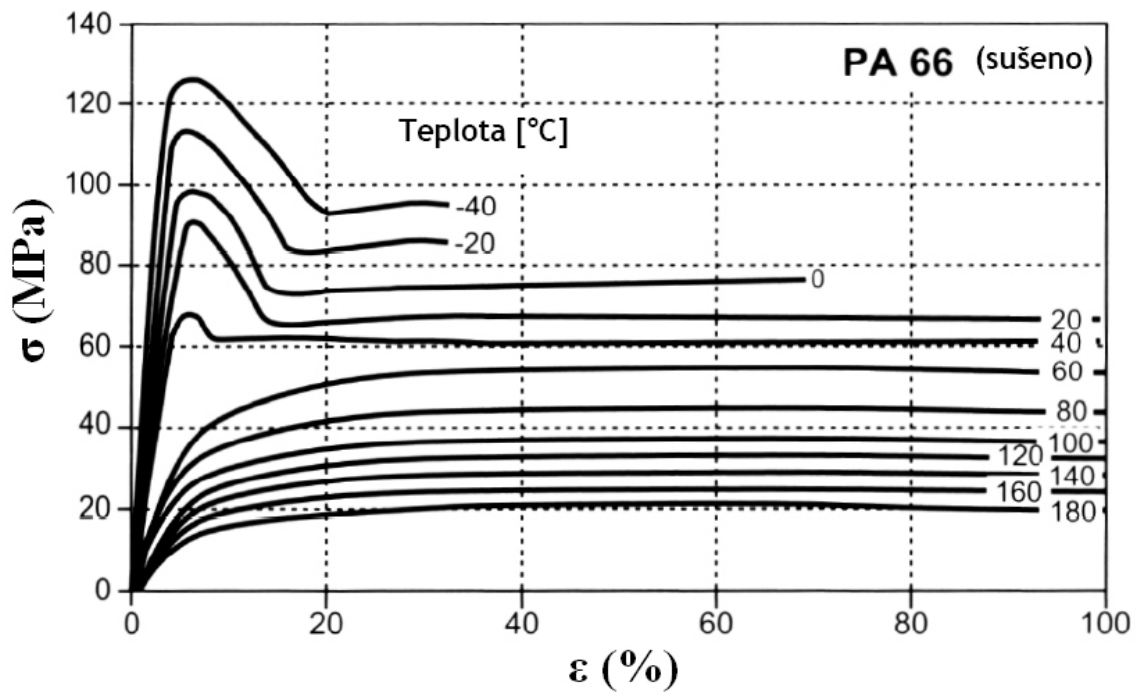


Obr. 11. Závislost meze pevnosti v tahu na teplotě u vybraných reaktoplastů

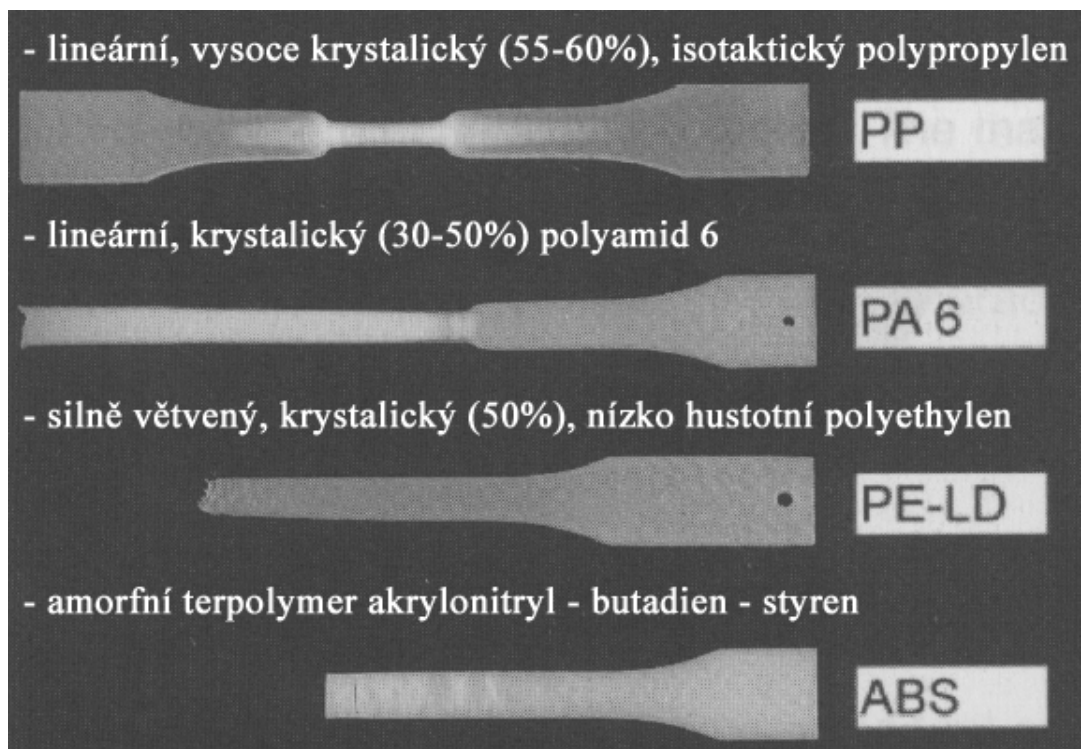
Křivka 1 – Fenolformaldehyd (PF) je pevný, tvrdý, křehký, odolný do teploty 300 °C. Neodolává silným kyselinám, zásadám a horké vodě. Použití – elektroizolační součásti, tepelně izolační rukojeti, ozubená kola, kluzné ložiskové pánve. Vlastnosti se liší podle použitých plniv (azbest, břidlicová moučka, skleněná vlákna, tvrzený papír apod.)

Křivka 2 – Epoxidová pryskyřice + 60 % skla. Pevná, tvrdá, křehká hmota. Teplotní odolnost 90 až 130 °C. Odolnost povětrnostním vlivům a záření. Použití – modely ve slévárenství, formy pro plasty, lepidla v kombinaci se sklem, kryty letadel a raket, listy pro vrtulníky, sendvičové konstrukce apod.

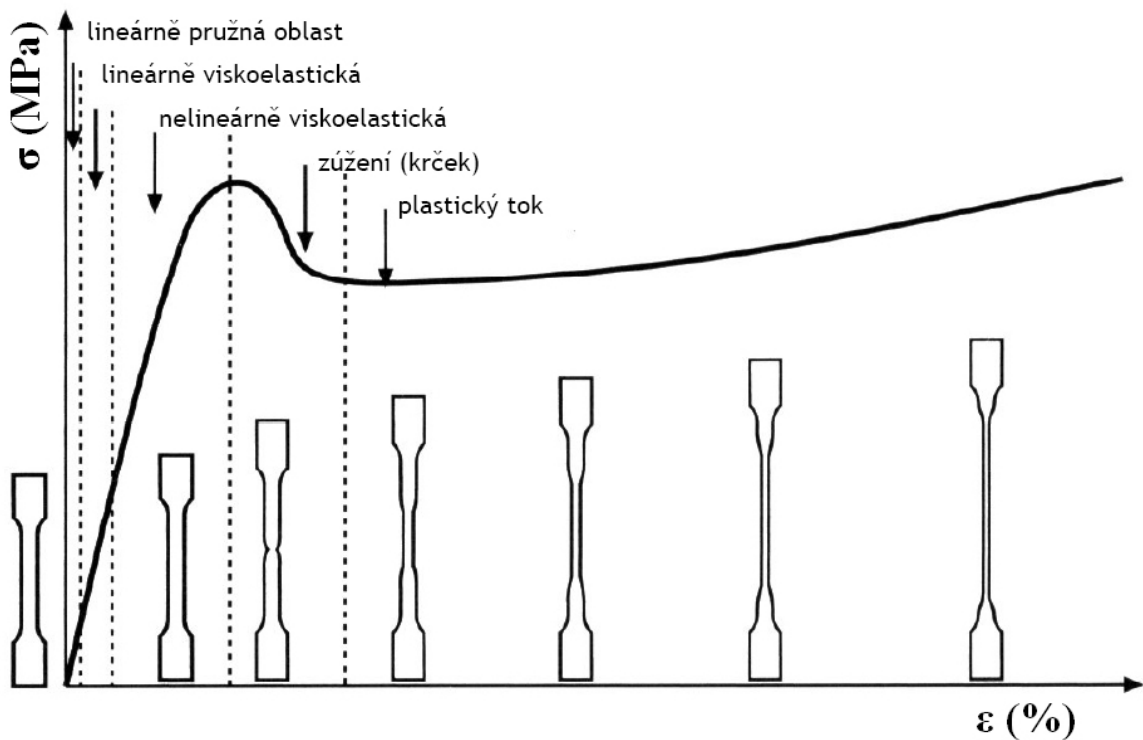
Křivka 3 – Nenasycený polyester (UP + 40 % skla). Plní se převážně skleněnými vlákny (tzv. skelné lamináty). Teplotní odolnost od 90 do 180 °C. Neodolávají silným kyselinám a zásadám a horké vodě. Použití – nádrže, cisterny, trubky, karoserie vozidel a lodí, kryty strojních zařízení, tvářecí nástroje na plasty apod. [2]



Obr. 12. Tahové křivky PA66 v závislosti na teplotě



Obr. 13. Porušení materiálů při tahové zkoušce



Obr. 14. Deformační křivka semikrystalického termoplastu

2.2.2 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 rozdrčení 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.

Zkušební tělesa mají tvar hranolu, válce nebo trubky – délka 10 až 50 mm, šířka 10 mm, tloušťka 4 mm. V průběhu zkoušky se stanovuje síla (napětí) a odpovídající stlačení (poměrné stlačení) zkušebního tělesa. [4]

2.2.3 Zkouška ohybem – ČSN EN ISO 178

Výsledkem ohybové zkoušky jsou ohybové křivky znázorňující průběh závislosti síla (napětí) – průhyb. Při ohybové zkoušce se zkušební těleso namáhá tlakem a tahem současně. V horních vrstvách je napětí tlakové, směrem k neutrální ose se zmenšuje a přes nulové napětí se mění v dolní polovině průřezu na tahové.

Zkouška dává konstrukční podklady pro plasty, které jsou při aplikaci namáhány na ohyb a je zvláště vhodná pro křehké plasty, pro které je provedení zkoušky tahem obtížné. [4]

2.2.4 Zkouška tvrdosti

Podstatou zkoušek je vtlačování tvrdých hrotů definovaných tvarů za stanovených podmínek do povrchu zkušební tělesa. Principem měření je určení vztahu mezi silou, která vtlačuje tvrdý hrot, a plochou otisku, který vtlačováním hrotu vznikne.

Vzhledem k tomu, že plasty jsou materiály převážně houževnaté a jejich povrchy se vtlačováním více či méně deformují, vyvinuly se tyto zkoušky v měření odporu celého objemu proti vtlačování hrotu. Tvrdost je tedy vyjádřením tuhosti plastů.

Kvůli viskoelastickému chování polymerů nelze měřit stopu po vpichu tvrdoměru, ale měří se rovnovážná hloubka vniknutí hrotu při určité konstantní síle vtlačování. Tvrdost (tuhost) může být silně ovlivněna teplotou, stupněm navlhnutí u polárních plastů, stupněm krystalinity apod.

Metody měření tvrdosti se dělí podle tvaru hrotu: kulička, jehlan, kužel, komolý kužel. [4]

2.2.5 Rázová a vrubová houževnatost

Houževnatost patří spolu s pevností k nejdůležitějším materiálovým charakteristikám. Představuje energii, kterou je materiál schopen lokálně absorbovat, než se poruší.

Rázová houževnatost a_n je měřítkem náchylnosti materiálu k lomu při rázovém namáhání. Je vyjádřena množstvím práce spotřebované na přeražení normalizované zkušební tyče v kritickém průřezu za předepsaných podmínek. Výsledky zkoušky závisí na druhu plastu, jeho složení, teplotě, zkušební metody, podmínkách provedení zkoušky, tvaru zkušební tělesa apod.

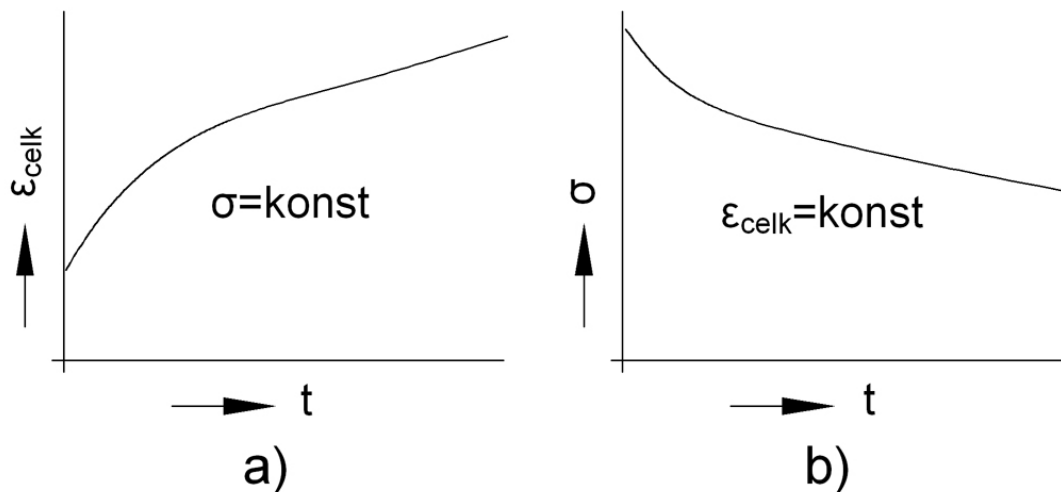
Vrubová houževnatost a_k se měří stejným způsobem, ale zkušební tyč je opatřena vrubem na straně tahového napětí. Tato zkouška je měřítkem nejen houževnatosti materiálu, ale také jeho citlivosti ke vrubům a koncentraci napětí.

Vrubové číslo, vrubová citlivost (poměrná rázová houževnatost) je poměr vrubové a rázové houževnatosti.

2.3 Mechanické zkoušení plastů dlouhodobým konstantním namáháním

U zkoušení plastů dlouhodobým namáháním se silně projeví vliv relaxačních dějů. Vzájemný vztah napětí, deformace a času se zjišťuje dvěma základními zkouškami – křípovou a relaxační. [2]

Křípová zkouška slouží k zjištění časového růstu celkové deformace při konstantním napětí. Relaxační zkouška zjišťuje časový pokles napětí při konstantní deformaci. Zkoušky se provádějí za stálé teploty.



Obr. 15. a – křípová, b – relaxační zkouška

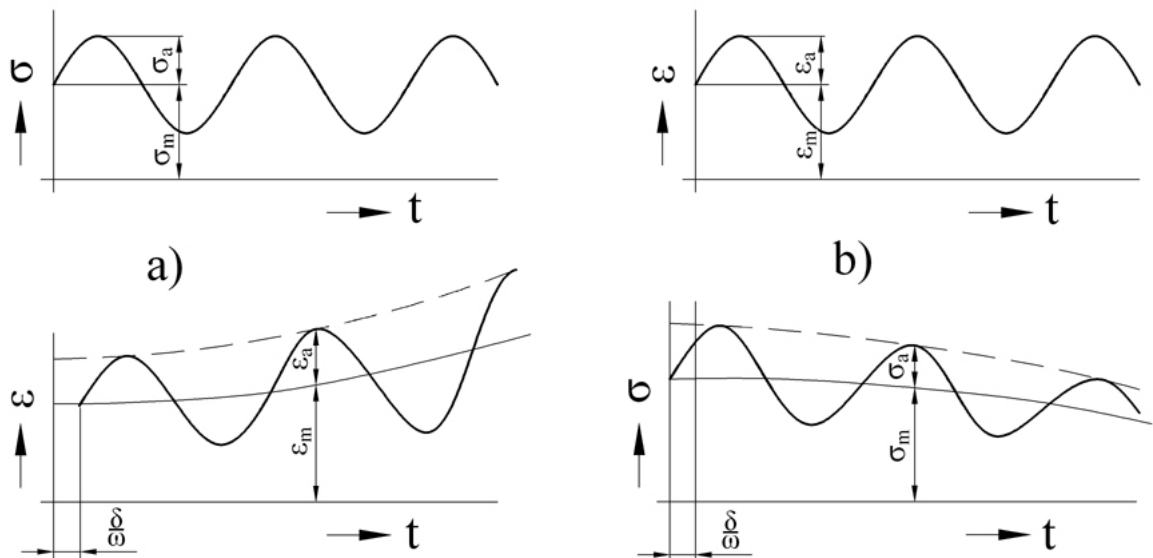
Jestliže použijeme při relaxačních zkouškách tak veliké napětí, že dojde časem k lomu zkoušeného tělesa, zjistíme takto dlouhodobou (časovanou) pevnost v tahu. [2]

2.4 Mechanické zkoušení cyklickým namáháním

Při cyklickém namáhání dochází u plastů k únavě materiálu. Vznikají jemné mikrotrhliny, které se postupně spojují ve větší únavové trhliny. Napětí, při kterém nastane lom, se nazývá mez časové únavy a je vždy nižší, než krátkodobá mez pevnosti materiálu.

