

Vliv stupně lehčení na fyzikálně-mechanické vlastnosti lehčené polypropylénové desky

Ondrej Štetina

Bakalářská práce
2009



Univerzita Tomáše Bati ve Zlíně
Fakulta technologická

nascannované zadání s. 1

nascannované zadání s. 2

ABSTRAKT

Tato bakalářská práce se zabývá vlivem stupně lehčení na fyzikálně-mechanické vlastnosti lehčené polypropylenové desky.

Teoretická část bakalářské práce popisuje, co je polypropylen, jeho výrobu a zpracování. Dále popisuje tři základní mechanické zkoušky materiálu a způsob výroby vytlačováním.

V praktické části je popis použitých zařízení a použitých materiálů. Praktická měření byla provedena pro dva druhy polypropylenů, a to homopolymeru a kopolymeru.

Klíčová slova: mechanické vlastnosti, tahová zkouška, ohybová zkouška, rázová zkouška, polypropylen

ABSTRACT

The purpose of graduation thesis is effect of different degrees of expanding on physical-mechanical characteristics of expanding polypropylene plate.

The theoretical part of the work is intended on description of polypropylene, production and processing, free basic mechanical exams of material characteristics and the way of extrusion.

In the practical part of the work is description of used machines and materials.

The tests were accomplished for two kinds of polypropylene, homopolymer and copolymer.

Keywords: mechanical properties, tensile test, bend test, dynamic test, polypropylene

Poděkování

Tímto bych chtěl poděkovat vedoucímu bakalářské práce panu Ing. Milanovi Žaludkovi za vedení, rady a připomínky k práci. Poděkování patří také Ing. Jiřímu Šálkovi za pomoc s výrobou zkušebních tělísek.

Dále bych chtěl poděkovat firmě IMG-bohemia s.r.o. za poskytnutí testovaných materiálu a k nim potřebné literatury, jmenovitě Ing. Antonínovi Kuchyňkovi, Ing. Petrovi Stránskému a Ing. Pavlovi Stránskému.

OBSAH

ÚVOD.....	8
I TEORETICKÁ ČÁST	9
1 POLYPROPYLEN	10
1.1 VÝROBA POLYPROPYLENU	10
1.2 MOLEKULÁRNÍ ARCHITEKTURA	11
1.3 ZPRACOVÁNÍ POLYPROPYLENU	11
1.4 NADOUVADLA	11
2 ZKOUŠENÍ VLASTNOSTÍ MATERIÁLŮ	13
2.1 MECHANICKÉ ZKOUŠKY – STATICKÉ	13
2.1.1 Statická zkouška tahem	13
2.1.1.1 Základní definice a vztahy statické zkoušky tahem.....	14
2.1.1.2 Zkušební zařízení pro zkoušku tahem	16
2.1.1.3 Zkušební tělesa pro zkoušku tahem	16
2.1.2 Zkouška ohybem	16
2.1.2.1 Základní definice a vztahy statické zkoušky ohybem	17
2.1.2.2 Zkušební zařízení statické zkoušky ohybem	19
2.1.2.3 Zkušební tělesa pro zkoušku ohybem	19
2.1.2.4 Postup zkoušky ohybových vlastností	19
2.1.3 Stanovení rázové houževnatosti metodou Charpy (instrumentovaná zkouška)	20
2.1.3.1 Základní definice a vztahy	20
2.1.3.2 Zkušební zařízení	22
2.1.3.3 Zkušební tělesa pro rázovou zkoušku	22
3 VYTLAČOVÁNÍ	24
3.1 LINKA NA VYTLAČOVÁNÍ DESEK	24
3.2 STROJE PRO VYTLAČOVÁNÍ	25
3.2.1 šnekové vytlačovací stroje	25
3.3 VYTLAČOVACÍ HLAVA.....	26
3.3.1 Přímé vytlačovací hlavy	26
3.3.2 Nepřímé vytlačovací hlavy	27
3.3.3 Širokoštěrbínové vytlačovací hlavy	28
3.3.4 Speciální vytlačovací hlavy.....	30
II PRAKTICKÁ ČÁST	31
4 STANOVENÍ CÍLU BAKALÁŘSKÉ PRÁCE	32
5 POUŽITÁ ZAŘÍZENÍ	33
5.1 ZWICK 145665	33
5.2 RESIL IMPACTOR JUNIOR	34
6 CHARAKTERISTIKA A POUŽITÍ MATERIÁLŮ	35
7 TAHOVÉ VLASTNOSTI	36
7.1 TAHOVÉ VLASTNOSTI PP-H.....	37
7.1.1 PP-H 0	37
7.1.2 PP-H 0,3	38
7.1.3 PP-H 0,6	39

7.1.4	PP-H 0,8	40
7.1.5	Shrnutí tahových vlastností PP-H	41
7.2	TAHOVÉ VLASTNOSTI PP-B	44
7.2.1	PP-B 0	44
7.2.2	PP-B 0,3	45
7.2.3	PP-B 0,6	46
7.2.4	PP-B 0,9	47
7.2.5	Shrnutí tahových vlastností PP-B.....	48
8	OHYBOVÉ VLASTNOSTI.....	51
8.1	OHYBOVÉ VLASTNOSTI PP-H	1
8.1.1	PP-H 0	52
8.1.2	PP-H 0,3	53
8.1.3	PP-H 0,6	54
8.1.4	PP-H 0,8	55
8.1.5	Shrnutí ohybových vlastností PP-H	55
8.2	OHYBOVÉ VLASTNOSTI PP-B	57
8.2.1	PP-B 0	57
8.2.2	PP-B 0,3	58
8.2.3	PP-B 0,6	59
8.2.4	PP-B 0,9	60
8.2.5	Shrnutí ohybových vlastností PP-B	60
9	RÁZOVÁ HOUŽEVNATOST – METODA CHARPY.....	62
9.1	RÁZOVÁ HOUŽEVNATOST PP-H	63
9.1.1	PP-H 0	63
9.1.2	PP-H 0,3	64
9.1.3	PP-H 0,6	65
9.1.4	PP-H 0,8	66
9.1.5	Shrnutí rázových vlastností PP-H	66
9.2	RÁZOVÁ HOUŽEVNATOST PP-B.....	68
9.2.1	PP-B 0	68
9.2.2	PP-B 0,3	68
9.2.3	PP-B 0,6	69
9.2.4	PP-B 0,9	70
9.2.5	Shrnutí rázových vlastností PP-B.....	70
	ZÁVĚR	72
	SEZNAM POUŽITÉ LITERATURY.....	73
	SEZNAM POUŽITÝCH SYMBOLŮ A ZKRATEK.....	74
	SEZNAM OBRÁZKŮ	76
	SEZNAM TABULEK.....	79
	SEZNAM PŘÍLOH.....	80

ÚVOD

Práce se zaměřuje na porovnání vlivu různého stupně lehčení polypropylenu na vliv fyzikálně-mechanické vlastnosti. Polypropylen je termoplastický polymer, který patří do skupiny polyolefinů. Polyolefiny jsou polymery nejpoužívanější a chemicky nejjednodušší. Mezinárodní identifikační kód polypropylenu je 5. Poprvé byl připraven v roce 1951 J. P. Hoganem a Robertem Banksem.

Hlavní oblasti použití tohoto materiálu jsou:

- předměty domácího použití – nádoby na potraviny, poháre
- zahradní bazény
- konstrukční plast
- orientované pásy
- laboratorní vybavení
- automobilové součásti
- vzduchotechnika

TEORETICKÁ ČÁST

1 POLYPROPYLEN

Polypropylen je krystalický polymer o stupni krystalinity 60 až 75%. Bod tání je 160 až 170°C. Vzhledem ke své krystalinitě je polypropylen neprůhledný. Má nízkou hustotu 0,90 až 0,92 g.cm⁻³. Za normální teploty je nerozpustný ve většině organických rozpouštědlech, při zvýšené teplotě se rozpouští v aromatických a chlorovaných uhlovodících. Nízká odolnost proti UV záření se zlepšuje přidávkem stabilizátorů. [5]

Krystalická struktura polypropylenu se dá významně ovlivnit při zpracování. Velmi rychlým ochlazením taveniny lze získat vysoce transparentní tenkostěnné výrobky (fólie). Rychlým ochlazením vznikají sférolity o velmi malých průměrech a rozdíl indexu lomu krystalické a amorfní fáze je malý. S přibývajícím průměrem sférolitů klesá rázová houževnatost, transparence a stoupá tuhost. Zvýšení houževnatosti, transparence a flexibility lze dosáhnout snížením stupně krystalinity. [5]

1.1 Výroba polypropylénu

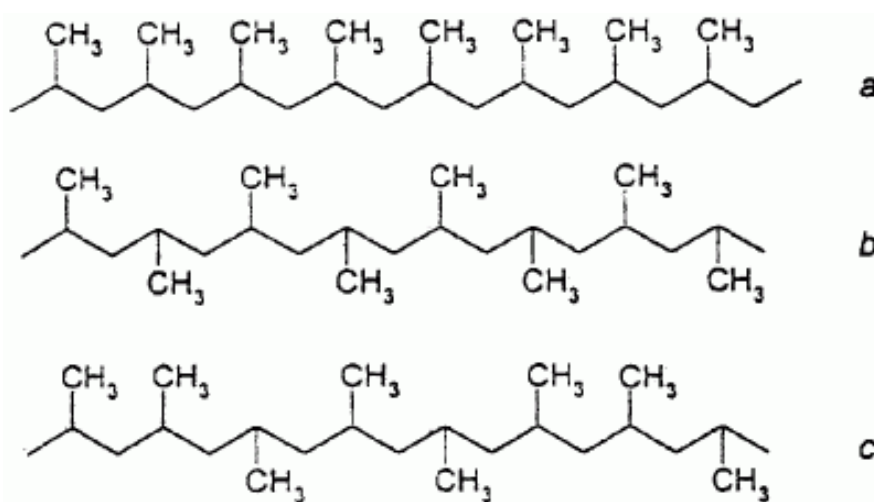
Polypropylén se vyrábí několika způsoby, které vytváří charakteristický stereometrické uspořádání molekul. Při výrobě radikálovou polymerací vzniká ataktický polypropylen. Jeho pevnost je ovšem nízká a proto je v praxi nepoužitelný. Běžný polypropylen se vyrábí kationovou polymerací (BF₃, AlCl₃, SnCl₄, TiCl₄). Vzniká tak izotaktický polymer.

Klasický postup polymerace je založen na Zieglerových-Nattových katalyzátorech tvořených nejčastěji komplexem TiCl₃ s diethylaluminiumchloridem nebo triethylalumiem. Produkt obsahuje vedle izotaktického vždy určitý ataktický podíl. Jejich vzájemný poměr je ovlivněn použitým katalyzátorem, rozpouštědlem a také podmínkami polymerace. Přítomnost ataktického podílu je nežádoucí, protože zhoršuje mechanické vlastnosti a je i slabinou vzhledem k fotooxidační degradaci. V praxi je důležité, aby podíl izotaktické složky (index izotakticity) byl alespoň 90 %, v případě vláken nejméně 95 až 97 %. Při výrobě se ataktický podíl odstraňuje hexanem nebo kapalným propanem pod tlakem. [5,6]

1.2 Molekulární architektura

Základním stavebním kamenem polypropylenu je monomerní jednotka, jejíž prostorové uspořádání je poměrně určeno valenčními úhly atomů uhlíku. Polypropylenové jednotky jsou nesymetrické, takže se mohou do makromolekuly skládat různým způsobem. Podle toho jsou možné tři odlišné typy polypropylenu: izotaktický, syndiotaktický a ataktický.

(obr)



Obr. 1. Stereometrie polypropylenu:

a, izotaktický

b, syndiotaktický

c, ataktický[5]

1.3 Zpracování polypropylenu

Polypropylen se zpracovává většinou technologií. Orientovaná polypropylenová vlákna se používají v textilním průmyslu. Fólie z PP se vyrábějí vyfukováním nebo podobně jako desky vytlačováním.

1.4 Nadouvadla

Nadouvadla se používají k strukturnímu lehčení plastů. Tyto přísady se během zpracování rozkládají a vzniká plyn, který způsobuje pórovitost výrobku.

Nadouvadla se rozdělují:

- anorganická: Hlavní výhodou anorganických nadouvadla je jejich nízká cena. Jsou ale obtížně dispergovatelná v plastech a při delším skladování se samovolně rozkládají.

Jako anorganická nadouvadla se používají uhličitan amonný, hydrogenuhličitan sodný a soli (chloridy, dusitany, šřavelany)

- organická: Organická nadouvadla jsou v plastech rozpustná a mohou poskytnout také jemnější póry.

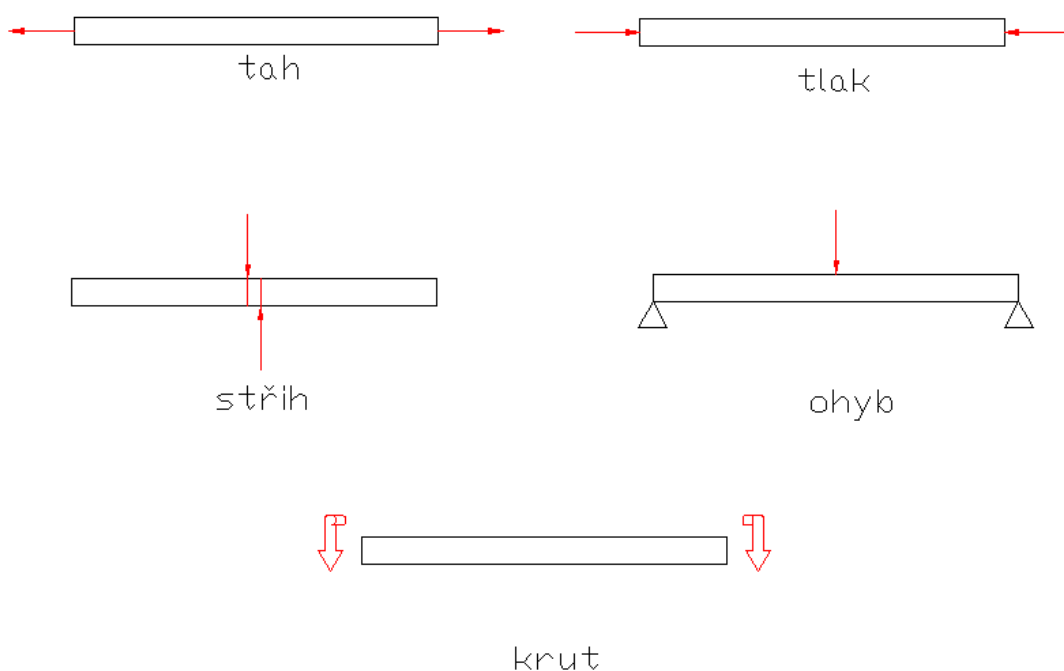
Jako nadouvadla lze použít též látky, jejichž účinek spočívá ve změně skupenství. Tato nadouvadla se nazývají fyzikální. Mezi fyzikální nadouvadla patří většinou alifatické a chlorované uhlovodíky. [5]

2 ZKOUŠENÍ VLASTNOSTÍ MATERIÁLŮ

Materiály jsou při zpracování i při používání vystaveny různému namáhání, jako je tah, tlak, krut, stříh a ohyb. Tato jednotlivá namáhání obvykle nepůsobí samostatně, ale v různých kombinacích. Materiál je tedy vystaven složenému namáhání. Aby materiál mohl odolávat těmto namáháním, musí mít určité vlastnosti, jako pevnost, tvrdost, pružnost, tvárnost aj. [1]

2.1 Mechanické zkoušky – statické

Tyto zkoušky jsou základem mechanického zkoušení materiálu. Materiál zatěžujeme pozvolna bez rázu, a to buď pouze jednou, nebo zatěžování několikrát opakujeme. Základem těchto zkoušek jsou zkoušky pevností. Podle způsobu působení zatěžující síly rozdělujeme tyto zkoušky na zkoušky pevnosti v tahu, tlaku, ohybu, krutu a stříhu. [9]



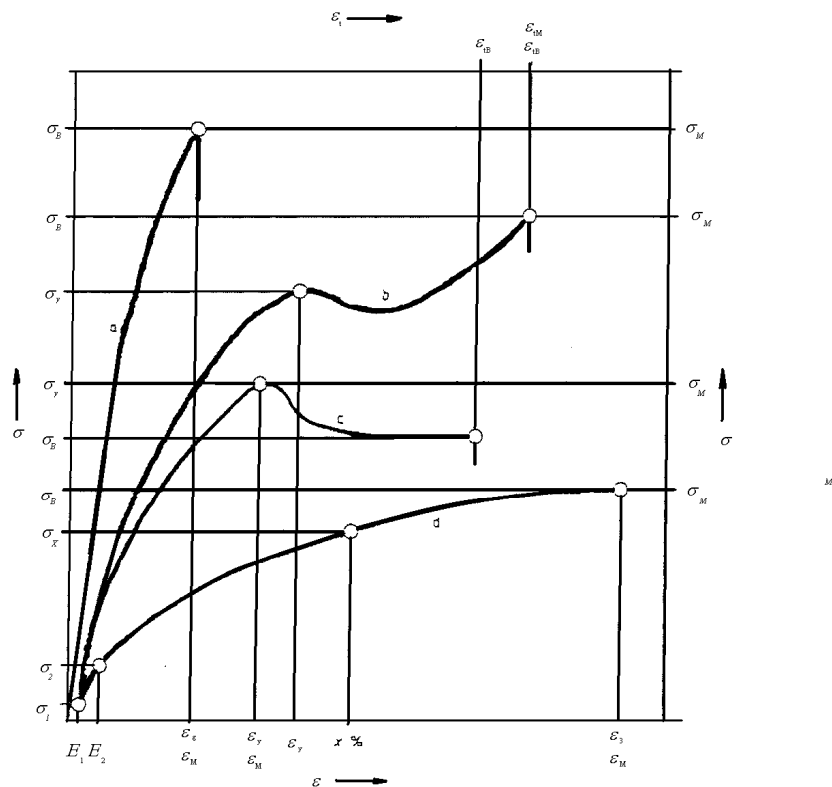
Obr. 2. Základní druhy namáhání

2.1.1 Statická zkouška tahem

Zkouška se provádí na trhačím stroji. Její průběh a zpracování jsou normalizovány podle normy ČSN EN ISO 527.

Zkušební těleso je protahováno ve směru své hlavní podélné osy konstantní rychlostí zkoušení do jeho porušení nebo do okamžiku, kdy napětí v tahu (zatížení) nebo protažení (poměrné prodloužení) dosáhnou předem zvolené hodnoty. Během zkoušky se měří zatížení působící na zkušební těleso a prodloužení. [2]

2.1.1.1 Základní definice a vztahy statické zkoušky tahem



Obr. 3. Typické křivky napětí/poměrné prodloužení

[2]

σ_U /MPa/ - napětí na mezi úměrnosti- mezní napětí, při němž je prodloužení ještě přímo úměrné napětí (platí Hookův zákon)

σ_E /MPa/ - napětí na mezi pružnosti - definujeme jako mezní napětí, které po odtížení (úplném odlehčení) nevyvolává trvalé deformace

σ_y /MPa/ - napětí na mezi kluzu v tahu – napětí, při kterém dochází ke zvyšování protažení bez zvyšování napětí

σ_B /MPa/ - napětí v tahu při přetržení – napětí, při kterém dochází k přetržení zkušební tělesa

σ_M /MPa/ - mez pevnosti v tahu – maximální napětí v tahu, působící na zkušební těleso během zkoušky

ε /-/ – poměrné prodloužení – zvětšení délky vztažené na počáteční měrnou délku

poměrné

$$\varepsilon = \frac{\Delta L_0}{L_0}$$

kde L_0 /mm/ - počáteční měřená délka zkušební tělesa

ΔL_0 /mm/ - zvětšení délky zkušební tělesa mezi značkami vyznačujícími počáteční měřenou délku

E_t /MPa/ - modul pružnosti v tahu – poměr rozdílu napětí σ_2 minus σ_1 a odpovídajícího rozdílu poměrného prodloužení $\varepsilon_2=0,0025$ minus $\varepsilon_1=0,0005$

$$E_t = \frac{\sigma_2 - \sigma_1}{\varepsilon_2 - \varepsilon_1}$$

μ /-/ - Poissonův poměr – poměrné zúžení ε_n v jednom ze dvou normálových rozměrů (kolmých k ose protažení) v počáteční pracovní části zkušební tělesa k odpovídajícímu poměrnému prodloužení ε (ve směru protahování)

$$\mu_n = -\frac{\varepsilon_n}{\varepsilon}$$

výpočet napětí vztažen k počáteční ploše příčného průřezu

$$\sigma = \frac{F}{A}$$

kde σ /MPa/ - vyhodnocovaná hodnota napětí

F /N/ - příslušná naměřená hodnota síly

A /mm²/ - plocha počátečního příčného průřezu zkušební tělesa[2]

2.1.1.2 Zkušební zařízení pro zkoušku tahem

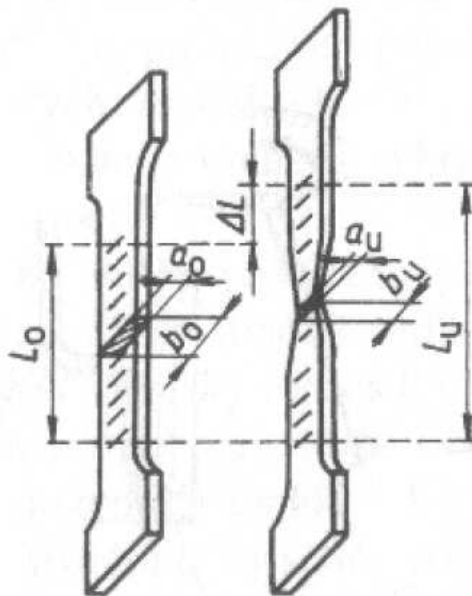
Zkušební zařízení se skládá z dvou hlavních částí zkušebního stroje a zařízení pro měření šířky a tloušťky zkušebních těles.

Zkušební stroj musí odpovídat podmínkám ISO 5893 a požadavků normy (rychlost zkoušení, siloměrný snímač, průtahoměr). Tyto požadavky upřesňuje ISO 527.

2.1.1.3 Zkušební tělesa pro zkoušku tahem

Zkušební tělesa musí být vyrobena podle příslušné materiálové specifikace. Pokud tato neexistuje nebo neobsahuje, musí být buď přímo tvářena, nebo vstříkována z materiálu podle norem ISO 293, ISO 294 nebo ISO 295 nebo vyrobena mechanickým obráběním, podle ISO 2818 z desek, které byly z materiálu vylisovány nebo vstříkovány. [2]

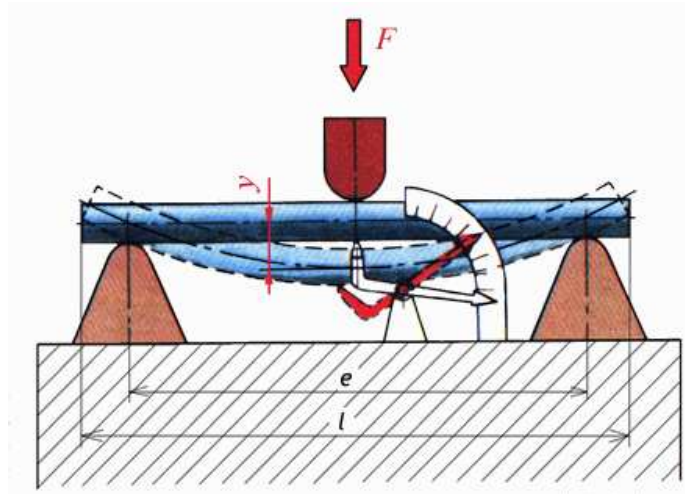
Tvar a rozměry zkušebních těles pro tvářené plasty charakterizuje ISO 527-2.



Obr. 4. Zkušební tělesa pro tahovou zkoušku [1]

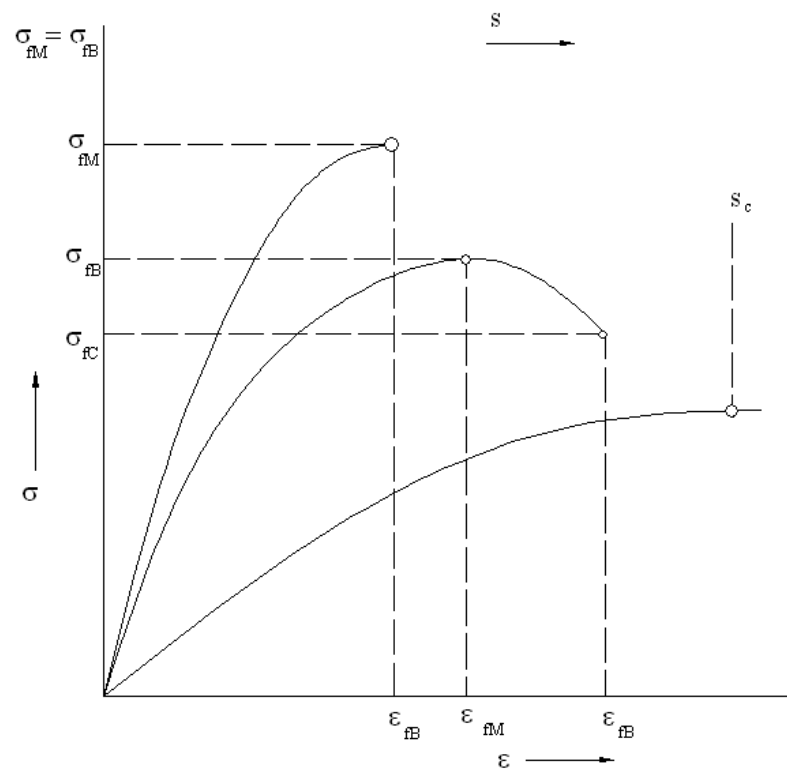
2.1.2 Zkouška ohybem

Zkušební těleso, podepřené jako nosník dvěma podpěrami, je konstantní rychlosti prohýbáno trnem působícím uprostřed rozpětí podpěr tak dlouho, dokud se těleso nezlomí nebo dokud deformace nedosáhne předem stanovené hodnoty. V průběhu procesu je měřena síla působící na těleso. [3]



Obr. 5. Princip zkoušky ohybem

2.1.2.1 Základní definice a vztahy statické zkoušky ohybem



Obr. 6. Typické křivky napětí v ohybu σ_f v závislosti na deformaci ohybem ϵ_f a průhybu s

σ_f /MPa/ - napětí v ohybu - jmenovité napětí vnějšího povrchu zkušební tělesa uprostřed rozpětí podpěr

σ_{fB} /MPa/ - napětí v ohybu v okamžiku lomu zkušební tělesa

σ_f /MPa/ - pevnost v ohybu - maximální napětí v ohybu, které zkušební těleso snese během zkoušky ohybem

$$\sigma_f = \frac{3.F.l}{2.b.H^2},$$

kde F /N/ - zatěžující síla

l /mm/ - rozpětí podpěr

b /mm/ - šířka zkušební tělesa

h /mm/ - tloušťka zkušební tělesa

σ_{fc} /MPa/ - napětí v ohybu při smluvním průhybu

s /mm/ - průhyb – vzdálenost, o kterou se během ohybu vychýlí horní nebo spodní plocha zkušební tělesa uprostřed rozpětí podpěr ze své původní polohy.

$$s_i = \frac{\varepsilon_{fi}.l^2}{6.h}$$

kde ε_{fi} – odpovídající deformace ohybem

l /mm/ - rozpětí podpěr

h /mm/ - tloušťka zkušební tělesa

s_c /mm/ - smluvní průhyb – průhyb rovnající se 1,5 násobku tloušťky zkušební tělesa h .

Při použití rozpětí podpěr $L=16h$ odpovídá smluvní průhyb ohybové deformaci 3,5%.

ε_f /-/ – deformace ohybem - jmenovitá poměrná změna délky elementu vnějšího povrchu tělesa uprostřed rozpěr.

ε_{fB} /-/ – deformace ohybem v okamžiku lomu

ε_{fM} /-/ – deformace ohybem ne mezi pevnosti v ohybu

E_f /MPa/ - modul pružnosti v ohybu – poměr rozdílu napětí σ_{f2} mínus σ_{f1} a odpovídajícího rozdílu poměrného prodloužení $\varepsilon_{f2}=0,0025$ mínus $\varepsilon_{f1}=0,0005$

$$E_f = \frac{\sigma_{f2} - \sigma_{f1}}{\varepsilon_{f2} - \varepsilon_{f1}}$$

2.1.2.2 Zkušební zařízení statické zkoušky ohybem

Stroj musí vyhovovat ISO 5893 a požadavkům uvedeným ISO 178

2.1.2.3 Zkušební tělesa pro zkoušku ohybem

Přednostní typ tělesa musí mít rozměry:

Délka $l = (80 \pm 2)$ mm

šířka $b = (10 \pm 0,2)$ mm

tloušťka $h = (4 \pm 0,2)$ mm [3]

Pokud není žádoucí nebo možné použít přednostního zkušební tělesa, uplatní se následující omezení:

Délka a tloušťka zkušební tělesa musí být ve stejném poměru jak u přednostního tělesa, tj. $l/h = (20 \pm 2)$ mm.

Zkušební tělesa nesmí být zkroucená a musí mít navzájem kolmé respektive rovnoběžné plochy. Okraje a hrany musí být bez rýh, důlků, vyštípnutí a zbytků třísek.[3]

2.1.2.4 Postup zkoušky ohybových vlastností

Zkouška se provádí v prostředí předepsaném předmětovou normou zkoušeného materiálu. Jestliže není k dispozici, vyberou se nejvhodnější podmínky z ISO 291.

Během zkoušky se zaznamenává velikost síly a odpovídajícího průhybu pokud možno automatickým záznamovým zařízením, dávajícím úplnou křivku ohybového napětí/průhyb. [3]

2.1.3 Stanovení rázové houževnatosti metodou Charpy (instrumentovaná zkouška)

Zkušební těleso tvaru hranolu, umístěné vodorovně na podpěrách, je namáháno ve směru kolmém k přímce rázu, procházející středem mezi podpěrami a ohýbáno vysokou, nominálně konstantní rychlostí. Během rázu se zaznamenává rázová síla. Podle způsobu vyhodnocení lze průhyb zkušebního tělesa buď měřit přímo vhodným měřicím zařízením, nebo v případě nosiče energie, který poskytuje ráz s minimálním třením, lze průhyb vypočítat z počáteční rychlosti a síly jako funkci času. Získaná křivka síla-průhyb popisuje chování zkušebního tělesa při rázovém ohybovém namáhání, ze kterého lze odvodit některé vlastnosti materiálu. [4]

2.1.3.1 Základní definice a vztahy

a_{cU} /kJ.m⁻²/ - rázová houževnatost Charpy zkušebních těles bez vrubu – rázová energie spotřebovaná k přeražení zkušebního tělesa bez vrubu vztažená na původní průřez zkušebního tělesa.

$$a_{cU} = \frac{W_B}{h \cdot b} \cdot 10^3$$

kde h /mm/ - tloušťka zkušebního tělesa

b /mm/ - šířka zkušebního tělesa

W_B /J/ - energie při přeražení

a_{cN} /kJ.m⁻²/ - rázová houževnatost Charpy zkušebních těles opatřených vrubem, vrubová houževnatost Charpy- rázová energie spotřebovaná k přeražení tělesa opatřeného vrubem vztažená na původní průřez zkušebního tělesa pod vrubem

$$a_{cN} = \frac{W_B}{h \cdot b_N} \cdot 10^3$$

kde h /mm/ - tloušťka zkušebního tělesa

b /mm/ - šířka zkušebního tělesa

W_B /J/ - energie při přeražení

N – typ vrubu A, B nebo C

e (edgewise) – ráz na užší stranu – směr rázu rovnoběžný s rozměrem b, ráz na užší podélnou plochu zkušební tělesa h x l

f (flatwise) – ráz na širší stranu – směr rázu rovnoběžný s rozměrem h, ráz na širší podélnou plochu zkušební tělesa b x l

n – normálový ráz – směr rázu kolmý k rovině vrstev výztuže (vrstvené vyztužené plasty)

p - rovnoběžný ráz - směr rázu rovnoběžný s rovinou vrstev výztuže

v_0 /m.s⁻¹/ - rychlost nárazu – rychlost břitu kyvadla vzhledem k podpěrám zkušební tělesa v okamžiku nárazu

setrvační pík- první pík na křivce síla-čas nebo síla-průhyb; vzniká setrvačnými účinky té části zkušební tělesa, která je urychlena po prvním kontaktu zkušební tělesa s břitem

F /N/ - rázová síla – síla vyvinutá břitem na zkušební těleso ve směru rázu

s /mm/ - průhyb – přemístění břitu kyvadla, vzhledem k podpěrám zkušební tělesa během rázu od okamžiku prvního kontaktu břitu se zkušebním tělesem

W /J/ - rázová energie – energie spotřebovaná ke zrychlení, deformaci a k případnému přeražení zkušební tělesa během průhybu s