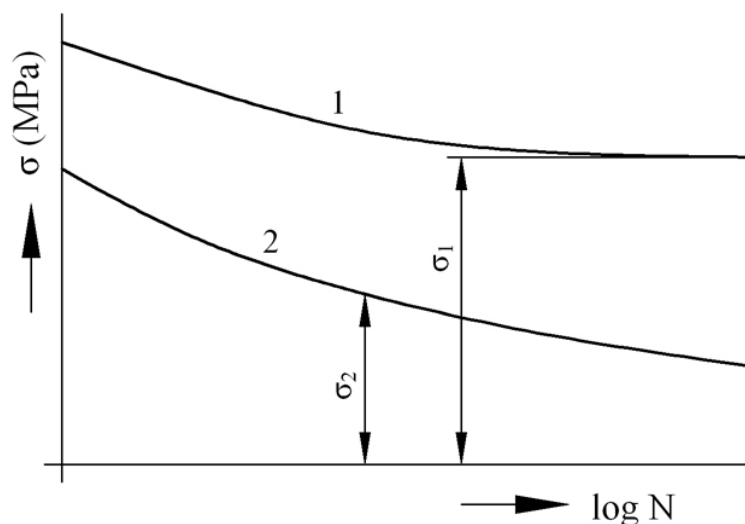
Při namáhání plastů na únavu vzniká při konstantních hodnotách amplitudy napětí σ_a a středního napětí σ_m pozvolný růst deformace ϵ_a a ϵ_m . Při konstantních hodnotách ϵ_a a ϵ_m dochází k relaxaci napětí (Obr. 16). Mezi časovým průběhem napětí a deformace existuje menší či větší fázový posuv (úhel δ), který je mírou nevratné absorpce energie materiálem. Tato energie se mění uvnitř polymeru v teplo, takže pokud není odvedeno, musíme počítat se vzrůstem teploty zkoušeného vzorku, poklesem pevnosti a modulu pružnosti. Únavové

zkoušky platí jen pro specifické podmínky, a proto mohou mít jen orientační a porovnávací platnost.



Obr. 16. Kríp (a) a relaxace (b) při dynamickém namáhání plastů

Výsledky únavových zkoušek se zakreslují ve formě Wöhlerových křivek, určujících počet zatěžujících cyklů N do lomu zkušebního tělesa při různé amplitudě a při konstantním středním napětím σ_m (Obr. 17). U oceli se Wöhlerova křivka blíží asymptoticky k vodorovné přímce.



Obr. 17. Wöhlerova křivka oceli (1) a plastu (2)

U plastů Wöhlerova křivka stále klesá, meze únavy se nedosáhne, a proto se zde určuje tzv. časová mez únavy pro určitý počet zatěžujících cyklů, obvykle $N = 10^7$. Plasty mají všeo-

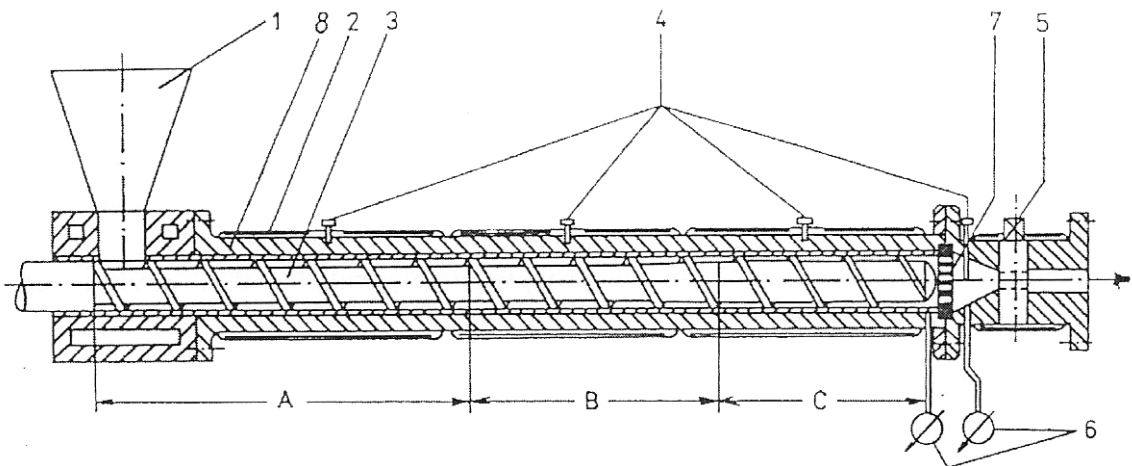
becně lepší schopnost tlumení kmitů a rázů než kovy. Mírou schopnosti plastů tlumit rázy je mechanický ztrátový součinitel $\text{tg } \delta$. Čím je větší, tím silnější je útlum kmitů a rázů a tím větší část mechanické energie se materiálem pohltí a změní v teplo. [2]

3 VYTLAČOVÁNÍ PLASTŮ

Vytlačování je technologická operace, při které je tavenina plastu kontinuálně vytlačována přes profilovací zařízení (vytlačovací hlavou, hubicí) do volného prostoru. Technologie vytlačování slouží k výrobě konečných tvarů nebo k výrobě polotovarů „nekonečných délek“ a patří mezi jednoduché způsoby tváření materiálu. Podmínkou vytlačování je roztažení a stlačení polymeru na potřebný tvářecí tlak.

3.1 Šnekové vytlačovací stroje

Šnekové vytlačovací stroje (extrudery) zaujímají přední místo mezi stroji na zpracování polymerů. Dodnes sloužily k výrobě trubek a jiných profilů, plochých a vyfukovaných fólií, desek, opláštěvaných vodičů, kaširovaných materiálů a monofilů. K těmto výrobkům se v poslední době přidaly vlnité desky, sítě, orientované pásy, vyfukované duté předměty apod. Kaučukové směsi se vytlačováním zpracovávají na polotovary používané k výrobě pláštěů pneumatik (běhouny, bočnice, patní lana) a klínových řemenů, ale i na hadice a různé profily. [5]



Obr. 18. Schéma konvenčního vytlačovacího stroje

1 – násypka, 2 – elektrické odporové topení, 3 – šnek, 4 – termočlánky, 5 – regulační ventil tlaku, 6 – snímače tlaku, 7 – lamač, 8 – pouzdro, A – vstupní část, B – přechodové pásmo, C – výstupní pásmo

Technický vývoj šnekových vytlačovacích strojů si celkově klade tyto cíle:

- velkou vytlačovací výkonnost úměrnou otáčkám šneku a co nejméně závislou na protitlaku,
- rovnoměrnou dopravu taveniny bez pulsací,
- vytlačování taveniny bez orientace,
- homogenizační účinek,
- vytlačení výrobku bez pórů, bublinek, tzn. přípravu taveniny bez těkavých podílů i při velké výkonnosti.

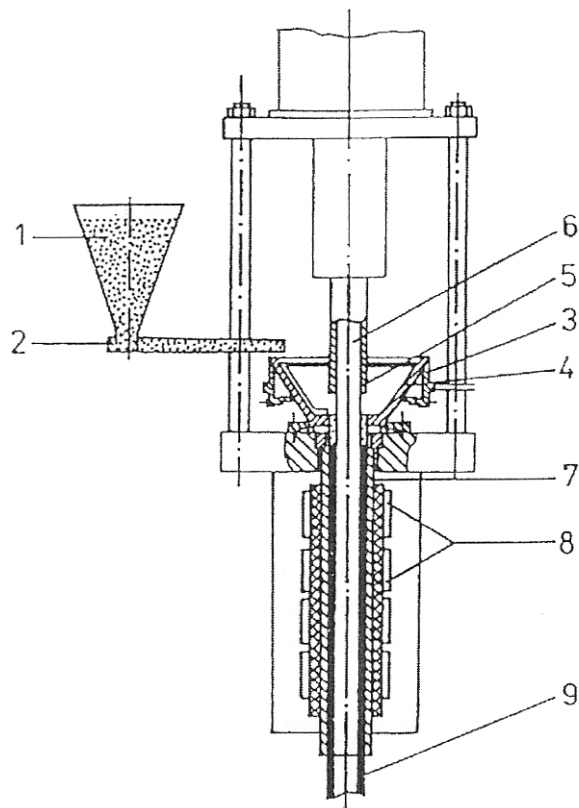
Surovina ve formě granulí nebo prášku vstupuje do vytlačovacího stroje násypkou 1 opatřenou temperačními kanálky (Obr. 18). Šnek 3 hmotu pod násypkou stlačuje a dopravuje do vstupního pásma A. Na začátku tohoto pásma by neměla být příliš vysoká teplota, která by mohla způsobit předčasné natavení dopravovaného materiálu a následný prokluz materiálu o povrch pracovního válce (přilepení ke šneku). Vstupní pásmo tedy slouží především k dopravě materiálu směrem k vytlačovací hlavě. Následuje přechodové (plastikační) pásmo B, ve kterém je hmota plastikována, promíchávána a dále stlačována. Výstupním pásmem C je materiálově i teplotně homogenní tavenina kontinuálně pod tlakem tlačena do tvářecí hlavy. [5]

3.2 Pístové vytlačovací stroje

Vytlačovací stroje pístové mají jako hlavní funkční část píst. Pohon pístu bývá hydraulický nebo mechanický. Pracovní část je tvořena válcem s pístem a vytlačovací hlavou. Materiál pro vytlačování se vkládá do pracovního válce. Velikost pístového vytlačovacího stroje je určena maximální výtlačnou silou, průměrem pracovního válce a zdvihem pracovního pístu. Pístové vytlačovací stroje se nejčastěji používají k vytlačování materiálů citlivých na teplotu nebo materiálů se špatnými tokovými vlastnostmi, jako je např. PTFE a UHMWPE. Tyto polymery nelze vzhledem k jejich velké viskozitě zpracovávat běžnými metodami. Je však možné jejich zpracování sintrováním (spékáním).

Při tomto postupu je práškový polymer pístovým vytlačovacím strojem postupně slisován v kroužky, které jsou dále pod tlakem 10 až 40 MPa při teplotě 380 °C (resp. 230 °C pro UHMWPE) v dlouhém vytlačovacím pouzdru postupně spékány, např. na trubku (Obr.

19.). Tímto způsobem lze v podstatě kontinuálně připravovat trubky až do průměru 250 mm, tyče a různé profily. [5]



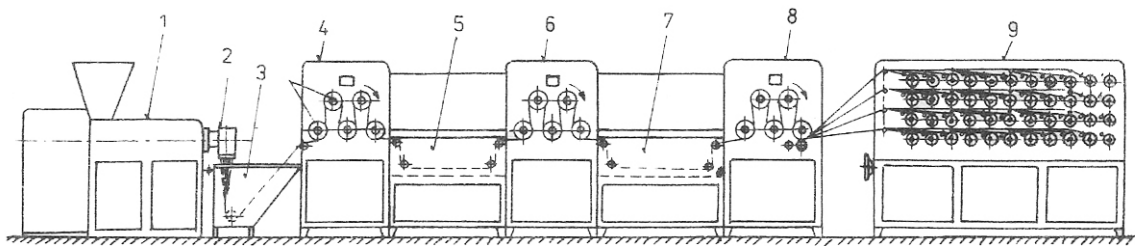
Obr. 19. Pístový vytlačovací stroj

- 1 – plnicí zásobník, 2 – vibrační žlab, 3 – rotující rozdělovací talíř, 4 – násypka, 5 – píst,
6 – trn, 7 – vytlačovací pouzdro, 8 – vyhřívání, 9 – plastová trubka

4 VÝROBA VLÁKEN

4.1 Výroba vláken vytlačováním

Silná vlákna (monofily) se vytlačují přímo z taveniny přes zvláknovací destičku (hubici) opatřenou otvory uspořádanými obvykle v kruhu (pro více jak 80 otvorů ve dvou nebo třech soustředných kruzích). Nejčastěji se takhle zpracovávají materiály PP, HDPE, PA, PETP, PBTP a PMMA. Tavenina ze šnekového stroje je protlačována pomocí zubového čerpadla přes filtry a hubici do vody, kde je tavenina ve formě kapalných vláken rychle ochlazená. Tuhá vlákna jsou pak dlužena (v jednom či více stupních) ve vodě či v horkém vzduchu soustavou válců (kladek). Dloužená vlákna jsou navíjena na cívky. Monofilní vlákna se uplatňují při výrobě lan, sítí, rybářských vlasců, šicích nití, filtrů a průmyslových tkanin, dopravních pásů, koberců, zipů, tenisových strun, optických vláken apod. [5]



Obr. 20. Vytlačovací linka na vlákna

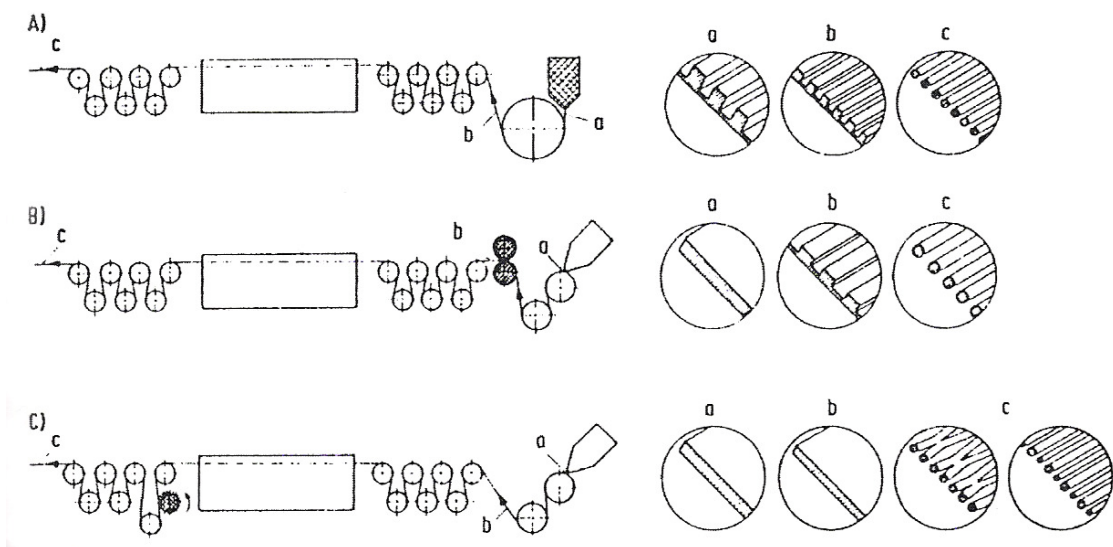
1 – vytlačovací stroj, 2 – vytlačovací hlava, 3 – chladicí lázeň, 4 – odtahovací zařízení (pomalé), 5 – temperační lázeň, 6 – orientační zařízení, 7 – stabilizační lázeň, 8 – odtahovací zařízení (rychlé), 9 – cívečnice

Linky na vytlačování vláken mají rozdílné sestavy podle druhu zpracovávaných materiálů. Na obrázku (Obr. 20) je linka skládající se z vytlačovacího stroje 1, vybaveného vytlačovací hlavou na vlákna 2. Vlákna vstupují do chladicí lázně 3, z lázně vlákna odtahuje první odtahovací zařízení 4. Potom se vlákna temperují na teplotu orientace v lázni 5 a orientují mezi válci orientačního zařízení 6. Orientační poměr se dá nastavovat a může dosáhnout hodnot až 1:9. Orientovaná vlákna se rozměrově stabilizují ve stabilizační lázni 7, kde jsou udržována pod napětím druhým odtahovacím zařízením 8. Potom se vlákna navíjejí na cívky v cívečnici 9. Každá cívka má pohon přes třecí spojku, která vyrovnává obvodovou

rychlost při změně průměru návinu. Návin může být válcový, kuželový apod. Struny se mohou orientovat také průvlakem, který je zhotoven z tvrdokovu. [6]

4.2 Výroba vláken z fólií

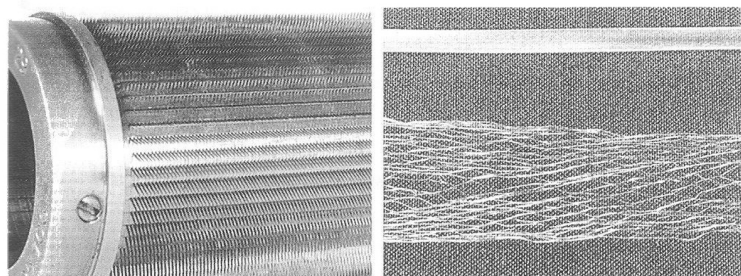
Monoaxiálně orientované fólie z HDPE a PP lze zpracovávat na vlákna. Z vyfouknuté fólie nebo z fólie vytlačované širokoštěrbinou hlavou jsou na řezacím stroji nařezány pásy, které se temperují a orientují v dlouhícím zařízení v poměru 1:7 až 9 na vysoce pevné pásy o tloušťce v rozmezí 10 až 30 μm a šířce v rozmezí 2 až 10 mm.