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

kde j – jeden z bodů na křivce síla-průhyb

s /m/ - průhyb

F /N/ - síla

F_M /N/ - maximální rázová síla – maximální hodnota rázové síly na křivce síla-čas nebo síla-průhyb

s_M /mm/ - průhyb při maximální rázové síle

W_M /J/ - energie pro maximální rázovou sílu

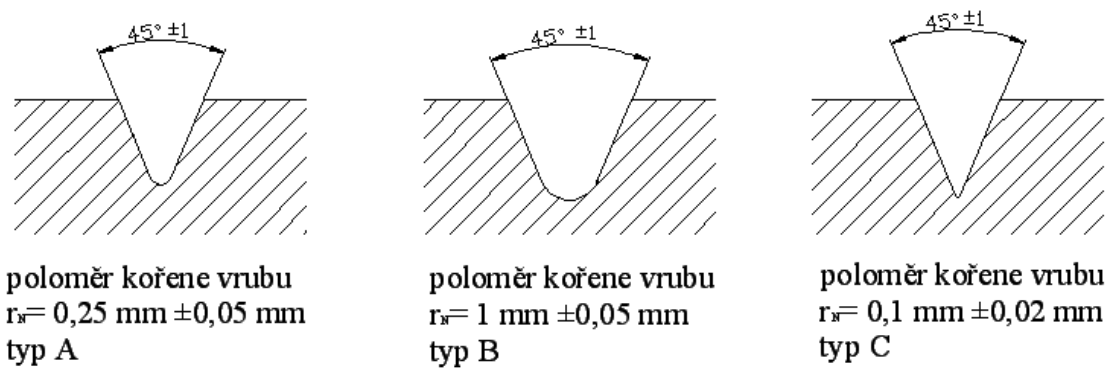
s_B /mm/ - průhyb při přeražení – průhyb, při němž se rázová síla sníží na hodnotu menší nebo rovnou 5% maximální rázové síly F_M

W_B /J/ - rázová energie při přeražení – rázová energie, potřebná k dosažení průhybu při přeražení s_B

typ přeražení – typ deformačního chování zkoušeného plastu:

- nepřeraženo N
- částečně přeraženo P
- úplné přeražení C a kloubové přeražení H – tvárné přeražení t, křehké přeražení b,

tříštivé přeražení s [4]



Obr. 7. Typy vrubu

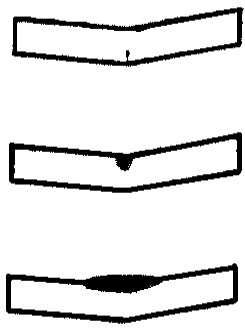
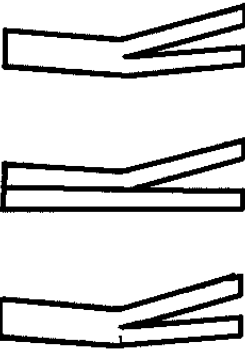
[4]

2.1.3.2 Zkušební zařízení

Základními částmi zkušebního stroje jsou nosič energie, břit a rám s podpěrami pro zkušební těleso. Nosič energie může být setrvačného typu (tj. kyvadlo nebo padající tlouk, s možností jeho urychlení pružinou nebo pneumaticky před provedením rázu) nebo hydraulického typu. [4]

2.1.3.3 Zkušební tělesa pro rázovou zkoušku

Zkušební tělesa musí být připravena v souladu s příslušnými materiálovými specifikacemi. Pokud tyto specifikace neexistují, nebo pokud není stanoveno jinak, jsou zkušební tělesa buď přímo lisována či vstříkováána z daného materiálu podle příslušné normy nebo jsou zhotovena mechanickým obráběním. [4]

Označení metody	Typ zk. tělesa	L/h	Druh porušení	Schematické znázornění
ISO 179/2	2	20	tahem - t tlakem - c vybočením - b	
ISO 179/3	3	6 nebo 8	smykem - s násobným smykem - ms smykem s následným tahem - st	
1) n značí normálový směr a p rovnoběžný směr (tzn. směr kolmý k rovině vyztužení a směr rovnoběžný s rovinou vyztužení)				

Tab. 1. Označení metody, typy zkušebních těles a druh porušení pro materiály vykazující mezivrstvou smykové porušení[4]

3 VYTLAČOVÁNÍ

Vytlačování je kontinuální tvářecí technologický proces, při kterém se přes nástroj (vytlačovací hlava) za působení tlaku na roztavený polymer vytlačuje polymer do volného prostoru.

Stroje používané při vytlačování se dělí z hlediska hlavního pracovního pohybu:

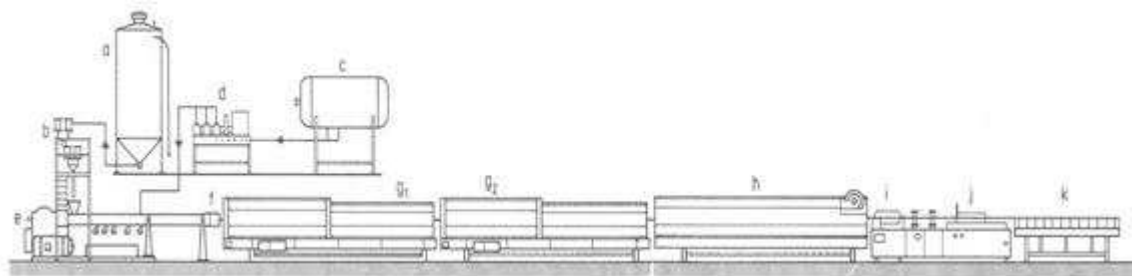
- pístové
- diskové
- šnekové: - jednošnekové, dvoušnekové, vícešnekové
- speciální

Vytlačování se dělí : - pro výrobu desek, fólií, dloužené folie, profilů, trubek

- speciální: výroba pásků, vláken, opláštění, tvorba povlaků

3.1 Linka na vytlačování desek

Linka na vytlačování desek se skládá z vytlačovacího stroje s širokoštěrbinovou vytlačovací hlavou. Vytlačovaný pás je odtahován tříválcovým chladícím strojem. Povrch válců je leštěn nebo leskle chromován. Válce jsou temperovány na teplotu, která je závislá na druhu zpracovaného materiálu. Deska se dále dochlazuje na válečkovém, před odtahem ořezává, a za ním příčně dělí a ve stahovacím zařízení ukládá na paletu. [5]



Obr. 8. Linka na výrobu vypěňovaných desek

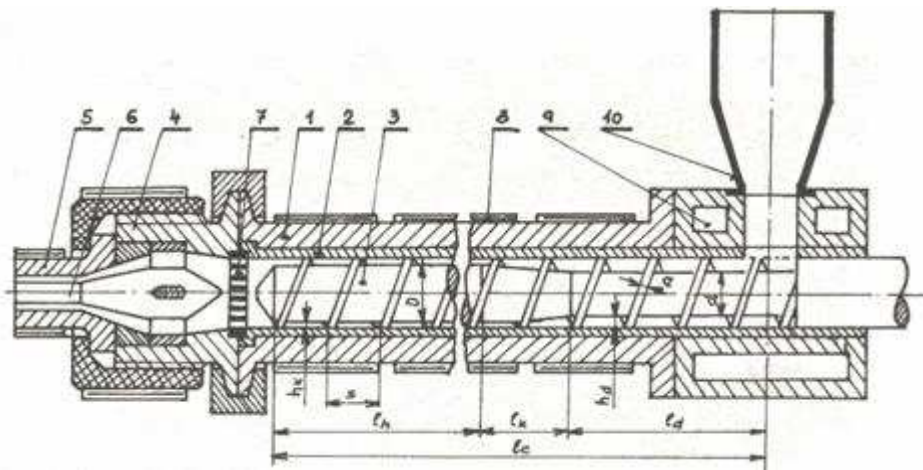
a – silo s plastem, b – míchací jednotka, c – tank s nadouvadlem, d – dávkovač nadouvadla, e – vytlačovací stroj, f – vytlačovací hlava, g – chladicí lázně, h – sušení, i – kontrola rozměrů, j – řezání, k – stohování

3.2 Stroje pro vytlačování

Požadavky na vytlačovací stroj jsou následující: vysoký vytlačovací výkon úměrný otáčkám šneku a co nejméně závislý na protitlaku, rovnoměrná doprava taveniny bez pulzací, vytlačování taveniny bez orientace, homogenní zamíchání polymeru se všemi případnými aditivami bez těkavých podílů, místně a časově rovnoměrná teplota taveniny, která je optimální z hlediska výkonu stroje, zpracovávaného polymeru a kvality vytlačovaného výrobku. [8]

3.2.1 šnekové vytlačovací stroje

Šnekové vytlačovací stroje vzhledem ke kontinuálnímu způsobu práce zaujímají přední místo mezi stroji na zpracování plastů. Konvenční šnekový vytlačovací stroj zachycuje ve vstupním (plnicím) pásmu granulovanou, aglomerovanou či práškovou hmotou a dopravuje ji směrem k hlavě za současného stlačení. V přechodovém pásmu je hmota plastikována, promíchávána a dále stlačována. Výstupním (dávkovacím, vytlačovacím) pásmem je materiál i teplotně homogenní tavenina kontinuálně pod tlakem uváděna do tvářecí hlavy. [8]



Obr. 9. Jednošnekový vytlačovací stroj

1 – pracovní válec, 2 – pouzdro, tavicí komora, 3 – šnek, 4 – vytlačovací hlava, 5 – hubice, 6 – trn, 7 – lamač, 8 – topení, 9 – chlazení, 10 – násypka [8]

3.3 Vytlačovací hlava

Hlava vytlačovacího stroje je ta část, v níž tavenina materiálu tokem kanálem vhodného tvaru získává definitivní tvar. Hlava musí být konstruována tak, aby zaručovala pravidelný a trvalý tok materiálu.

Podle konstrukce se hlavy dělí do těchto základních skupin:

1, *hlavy přímé*: s kruhovým průřezem (trubek, hadic, tyčí apod.); s rozmanitým, často komplikovaným průřezem určené pro vytlačování profilů;

2, *hlavy nepřímé*: příčné, úhlové, určené pro opláštění vodičů, kabelů apod.; hlavy pro vyfukování fólií, pro vyfukování dutých předmětů apod.;

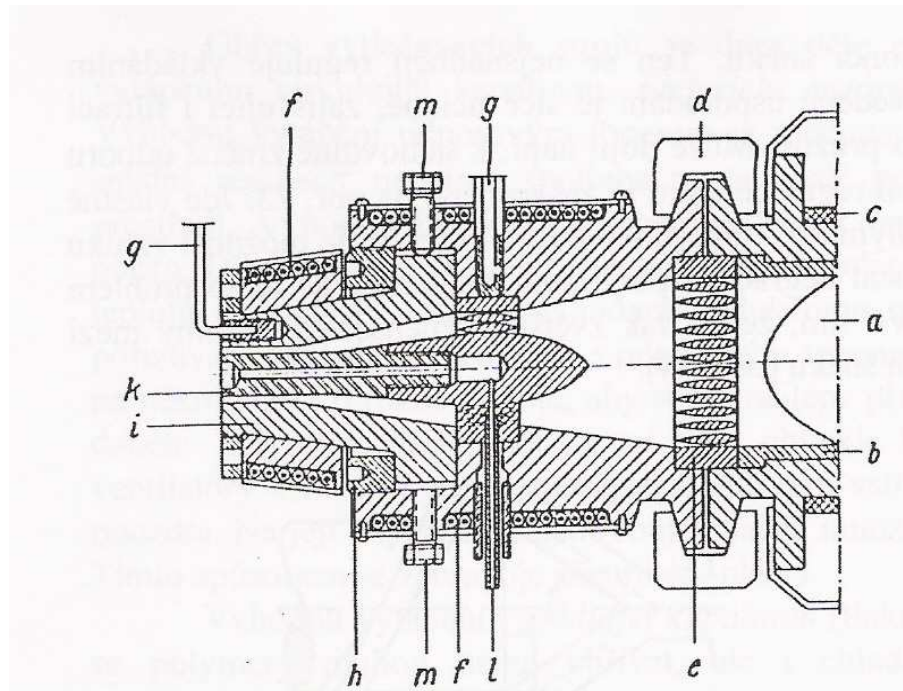
3, *širokoštěrbínové hlavy*: vytlačování desek, fólií apod.;

4, *speciální hlavy*: vytlačování sítí, vícevrstvých produktů apod.;

[9]

3.3.1 Přímé vytlačovací hlavy

Přímá hlava určená pro vytlačování trubek z plastů je znázorněna na obr.. Podle vnějšího a vnitřního průměru trubky (nebo jednoho průměru a tloušťky stěny) jsou voleny vyměnitelné hubice a trnu. [9]

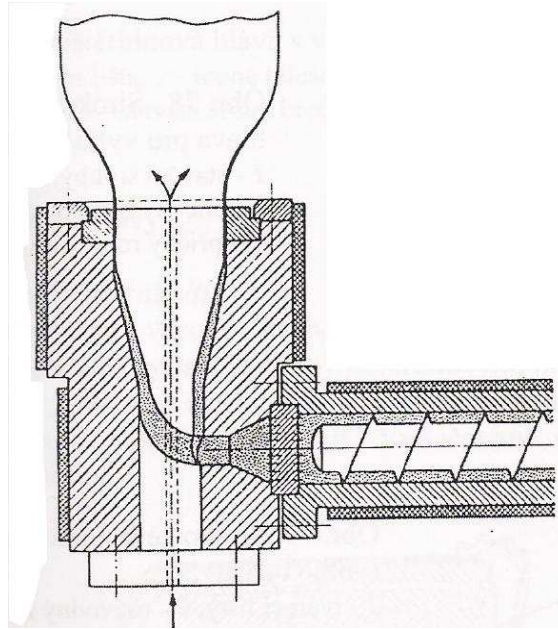


Obr. 10. Přímá hlava pro vytlačování trubek

a - zakončení šneku, b – pouzdro, c – vytápění, d – uchycení hlavy objímkou, e – lamač, f – odporové vytápění hlavy, g – termočlánek, h – uchycení hubice, i – hubice, k – dutý trn, l – přívod tlakového vzduchu, m- stavěcí šrouby [9]

3.3.2 Nepřímé vytlačovací hlavy

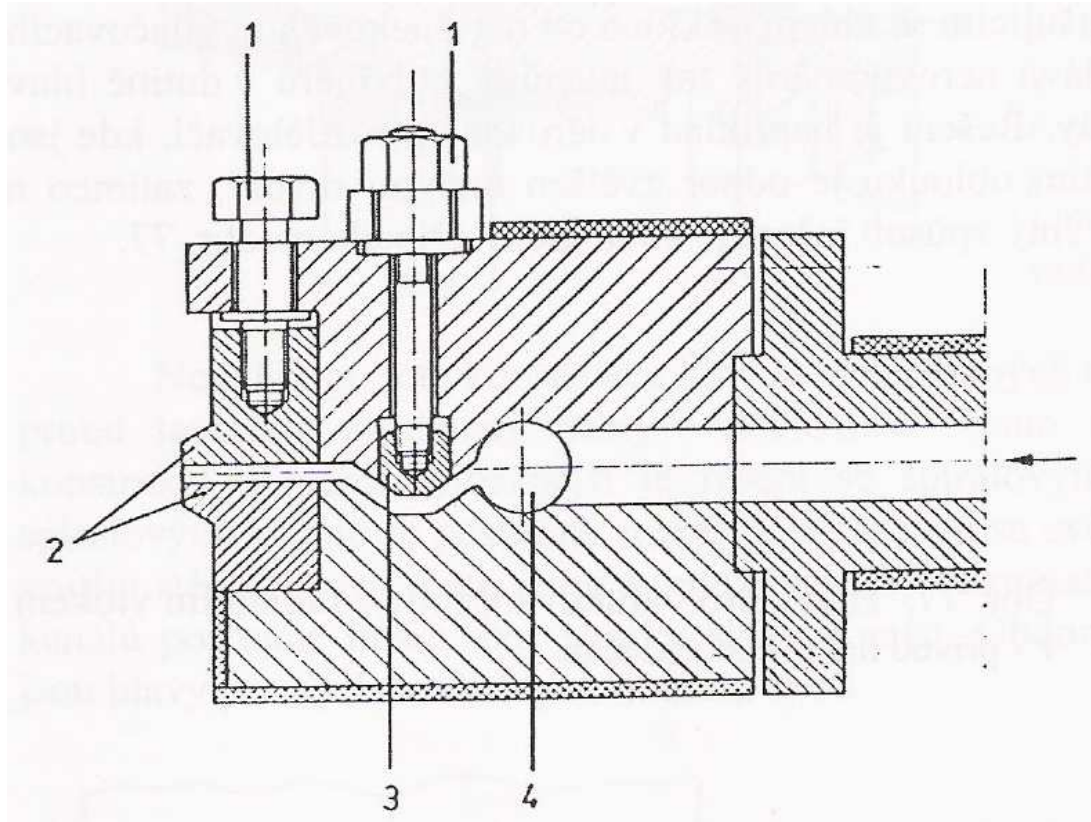
Nepřímé hlavy se používají především pro opláštění vodičů, kabelů či profilů. Tyto hlavy mají vrtaný trn, kterým prochází opláštěvaný produkt. Nepřímým uspořádáním se vyhne nutnosti vést jej skrz vrtaný šnek. Nepřímé hlavy mají různý úhel odklonu od osy šnekového vytlačovacího stroje. [9]



Obr. 11. Hlava pro vyfukování fólie s radiálním vtokem [9]

3.3.3 Širokoštěrbinové vytlačovací hlavy

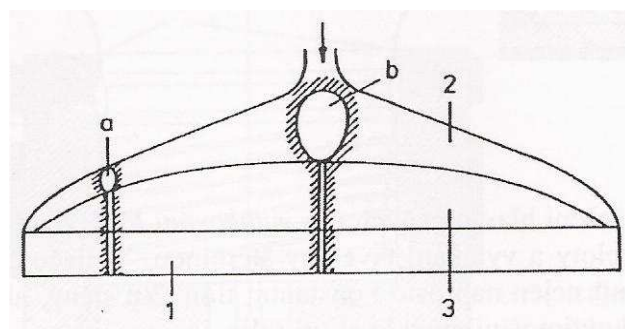
Širokoštěrbinové hlavy rozvádějí materiál pomocí kanálů do široké štěrbiny. Odpor toku a tedy množství hmoty na výstupu se řídí stavěcími šrouby. Nejčastější tvar širokoštěrbinových hlav je tvar „rybího ocasu“, který nemá mrtvé prostory, ale u kterého je problematické nastavení při změně tokových vlastností plastu. Proto se pro vytlačování fólií používají hlavy s tvářecí lištou. [8]



Obr. 12. Širokoštěrbinová hlava pro vytlačování desek

1 – stavěcí šrouby, 2 – tvářecí lišty, 3 – ohebný brzdňý můstek, 4 – příčný rozvodný kanál

[9]

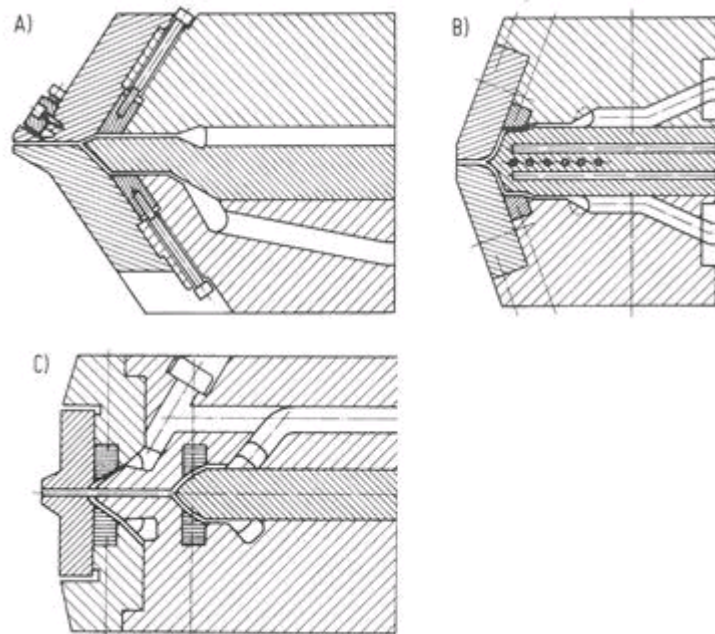


Obr. 13. Širokoštěrbinová hlava ve tvaru rybího ocasu

1 – tvářecí lišty, 2 – rozvodný kanál, 3 – vyrovnávací oblast; a,b – různé průřezy rozvodného kanálu a délky vyrovnávací oblasti [9]

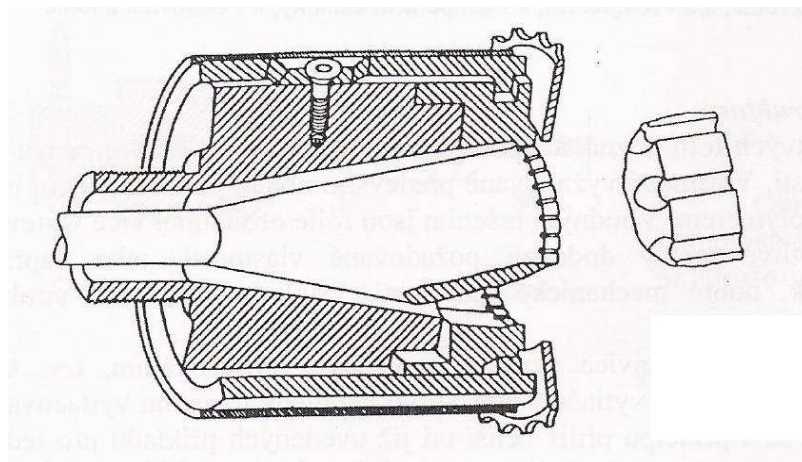
3.3.4 Speciální vytlačovací hlavy

Mezi speciální vytlačovací hlavy patří hlavy pro ostatní aplikace, jako např. granulační hlava, hlava pro výrobu vláken, hlava pro vytlačování sítí, hlavy pro vícevrstvé materiály, střížná hlava, hlavy pro kaučuky, apod. [8]



Obr. 14. Vytlačovací širokoštěrbinové hlavy pro výrobu vícevrstevných fólií a desek

[9]



Obr. 15. Hlava pro vytlačování sítí

[9]

PRAKTICKÁ ČÁST

4 STANOVENÍ CÍLU BAKALÁŘSKÉ PRÁCE

Cílem této bakalářské práce je stanovení vlivu různého stupně lehčení na fyzikálně-mechanické vlastnosti polypropylenu homopolymeru (PP-H) a polymeru kopolymeru (PP-B).

V první fázi bude provedena výroba zkušebních těles pro tahovou, ohybovou a rázovou zkoušku. Po vyrobení zkušebních tělísek bude provedena tahová a ohybová zkouška na univerzálním zkušebním stroji Zwick 145665 a rázová vrubová houževnatost na rázovém kladivu Resil Impactor Junior.

V závěru práce budou vyhodnoceny výsledky jednotlivých měření.

5 POUŽITÁ ZAŘÍZENÍ

5.1 Zwick 145665

Pro zkoušku tahem a ohybem byl použit zkušební stroj Zwick 145665. Na tomto stroji je možné provádět zkoušky tahem, tlakem, ohybem i cyklické zkoušky míjivým zatížením. Průběh zkoušky a naměřené veličiny jsou vyhodnocovány na osobním počítači v programu testXpert.



Obr. 16. Univerzální zkušební stroj Zwick 145665

Maximální zkušební síla	20 kN
Strojová výška	1284 mm
Celková výška	2012 mm
Celková šířka	630 mm
Šířka pracovního prostoru	420 mm
Hmotnost	150 kg

Tab. 2. Technické specifikace stroje Zwick 145665

5.2 Resil impactor junior

Pro dynamickou zkoušku vrubové houževnatosti byla použita Charpyho metoda za pomoci zkušebního stroje Resil impactor Junior.

Naměřená data byla zpracována na osobním počítači.



Obr. 17. Resil impactor junior

Rázová energie	25J
Celkové rozměry	900x500x800 mm
Hmotnost	180kg
Napětí	230V – 50 Hz
Výkon	50W

Tab. 3. Technické specifikace stroje Resil impactor junior

6 CHARAKTERISTIKA A POUŽITÍ MATERIÁLŮ

Polypropylen homopolymer (PP-H)

Jedná se o zdravotně nezávadný, vysoce chemicky odolný materiál. Desky vyrobené PP-H jsou určeny pro interiérové aplikace. Oproti jiným polyolefinům mají vyšší pevnost, tuhost, tvrdost, ale nižší rázovou odolnost při teplotách pod bodem mrazu. Používá se při teplotách vyšších než 10°C.

Polypropylen kopolymer

Je vyráběn blokovou kopolymerací polypropylenu a etylenu. Má dobré fyzikálně mechanické vlastnosti při zachování rázové pevnosti při teplotách pod bodem mrazu. Desky vyrobené z PP-B jsou vhodné i pro exteriérové aplikace. Materiál je zdravotně nezávadný a chemicky odolný.

Nadouvadlo Polyone CC10078599BG

Jedná se o univerzální endotermické nadouvadlo. Je možné je použít pro lehčení většiny termoplastů. Vysoce kompatibilní je s polypropylenem. Rozpad nadouvadla nastává při teplotě 180 °C, oblast použití je 210-270°C.

7 TAHOVÉ VLASTNOSTI

Tahová zkouška byla provedena na univerzálním zkušebním stroji Zwick 145665. Zkouška probíhala podle normy ČSN EN ISO 527. Zkušební tělíška byla vyrobena frézováním z vytlačované desky.



Obr. 18. Zkušební tělíška pro tah

Podmínky měření:

jednoosý tah

rychlost zkoušky = 20 mm/min (PP-H), 50mm/min (PP-B)

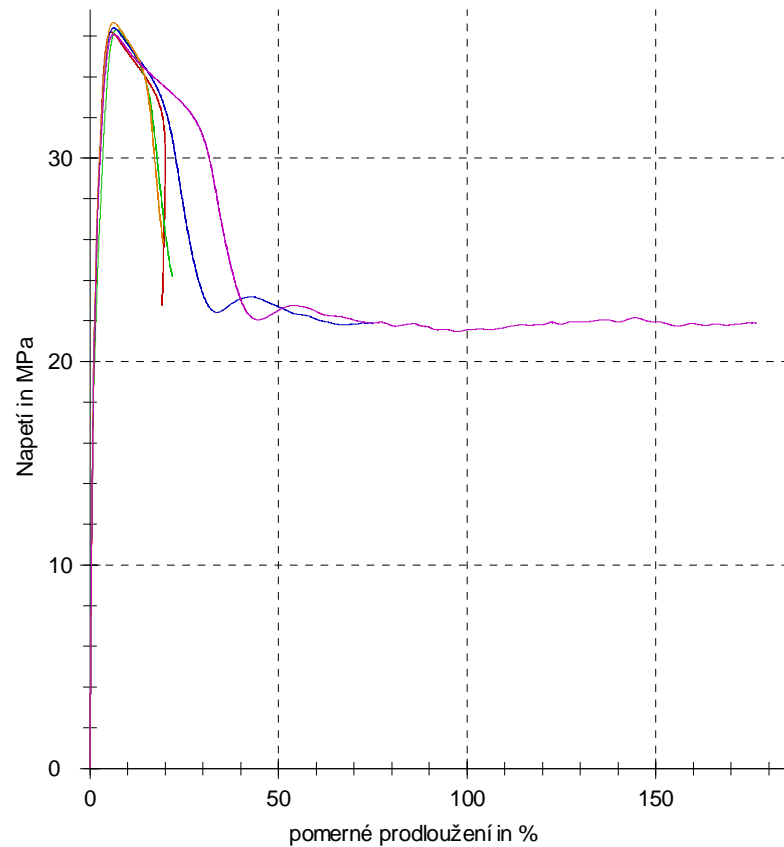
teplota měření = 22°C

počet vzorků = 5 ks

Výsledky jednotlivých měření jsou uvedeny v příloze I

7.1 Tahové vlastnosti PP-H

7.1.1 PP-H 0

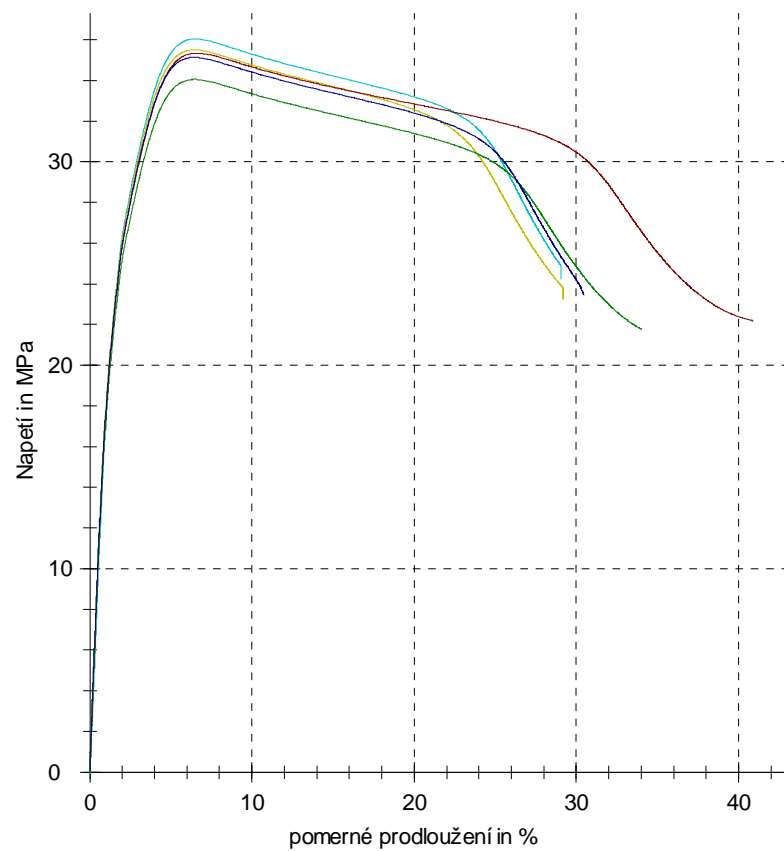


Obr. 19. Tahové křivky PP-H 0

n = 5	E_t MPa	$F_{0,2}$ N	F_y N	F_M N	F_B N	$\sigma_{0,2}$ MPa	σ_y MPa	σ_M MP	σ_B MPa	ϵ_t %
\bar{x}	2060	2370	4190	4190	2680	20,6	36,3	36,3	23,3	62,5
s	89,6	109	31,9	31,9	192	1,02	0,224	0,22	1,69	68,2
v	4,36	4,58	0,76	0,76	7,15	4,95	0,62	0,62	7,24	109,16
	Δl_y mm	Δl_{yN} mm	Δl_p mm	Δl_N mm	ΔL_0 mm	$W_{F_{max}}$ Nmm	W_B Nmm	b mm	h mm	A mm ²
\bar{x}	1,3	8,3	0,9	1,3	12,5	4108,08	37584,5	11,7	9,856	115,32
s	0,1	0,1	0,1	0,1	13,6	308,95	36717,2	0	0,0770	0,9
v	7,06	1,39	11,23	7,06	109,1	7,52	97,69	0	0,78	0,78

Tab. 4. Tahové vlastnosti PP-H 0

7.1.2 PP-H 0,3

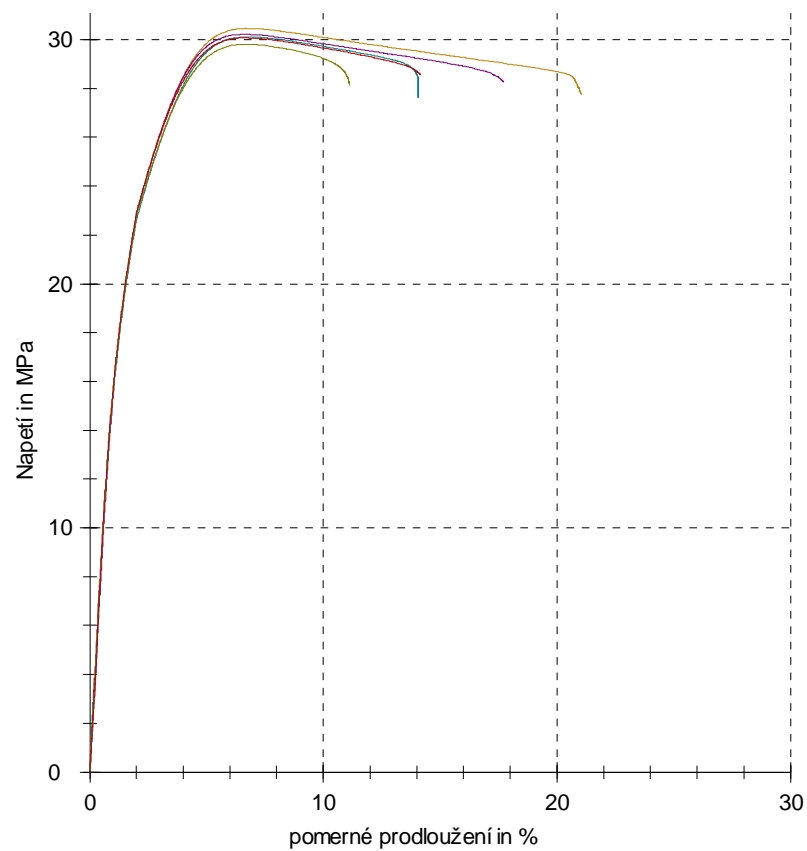


Obr. 20. Tahové křivky PP-H 0,3

n = 5	E_t MPa	$F_{0,2}$ N	F_y N	F_M N	F_B N	$\sigma_{0,2}$ MPa	σ_y MPa	σ_M MPa	σ_B MPa	ϵ_t %
\bar{x}	1950	2360	4120	4120	2690	20,2	35,2	35,2	23	32,7
s	146	200	56,4	56,4	101	1,74	0,731	0,731	1	5
v	7,49	8,47	1,37	1,37	3,76	8,64	2,08	2,08	4,36	15,3
	Δl_y mm	Δl_{yN} mm	Δl_p mm	Δl_N mm	ΔL_0 mm	$W_{F_{max}}$ Nmm	W_B Nmm	b mm	h mm	A mm ²
\bar{x}	1,3	8,3	0,9	1,3	6,5	4160,4	23395	11,66	10,03	116,99
s	0	0,1	0	0	1	63,19	3081,3	0,0439	0,209	2,37
v	0,9	0,74	4,12	0,9	15,3	1,52	13,17	0,38	2,08	2,02