Obr. 21. Výroba vláken rozvlákněním

A – vytlačovaná profilovaná fólie, B – profilování dezénovacími válci, C – rozvláknění ostrými jehlami

Takto orientované pásy se mechanicky štěpí na vlákna. Rozvláknování je snazší pro profilované pásy. Pro hladké pásy je vhodné použít válec s jehlami (Obr. 22). Vlákna jsou v textilním průmyslu zpracovávána jako náhrada sisalu, juty nebo konopí. [7]



Obr. 22. Rozvláknovací válec s jehlami a materiál před rozvlákněním

4.3 Zvlákňování

Zvlákňování polymerů je proces, při kterém se z zplastikovaného vláknotvorného polymeru protlačováním otvory trysek získávají vlákna.

Na polymery vhodné ke zvlákňování jsou kladeny tyto požadavky:

- dostatečně velký a pro danou technologii optimální a rovnoměrný polymerační stupeň,
- lineární makromolekuly bez objemných bočních skupin,
- pravidelně se opakující polární skupiny umožňující uplatnění silných mezimolekulárních vazeb,
- prostorově pravidelná struktura a tím alespoň částečná krystalinita,
- určitý stupeň tuhosti řetězce,
- schopnost rozpouštět se na dostatečně koncentrované roztoky nebo se tavit při teplotě podstatně nižší, než je teplota rozkladu.

Uvedené požadavky nemusí být splněny bezpodmínečně všechny, např. polypropylen nemá ani polární skupiny, ani tuhý řetězec.

Počátečním krokem při výrobě vláken je převedení makromolekulární látky do stavu, kdy je schopna toku. Toho se dosahuje rozpuštěním nebo roztavením polymeru – na tomto základě se rozlišují dva základní způsoby získávání vláken: zvlákňování z roztoku a zvlákňování z taveniny. Pouze ve zvláštních případech je zvlákňovací hmota tvořena emulzí nebo tuhým měkčeným materiálem.

Pro zvlákňování z roztoku je požadována úplná rozpustnost polymeru a možnost připravit dostatečně koncentrované roztoky. Některé polymery jsou rozpustné jen omezeně a vytvářejí roztoky o nedostatečné koncentraci. V tomto případě lze jejich rozpustnost zvětšit chemickou modifikací nebo kopolymerací. Používaná rozpouštědla musí být snadno dostupná a musí vyhovovat technologickým požadavkům svou rozpouštěcí schopností, hořlavostí, těkavostí, cenou apod.

Ke zvlákňování z taveniny jsou vhodné jen takové polymery, které poskytují taveniny o požadované viskozitě, např. polyamid, polyethyltereftalát. Aby tavenina neměla velkou viskozitu, zvyšuje se její teplota. Poněvadž tato teplota bývá již blízká teplotě rozkladu, je žádoucí zajistit co nejkratší zdržení polymeru v tavicí zóně. [8]

4.3.1 Zvlákňování z roztoku

Hodí se pro polymery, které mají příliš velký interval mezi teplotou měknutí a teplotou tání a naopak příliš malé rozmezí mezi teplotou tání a teplotou rozkladu a nebo které snadno podléhají tepelné degradaci (deriváty celulózy, homopolymery a kopolymery akrylonitrilu a vinylchloridu, polyvinylalkohol).

Rozpouštědlo, jehož volba je pro zvlákňování z roztoku velmi důležitá, by mělo mít malou viskozitu, velkou rozpouštěcí schopnost pro příslušný polymer, vyhovující teplotu varu (pokud možno ne nižší než 50 °C), co nejmenší hořlavost, výbušnost a zdravotní nezávadnost. Po rozpuštění polymeru se jednotlivé šarže roztoku homogenizují, filtrují a odvzdušňují. Při zvlákňování pak dochází ke zpětnému získávání tuhého polymeru ve formě vlákna buď vysrážením (při tzv. mokřím způsobu), nebo vysušením (při tzv. suchém způsobu).

Mokrý způsob:

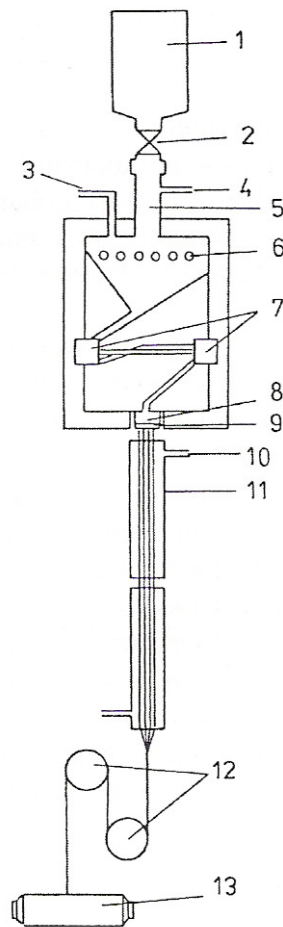
Roztok vláknotvorného polymeru se protlačuje zvlákňovací tryskou do srážecí lázně, kde se kapalné vlákno zpevní natolik, že je schopno odtahu a dalšího zpracování. V některých případech dochází k chemické reakci zvlákňovaného roztoku a zvlákňovací lázně.

Suchý způsob:

Používá se při něm koncentrovanější a proto i viskóznější roztok, což umožňuje větší odtahové rychlosti než při mokřím způsobu (asi dvojnásobné až trojnásobné). Zpracovatelské zařízení pro zvlákňování suchým způsobem má oproti zařízení pro mokřím způsob menší půdorysnou plochu, avšak výšku dvakrát až třikrát větší. Důvodem je zvlákňovací šachta, ve které se odpařuje rozpouštědlo. [8]

4.3.2 Zvlákňování z taveniny

Při zvlákňování z taveniny se npracuje s rozpouštědly, takže odpadají některé náročné operace jako rozpouštění polymeru, filtrace viskózních roztoků, jejich odvzdušňování, regenerace rozpouštědel apod. Velkou výhodou jsou třikrát až pětikrát větší odtahové rychlosti, než při zvlákňování z roztoku. Nevýhodou pak náročnější a materiálově složitější zpracovatelská zařízení, ve kterých se polymery zvlákňují při vysokých teplotách (většinou nad 220 °C) a v neoxidující atmosféře.



Obr. 23. Zařízení pro zvlákňování z taveniny

1 – zásobník granulovaného polymeru, 2 – uzavírací ventil, 3 – přívod dusíku, 4 – odvod dusíku, 5 – násypka, 6 – tavící rošt, 7 – zubová čerpadla, 8 – filtr, 9 – zvlákňovací tryska, 10 – ofukovací vzduch, 11 – zvlákňovací šachta, 12 – galety, 13 – navíjecí cívka

Při roštovém zvlákňování se granule polymeru taví na roštu v inertní atmosféře a tavenina stéká do nevelkého zásobníku. Tavící výkonost roštu je větší než výkonost zvlákňovací jednotky, a proto v krátkém čase dosáhne hladina taveniny roštu. Tím se zmenší styk granulí s vyhřívaným rostem a intenzita jejich tavení se sníží. Při poklesu hladiny taveniny rychlost tavení granulí opět vzroste a tím je zajištěna regulace rychlosti tavení v závislosti na spotřebě taveniny zvlákňovacím zařízením. [5]

Při tavení polymeru dochází často k částečnému rozkladu polymeru, který má za následek vznik plynných produktů. Ty vytváří ve vláknech bubliny, které zhoršují jejich pevnost. Proto je před zvlákňovací tryskou zařazen systém dvou zubových čerpadel vytvářejících

přetlak. Ten zabraňuje vzniku nežádoucích bublin a zajišťuje rovnoměrnost průtoku taveniny přes zvlákňovací trysku.

Kapalné vlákno taveniny polymeru, které vychází z trysky, je ihned ochlazováno vzduchem nebo vodou, aby se zabránilo vzniku příliš velkých krystalů, které by zhoršovaly jeho kvalitu. Použije-li se vzdušného chlazení, je nutno hydrofilní syntetická vlákna (např. polyamidová, která snadno přijímají vlhkost) kondicionovat vodní parou na určitou pravidelnou vlhkost, jejíž hodnota se pohybuje většinou kolem 5 %. Účelem této operace je, aby vlákna nepřijímala vzdušnou vlhkost až po navinutí na cívku, čímž by se návin uvolňoval a vlákna sesmekávala. [8]

5 NEJVÝZNAMĚJŠÍ POLYMERY PRO VÝROBU VLÁKEN

Veškerá vlákna lze rozdělit podle původu na vlákna přírodní a chemická. Chemická se dále rozdělují na vlákna z přírodních polymerů a vlákna ze syntetických polymerů. Ve své práci zmiňuji pouze vlákna ze syntetických polymerů, tj. polymerů připravených z jednoduchých monomerních látek.

Polymerní materiály pro výrobu vláken mívají lineární strukturu, bývají krystalické a jsou schopné několikanásobného prodloužení, při kterém se jejich molekuly orientují ve směru působící síly. Tím se dosahuje vysoké pevnosti, která je srovnatelná s kvalitními konstrukčními kovy.

5.1 Polyamid – PA

Polyamidy jsou lineární polymery s modulem pružnosti $E = 900 - 3200$ MPa a tažností $A = 30 - 250$ %. Pro výrobu vláken se z polyamidů prosadily hlavně PA 6 a PA 66. Mají vhodnou surovinovou bázi a jejich teploty tání jsou přiměřené pro výrobu, zpracování i použití vláken. Z jejich nejdůležitějších vlastností lze uvést vysokou pevnost, velmi dobrou odolnost proti otěru a ohybu, v širokých mezích nastavitelné protažení, dobrou barvitelnost a vyhovující tvarovou stálost. Tyto vlastnosti způsobují, že jsou polyamidová vlákna používána tam, kde se vyžaduje vysoká odolnost proti opotřebení – vyrábějí se z nich punčochy, ponožky, prádlo, sportovní oblečení, bytový textil, koberce, technické tkaniny, lana aj. [9]

Nejvýznamnějšími polyamidy pro výrobu vláken jsou:

- Polyamid 6 (PA 6) – vlákna (silon, nylon, dederon), rybářské vlasce, struny, štětiny, vlákna na síta, kordy do koster pneumatik a dopravních pásů, textilní vlákna (hedvábná, kobercová apod.).
 - mez pevnosti v tahu $R_m = 30 - 85$ MPa
 - modul pružnosti v tahu $E = 900 - 3200$ MPa
 - tažnost $A = 50 - 250$ %
- Polyamid 66 (PA 66)
- Polyamid 610 (PA 6.10) – štětiny a žíně do kartáčů

5.2 Polypropylen – PP

Vlákna z polypropylenu mají nejmenší hustotu, nejmenší tepelnou vodivost, nejmenší sorpci vody, velmi dobrou odolnost proti chemikáliím i baktériím a dobrou odolnost proti otěru. Nedostatkem je jejich obtížná barvitelnost, menší stálost na světle a obtížnější chemické čištění. Proto se méně rozšiřuje jejich použití v oděvnictví a naopak v oblasti nábytkových tkanin a podlahových i technických textilií (např. orientované pásy a vázací materiál pro svazování balíků) se uplatňují více. [9]

5.3 Polyethylentereftalát – PETP

Polyethylentereftalátová vlákna vynikají pevností, odolností proti otěru a proti chemikáliím. Výrobky z nich jsou nemačkovité. Ze všech vláken jsou nejuniverzálnější a nejlépe modifikovatelná. Používají se nejčastěji ve směsi s vlnou nebo s bavlnou pro výrobu nejrůznějších materiálů na vnější i spodní ošacení i k průmyslovým a technickým účelům. [9]

5.4 Polyakrylonitril – PAN

Polyakrylonitrilová vlákna se používají hlavně ve formě stříže a vyznačují se zejména vysokou schopností kypření a tepelné izolace, omakem podobným vlně, snadností ošetřování a velmi dobrou odolností proti světlu, povětrnosti a mikroorganismům. Sortiment výrobků z polyakrylonitrilových vláken je velmi široký – jsou to svetry, pokrývky, ložní prádlo, záclony a dekorační látky, technické tkaniny aj. [9]

5.5 Speciální vlákna

Používají se tam, kde jsou kladeny extrémní požadavky, které nelze splnit modifikací standardních vláken. Mezi tyto požadavky patří např. stálost při vyšších teplotách, nehořlavost, zvláště vysoký modul pružnosti, velmi vysoká podélná a příčná pevnost, vysoká odolnost proti chemikáliím nebo vysoká elektrická pevnost. Pro výrobu speciálních vláken se používají i jiné polymery – polyvinylchlorid, polytetrafluorethylen, polybenzimidazol, aromatické polyamidy aj. [9]

6 PŘEHLED RYBÁŘSKÝCH VLASCŮ FIRMY BYRON GROUP CZ

- **Fluorocarbon Tippet**

Fluorocarbonový vlasec špičkové třídy pro výrobu muškařských návazců, které jsou ve vodě neviditelné. Fluorocarbon Tippet je nový návazec s vysokou pevností, lehkou potápností a odolností vůči oděru. Má vynikající pevnost v uzlu. [10]

Tab. 1. Fluorocarbon Tippet

| Název výrobku: | Průměr: | Pevnost: | Balení: | Cen a s DPH: |
|-----------------------|----------------|-----------------|----------------|---------------------|
| Fluorocarbon Tippet | 0,10mm | 0,5kg | 30m | 169 Kč |
| Fluorocarbon Tippet | 0,13mm | 1,0kg | 30m | 169 Kč |
| Fluorocarbon Tippet | 0,15mm | 1,5kg | 30m | 169 Kč |
| Fluorocarbon Tippet | 0,17mm | 2,0kg | 30m | 169 Kč |
| Fluorocarbon Tippet | 0,20mm | 2,5kg | 30m | 169 Kč |

- **Silver Ghost Line**

Nově vyvinutý vlasec, který dodržuje vysokou kvalitu Byron vlasců. Tento vlasec je kombinací F-Carbonu a velmi silného Co-polyamidového vlasce. Z této kombinace vyplývají vynikající vlastnosti rychlého neviditelného vlasce s vysokou nosností, které nemohou fluorocarbonové vlasce dosahovat.

Výhody tohoto vlasce jsou především v následujících vlastnostech:

- velmi vysoká nosnost,
- vysoká transparentnost a neviditelnost,
- extrémně vysoká pevnost při otěru, až třicetkrát větší než u obyčejných vlasců,
- kombinace F-Carbonu s Co-polyamidovým vlascem. [10]

Tab. 2. Silver Ghost Line

| Název výrobku: | Průměr: | Pevnost: | Balení: | Cena s DPH: |
|-----------------------|----------------|-----------------|----------------|--------------------|
| Silver Ghost Line | 0,165mm | 2,95kg | 300m | 159 Kč |
| Silver Ghost Line | 0,185mm | 4,40kg | 300m | 159 Kč |
| Silver Ghost Line | 0,205mm | 5,80kg | 300m | 159 Kč |
| Silver Ghost Line | 0,235mm | 7,20kg | 300m | 159 Kč |

| | | | | |
|-------------------|---------|---------|------|--------|
| Silver Ghost Line | 0,260mm | 8,50kg | 300m | 159 Kč |
| Silver Ghost Line | 0,285mm | 10,5kg | 300m | 169 Kč |
| Silver Ghost Line | 0,330mm | 13,80kg | 300m | 179 Kč |
| Silver Ghost Line | 0,370mm | 15,90kg | 300m | 199 Kč |

- **Teflon Bottom Line**

Tento vlasec je dalším vývojem nejlépe osvědčených teflonových vlasců. Povrch vykazuje vedle teflonové povrchové úpravy ještě další chemickou vrstvu, díky níž je vlasec těžší než voda. Hustota obvyklých nylonových vlasců činí trochu více než 1. Toto odpovídá hustotě vody. Tím zůstane běžný vlasec ležet na hladině. Nový vlasec Teflon Bottom Line poklesne hned svou hustotou 1,74.

- rychlá potápivost,
- žádný vliv větru a vln,
- žádné zbytečné prověšování vlasce,
- rychlejší a přímější odhozy.

Vlasec vhodný svými vlastnostmi speciálně pro lov na položenou. Tmavohnědá barva se perfektně přizpůsobí podkladu. [10]

Tab. 3. Teflon Bottom Line

| Název výrobku: | Průměr: | Pevnost: | Balení: | Cena s DPH: |
|-----------------------|----------------|-----------------|----------------|--------------------|
| Teflon Bottom Line | 0,14mm | 2,45kg | 300m | 290 Kč |
| Teflon Bottom Line | 0,16mm | 2,75kg | 300m | 290 Kč |
| Teflon Bottom Line | 0,18mm | 3,90kg | 300m | 290 Kč |
| Teflon Bottom Line | 0,21mm | 4,70kg | 300m | 290 Kč |
| Teflon Bottom Line | 0,245mm | 5,80kg | 300m | 390 Kč |
| Teflon Bottom Line | 0,27mm | 7,10kg | 300m | 390 Kč |
| Teflon Bottom Line | 0,31mm | 9,50kg | 300m | 490 Kč |
| Teflon Bottom Line | 0,365mm | 12,30kg | 300m | 590 Kč |

- **Ysato Black Nickel Line**

Díky technologii Isato Black Nickel byl umožněn další vývojový krok u vlasců. Nový niklově černý vlasec Isato je nepřekonaný ve své odolnosti a pevnosti otěru. Vlasec byl speciálně vyvinut pro extrémně vysokou stálost uzlu, aby poskytl rybáři největší možnou jistotu při rychlém navíjení. Tmavá barva vlasce je ideální k základnímu chytání a pojme velkou část dopadajícího světla a neodráží tedy téměř žádné světlo. Tím je vlasec bez odrazu neviditelný pro rybu. Tato výhoda je při chytání nejdůležitější. Mnoho výzkumů ukázalo, že ryba při příjmu potravy hned vlasec pozná a vyhne se mu. Nejprve je vzata ona nástraha, která není spojena s rybářským vlascem. Je-li vlasec pro rybu hůře viditelný, je mnohem snazší rybu chytit. [10]

Tab. 4. Ysato Black Nickel Line

| Název výrobku: | Průměr: | Pevnost: | Balení: | Cena s DPH: |
|-------------------------|----------------|-----------------|----------------|--------------------|
| Ysato Black Nickel Line | 0,15mm | 2,60kg | 100m | 26 Kč |
| Ysato Black Nickel Line | 0,18mm | 2,95kg | 100m | 26 Kč |
| Ysato Black Nickel Line | 0,21mm | 4,80kg | 100m | 26 Kč |
| Ysato Black Nickel Line | 0,23mm | 5,50kg | 100m | 26 Kč |
| Ysato Black Nickel Line | 0,26mm | 6,50kg | 100m | 26 Kč |
| Ysato Black Nickel Line | 0,28mm | 7,60kg | 200m | 49 Kč |
| Ysato Black Nickel Line | 0,30mm | 8,25kg | 200m | 49 Kč |
| Ysato Black Nickel Line | 0,36mm | 11,35kg | 200m | 49 Kč |

- **Stratos Monofilament**

Vlasec Byron - Stratos je vyvinut na základě nového unikátního konceptu. Do kopolyamidové hmoty se přidává ultra jemný keramický prášek, který zlepšuje pevnost a současně uzavírá povrch vlasce. Tímto se vlasec stává mnohem odolnější a zvyšuje se jeho životnost. Přidáním ultra jemného keramického prášku se zvyšuje molekulární adheze vlasce a výrazně ho chrání proti otěru a jiným vnějším vlivům. Vlasec Stratos svou vláčností umožňuje přirozenější nabídnutí nástrahy, která nevisí strnule ve vodě. Měkkost hmoty vlasce zvyšuje i jeho pevnost v uzlu. Jeho nosnost se nesnižuje ani dlouhodobým používáním.

Měkký vlasec, který se nevytahuje, je mimořádně pevný v uzlu, protože je v něm elastický a není zalomený jako tuhý vlasec. Měkký vlasec se nepřereže při nadměrném tahu v uzlu, jako je to běžné u tvrdých a tuhých vlasců. [10]

Tab. 5. Stratos Monofilament

| Název výrobku: | Průměr: | Pevnost: | Balení: | Cena s DPH: |
|-----------------------|----------------|-----------------|----------------|--------------------|
| Stratos Monofilament | 0,18mm | 3,10kg | 100m | 49 Kč |
| Stratos Monofilament | 0,23mm | 5,25kg | 100m | 49 Kč |
| Stratos Monofilament | 0,26mm | 6,40kg | 100m | 55 Kč |
| Stratos Monofilament | 0,28mm | 6,95kg | 200m | 105 Kč |
| Stratos Monofilament | 0,32mm | 9,85kg | 200m | 120 Kč |
| Stratos Monofilament | 0,37mm | 11,60kg | 200m | 130 Kč |

- **Feeder Soft**

Toto nové Byron-vlákno je pro ryby téměř neviditelné. Těto vlastnosti může být dosaženo jen prostřednictvím nové technologie trojitěho vrstvení vlákna. Na kopolyamidové vlákno se ukládá vrstva určující barevné přizpůsobení. Nejsvrchnější vrstva je ochranná a je potažena tenkou vrstvou teflonu. Povrch vlákna je hladký a je schopný zabránit oděru. Během výroby se přesně kontroluje roztažnost vlákna, která se redukuje na minimum. Elektronická kontrola roztažnosti a redukce je označována Electronic-Stretch-Reduction. Úspěšnost této šňůry se projeví až při samotném chytání, kde molekulární zbarvení ve hmotě způsobí ideální barevné přizpůsobení vzhledem k okolí, a tím se vlákno stane pro rybu neviditelné. Průsvitnost vlákna dokonale ladí se zeleným zbarvením dna a nepůsobí nápadně. [10]

Tab. 6. Feeder Soft

| Název výrobku: | Průměr: | Pevnost: | Balení: | Cena s DPH: |
|-----------------------|----------------|-----------------|----------------|--------------------|
| Feeder Soft | 0,16mm | 2,50kg | 500m | 129 Kč |
| Feeder Soft | 0,19mm | 3,50kg | 500m | 129 Kč |

- **Tefloncoated**

Nejdůležitější argumenty ve prospěch odolného vlákna jsou:

- Hladký, oděru odolný povrch: jen neporušené vlákno s teflonovou úpravou zachovává výhodu cívek pro daleké vrhy, neodírá se při lovu u dna a neztrácí tím svoji pevnost.
- Vysoká pevnost: hodnota únosnosti nemá být dána jen lineárně. Platí únosnost v uzlu a ta musí také po určité době odpovídat požadavkům a nepodléhat vnějším vlivům.
- Pružnost: vlákno nesmí být tuhé a musí se s ním lehce házet. Tuto vlastnost má jen kopolyamidové vlákno.
- Stabilita: vlákno se nesmí během chytání kroutit a vytvářet oka. [10]

Tab. 7. Tefloncoated

| Název výrobku: | Průměr: | Pevnost: | Balení: | Cena s DPH: |
|-----------------------|----------------|-----------------|----------------|--------------------|
| Tefloncoated | 0,15mm | 2,50kg | 100m | 39 Kč |
| Tefloncoated | 0,19mm | 3,50kg | 100m | 45 Kč |
| Tefloncoated | 0,22mm | 4,90kg | 100m | 49 Kč |
| Tefloncoated | 0,25mm | 5,80kg | 100m | 55 Kč |
| Tefloncoated | 0,28mm | 6,70kg | 200m | 95 Kč |
| Tefloncoated | 0,33mm | 9,80kg | 200m | 105 Kč |
| Tefloncoated | 0,37mm | 11,20kg | 200m | 115 Kč |
| Tefloncoated | 0,40mm | 12,80kg | 200m | 125 Kč |
| Tefloncoated | 0,45mm | 15,60kg | 100m | 80 Kč |
| Tefloncoated | 0,50mm | 20,00kg | 100m | 85 Kč |

7 CÍLE BAKALÁŘSKÉ PRÁCE

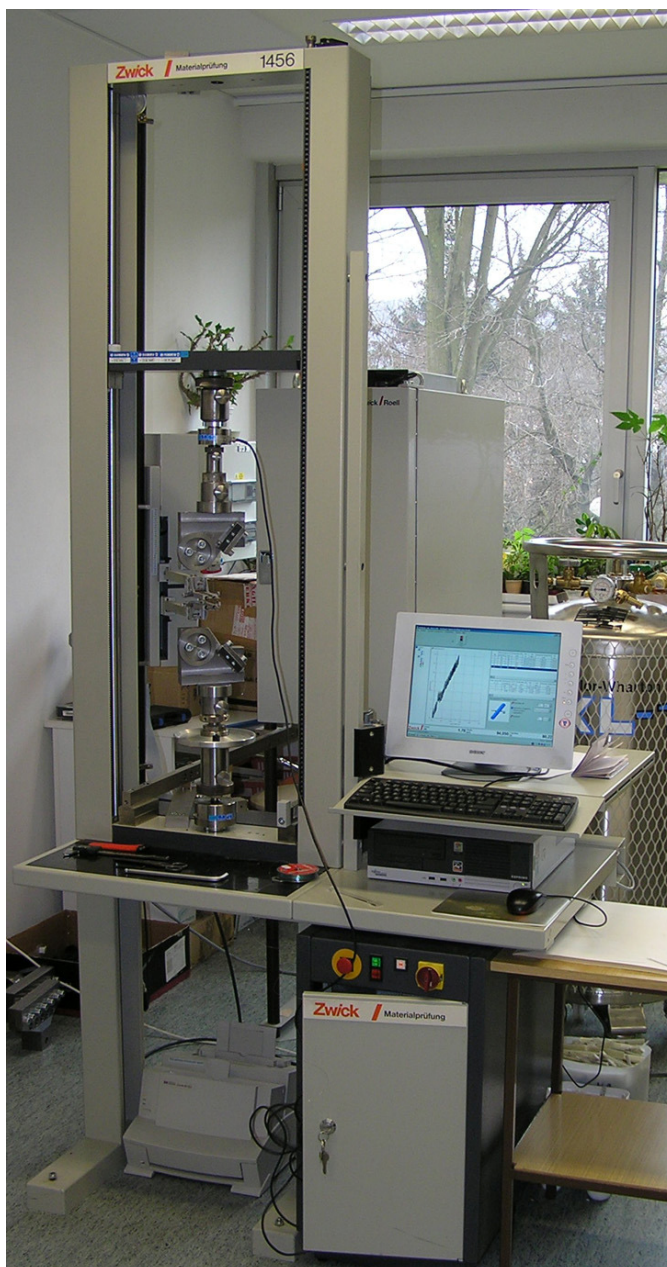
Hlavním cílem bakalářské práce je za použití čelistí pro zkoušku tahem drátů a kordů změřit základní mechanické vlastnosti běžně prodávaných rybářských vlasců (pevnost v tahu, modul pružnosti a tažnost vlasce). Měření s uvedenými čelistmi bude probíhat na trhacím stroji ZWICK 1456, který se nachází ve školní laboratoři. Bude ověřena reálnost použití čelistí a navrhnutá vhodná metodika pro toto měření.

Výsledky zkoušek budou vyhodnoceny a zpracovány do tabulek. Budou porovnávány vzorky vlasců stejného průměru od různých výrobců a vzorky vlasců různého průměru od stejného výrobce. Současně budou výsledky měření porovnány s údaji, které udává výrobce.

II. PRAKTICKÁ ČÁST

8 POPIS ZKUŠEBNÍHO STROJE ZWICK

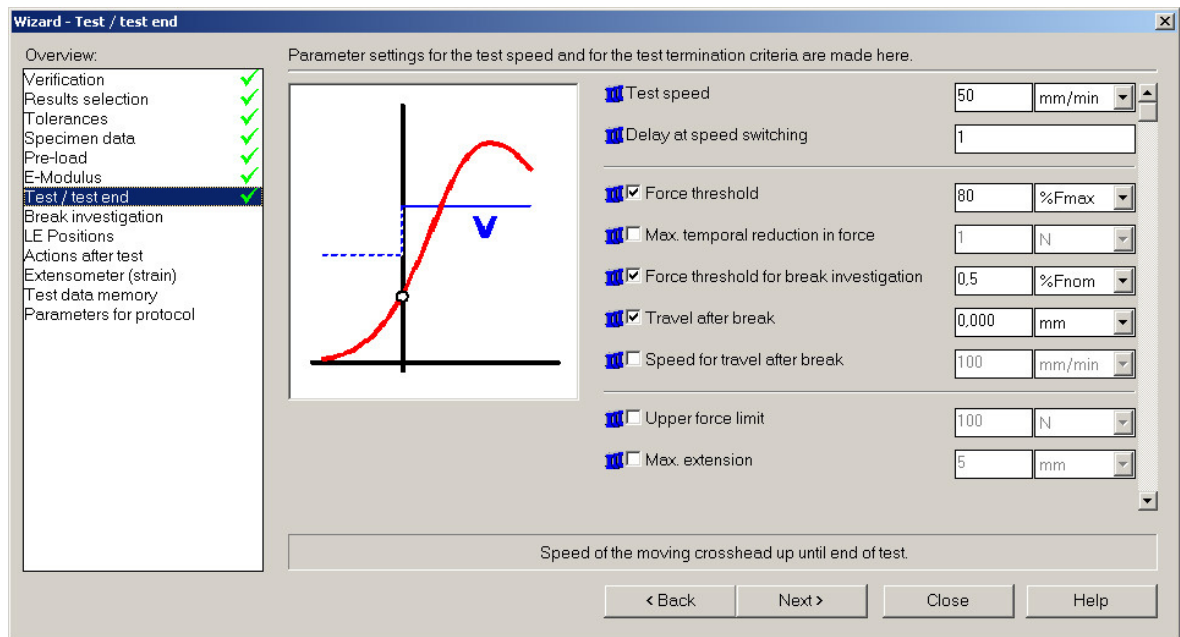
Univerzální zkušební stroj ZWICK 1456 dokáže vyvinout maximální zkušební sílu až 20 kN a ve školní laboratoři Univerzity Tomáše Bati se používá na měření převážně polymerních a kompozitních vzorků. Kromě zkoušky tahem se na stroji provádí za použití vhodných přípravků i zkoušky tlakem a ohybem. Zkoušky lze provádět jak za okolní, tak i za zvýšené nebo snížené teploty v teplotní komoře (-80 / +250 °C).



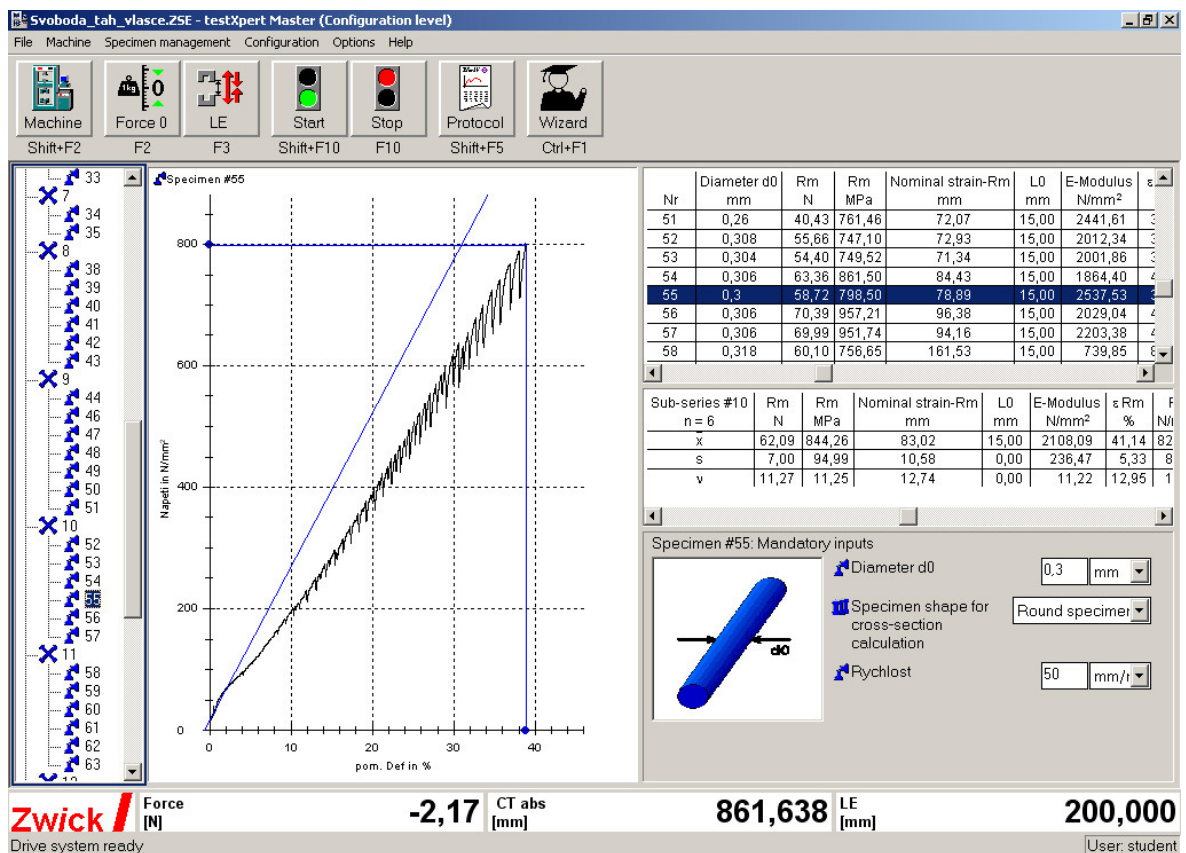
Obr. 24. Univerzální zkušební stroj ZWICK 1456

Univerzální zkušební stroj váží celkem 150 kg, je 2012 mm vysoký a 630 mm široký. Maximální rychlost posuvu příčnicku je 800 mm/min.