Tab. 5. Tahové vlastnosti PP-H 0,3

7.1.3 PP-H 0,6

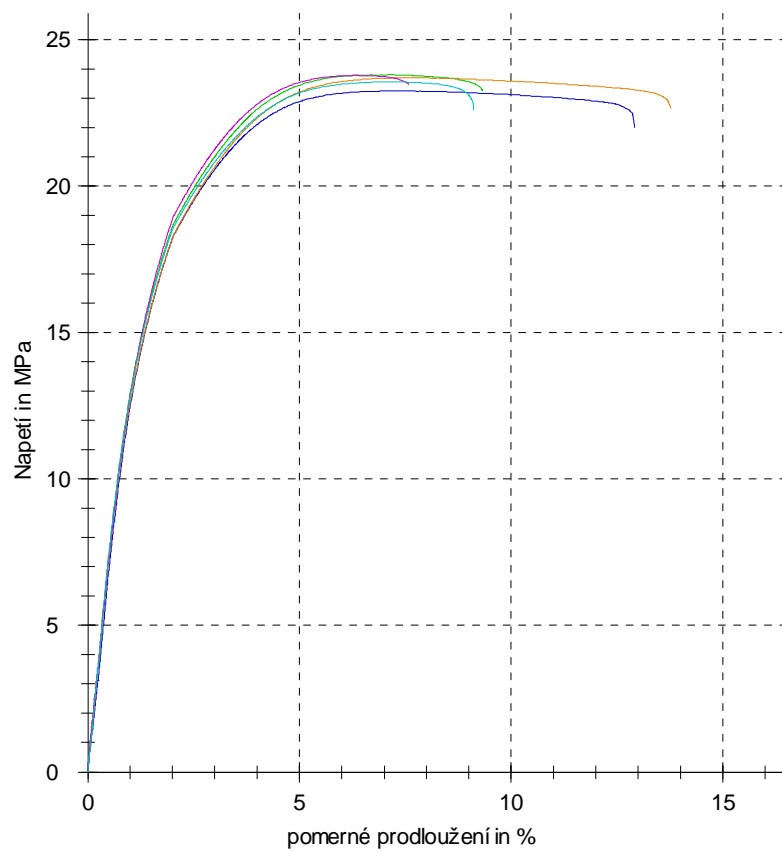


Obr. 21. Tahové křivky PP-H 0,6

n = 5	E_t MPa	$F_{0,2}$ N	F_y N	F_M N	F_B N	$\sigma_{0,2}$ MPa	σ_y MPa	σ_M MPa	σ_B MPa	ϵ_t %
\bar{x}	1700	2110	3550	3550	3300	17,9	30,1	30,1	28,1	15,6
s	74,5	105	49	49	34,8	0,87	0,234	0,234	0,385	3,8
v	4,39	5	1,38	1,38	1,05	4,85	0,78	0,78	1,37	24,52
	Δl_y mm	Δl_{yN} mm	Δl_p mm	Δl_N mm	ΔL_0 mm	W_{Fmax} Nmm	W_B Nmm	b mm	h mm	A mm ²
\bar{x}	1,3	8,7	1	0,2	1,52	3730,53	9965,2	11,82	9,96	117,69
s	2,03	1	0	0	0	85,01	2723,2	0,0320	0,0860	0,92
v	2,73	1,52	2,73	0,8	24,52	2,28	27,33	0,27	0,86	0,78

Tab. 6. Tahové vlastnosti PP-H 0,6

7.1.4 PP-H 0,8



Obr. 22. Tahové křivky PP-H 0,8

n = 5	E_t MPa	$F_{0,2}$ N	F_y N	F_M N	F_B N	$\sigma_{0,2}$ MPa	σ_y MPa	σ_M MPa	σ_B MPa	ϵ_t %
\bar{x}	1400	1670	2740	2740	2680	14,4	23,6	23,6	22,8	10,5
s	82	87,9	41,7	41,7	192	0,637	0,225	0,225	0,584	2,7
v	5,87	5,25	1,52	1,52	7,15	4,42	0,95	0,95	2,56	25,22
	Δl_y mm	Δl_{yN} mm	Δl_p mm	Δl_N mm	ΔL_0 mm	W_{Fmax} Nmm	W_B Nmm	b mm	h mm	A mm ²
\bar{x}	1,4	9,2	1,1	1,4	2,1	3142,23	5046,4	11,71	9,908	115,98
s	0,1	0,5	0,1	0,1	0,5	256,68	1459,2	0,0630	0,1169	1,67
v	7,24	5,58	9,52	7,24	25,22	8,17	28,92	0,54	1,18	1,44

Tab. 7. Tahové vlastnosti PP-H 0,8

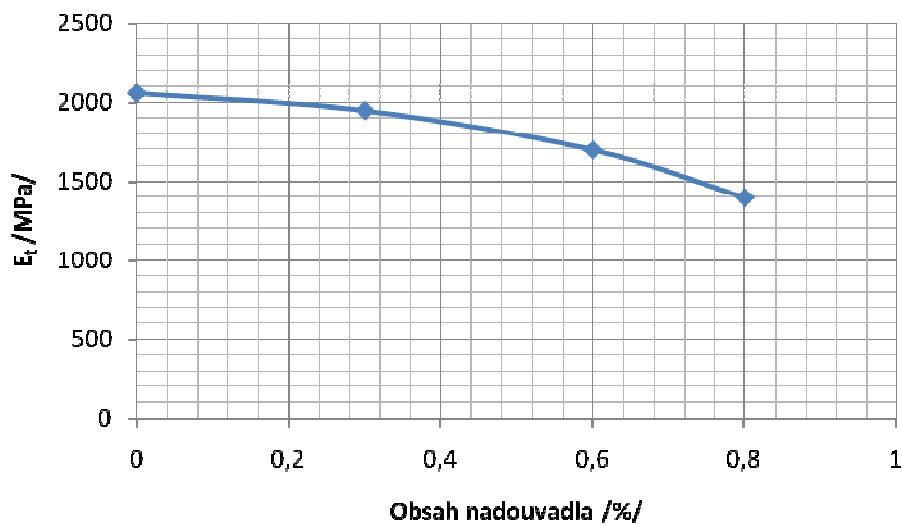
7.1.5 Shrnutí tahových vlastností PP-H

Z naměřených hodnot vyplývá, že modul pružnosti v tahu klesá lineárně. Při použití 0,8% nadouvadla klesne modul pružnosti oproti nelehčenému PP-H o 30%.

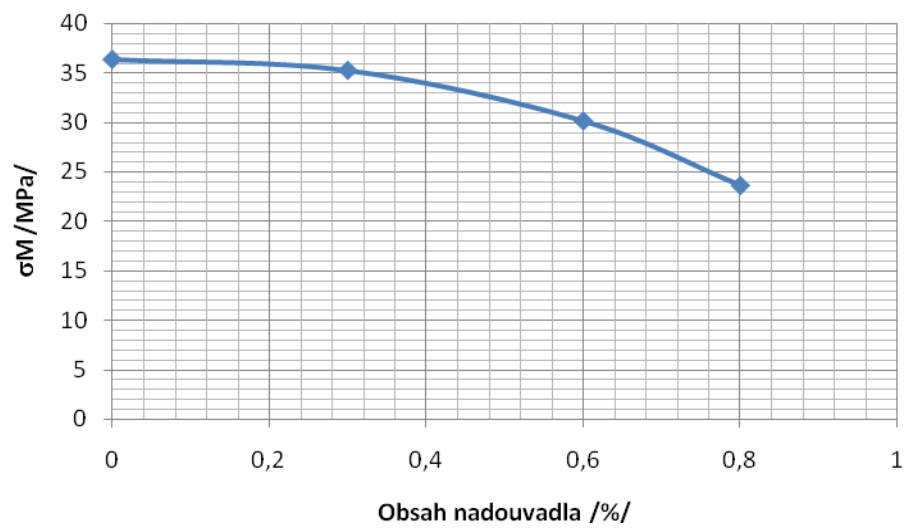
U PP-H nemají nízké hodnoty nadouvadla výrazný vliv na velikost napětí na mezi pevnosti. Větší pokles nastává při použití více než 0,3% nadouvadla.

Při použití 0,6% nadouvadla nastalo deformační zpevnění a síla při přetržení se zvýšila. Při ostatních stupních lehčení se závislost obsahu nadouvadla na napětí při přetržení neprojevil a síla při přetržení u lehčení 0%;0,3%;0,8% byla okolo 2680N.

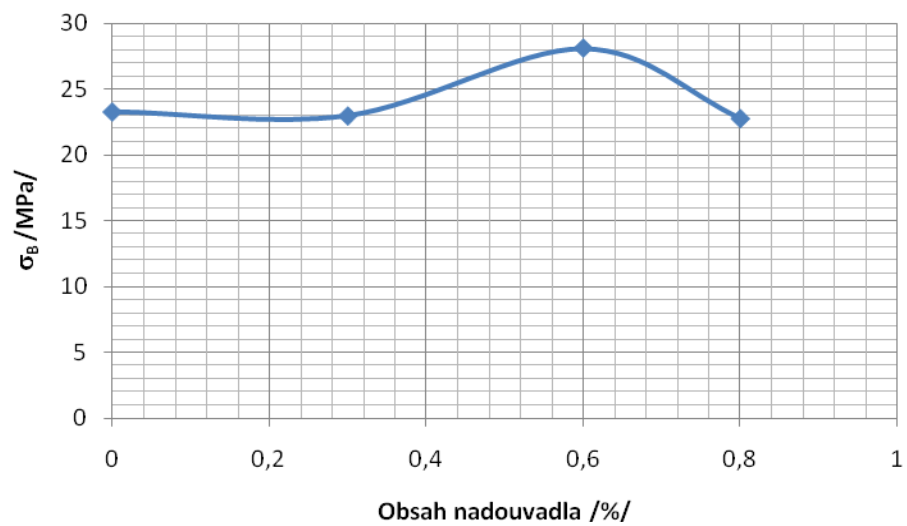
U PP-H s obsahem nadouvadla 0% a 0,3% nastal po přetržení tvárný lom (obr. 27) a s obsahem nadouvadla 0,6% a 0,8% nastal křehký lom (obr. 28).



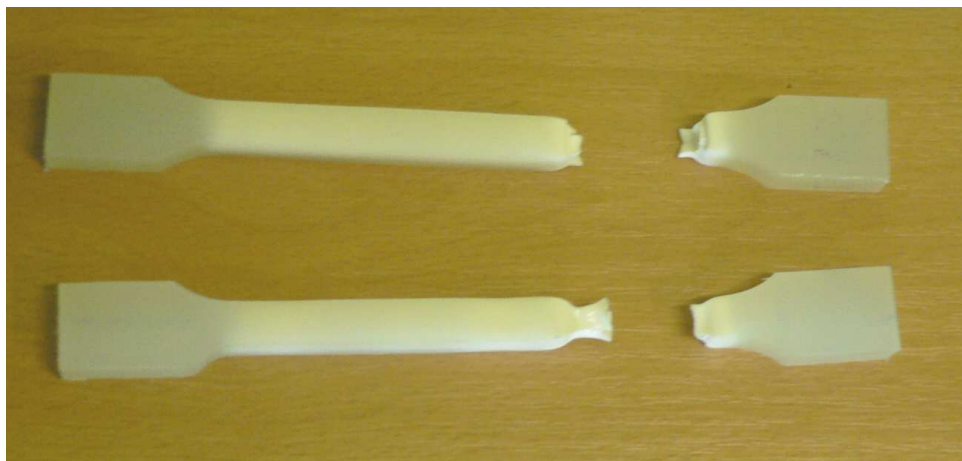
Obr. 23. Závislost modulu pružnosti v tahu na stupni lehčení pro PP-H



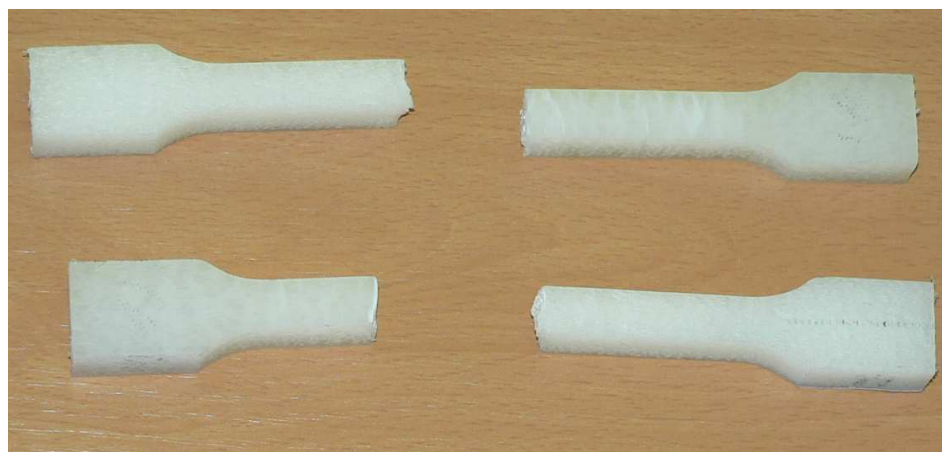
Obr. 24. Závislost meze pevnosti v tahu na stupni lehčení pro PP-H