Nastavení parametrů měření se provádí na PC pomocí speciálního programu TestXpert Master (Obr. 25), který také zobrazuje a vyhodnocuje naměřené hodnoty (Obr. 26).



Obr. 25. Ukázka nastavování parametrů měření na stroji ZWICK 1456



Obr. 26. Prostředí programu TestXpert Master při měření

Pro měření rybářských vlasců byly na upínacím zařízení stroje upnuty čelisti pro zkoušku tahem drátů a kordů (Obr. 27) zkonstruované a uvedené Michalem Baronem v bakalářské práci [11]. Čelisti se skládají ze dvou upínacích desek, mezi které se upevní konec zkoušeného vlasce. Tuhost upnutí se zajistí utažením dvou šroubů. Vlasec je obtočen (2x) kolem kladek, jejichž osy jsou od sebe nastaveny na vzdálenost 200 mm. Spodní čelist je statická, horní se při spuštěném testu pohybuje nahoru rychlostí 50 mm/min. K přesnému odečtení modulu pružnosti E je použit extensometr, který je umístěn uprostřed mezi čelistmi. Vlasec se natahuje konstantní rychlostí až do přetržení.

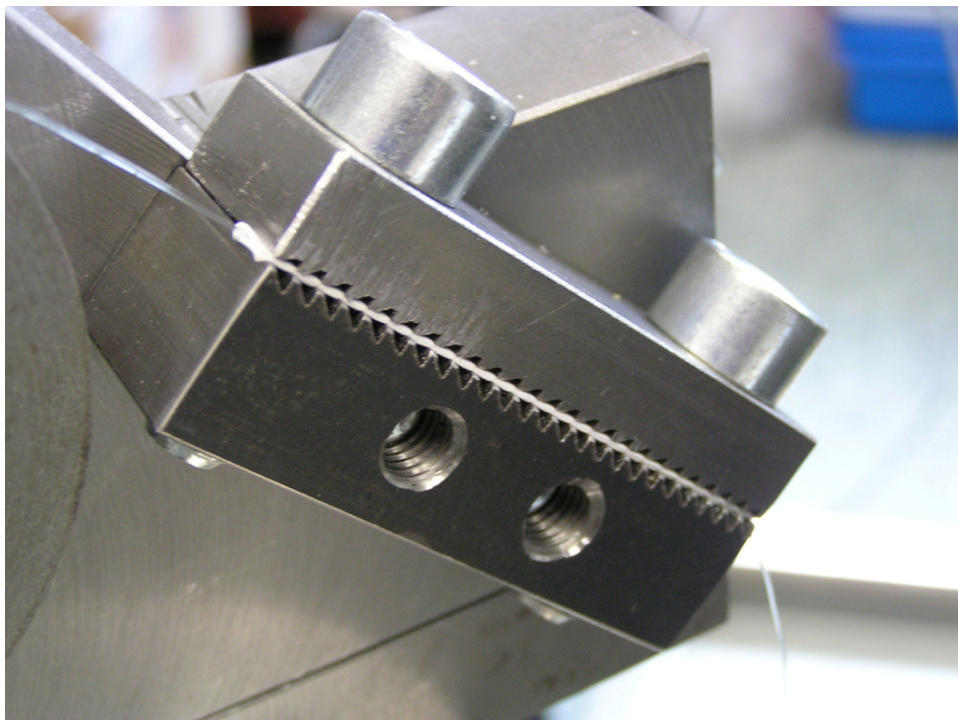


Obr. 27. Čelisti pro zkoušku tahem drátů a kordů

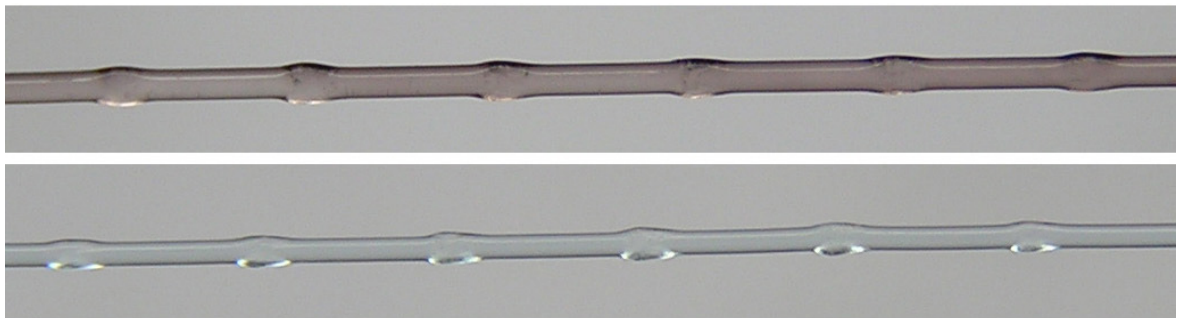
8.1 Metodika měření zkoušky tahem rybářských vlasců

V následujících bodech je shrnut postup mé práce při měření mechanických vlastností rybářských vlasců po nastavení zkušebního stroje ZWICK 1456. Pro opakované měření doporučuji postupovat následovně:

1. Připravíme 6 vzorků ze zkoušeného typu vlasce nastříháním na délky cca. 120 cm.
2. Na několika místech vzorku změříme průměr a vypočítáme průměrný průměr vlasce (každého ze šesti vzorků).
3. Na PC pomocí programu TestXpert (Obr. 26) tlačítkem „LE“ (klávesa F3) nastavíme čelisti na přednastavenou vzdálenost 200 mm. Zapišeme do programu vypočítaný průměr vlasce zkoušeného vzorku.
4. Upneme vzorek vlasce mezi čelisti takovým způsobem, aby byl mírně napnutý. Při dvojitém obtočení kolem kladky dbáme na to, aby nebyl vlasec na kladce překřížen. Mezi upínací desky a upínaný vzorek vložíme tvrdý papír (Obr. 28), který zabrání přestřihnutí vlasce drážkováním upínacích desek. K prokluzu vlasce nedojde, neboť i přes tvrdý papír způsobí drážkování na vlasci rýhy (Obr. 29).



Obr. 28. Upnutí vzorku vlasce mezi upínací desky







Obr. 29. Rýhy na vlasci způsobené drážkováním upínacích desek

5. Na PC pomocí tlačítka „Force 0“ (klávesa F2) vynulujeme působící sílu. Stisknutím tlačítka „Start“ (klávesa Shift+F10) spustíme měření.
6. Jakmile skončí měření, stiskneme tlačítko „LE“ (klávesa F3) pro přiblížení čelistí do přednastavené polohy. Zkontrolujeme, zda měření proběhlo objektivně. Přesvědčíme se, že se vzorek vlasce přetrhl v místě mezi čelistmi. Povolíme šrouby upínacích desek a vyměníme přetrhnutý vzorek za nový.
7. Měření provedeme pro zbylé vzorky zkoušeného vlasce. Pro další typ vlasce postupujeme znovu od bodu č. 1.

9 VZORKY RYBÁŘSKÝCH VLASCŮ

Tab. 8. Vzorky testovaných vlasců seřazených podle průměru

| Číslo vzorku: | Výrobce, název - označení: | Průměr vlasce – mm: | Nosnost vlasce – kg: | Cena balení/ počet metrů: | Cena za metr vlasce: |
|-------------------------------------|-------------------------------|------------------------|-------------------------|------------------------------|-------------------------|
| Vlastnosti vlasce udávané výrobcem: | | | Obr. | | |

| | | | | | |
|---|------------------------|--|-------|-----------|----------|
| 1. | Grauvell – Bionix Blue | 0,18mm | 2,5kg | 29Kč/100m | 0,29Kč/m |
| Vyrobeno z nylonu s 50 % obsahem copolymeru. Provedení v modré barvě. Vyrábí se i v průměrech 0,15; 0,20; 0,22; 0,25; 0,30; 0,35; 0,40; 0,50 a návinech na cívce 250 m, 500 m a 1000 m. | |  | | | |
| 2. | Grauvell – Bionix Blue | 0,20mm | 3kg | 29Kč/100m | 0,29Kč/m |
| Vyrobeno z nylonu s 50 % obsahem copolymeru. Provedení v modré barvě. | |  | | | |
| 3. | Grauvell – Bionix | 0,22mm | 3,5kg | 32Kč/100m | 0,32Kč/m |
| Vyrobeno z nylonu s 50 % obsahem copolymeru. Vyrábí se i v průměrech 0,15; 0,20; 0,22; 0,25; 0,30; 0,35; 0,40 a 0,50 a návinech na cívce 250 m, 500 m a 1000 m. | |  | | | |
| 4. | Grauvell – Bionix Blue | 0,25mm | 4,5kg | 32Kč/100m | 0,32Kč/m |
| Vyrobeno z nylonu s 50 % obsahem copolymeru. Provedení v modré barvě. | |  | | | |

Pokračování tabulky je v PŘÍLOZE PI Vzorky testovaných vlasců.

10 VÝSLEDKY MĚŘENÍ PEVNOSTI V TAHU A TAŽNOSTI

Bylo testováno celkem 23 druhů vlasců různých průměrů a výrobců. Z každého rybářského vlasce bylo ustřiženo a změřeno zkouškou tahem celkem 6 vzorků (celkem tedy 138 měření). Jedno ze šesti měření (s nejvyšší chybou) bylo vyloučeno. Z naměřených dat byly vypočteny a pomocí programu TextXpert získány průměrné hodnoty pěti následujících veličin:

- d_{vl} [mm] naměřený **průměr vlasce**,
- F_{vl} [N] **maximální síla** naměřená v tahu krátce před přetržením,
- σ_{vl} [MPa] **maximální napětí** vlasce krátce před přetržením,
- E_{vl} [MPa] **modul pružnosti v tahu** vlasce,
- A_{vl} [%] **tažnost** vlasce, tj. maximální protažení vlasce uvedené v %.

V tabulce (Tab. 9) je písmenem **x** označena **průměrná hodnota**, písmenem **s** – **směrodatná odchylka** a písmenem **v** – **poměr** (poměr směrodatné odchylky – s ku průměrné hodnotě – x) vyjadřující v procentech velikost **chyby měření**.

Tab. 9. Naměřené hodnoty

| Měřený vzorek – průměr – nosnost: | d_{vl} | F_{vl} | σ_{vl} | E_{vl} | A_{vl} |
|--|--------------|--------------|---------------|----------------|--------------|
| | mm | N | MPa | MPa | % |
| 1) Grauvell Bionix Blue – 0,18mm; 2,5kg | | | | | |
| x | 0,184 | 19,84 | 746,2 | 2118,12 | 46,35 |
| s | 0,001 | 0,86 | 30,37 | 398,76 | 1,13 |
| v | 0,769 | 4,35 | 4,07 | 18,83 | 2,43 |
| 2) Grauvell Bionix Blue – 0,2mm; 3kg | | | | | |
| x | 0,200 | 23,97 | 763,76 | 2111,00 | 53,99 |
| s | 0,002 | 2,24 | 80,69 | 644,85 | 5,37 |
| v | 1,225 | 9,36 | 10,56 | 30,55 | 9,95 |
| 3) Grauvell Bionix – 0,22mm; 3,5kg | | | | | |
| x | 0,225 | 29,01 | 729,46 | 1943,47 | 44,63 |
| s | 0,005 | 1,18 | 51,26 | 274,90 | 7,52 |
| v | 2,045 | 4,05 | 7,03 | 14,14 | 16,85 |
| 4) Grauvell Bionix Blue – 0,25mm; 4,5kg | | | | | |
| x | 0,254 | 43,60 | 861,16 | 1352,18 | 70,97 |
| s | 0,002 | 3,01 | 70,79 | 210,21 | 6,58 |
| v | 0,787 | 6,90 | 8,22 | 15,55 | 9,28 |

Pokračování tabulky je v PŘÍLOZE PII Naměřené hodnoty.

11 VYHODNOCENÍ MĚŘENÍ

11.1 Porovnání vypočítaných a změřených hodnot

V následující tabulkách jsou porovnány hodnoty spočítané z údajů výrobce s hodnotami naměřenými. Nejprve je porovnávána **vypočtená síla** – F_{vl}' [N] se **změřenou silou** – F_{vl} [N], kterou vlasce ještě udržel než se přetrhl (Tab. 10).

Síla F_{vl}' byla vypočítána z **nosnosti vlasce** – m [kg] udávané výrobcem podle vzorce:

$$F_{vl}' = m \cdot g, \quad (15)$$

kde za g [$m \cdot s^{-2}$] – **tíhové zrychlení** byla dosazena hodnota $9,81 m \cdot s^{-2}$.

Dále bylo porovnáno **napětí vypočtené** – σ_{vl}' [MPa] s **napětím změřeným** – σ_{vl} [MPa] (Tab. 11). Napětí σ_{vl}' bylo vypočteno z **nosnosti vlasce** – m a **průměru vlasce** – d [mm], tedy hodnot udávaných výrobcem, podle vzorce:

$$\sigma_{vl}' = \frac{F_{vl}'}{S} = \frac{4 \cdot m \cdot g}{\pi \cdot d^2} \quad (16)$$

U obou veličin, tj. síla i napětí, byl vypočítán **poměr** – p [-], který vyjadřuje, jak moc se změřená hodnota blíží hodnotě vypočtené.

$$p_F = \frac{F_{vl}}{F_{vl}'} \cdot 100\%; \quad p_\sigma = \frac{\sigma_{vl}}{\sigma_{vl}'} \cdot 100\% \quad (17)$$

Hodnoty v tabulkách jsou seřazeny sestupně podle poměru.

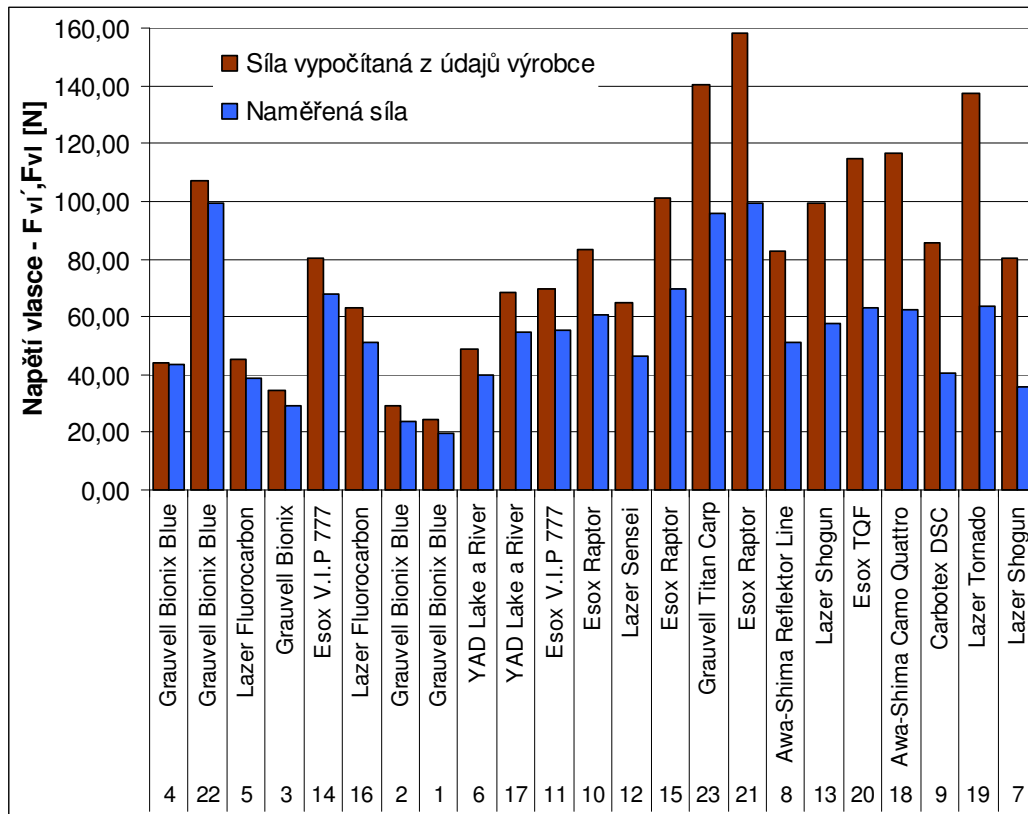
Tab. 10. Porovnání vypočtených a naměřených sil

| Č. vzorku | Název - označení | Průměr d/mm | Nosnost m/kg | F_{vl}'/N | F_{vl}/N | $p_F/\%$ |
|-----------|----------------------|-------------|--------------|---------------|--------------|--------------|
| 4 | Grauvell Bionix Blue | 0,25 | 4,5 | 44,15 | 43,60 | 98,77 |
| 22 | Grauvell Bionix Blue | 0,40 | 10,9 | 106,93 | 99,56 | 93,11 |
| 5 | Lazer Fluorocarbon | 0,25 | 4,6 | 45,13 | 38,52 | 85,36 |
| 3 | Grauvell Bionix | 0,22 | 3,5 | 34,34 | 29,01 | 84,49 |
| 14 | Esox V.I.P 777 | 0,29 | 8,2 | 80,44 | 67,93 | 84,45 |
| 16 | Lazer Fluorocarbon | 0,30 | 6,4 | 62,78 | 51,28 | 81,68 |
| 2 | Grauvell Bionix Blue | 0,20 | 3,0 | 29,43 | 23,97 | 81,45 |
| 1 | Grauvell Bionix Blue | 0,18 | 2,5 | 24,53 | 19,84 | 80,90 |
| 6 | YAD Lake a River | 0,25 | 5,0 | 49,05 | 39,67 | 80,88 |
| 17 | YAD Lake a River | 0,30 | 7,0 | 68,67 | 54,84 | 79,86 |

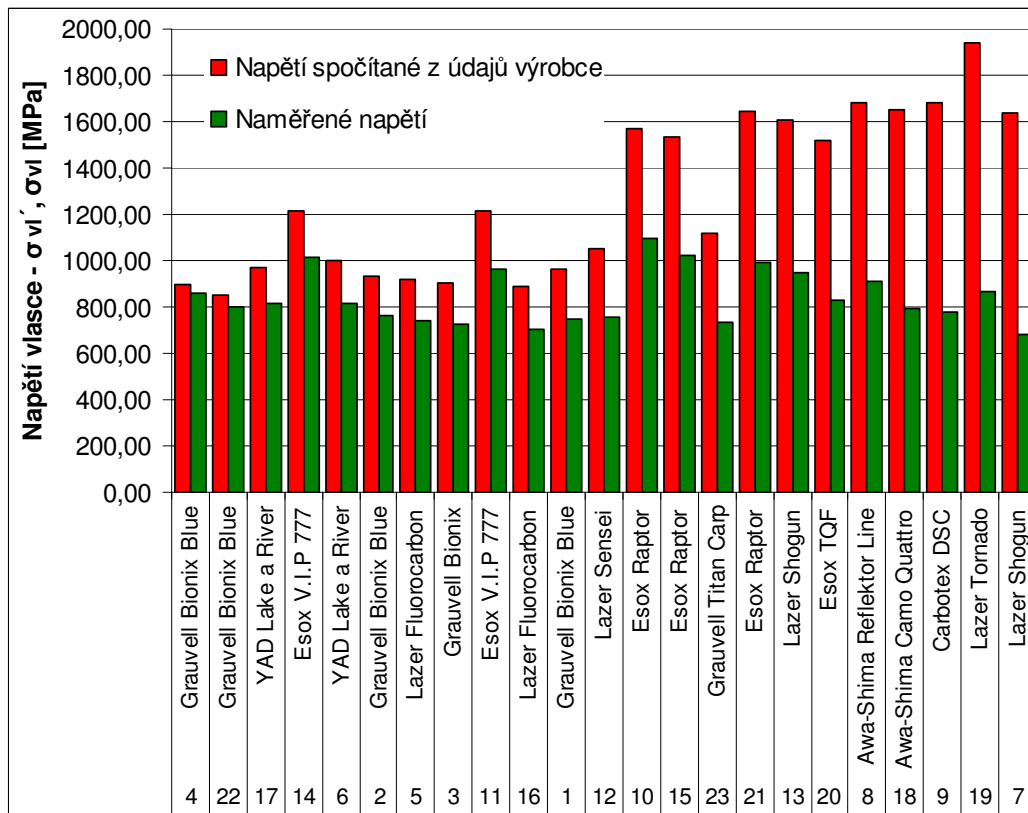
| | | | | | | |
|----|--------------------------|-------|------|---------------|--------------|--------------|
| 11 | Esox V.I.P 777 | 0,27 | 7,1 | 69,65 | 55,33 | 79,44 |
| 10 | Esox Raptor | 0,26 | 8,5 | 83,39 | 60,47 | 72,52 |
| 12 | Lazer Sensei | 0,28 | 6,6 | 64,75 | 46,21 | 71,37 |
| 15 | Esox Raptor | 0,29 | 10,3 | 101,04 | 69,41 | 68,69 |
| 23 | Grauvell Titan Carp | 0,40 | 14,3 | 140,28 | 95,87 | 68,34 |
| 21 | Esox Raptor | 0,35 | 16,1 | 157,94 | 99,38 | 62,92 |
| 8 | Awa-Shima Reflektor Line | 0,25 | 8,4 | 82,40 | 51,11 | 62,02 |
| 13 | Lazer Shogun | 0,28 | 10,1 | 99,08 | 57,42 | 57,95 |
| 20 | Esox TQF | 0,31 | 11,7 | 114,78 | 62,89 | 54,79 |
| 18 | Awa-Shima Camo Quattro | 0,30 | 11,9 | 116,74 | 62,34 | 53,40 |
| 9 | Carbotex DSC | 0,255 | 8,75 | 85,84 | 40,34 | 47,00 |
| 19 | Lazer Tornado | 0,30 | 14,0 | 137,34 | 63,62 | 46,32 |
| 7 | Lazer Shogun | 0,25 | 8,2 | 80,44 | 35,44 | 44,06 |

Tab. 11. Porovnání vypočtených a změřených napětí

| Č. vzorku | Název - označení | Průměr d/mm | Nosnost m/kg | σ_{vi} /N | σ_{vl} /N | p_{σ} /% |
|-----------|--------------------------|-------------|--------------|------------------|------------------|-----------------|
| 4 | Grauvell Bionix Blue | 0,25 | 4,5 | 899,31 | 861,16 | 95,8 |
| 22 | Grauvell Bionix Blue | 0,40 | 10,9 | 850,91 | 798,69 | 93,9 |
| 17 | YAD Lake a River | 0,30 | 7,0 | 971,48 | 812,07 | 83,6 |
| 14 | Esox V.I.P. 777 | 0,29 | 8,2 | 1217,85 | 1014,93 | 83,3 |
| 6 | YAD Lake a River | 0,25 | 5,0 | 999,23 | 815,84 | 81,6 |
| 2 | Grauvell Bionix Blue | 0,20 | 3,0 | 936,78 | 763,76 | 81,5 |
| 5 | Lazer Fluorocarbon | 0,25 | 4,6 | 919,29 | 743,89 | 80,9 |
| 3 | Grauvell Bionix | 0,22 | 3,5 | 903,23 | 729,46 | 80,8 |
| 11 | Esox V.I.P. 777 | 0,27 | 7,1 | 1216,49 | 960,71 | 79,0 |
| 16 | Lazer Fluorocarbon | 0,30 | 6,4 | 888,21 | 701,12 | 78,9 |
| 1 | Grauvell Bionix Blue | 0,18 | 2,5 | 963,77 | 746,20 | 77,4 |
| 12 | Lazer Sensei | 0,28 | 6,6 | 1051,49 | 757,26 | 72,0 |
| 10 | Esox Raptor | 0,26 | 8,5 | 1570,54 | 1097,88 | 69,9 |
| 15 | Esox Raptor | 0,29 | 10,3 | 1529,74 | 1025,35 | 67,0 |
| 23 | Grauvell Titan Carp | 0,40 | 14,3 | 1116,33 | 733,31 | 65,7 |
| 21 | Esox Raptor | 0,35 | 16,1 | 1641,60 | 993,19 | 60,5 |
| 13 | Lazer Shogun | 0,28 | 10,1 | 1609,09 | 951,43 | 59,1 |
| 20 | Esox TQF | 0,31 | 11,7 | 1520,68 | 832,05 | 54,7 |
| 8 | Awa-Shima Reflektor Line | 0,25 | 8,4 | 1678,71 | 913,96 | 54,4 |
| 18 | Awa-Shima Camo Quattro | 0,30 | 11,9 | 1651,51 | 793,37 | 48,0 |
| 9 | Carbotex DSC | 0,255 | 8,75 | 1680,75 | 774,25 | 46,1 |
| 19 | Lazer Tornado | 0,30 | 14,0 | 1942,95 | 863,21 | 44,4 |
| 7 | Lazer Shogun | 0,25 | 8,2 | 1638,74 | 683,65 | 41,7 |



Obr. 30. Graf porovnávající vypočtenou a naměřenou sílu



Obr. 31. Graf porovnávající vypočtené a naměřené napětí

Z celkového počtu 23 vzorků vlasců nedosáhl deklarované pevnosti žádný. Nejvíce se jí přiblížily vlasce Grauvell Bionix Blue, u nichž byla podobnost vypočtených a naměřených hodnot v rozmezí od 80,9 do 98,77 % (Tab. 10). Na opačném konci tabulky skončily vlasce Esox TQF, Awa-Shima Camo Quattro, Carbotex DSC, Lazer Tornado a Lazer Shogun, u nichž byla podobnost mezi výsledky menší než 55 %.

Při porovnání pevnosti (Obr. 30) a napětí (Obr. 31) lze konstatovat, že výsledky si vzájemně odpovídají.

11.2 Porovnání vlasců podle tažnosti

Tažnost vlasců se pohybovala v rozmezí cca od 27 do 90 % (Tab. 12). Nejmenší tažnost měly vlasce Lazer Shogun, Sensei a Tornado. Nejvíce se protáhl vlasec Grauvell Titan Carp (90,39 %).

Tab. 12. Porovnání tažnosti vlasců

| Č. vzorku | Název - označení | Průměr d/mm | Nosnost m/kg | E/Mpa | A/% |
|-----------|--------------------------|-------------|--------------|---------|--------------|
| 7 | Lazer Shogun | 0,25 | 8,2 | 2441,61 | 26,97 |
| 12 | Lazer Sensei | 0,28 | 6,6 | 2046,49 | 38,27 |
| 19 | Lazer Tornado | 0,30 | 14,0 | 2129,34 | 42,30 |
| 11 | Esox V.I.P 777 | 0,27 | 7,1 | 4210,32 | 43,08 |
| 3 | Grauvell Bionix | 0,22 | 3,5 | 1943,47 | 44,63 |
| 1 | Grauvell Bionix Blue | 0,18 | 2,5 | 2118,12 | 46,35 |
| 13 | Lazer Shogun | 0,28 | 10,1 | 3053,21 | 50,07 |
| 14 | Esox V.I.P 777 | 0,29 | 8,2 | 4271,73 | 50,43 |
| 9 | Carbotex DSC | 0,255 | 8,75 | 1770,43 | 53,92 |
| 2 | Grauvell Bionix Blue | 0,20 | 3,0 | 2111,10 | 53,99 |
| 21 | Esox Raptor | 0,35 | 16,1 | 4608,38 | 56,74 |
| 6 | YAD Lake a River | 0,25 | 5,0 | 2235,88 | 58,91 |
| 10 | Esox Raptor | 0,26 | 8,5 | 3603,73 | 58,93 |
| 17 | YAD Lake a River | 0,30 | 7,0 | 3208,88 | 59,86 |
| 16 | Lazer Fluorocarbon | 0,30 | 6,4 | 2416,87 | 60,40 |
| 5 | Lazer Fluorocarbon | 0,25 | 4,6 | 2214,66 | 64,90 |
| 15 | Esox Raptor | 0,29 | 10,3 | 2929,78 | 67,61 |
| 4 | Grauvell Bionix Blue | 0,25 | 4,5 | 1352,18 | 70,97 |
| 18 | Awa-Shima Camo Quattro | 0,30 | 11,9 | 1090,74 | 75,73 |
| 8 | Awa-Shima Reflektor Line | 0,25 | 8,4 | 1126,39 | 79,36 |
| 20 | Esox TQF | 0,31 | 11,7 | 892,84 | 86,00 |
| 22 | Grauvell Bionix Blue | 0,40 | 10,9 | 2653,25 | 87,42 |
| 23 | Grauvell Titan Carp | 0,40 | 14,3 | 2385,99 | 90,39 |

11.3 Porovnání vlasců stejného výrobce a různých průměrů

Při porovnání pevností vlasců stejného typu byly mezi vypočtenými a naměřenými hodnotami podobné poměry p_F (Tab. 13).

Tab. 13. Porovnání vlasců stejného typu

| Č. vzorku | Název - označení | Průměr d/mm | Nosnost m/kg | F_{vl}'/N | F_{vl}/N | $p_F/\%$ |
|-----------|----------------------|-------------|--------------|-------------|------------|----------|
| 1 | Grauvell Bionix Blue | 0,18 | 2,5 | 24,53 | 19,84 | 80,90 |
| 2 | Grauvell Bionix Blue | 0,20 | 3,0 | 29,43 | 23,97 | 81,45 |
| 4 | Grauvell Bionix Blue | 0,25 | 4,5 | 44,15 | 43,60 | 98,77 |
| 22 | Grauvell Bionix Blue | 0,40 | 10,9 | 106,93 | 99,56 | 93,11 |
| 11 | Esox V.I.P 777 | 0,27 | 7,1 | 69,65 | 55,33 | 79,44 |
| 14 | Esox V.I.P 777 | 0,29 | 8,2 | 80,44 | 67,93 | 84,45 |
| 7 | Lazer Shogun | 0,25 | 8,2 | 80,44 | 35,44 | 44,06 |
| 13 | Lazer Shogun | 0,28 | 10,1 | 99,08 | 57,42 | 57,95 |
| 10 | Esox Raptor | 0,26 | 8,5 | 83,39 | 60,47 | 72,52 |
| 15 | Esox Raptor | 0,29 | 10,3 | 101,04 | 69,41 | 68,69 |
| 21 | Esox Raptor | 0,35 | 16,1 | 157,94 | 99,38 | 62,92 |
| 5 | Lazer Fluorocarbon | 0,25 | 4,6 | 45,13 | 38,52 | 85,36 |
| 16 | Lazer Fluorocarbon | 0,30 | 6,4 | 62,78 | 51,28 | 81,68 |
| 6 | YAD Lake a River | 0,25 | 5,0 | 49,05 | 39,67 | 80,88 |
| 17 | YAD Lake a River | 0,30 | 7,0 | 68,67 | 54,84 | 79,86 |

Pro skupiny vlasců Grauvell Bionix Blue, Esox V.I.P 777 a Lazer Shogun vycházely vyšší poměry p_F pro vlasce s většími průměry. Naopak u skupin vlasců Esox Raptor a Lazer Fluorocarbon dopadly lépe vlasce s menšími průměry. Vlasce YAD Lake a River mají mezi spočítanými a naměřenými pevnostmi téměř stejný poměr.

11.4 Porovnání vlasců stejného průměru a různých výrobců

Z vlasců průměru 0,25 mm měl nejvyšší pevnost vlasec Awa-Shima Reflektor Line (51,11 N). Poměr p_F vypočtené a naměřené pevnosti byl však jen 62,02 %. U průměru 0,3 mm měl podobně nejvyšší pevnost vlasec Lazer Tornado, u kterého byl ale poměr p_F jen 46,32 %. U průměru 0,4 mm nejlépe dopadl vlasec Grauvell Bionix Blue s pevností v tahu 99,56 N a poměrem p_F 93,11 %.