Obr. 25. Závislost síly při přetržení v tahu na stupni lehčení pro PP-H



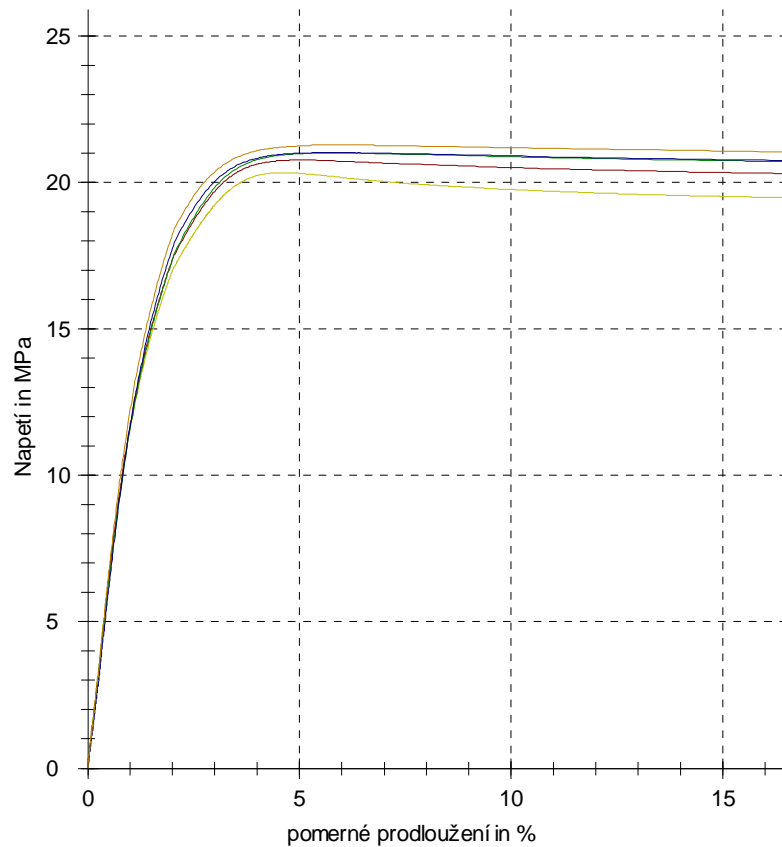
Obr. 26. Lom tělísek PP-H 0 a PP-H 0,3



Obr. 27. Lom tělísek PP-H 0,6 a PP-H 0,8

7.2 Tahové vlastnosti PP-B

7.2.1 PP-B 0

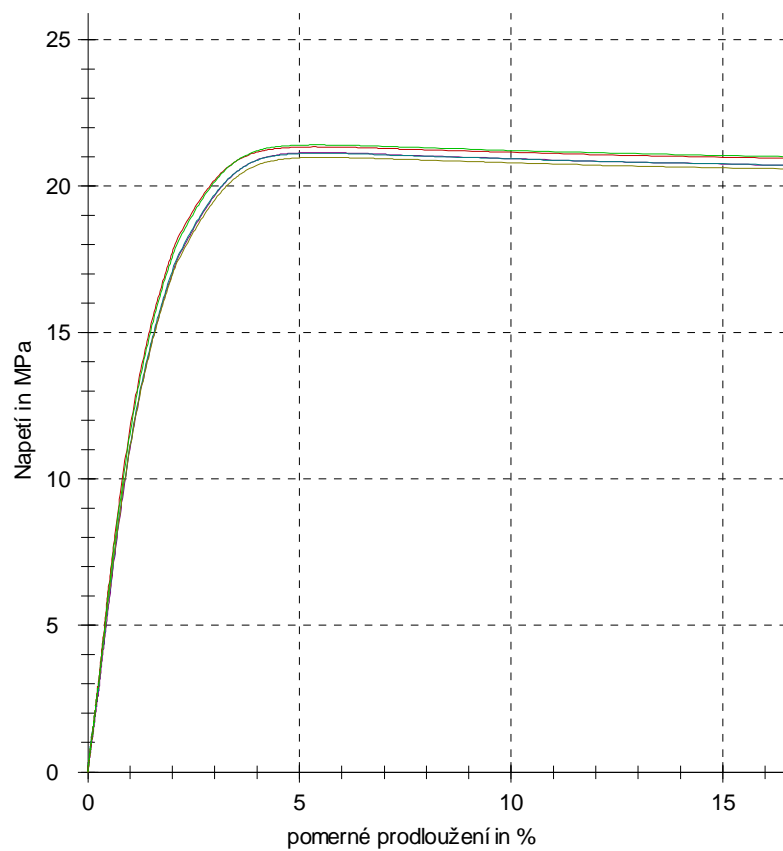


Obr. 28. Tahové křivky PP-B 0

n = 5	E_t MPa	$F_{0,2}$ N	F_y N	F_M N	F_B N	$\sigma_{0,2}$ MPa	σ_y MPa	σ_M MPa	σ_B MPa	ϵ_t %
\bar{x}	1240	1660	2420	2600	2480	14,3	20,9	22,4	21,4	494,3
s	60,7	115	32,5	327	351	1,02	0,356	2,77	2,98	63
v	4,9	6,94	1,35	12,6	14,13	7,15	1,7	12,34	13,88	12,74
	Δl_y mm	Δl_{yN} mm	Δl_p mm	Δl_N mm	ΔL_0 mm	$W_{F_{max}}$ Nmm	W_B Nmm	b mm	h mm	A mm ²
\bar{x}	1,1	7,2	40,7	41,1	98,9	97764,44	226933	11,71	9,888	115,7
s	0,1	0,6	55,2	55,2	12,6	133384,9	33739,6	0,0402	0,079	0,68
v	11,28	8,32	135,6	134,46	12,74	136,43	16,48	0,34	0,8	0,59

Tab. 8. Tahové vlastnosti PP-B 0

7.2.2 PP-B 0,3

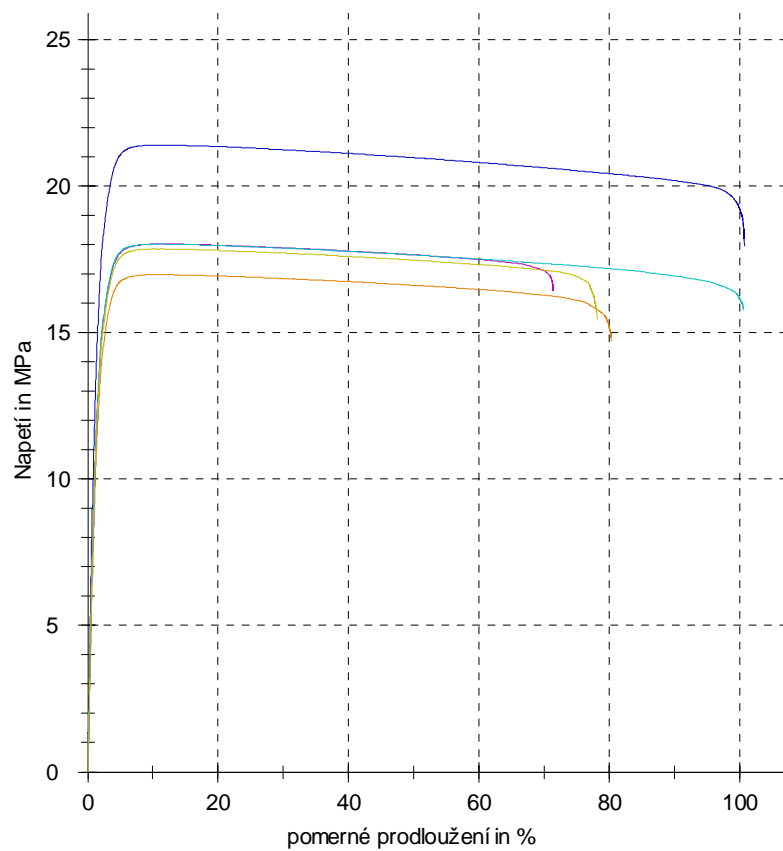


Obr. 29. Tahové křivky PP-B 0,3

n = 5	E_t MPa	$F_{0,2}$ N	F_y N	F_M N	F_B N	$\sigma_{0,2}$ MPa	σ_y MPa	σ_M MPa	σ_B MPa	ϵ_t %
\bar{x}	1140	1730	2480	2480	2150	14,8	21,2	21,2	18,3	348,5
s	60,1	77,5	5,88	5,88	250	0,699	0,173	0,173	2,1	200,9
v	5,25	4,48	0,24	0,24	11,6	4,73	0,82	0,82	11,45	57,66
	Δl_y mm	Δl_{yN} mm	Δl_p mm	Δl_N mm	ΔL_0 mm	W_{Fmax} Nmm	W_B Nmm	b mm	h mm	A mm ²
\bar{x}	1,1	7,1	0,7	1,1	69,7	2103,2	156148,6	11,65	10,0	117,17
s	0	0,1	0	0	40,2	26,98	90736,41	0,0914	0,03	0,79
v	1,64	1,24	3,07	1,64	57,6	1,28	58,11	0,79	0,38	0,68

Tab. 9. Tahové vlastnosti PP-B 0,3

7.2.3 PP-B 0,6

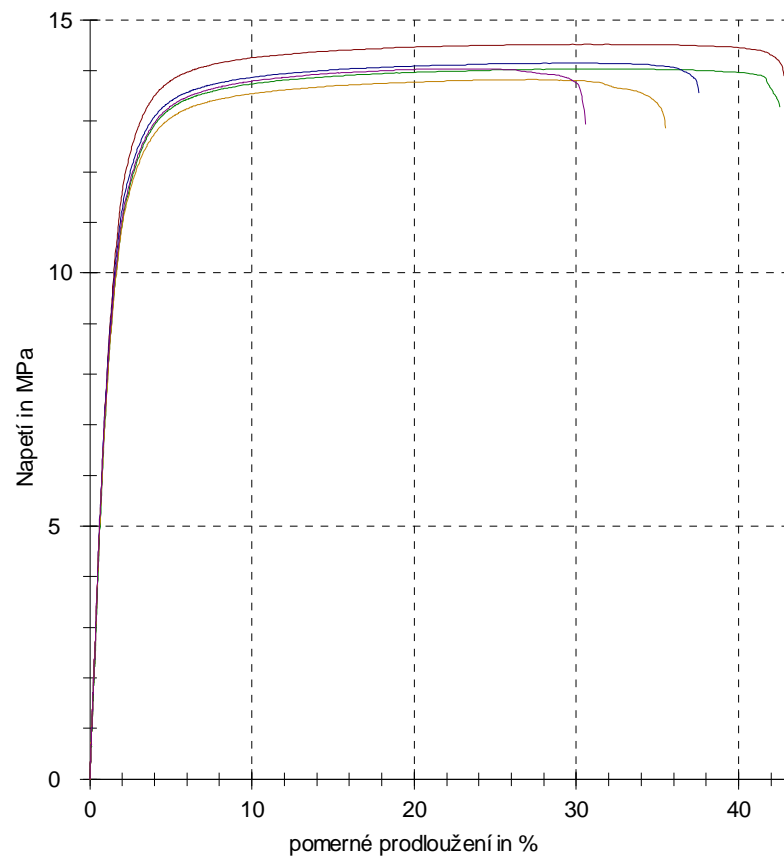


Obr. 30. Tahové křivky PP-B 0,6

n = 5	E_t MPa	$F_{0,2}$ N	F_y N	F_M N	F_B N	$\sigma_{0,2}$ MPa	σ_y MPa	σ_M MPa	σ_B MPa	ϵ_t %
\bar{x}	998	1480	-	2160	1890	12,6	-	18,5	16,1	86,3
s	139	81	-	44,5	89,5	0,768	-	1,7	1,22	13,6
v	13,93	5,48	-	2,06	4,75	6,1	-	9,24	7,62	15,74
	Δl_y mm	Δl_{yN} mm	Δl_p mm	Δl_N mm	ΔL_0 mm	W_{Fmax} Nmm	W_B Nmm	b mm	h mm	A mm ²
\bar{x}	-	-	1,8	2,2	17,3	4144,1	35980,58	12,16	9,95	118,09
s	-	-	0,1	0,1	2,7	188,08	5552,88	0,0702	0,094	11,22
v	-	-	6,02	4,47	15,74	4,54	15,43	0,58	0,95	9,5

Tab. 10. Tahové vlastnosti PP-B 0,6

7.2.4 PP-B 0,9



Obr. 31. Tahové křivky PP-B 0,9

n = 5	E_t MPa	$F_{0,2}$ N	F_y N	F_M N	F_B N	$\sigma_{0,2}$ MPa	σ_y MPa	σ_M MPa	σ_B MPa	ϵ_t %
s	26,8	50	-	21,6	42	0,513	-	0,258	0,432	5,1
v	3,46	4,69	-	1,36	2,8	5,43	-	1,83	3,25	13,57
	Δl_y mm	Δl_{yN} mm	Δl_p mm	Δl_N mm	ΔL_0 mm	W_{Fmax} Nmm	W_B Nmm	b mm	h mm	A mm ²
\bar{x}	-	-	5,2	5,6	7,6	8431,1	11514,2	11,39	9,912	112,94
s	-	-	0,8	0,8	1	1263,9	1683,23	0,0909	0,073	1,17
v	-	-	14,52	13,8	13,57	14,99	14,62	0,8	0,75	1,03

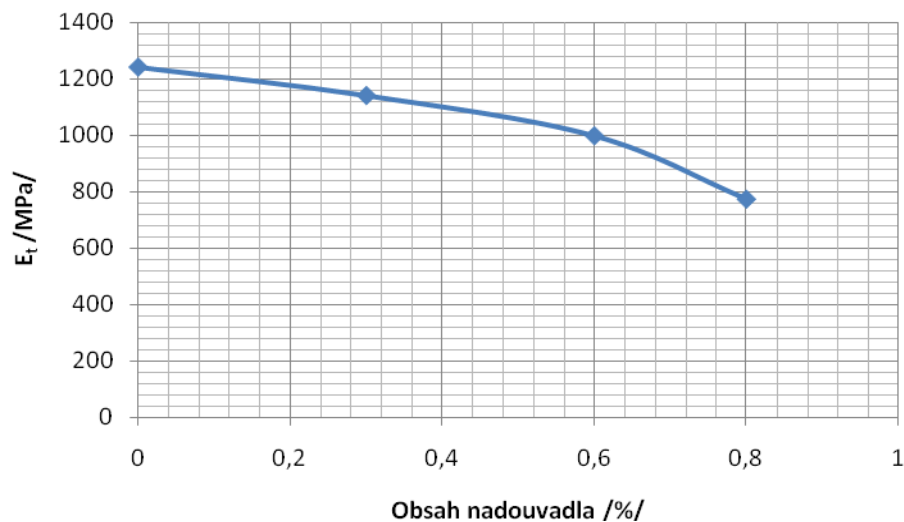
Tab. 11. Tahové vlastnosti PP-B 0,9

7.2.5 Shrnutí tahových vlastností PP-B

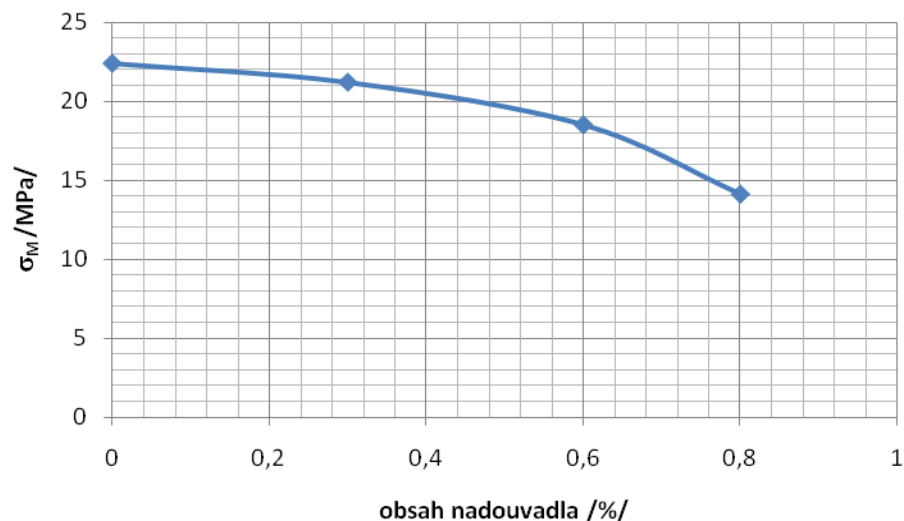
Z naměřených hodnot vyplývá, že modul pružnosti v tahu klesá lineárně. Při použití 0,8% nadouvadla klesne modul pružnosti oproti nelehčenému PP-B o 40%.

Napětí na mezi pevnosti bylo také lineárně závislé na obsahu nadouvadla. Při použití 0,9% nadouvadla kleslo oproti nelehčenému PP-B o 40%.

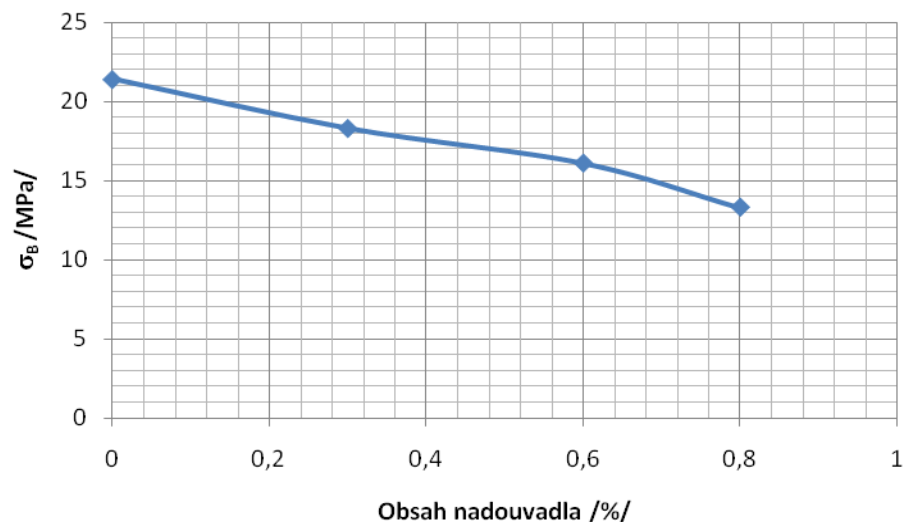
U PP s obsahem nadouvadla 0% a 0,3% nastalo velké protažení (PP-B0 494% a PP-B0,3 348%) a houževnatý lom (obr. 36). Při PP-B0,6 a PP-B0,9 velké protažení již nenastává. Materiál ovšem v průběhu zkoušky dostává elasticky tvárné vlastnosti. Při PP-B0,6 je tvárnost výraznější. U PP-B0,6 a PP-B0,9 nastal křehký lom.



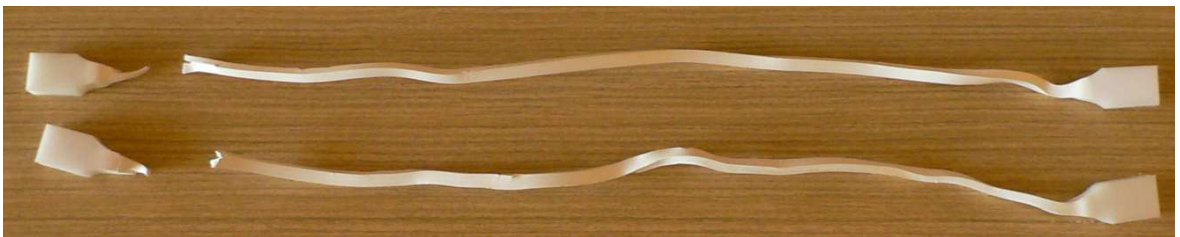
Obr. 32. Závislost modulu pružnosti v tahu na stupni lehčení pro PP-B



Obr. 33. Závislost napětí na mezi pevnosti v tahu na stupni lehčení pro PP-B



Obr. 34. Závislost napětí při přetržení v tahu na stupni lehčení pro PP-B



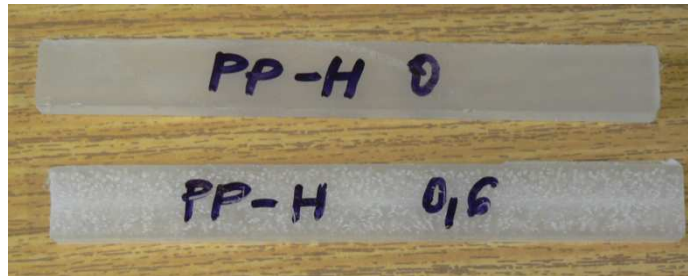
Obr. 35. Lom tělísek PP-B0 a PP-B0,3



Obr. 36. Lom tělísek PP-B0,6 a PP-B0,9

8 OHYBOVÉ VLASTNOSTI

Ohybová zkouška byla provedena na univerzálním zkušebním stroji Zwick 145665. Zkouška probíhala podle normy ČSN EN ISO 178. Zkušební tělíška byla vyrobena obráběním z vytlačované desky.



Obr. 37. Zkušební tělíška pro ohyb

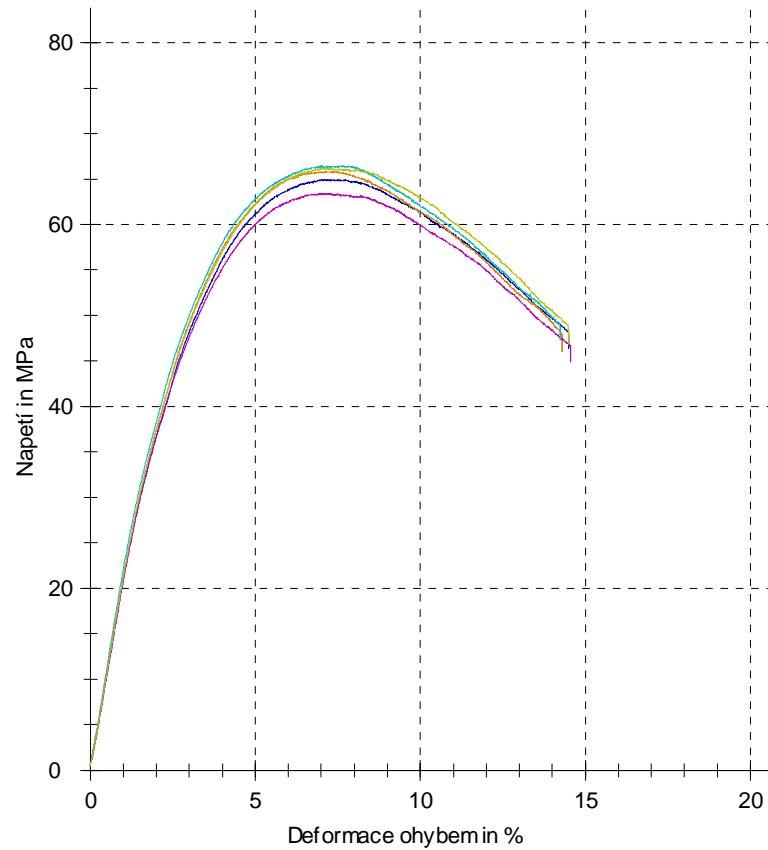
Podmínky měření:

- 3-bodový ohyb
- rychlost zkoušky = 20 mm/min
- vzdálenost podpěr = 64 mm
- teplota měření = 22°C
- počet vzorků = 5 ks

Výsledky jednotlivých měření jsou uvedeny v příloze II

8.1 Ohybové vlastnosti PP-H

8.1.1 PP-H 0

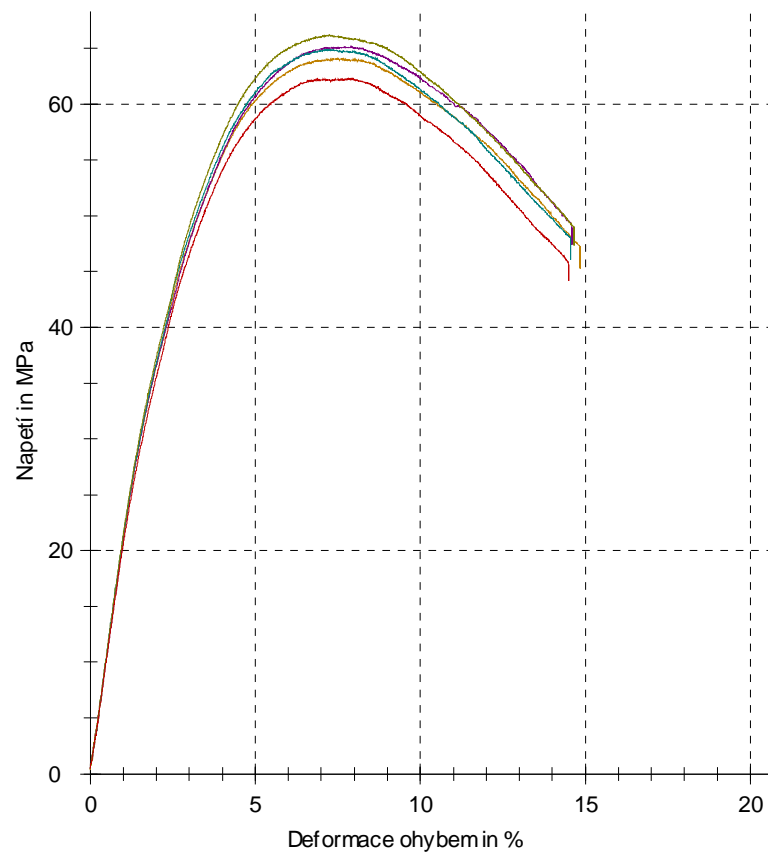


Obr. 38. Ohybové křivky PP-H 0

n = 5	E_f MPa	σ_{fy} MPa	σ_{fM} MPa	ε_{fM} %	F_{fy} N	Δy_{fy} mm	Δy_f mm	Δy_{fp} mm	W_{fM} Nmm	b mm	h mm	A mm ²
\bar{x}	1920	41,6	65,4	7,1	129	12,3	12,3	6,4	1131,23	4,06	11,75	47,58
s	65,2	1,02	1,24	0,1	1,28	0,2	0,2	0,2	20,68	0,03808	0	0,67
v	3,4	2,45	1,9	0,9	1	1,42	1,27	3,08	1,83	0,94	0	1,41

Tab. 12. Ohybové vlastnosti PP-H 0

8.1.2 PP-H 0,3

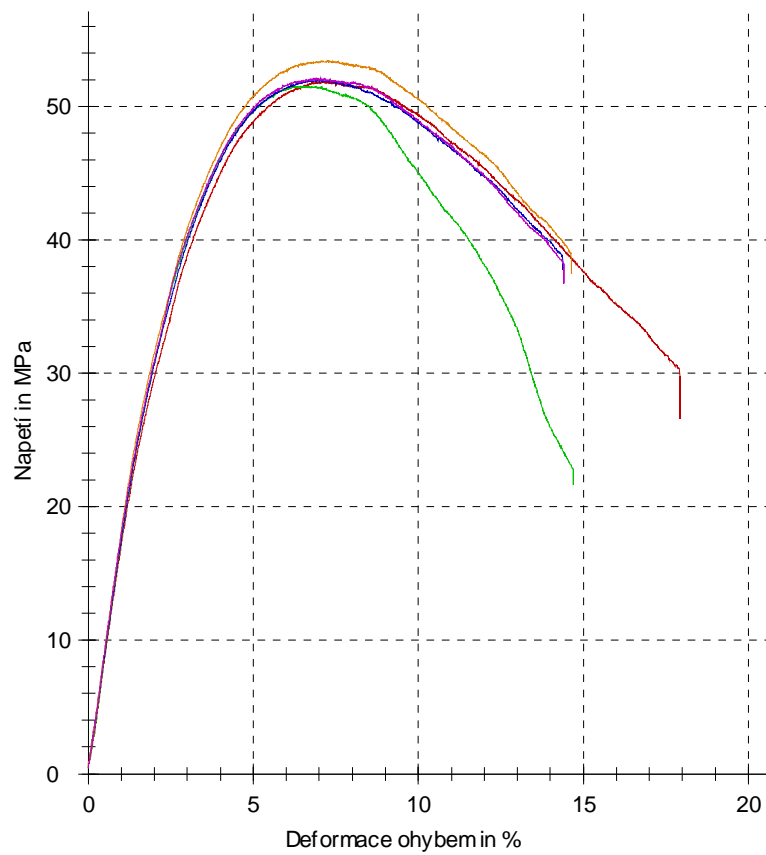


Obr. 39. Ohybové křivky PP-H 0,3

n = 5	E_f MPa	σ_{fy} MPa	σ_{fM} MPa	ε_{fM} %	F_{fy} N	Δy_{fy} mm	Δy_f mm	Δy_{fp} mm	W_{fM} Nmm	b mm	h mm	A mm ²
\bar{x}	1900	39,9	64,6	7,5	128	12,9	12,9	7	1222,11	4,12	11,7	48,2
s	25,6	1,43	1,47	0,3	4,6	0,9	0,7	0,6	60,14	0,03808	0	0,45
λ	1,35	3,58	2,27	4,58	3,6	6,58	5,06	9,13	4,92	0,92	0	0,92

Tab. 13. Ohybové vlastnosti PP-H 0,3

8.1.3 PP-H 0,6

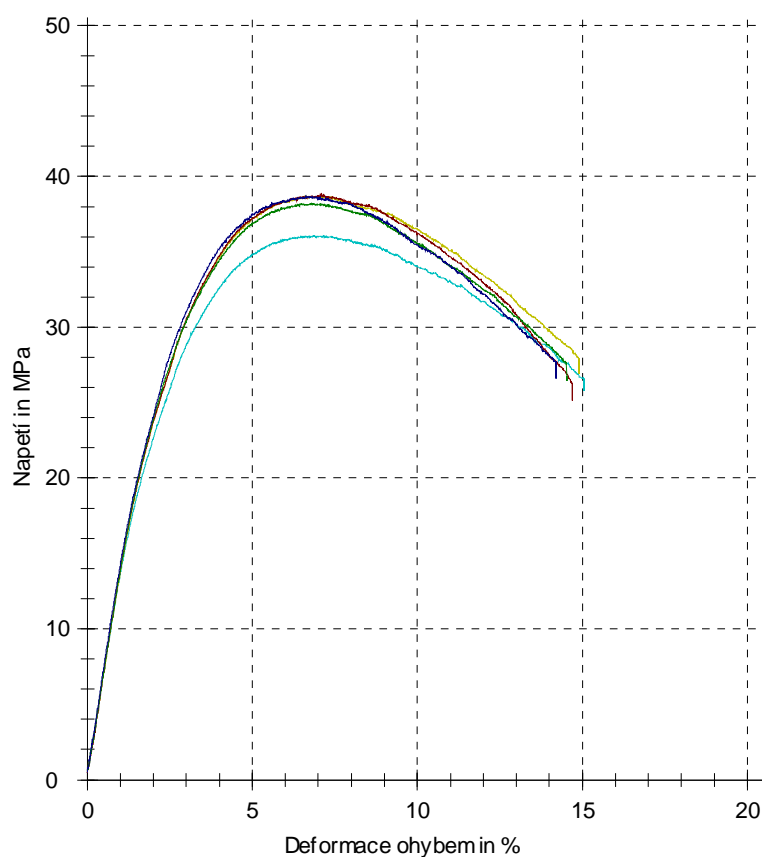


Obr. 40. Ohybové křivky PP-H 0,6

n = 5	E_f MPa	σ_{fy} MPa	σ_{fM} MPa	ε_{fM} %	F_{fy} N	Δy_{fy} mm	Δy_f mm	Δy_{fp} mm	W_{fM} Nmm	b mm	h mm	A mm ²
\bar{x}	1600	33,5	52,2	6,9	108	11,8	11,9	6,2	911,75	4,096	12	49,15
s	68,7	1,53	0,724	0,4	3	0,7	0,7	0,7	68,78	0,03912	0	0,47
λ	4,31	4,57	1,39	5,1	2,78	6,34	5,54	10,98	7,54	0,95	0	0,95

Tab. 14. Ohybové vlastnosti PP-H 0,6

8.1.4 PP-H 0,8



Obr. 41. Ohybové křivky PP-H 0,8

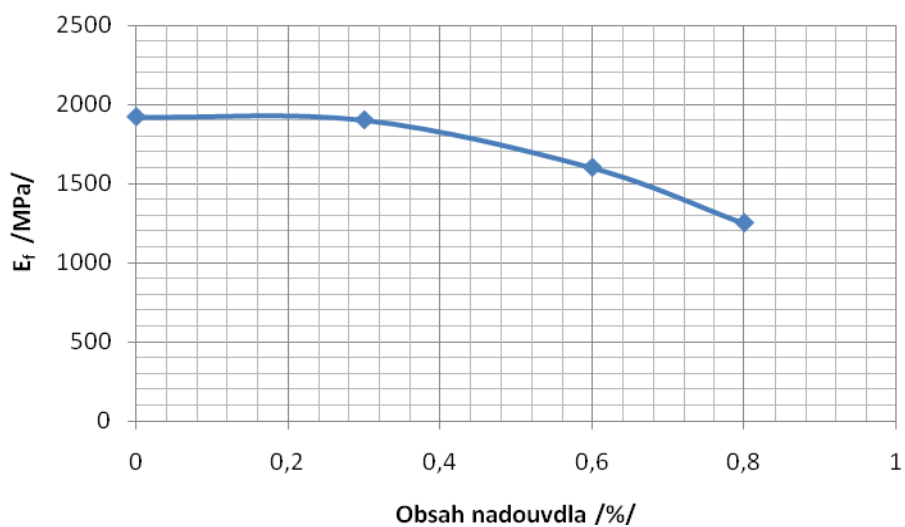
n = 5	E_f MPa	σ_{fy} MPa	σ_{fM} MPa	ε_{fM} %	F_{fy} N	Δy_{fy} mm	Δy_f mm	Δy_{fp} mm	W_{fM} Nmm	b mm	h mm	A mm ²
\bar{x}	1250	24,4	38,1	6,7	78	11,5	11,6	6,4	652,39	4,134	11,6	48,29
s	38,1	1,59	1,15	0,2	3,11	0,4	0,4	0,5	34,09	0,09423	0	1,68
λ	3,03	6,48	3,03	3,39	3,98	3,65	3,59	7,26	5,22	2,28	0	3,47

Tab. 15. Ohybové vlastnosti PP-H 0,8

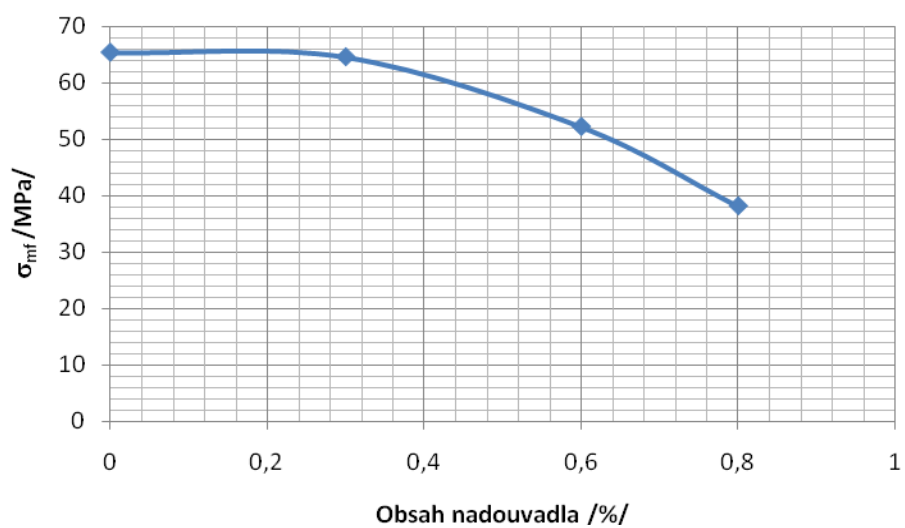
8.1.5 Shrnutí ohybových vlastností PP-H

Z naměřených hodnot vyplývá, že nízká hodnota nadouvadla má na ohybové vlastnosti

PP-H minimální vplyv. Hodnoty ohybové pevnosti i modulu pružnosti v ohybu se výrazněji snižují při použití více jak 0,3% nadouvadla.