Tab. 14. Porovnání vlasců stejného průměru

| Č. vzorku | Název - označení | Průměr /mm | Nosnost /kg | F_{vl}'/N | F_{vl}/N | $p_F/\%$ |
|-----------|----------------------|------------|-------------|-------------|------------|----------|
| 4 | Grauvell Bionix Blue | 0,25 | 4,5 | 44,15 | 43,60 | 98,77 |

| | | | | | | |
|----|--------------------------|------|------|---------------|--------------|--------------|
| 5 | Lazer Fluorocarbon | 0,25 | 4,6 | 45,13 | 38,52 | 85,36 |
| 6 | Lake a River | 0,25 | 5,0 | 49,05 | 39,67 | 80,88 |
| 8 | Awa-Shima Reflektor Line | 0,25 | 8,4 | 82,40 | 51,11 | 62,02 |
| 7 | Lazer Shogun | 0,25 | 8,2 | 80,44 | 35,44 | 44,06 |
| 16 | Lazer Fluorocarbon | 0,30 | 6,4 | 62,78 | 51,28 | 81,68 |
| 17 | YAD | 0,30 | 7,0 | 68,67 | 54,84 | 79,86 |
| 18 | Awa-Shima Camo Quattro | 0,30 | 11,9 | 116,74 | 62,34 | 53,40 |
| 19 | Lazer Tornado | 0,30 | 14,0 | 137,34 | 63,62 | 46,32 |
| 22 | Grauvell Bionix Blue | 0,40 | 10,9 | 106,93 | 99,56 | 93,11 |
| 23 | Grauvell Titan Carp | 0,40 | 14,3 | 140,28 | 95,87 | 68,34 |

11.5 Porovnání modulu pružnosti vlasců E

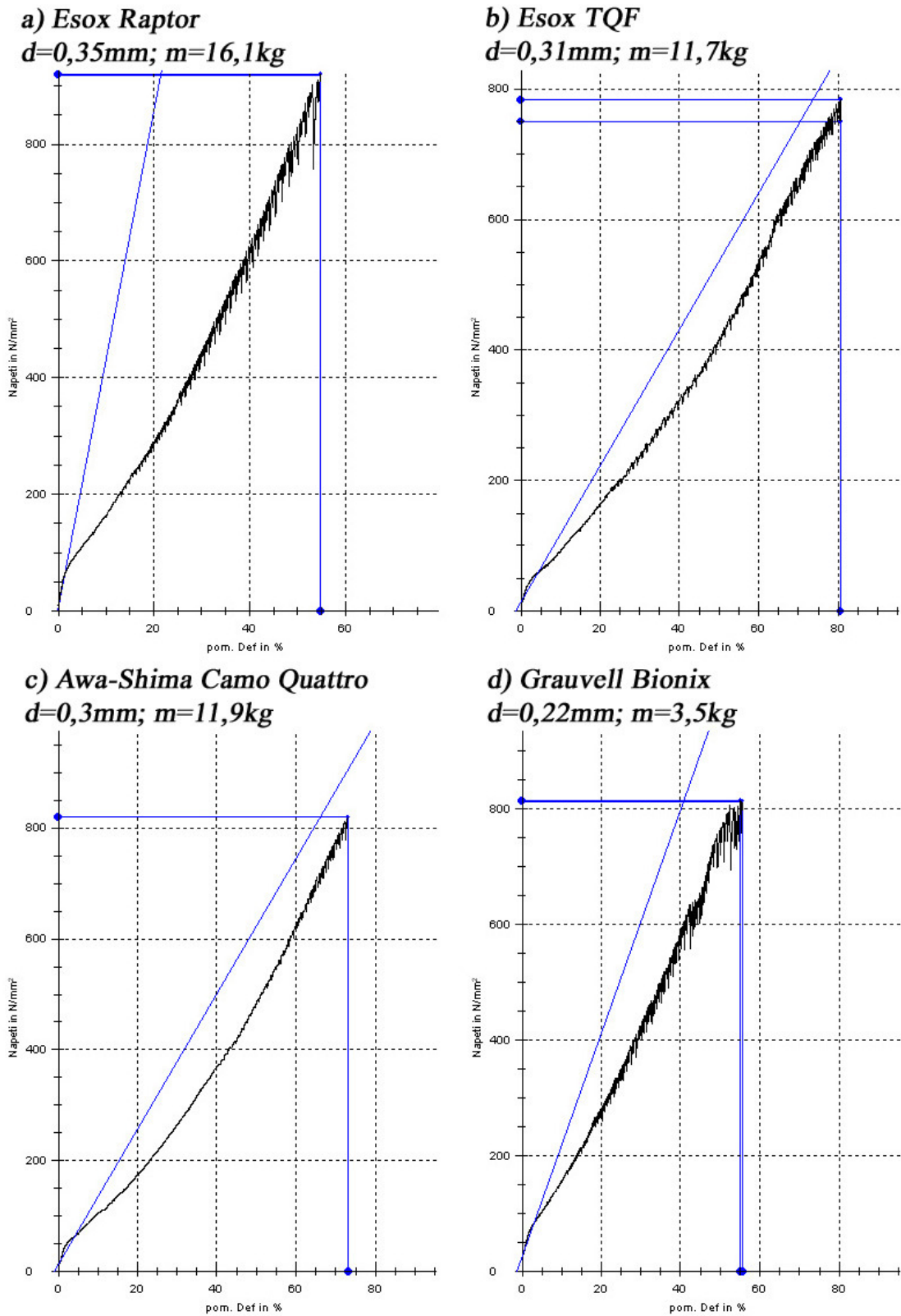
Nejvyšší moduly pružnosti měly vlasce Esox Raptor a Esox V.I.P 777 (Tab. 15).

Tab. 15. Porovnání modulu pružnosti E

| Č. vzorku | Název - označení | Průměr d/mm | Nosnost m/kg | E/Mpa | A/% |
|-----------|--------------------------|-------------|--------------|----------------|-------|
| 21 | Esox Raptor | 0,35 | 16,1 | 4608,38 | 56,74 |
| 14 | Esox V.I.P 777 | 0,29 | 8,2 | 4271,73 | 50,43 |
| 11 | Esox V.I.P 777 | 0,27 | 7,1 | 4210,32 | 43,08 |
| 10 | Esox Raptor | 0,26 | 8,5 | 3603,73 | 58,93 |
| 17 | YAD Lake a River | 0,30 | 7,0 | 3208,88 | 59,86 |
| 13 | Lazer Shogun | 0,28 | 10,1 | 3053,21 | 50,07 |
| 15 | Esox Raptor | 0,29 | 10,3 | 2929,78 | 67,61 |
| 22 | Grauvell Bionix Blue | 0,40 | 10,9 | 2653,25 | 87,42 |
| 7 | Lazer Shogun | 0,25 | 8,2 | 2441,61 | 26,97 |
| 16 | Lazer Fluorocarbon | 0,30 | 6,4 | 2416,87 | 60,40 |
| 23 | Grauvell Titan Carp | 0,40 | 14,3 | 2385,99 | 90,39 |
| 6 | YAD Lake a River | 0,25 | 5,0 | 2235,88 | 58,91 |
| 5 | Lazer Fluorocarbon | 0,25 | 4,6 | 2214,66 | 64,90 |
| 19 | Lazer Tornado | 0,30 | 14,0 | 2129,34 | 42,30 |
| 1 | Grauvell Bionix Blue | 0,18 | 2,5 | 2118,12 | 46,35 |
| 2 | Grauvell Bionix Blue | 0,20 | 3,0 | 2111,10 | 53,99 |
| 12 | Lazer Sensei | 0,28 | 6,6 | 2046,49 | 38,27 |
| 3 | Grauvell Bionix | 0,22 | 3,5 | 1943,47 | 44,63 |
| 9 | Carbotex DSC | 0,255 | 8,75 | 1770,43 | 53,92 |
| 4 | Grauvell Bionix Blue | 0,25 | 4,5 | 1352,18 | 70,97 |
| 8 | Awa-Shima Reflektor Line | 0,25 | 8,4 | 1126,39 | 79,36 |
| 18 | Awa-Shima Camo Quattro | 0,30 | 11,9 | 1090,74 | 75,73 |
| 20 | Esox TQF | 0,31 | 11,7 | 892,84 | 86,00 |

Vlasec Esox však obsadil i poslední místo tabulky s nejnižším modulem pružnosti 893 MPa, které ani nepřevyšuje hranici pro konstrukční plast (1000 MPa). Esox TQF měl nízký poměr p_F (54,79 %) a protáhl se o 86 %.

11.6 Tahový diagram rybářského vlasce



Obr. 32. Vybrané tahové křivky rybářských vlasců

Na obrázku jsou vybrané tahové křivky vlasců s nejvyšším (Obr. 32a) a nejnižším (Obr. 32b) modulem pružnosti E . Tahové křivky rybářských vlasců nejsou tak jako např. u kovů tvořeny přímou linkou, nýbrž mají charakteristický nerovnoměrný průběh způsobený „natahováním a praskáním“ makromolekulárních řetězců polymeru. Ten je méně patrný např. u vlasce Awa-Shima Camo Quattro (Obr. 32c), více pak u vlasce Grauvell Bionix (Obr. 32d).

Křivky nemají patrnou mez kluzu σ_{Kt} a v porovnání s charakteristickými průběhy křivek napětí – deformace pro plasty (Obr. 9) se nejvíce podobají skupině a – křehké materiály. Jelikož však většina vlasců obsahuje jako základní materiál Polyamid 6 (silon), spadají pod skupinu b – houževnaté materiály (termoplasty s dobrou možností orientace makromolekul – zejména semikrystalické).

ZÁVĚR

Z celkového počtu 23 testovaných vzorků běžně prodávaných rybářských vlasců nebylo měřením u žádného z nich dosaženo deklarované pevnosti v tahu. Nejvíce se jí přiblížily vlasce firmy Grauvell typu Bionix. Tyto vlasce patří paradoxně mezi nejlevnější ze všech testovaných vzorků. Na opačném konci tabulky při porovnávání pevností skončily vlasce Lazer Shogun, Lazer Tornado, Carbotex DSC a Awa-Shima Camo Quattro.

Při porovnávání tažnosti dosáhly nejnižších hodnot vlasce Lazer Shogun, Sensei a Tornado (s protažením od 27 – 42 %). Nejvíce se protáhl vlasec Grauvell Titan Carp (90 %).

Kromě pevnosti v tahu a tažnosti má však vlasec i jiné neméně důležité mechanické vlastnosti, mezi které patří např. odolnost proti opotřebením; odolnost vůči UV záření a tření; paměť vlasce, tj. nežádoucí schopnost vlasce udržet si tvar, jaký měl na cívce; pevnost v uzlu, která je vždy menší; navlhavost, která snižuje celkovou pevnost; a povrchová úprava vlasce. Mimo uvedené mechanické vlastnosti je to např. neviditelnost vlasce ve vodě, která se dosahuje různými metodami, např. napodobením barvy vlasce barvě prostředí; vícebarevnými vlasci působícími přerušovaně nebo využitím indexu lomu světla.

Jelikož tato práce zohledňuje pouze pevnost a tažnost vlasce, bylo by proto vhodné pro komplexnější posouzení kvality rybářských vlasců provést další zkoušky, např. pevnost v uzlu, vliv vlhkosti na pevnost vlasců apod.

Na úplný závěr je možno konstatovat, že čelisti pro zkoušku tahem drátů a kordů se osvědčily. Za drobnou úpravu lze považovat nutnost vložení „tvrdého“ papíru mezi upínací desky a upínaný vzorek (Obr. 28), aby nedocházelo k přestřížení vlasce drážkováním upínacích desek.

SEZNAM POUŽITÉ LITERATURY

- [1] PTÁČEK, L. *Nauka o materiálu I.* 2001.
- [2] BŘEZINA, R. *Technologie I. - Část 2.* Ostrava, 1999.
- [3] PTÁČEK, L. *Nauka o materiálu II.* Brno, 2002.
- [4] Dostupné z: <http://www.kmt.tul.cz/stare/index-cz.htm>
- [5] KUTA, A. *Technologie a zařízení pro zpracování kaučuků a plastů.* 1st ed. 1999.
- [6] TOMIS, F.; RULÍK, F. *Gumárenské a plastikářské stroje II.* 1981.
- [7] Dostupné z: http://www.ksp.tul.cz/cz/kpt/obsah/vyuka/skripta_tkp/index.htm
- [8] DUCHÁČEK, V. *Polymery: Výroba, vlastnosti, zpracování, použití.* 2006.
- [9] MLEZIVA, J.; ŠŇUPÁREK, J. *Polymery : výroba, struktura, vlastnosti a použití.* 2000.
- [10] Dostupné z: <http://www.byron.cz/shop/index.php>
- [11] BAROŇ, M. *Bakalářská práce : konstrukce upínacích čelistí pro zkoušku tahem drátů a kordů.* UTB Zlín, 2008.

SEZNAM POUŽITÝCH SYMBOLŮ A ZKRATEK

| | | |
|----------------|----------------------|-----------------------------------|
| b | (mm) | Šířka |
| d | (mm) | Průměr zkušební tyče |
| d_{vl} | (mm) | Změřený průměr vlasce |
| g | ($m \cdot s^{-2}$) | Tíhové zrychlení |
| h | (mm) | Výška |
| m | (kg) | Nosnost vlasce |
| ε | (-) | Poměrná deformace |
| σ | (MPa) | Tahové napětí |
| σ_{vl} | (MPa) | Změřené napětí vlasce |
| σ_{vl}' | (MPa) | Vypočítané napětí vlasce |
| A | (%) | Tažnost |
| A_{vl} | (%) | Tažnost vlasce |
| E | (MPa) | Modul pružnosti v tahu |
| E_{vl} | (MPa) | Modul pružnosti v tahu vlasce |
| F | (N) | Působící síla |
| F_{max} | (N) | Maximální síla dosažená u zkoušky |
| F_{Pd} | (N) | Tlaková síla při přerušení |
| F_{vl} | (N) | Změřená síla vlasce |
| F_{vl}' | (N) | Vypočítaná síla vlasce |
| L | (mm) | Délka po prodloužení |
| L_0 | (mm) | Původní délka zkušebního tělesa |
| M_{oMAX} | (N.mm) | Maximální ohybový moment |
| R | (MPa) | Smluvní napětí |
| R_f | (N) | Lomové napětí |

| | | |
|------------|--------------------|----------------------------------|
| R_m | (MPa) | Mez pevnosti |
| R_{m0} | (MPa) | Pevnost v ohybu |
| $R_{p0,2}$ | (MPa) | Smluvní mez kluzu |
| R_{Pd} | (MPa) | Mez pevnosti v tlaku |
| S_0 | (mm ²) | Původní průřez zkušebního tělesa |
| W_0 | (mm ³) | Modul průřezu v ohybu |
| Z | (%) | Zúžení |

SEZNAM OBRÁZKŮ

| | |
|---|----|
| Obr. 1. Univerzální zkušební stroj | 10 |
| Obr. 2. Smluvní diagram napětí – deformace | 11 |
| Obr. 3. Schéma určování tažnosti | 14 |
| Obr. 4. Schéma zatěžování zkušebního tělesa tvaru válečku při zkoušce tlakem | 15 |
| Obr. 5. Schéma zkoušky tříbodovým ohybem | 16 |
| Obr. 6. Schéma zkoušky čtyřbodovým ohybem..... | 16 |
| Obr. 7. Závislost modulu pružnosti polymeru na teplotě..... | 18 |
| Obr. 8. Schéma závislosti modulu pružnosti E na teplotě různých skupin plastů | 20 |
| Obr. 9. Charakteristické křivky napětí – deformace pro polymerní materiály..... | 21 |
| Obr. 10. Závislost meze pevnosti v tahu na teplotě u vybraných termoplastů..... | 22 |
| Obr. 11. Závislost meze pevnosti v tahu na teplotě u vybraných reaktoplastů..... | 23 |
| Obr. 12. Tahové křivky PA66 v závislosti na teplotě | 24 |
| Obr. 13. Porušení materiálů při tahové zkoušce | 24 |
| Obr. 14. Deformační křivka semikrystalického termoplastu | 25 |
| Obr. 15. a – krípková, b – relaxační zkouška..... | 27 |
| Obr. 16. Krípk (a) a relaxace (b) při dynamickém namáhání plastů..... | 28 |
| Obr. 17. Wohlerova křivka oceli (1) a plastu (2)..... | 28 |
| Obr. 18. Schéma konvenčního vytlačovacího stroje..... | 30 |
| Obr. 19. Pístový vytlačovací stroj | 32 |
| Obr. 20. Vytlačovací linka na vlákna..... | 33 |
| Obr. 21. Výroba vláken rozvlákňováním..... | 34 |
| Obr. 22. Rozvlákňovací válec s jehlami a materiál před rozvlákňováním | 34 |
| Obr. 23. Zařízení pro zvlákňování z taveniny..... | 37 |
| Obr. 24. Univerzální zkušební stroj ZWICK 1456 | 48 |
| Obr. 25. Ukázka nastavování parametrů měření na stroji ZWICK 1456..... | 49 |
| Obr. 26. Prostředí programu TestXpert Master při měření..... | 49 |
| Obr. 27. Čelisti pro zkoušku tahem drátů a kordů | 50 |
| Obr. 28. Upnutí vzorku vlasce mezi upínací desky | 51 |
| Obr. 29. Rýhy na vlasci způsobené drážkováním upínacích desek | 52 |
| Obr. 30. Graf porovnávající vypočtenou a naměřenou sílu | 57 |
| Obr. 31. Graf porovnávající vypočtené a naměřené napětí..... | 57 |

Obr. 32. Vybrané tahové křivky rybářských vlasců 61

SEZNAM TABULEK

| | |
|--|----|
| Tab. 1. Fluorocarbon Tippet | 41 |
| Tab. 2. Silver Ghost Line | 41 |
| Tab. 3. Teflon Bottom Line | 42 |
| Tab. 4. Ysato Black Nickel Line | 43 |
| Tab. 5. Stratos Monofilament | 44 |
| Tab. 6. Feeder Soft | 44 |
| Tab. 7. Tefloncoated | 45 |
| Tab. 8. Vzorky testovaných vlasců seřazených podle průměru | 53 |
| Tab. 9. Naměřené hodnoty | 54 |
| Tab. 10. Porovnání vypočtených a naměřených sil | 55 |
| Tab. 11. Porovnání vypočtených a změřených napětí | 56 |
| Tab. 12. Porovnání tažnosti vlasců | 58 |
| Tab. 13. Porovnání vlasců stejného typu | 59 |
| Tab. 14. Porovnání vlasců stejného průměru | 59 |
| Tab. 15. Porovnání modulu pružnosti E | 60 |

SEZNAM PŘÍLOH

P I **Vzorky testovaných vlasců**


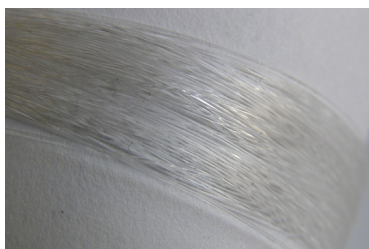






P II **Naměřené hodnoty**

SEZNAM PŘÍLOH NA CD



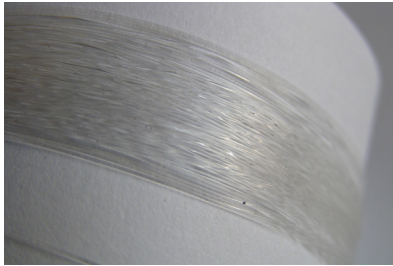


- Bakalářská práce ve formátu PDF
- Prostředí nastavení programu TestXpert Master trhacího stroje ZWICK 1456
- Charakteristické tahové diagramy vybraných rybářských vlasců
- Fotodokumentace vzorků rybářských vlasců
- Fotodokumentace provedeného měření


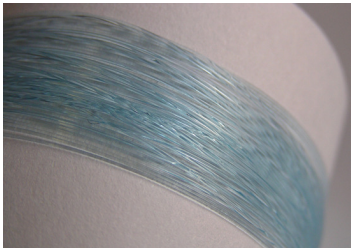



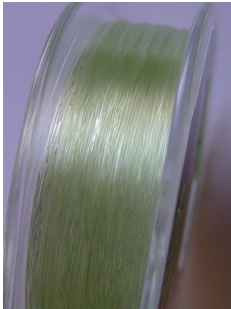




PŘÍLOHA PI: VZORKY TESTOVANÝCH VLASCŮ

| Číslo vzorku: | Výrobce, název - označení: | Průměr vlasce – mm: | Nosnost vlasce – kg: | Cena balení/ počet metrů: | Cena za metr vlasce: |
|-------------------------------------|-------------------------------|------------------------|-------------------------|------------------------------|-------------------------|
| Vlastnosti vlasce udávané výrobcem: | | | Obr. | | |

| | | | | | |
|---|----------------------------|--|-------|---|----------|
| 5. | Lazer Fluorocarbon | 0,25mm | 4,6kg | 539Kč/300m | 1,80Kč/m |
| <p>Celý název: Lazer Fluorocarbon PVDF LINE. Vlasce neviditelný ve vodě, díky vysoké hustotě rychle klesá. Neabsorbují vodu a je odolný proti opotřebení a UV záření. Málo se protahuje, tzn. má vyšší citlivost. Japonská výrobní technologie.</p> | |  | |  | |
| 6. | YAD Lake a River | 0,25mm | 5kg | 55Kč/100m | 0,55Kč/m |
| <p>Celý název: YAD Lake & River Premium. Vysoká pevnost v uzlu. Vysoká pevnost a malá paměť vlasce. Výjimečný při nahazování. Japonská technologie.</p> | |  | |  | |
| 7. | Lazer Shogun | 0,25mm | 8,2kg | 115Kč/150m | 0,77Kč/m |
| <p>Super silný závodní vlasce. Konstantní průměr, vysoká síla porušení, zvýšená pevnost v uzlu, vysoká odolnost proti obroušení, odolnost proti UV záření, malá viditelnost ve vodě a minimální paměť. Japonská kvalita.</p> | |  | |  | |
| 8. | Awa – Shima Reflektor Line | 0,25mm | 8,4kg | 315Kč/300m | 1,05Kč/m |
| <p>Celý název: Awa – Shima Reflector Line, ION Power. Systém lehkého lámání světla způsobující maskování vlasce. Japonská kvalita.</p> | |  | |  | |

| | | | | | |
|---|-----------------|--|--------|------------|----------|
| 9. | Carbotex DSC | 0,255mm | 8,75kg | 65Kč/100m | 0,65Kč/m |
| Carbonem upravený vlasec, dvakrát potažený silikonem pro obtížný rybolov, pevnost v uzlu, nízká paměť pro vynikající nahození, vhodný pro sladkou i slanou vodu. Barva šedá. | |  | | | |
| 10. | Esox Raptor | 0,26mm | 8,5kg | 65Kč/100m | 0,65Kč/m |
| Celý název: Esox Raptor Hi-Tech. Super silný, fluorocarbonový povrch, vysoká pevnost v uzlu, odolnost vůči zauzlení, malá roztažnost, vysoká životnost. Vyrobeno v Japonsku. | |  | | | |
| 11. | Esox V.I.P. 777 | 0,27mm | 7,1kg | 50Kč/100m | 0,50Kč/m |
| Elektronicky kontrolovaný, pevný, nízká paměť, malá roztažnost, vysoká pevnost v uzlu, odolný vůči oděru. Barva – světle šedá. Vyrobeno v Německu. | |  | | | |
| 12. | Lazer Sensei | 0,28mm | 6,6kg | 199Kč/300m | 0,66Kč/m |
| Přesný průměr, vysoká pevnost v uzlu. Japonská kvalita. Vyrábí se na cívkách ve velikostech 100, 150 a 300 m s průměry od 0,06 do 0,45 mm. Barva šedo-hnědá. | |  | | | |
| 13. | Lazer Shogun | 0,28mm | 10,1kg | 115Kč/150m | 0,77Kč/m |
| Super silný závodní vlasec. Konstantní průměr, vysoká síla porušení, zvýšená pevnost v uzlu, vysoká odolnost proti obroušení, odolnost proti UV záření, malá viditelnost ve vodě a minimální paměť. Japonská kvalita. | |  | | | |

| | | | | | |
|---|--------------------------|--|--------|------------|----------|
| 14. | Esox V.I.P. 777 | 0,29mm | 8,2kg | 50Kč/100m | 0,50Kč/m |
| Elektronicky kontrovaný, pevný, nízká paměť, malá roztažnost, vysoká pevnost v uzlu, odolný vůči oděru. Vyrobeno v Německu. | |  | | | |
| 15. | Esox Raptor | 0,29mm | 10,3kg | 70Kč/100m | 0,70Kč/m |
| Celý název: Raptor Hi-Tech PLUS. Super silný, fluorocarbonový povrch, vysoká pevnost v uzlu. Odolnost vůči zauzlení, malá roztažnost, vysoká životnost. Vyrobeno v Německu. | |  | | | |
| 16. | Lazer Fluorocarbon | 0,3mm | 6,4kg | 655Kč/300m | 2,18Kč/m |
| Stejně vlastnosti jako vzorek č. 5. Fluorocarbonové PVDF (polyvinylidifluorid) vlasce mají velmi podobný index lomu světla s vodou a díky tomu jsou ve vodě neviditelné. | |  | | | |
| 17. | YAD Lake a River | 0,3mm | 7kg | 55Kč/100m | 0,55Kč/m |
| Celý název: YAD Lake & River Premium. Vysoká pevnost v uzlu. Vysoká pevnost a malá paměť vlasce. Výjimečný při nahazování. Japonská technologie. | |  | | | |
| 18. | Awa – Shima Camo Quattro | 0,3mm | 11,9kg | 280Kč/300m | 0,93Kč/m |
| Celý název: Awa – Shima Camo Quattro ION Power. Japonská kvalita. Systém okamžitého maskování díky 4 barvám vlasce. Japonská technologie. | |  | | | |

| | | | | | |
|---|------------------------|--|--------|---|----------|
| 19. | Lazer Tornado | 0,3mm | 14kg | 285Kč/300m | 0,95Kč/m |
| <p>Závodní vlasec. Malá paměť, konstantní průměr, odolnost vůči UV záření, malá viditelnost ve vodě. Povrch pokrytý pryskyřicí. Japonská kvalita.</p> | |  | |  | |
| 20. | Esox TQF | 0,31mm | 11,7kg | 255Kč/600m | 0,43Kč/m |
| <p>Celý název: Esox TQF Ultra Strong Fishing Line. Vysoká pevnost v uzlu, malá roztažnost, odolnost vůči oděru. Kvalita za rozumnou cenu.</p> | |  | |  | |
| 21. | Esox Raptor | 0,35mm | 16,1kg | 69Kč/100m | 0,69Kč/m |
| <p>Celý název: Raptor Hi-Tech PLUS. Super silný, fluorocarbonový povrch, vysoká pevnost v uzlu. Odolnost vůči zauzlení, malá roztažnost, vysoká životnost. Vyrobeno v Japonsku.</p> | |  | |  | |
| 22. | Grauvell – Bionix Blue | 0,4mm | 10,9kg | 40Kč/100m | 0,40Kč/m |
| <p>Vyrobeno z nylonu s 50 % obsahem copolymeru. Provedení v modré barvě.</p> | |  | |  | |
| 23. | Grauvell – Titan Carp | 0,4mm | 14,3kg | 299Kč/300m | 1Kč/m |
| <p>Provedení v tmavě hnědé barvě. Vyrábí se i v průměrech 0,25; 0,30 a 0,35 mm. Japonská výrobní technologie.</p> | |  | |  | |

PŘÍLOHA P II: NAMĚŘENÉ HODNOTY

| Měřený vzorek – průměr – nosnost: | d_{vl} | F_{vl} | σ_{vl} | E_{vl} | A_{vl} |
|--|--------------|--------------|----------------|----------------|--------------|
| | mm | N | MPa | MPa | % |
| 5) Lazer Fluorocarbon – 0,25mm; 4,6kg | | | | | |
| x | 0,257 | 38,52 | 743,89 | 2214,66 | 64,90 |
| s | 0,003 | 0,61 | 20,78 | 521,13 | 2,66 |
| v | 1,181 | 1,58 | 2,79 | 23,53 | 4,10 |
| 6) Lake a River – 0,25mm; 5kg | | | | | |
| x | 0,249 | 39,67 | 815,84 | 2235,88 | 58,91 |
| s | 0,004 | 2,26 | 40,44 | 670,55 | 4,41 |
| v | 1,761 | 5,70 | 4,96 | 29,99 | 7,49 |
| 7) Lazer Shogun – 0,25mm; 8,2kg | | | | | |
| x | 0,256 | 35,44 | 683,65 | 2441,61 | 26,97 |
| s | 0,003 | 3,74 | 64,14 | 497,68 | 8,67 |
| v | 1,157 | 10,55 | 9,38 | 20,38 | 32,16 |
| 8) Awa-Shima Reflektor Line – 0,25mm; 8,4kg | | | | | |
| x | 0,267 | 51,11 | 913,96 | 1126,39 | 79,36 |
| s | 0,001 | 3,26 | 52,25 | 316,81 | 5,15 |
| v | 0,411 | 6,39 | 5,72 | 28,13 | 6,48 |
| 9) Carbotex DSC – 0,255mm; 8,75kg | | | | | |
| x | 0,258 | 40,34 | 774,25 | 1770,43 | 53,92 |
| s | 0,002 | 2,28 | 47,69 | 66,43 | 4,39 |
| v | 0,650 | 5,66 | 6,16 | 3,75 | 8,15 |
| 10) Esox Raptor – 0,26mm; 8,5kg | | | | | |
| x | 0,265 | 60,47 | 1097,88 | 3603,73 | 58,93 |
| s | 0,002 | 3,63 | 64,21 | 583,13 | 4,78 |
| v | 0,676 | 6,01 | 5,85 | 16,18 | 8,11 |
| 11) Esox V.I.P. 777 – 0,27mm; 7,1kg | | | | | |
| x | 0,271 | 55,33 | 960,71 | 4210,32 | 43,08 |
| s | 0,002 | 5,56 | 95,30 | 226,43 | 6,21 |
| v | 0,661 | 10,04 | 9,92 | 5,38 | 14,42 |
| 12) Lazer Sensei – 0,28mm; 6,6kg | | | | | |
| x | 0,279 | 46,21 | 757,26 | 2046,49 | 38,27 |
| s | 0,002 | 3,33 | 44,59 | 196,28 | 3,60 |
| v | 0,830 | 7,20 | 5,89 | 9,59 | 9,39 |
| 13) Lazer Shogun – 0,28mm; 10,1kg | | | | | |
| x | 0,277 | 57,42 | 951,43 | 3053,21 | 50,07 |
| s | 0,002 | 4,15 | 68,93 | 313,99 | 5,38 |
| v | 0,645 | 7,22 | 7,24 | 10,28 | 10,74 |
| 14) Esox V.I.P. 777 – 0,29mm; 8,2kg | | | | | |
| x | 0,292 | 67,93 | 1014,93 | 4271,73 | 50,43 |
| s | 0,002 | 3,55 | 64,54 | 575,17 | 2,87 |
| v | 0,839 | 5,23 | 6,36 | 13,46 | 5,69 |

| Měřený vzorek – průměr – nosnost: | d_{vl} | F_{vl} | σ_{vl} | E_{vl} | A_{vl} |
|--|--------------|--------------|----------------|----------------|--------------|
| | mm | N | MPa | MPa | % |
| 15) Esox Raptor – 0,29mm; 10,3kg | | | | | |
| x | 0,294 | 69,41 | 1025,35 | 2929,78 | 67,61 |
| s | 0,002 | 1,70 | 29,82 | 230,11 | 3,21 |
| v | 0,570 | 2,44 | 2,91 | 7,85 | 4,74 |
| 16) Lazer Fluorocarbon – 0,30mm; 6,4kg | | | | | |
| x | 0,305 | 51,28 | 701,12 | 2416,87 | 60,40 |
| s | 0,002 | 1,43 | 26,94 | 235,09 | 4,13 |
| v | 0,747 | 2,78 | 3,84 | 9,73 | 6,83 |
| 17) YAD – 0,30mm; 7kg | | | | | |
| x | 0,293 | 54,84 | 812,07 | 3208,88 | 59,86 |
| s | 0,001 | 3,13 | 42,92 | 415,27 | 3,98 |
| v | 0,374 | 5,71 | 5,29 | 12,94 | 6,65 |
| 18) Awa-Shima Camo Quattro – 0,30mm; 11,9kg | | | | | |
| x | 0,316 | 62,34 | 793,37 | 1090,74 | 75,73 |
| s | 0,004 | 3,97 | 58,29 | 210,53 | 4,81 |
| v | 1,216 | 6,37 | 7,35 | 19,30 | 6,36 |
| 19) Lazer Tornado – 0,30mm; 14kg | | | | | |
| x | 0,305 | 63,62 | 863,21 | 2129,34 | 42,30 |
| s | 0,003 | 6,59 | 92,66 | 257,90 | 5,04 |
| v | 0,994 | 10,36 | 10,73 | 12,11 | 11,92 |
| 20) Esox TQF – 0,31mm; 11,7kg | | | | | |
| x | 0,310 | 62,89 | 832,05 | 892,84 | 86,00 |
| s | 0,004 | 5,53 | 85,48 | 257,42 | 7,88 |
| v | 1,239 | 8,80 | 10,27 | 28,83 | 9,16 |
| 21) Esox Raptor HI-TECH PLUS – 0,35mm; 16,1kg | | | | | |
| x | 0,357 | 99,38 | 993,19 | 4608,38 | 56,74 |
| s | 0,004 | 12,32 | 112,63 | 262,49 | 8,82 |
| v | 1,093 | 12,40 | 11,34 | 5,70 | 15,55 |
| 22) Grauvell Bionix Blue – 0,40mm; 10,9kg | | | | | |
| x | 0,398 | 99,56 | 798,69 | 2653,25 | 87,42 |
| s | 0,001 | 1,64 | 14,54 | 330,86 | 12,55 |
| v | 0,225 | 1,65 | 1,82 | 12,47 | 14,35 |
| 23) Grauvell Titan Carp – 0,40mm; 14,3kg | | | | | |
| x | 0,408 | 95,87 | 733,31 | 2385,99 | 90,39 |
| s | 0,006 | 4,10 | 29,08 | 357,35 | 5,41 |
| v | 1,429 | 4,28 | 3,97 | 14,98 | 5,99 |