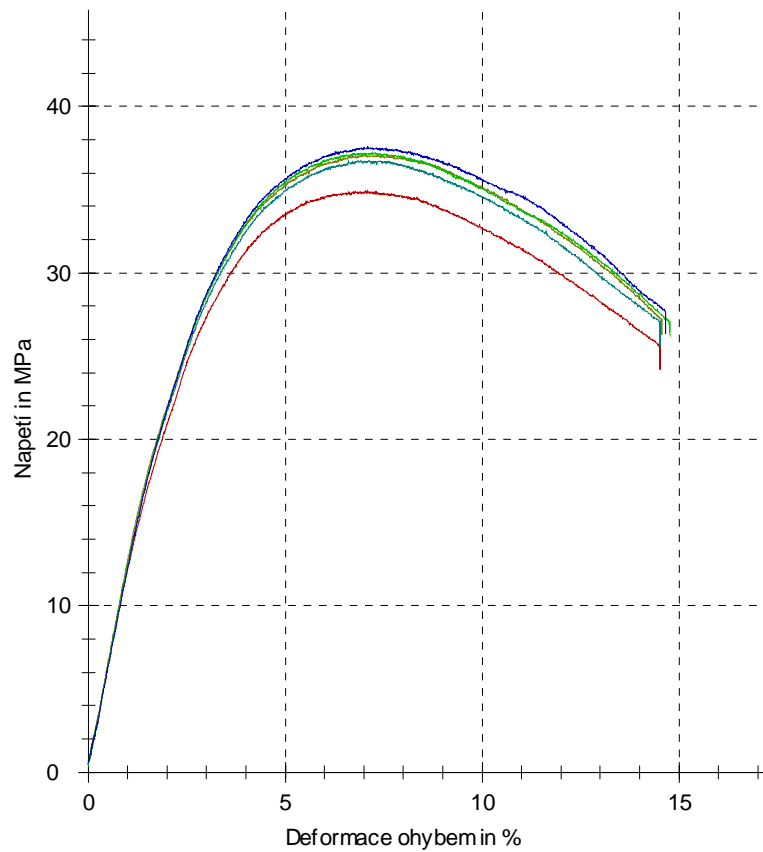
Obr. 42. Závislost modulu pružnosti v ohybu na stupni lehčení PP-H



Obr. 43. Závislost meze pevnosti v ohybu na stupni lehčení pro PP-H

8.2 Ohybové vlastnosti PP-B

8.2.1 PP-B 0

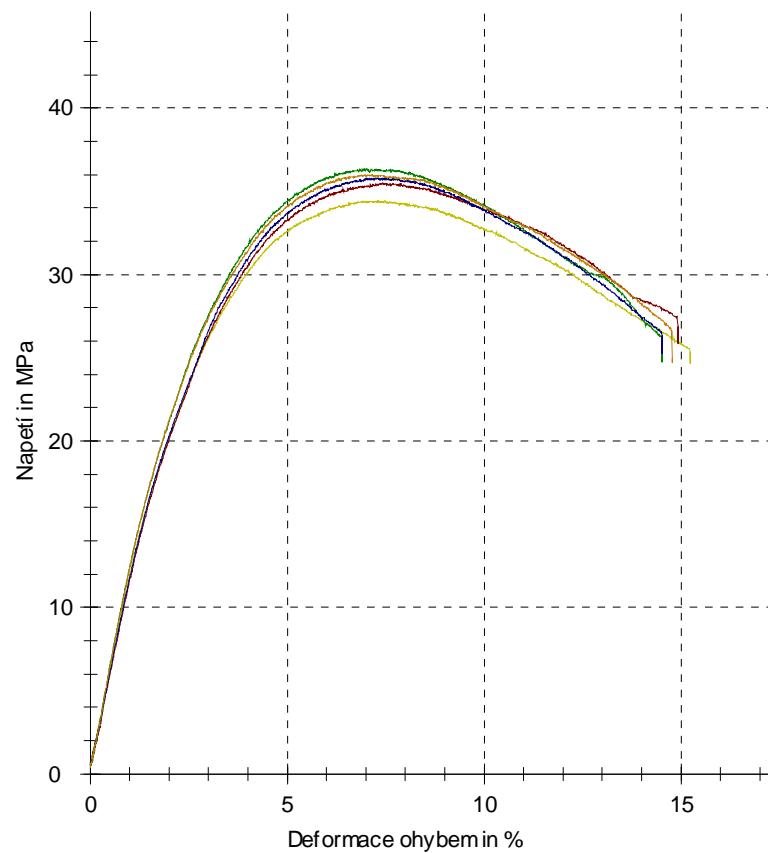


Obr. 44. Ohybové křivky PP-B 0

n = 5	E_f MPa	σ_{fy} MPa	σ_{fM} MPa	ε_{fM} %	F_{fy} N	Δy_{fy} mm	Δy_f mm	Δy_{fp} mm	W_{fM} Nmm	b mm	h mm	A mm ²
\bar{x}	1080	25,3	36,7	7	74,9	12	12,1	6,2	648,69	4,114	11,75	48,34
s	28,5	1,89	1,04	0,1	2,9	0,2	0,2	0,4	27,78	0,0305	0	0,36
λ	2,65	7,47	2,84	1,89	3,87	1,36	1,33	5,63	4,28	0,74	0	0,74

Tab. 16. Ohybové vlastnosti PP-B 0

8.2.2 PP-B 0,3

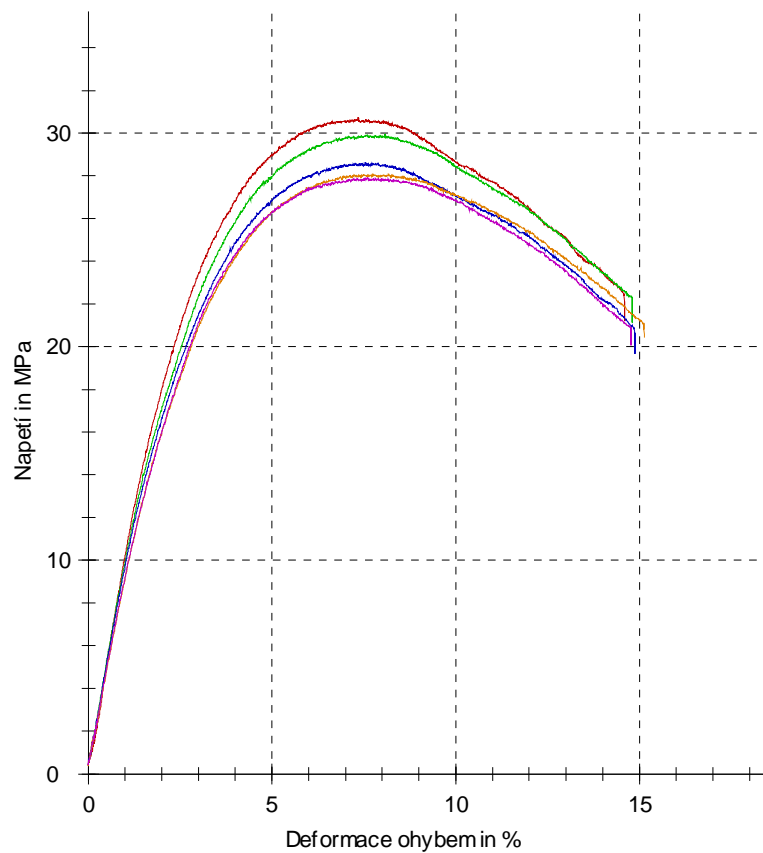


Obr. 45. Ohybové křivky PP-B 0,3

n = 5	E_f MPa	σ_{fy} MPa	σ_{fM} MPa	ϵ_{fM} %	F_{fy} N	Δy_{fy} mm	Δy_f mm	Δy_{fp} mm	W_{fM} Nmm	b mm	h mm	A mm ²
\bar{x}	1080	21,9	35,6	7,3	72,7	12,3	12,4	6,8	649,64	4,166	11,5	47,91
s	51,7	0,973	0,72	0,2	1,84	0,5	0,4	0,1	18,96	0,08385	0	0,96
λ	4,8	4,44	2,02	2,92	2,53	3,84	3,44	2,2	2,92	2,01	0	2,01

Tab. 17. Ohybové vlastnosti PP-B 0,3

8.2.3 PP-B 0,6

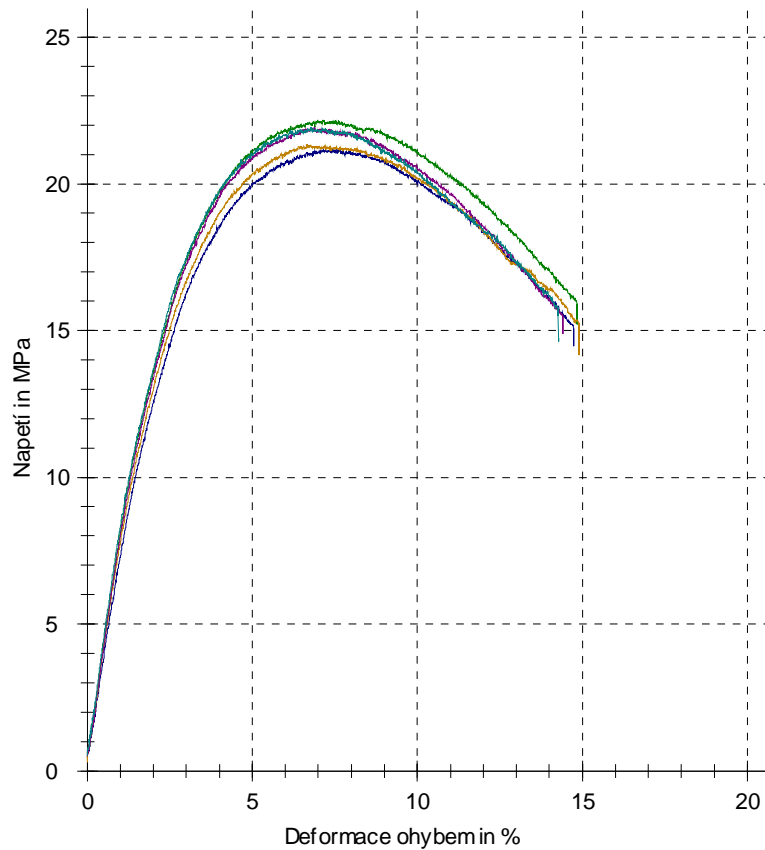


Obr. 46. Ohybové křivky PP-B 0,6

n = 5	E_f MPa	σ_{fy} MPa	σ_{fM} MPa	ε_{fM} %	F_{fy} N	Δy_{fy} mm	Δy_f mm	Δy_{fp} mm	W_{fM} Nmm	b mm	h mm	A mm ²
\bar{x}	811	19,8	29,1	7,7	63,3	13	13	6,9	591,87	4,178	12	50,14
s	43	3,14	1,22	0,3	1,22	0,6	0,4	0,8	34,91	0,0545	0	0,65
λ	5,3	15,82	4,21	3,54	1,93	4,48	3,21	11,55	5,9	1,3	0	1,3

Tab. 18. Ohybové vlastnosti PP-B 0,6

8.2.4 PP-B 0,9



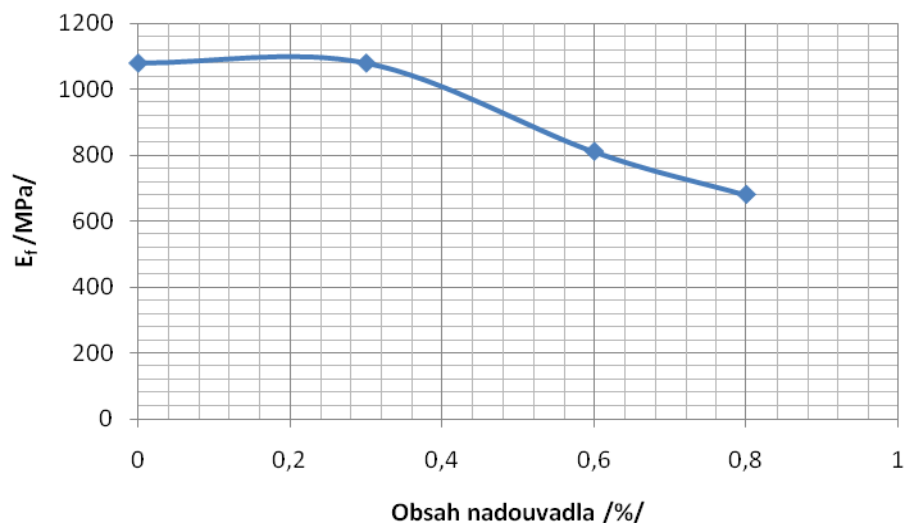
Obr. 47. Ohybové křivky PP-B 0,9

n = 5	E_f MPa	σ_{fy} MPa	σ_{fM} MPa	ϵ_{fM} %	F_{fy} N	Δy_{fy} mm	Δy_f mm	Δy_{fp} mm	W_{fM} Nmm	b mm	h mm	A mm ²
\bar{x}	680	14,2	21,7	7	41,6	11,9	12	6,6	366,23	4,122	11,15	45,96
s	42,5	0,637	0,422	0,3	1,06	0,6	0,5	0,3	21,38	0,07823	0	0,87
λ	6,26	4,49	1,94	4,41	2,54	4,92	4,29	5,31	5,84	1,9	0	1,9

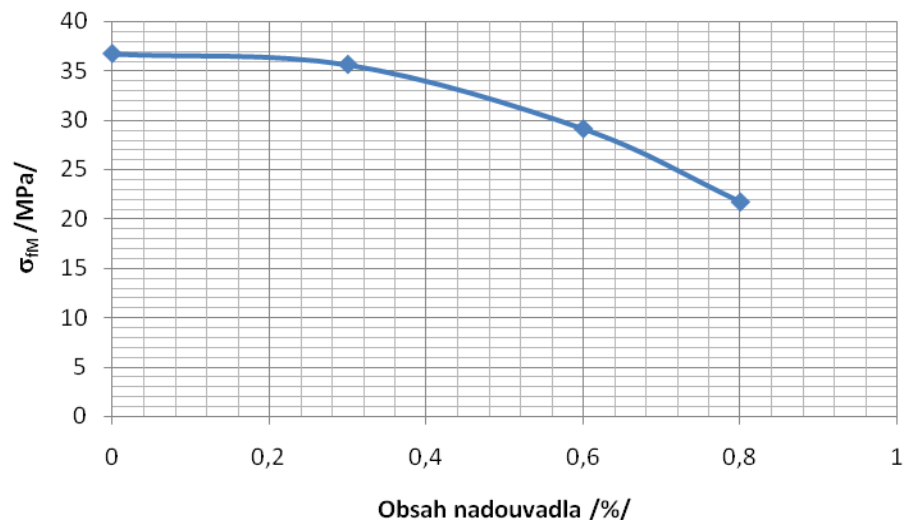
Tab. 19. Ohybové vlastnosti PP-B 0,9

8.2.5 Shrnutí ohybových vlastností PP-B

Z naměřených hodnot vyplývá, že při množství nadouvadla do 0,3% jsou změny hodnot ohybové pevnosti a modulu pružnosti v ohybu hodnoty zanedbatelné. Výraznější pokles hodnot je výrazný při 0,6% a 0,9% nadouvadla, kde je pokles oproti nelehčenému PP-B 38% při modulu pružnosti v ohybu a až 60% při mezi pevnosti v ohybu.



Obr. 48. Závislost modulu pružnosti v ohybu na stupni lehčení pro PP-B



Obr. 49. Závislost meze pevnosti v ohybu na stupni lehčení pro PP-B

9 RÁZOVÁ HOUŽEVNATOST – METODA CHARPY

Zkouška rázové houževnatosti byla provedena na zkušebním stoju Resil Impactor Junior. Zkouška probíhala podle normy ČSN EN ISO 179-2. Protože se jednalo o instrumentovanou zkoušku byla zaznamenána závislost síla-. Zkušební tělíska byly vyrobeny obráběním z vytlačované desky, vrub byl zhotoven na vrubovacím přístroji Notchvis.



Obr. 50. Vrbovací přístroj Notchvis Ceast



Obr. 51. Zrušení tělíska pro zkoušku rázové houževnatosti

Podmínky měření:

směr rázu – e – na užší stranu

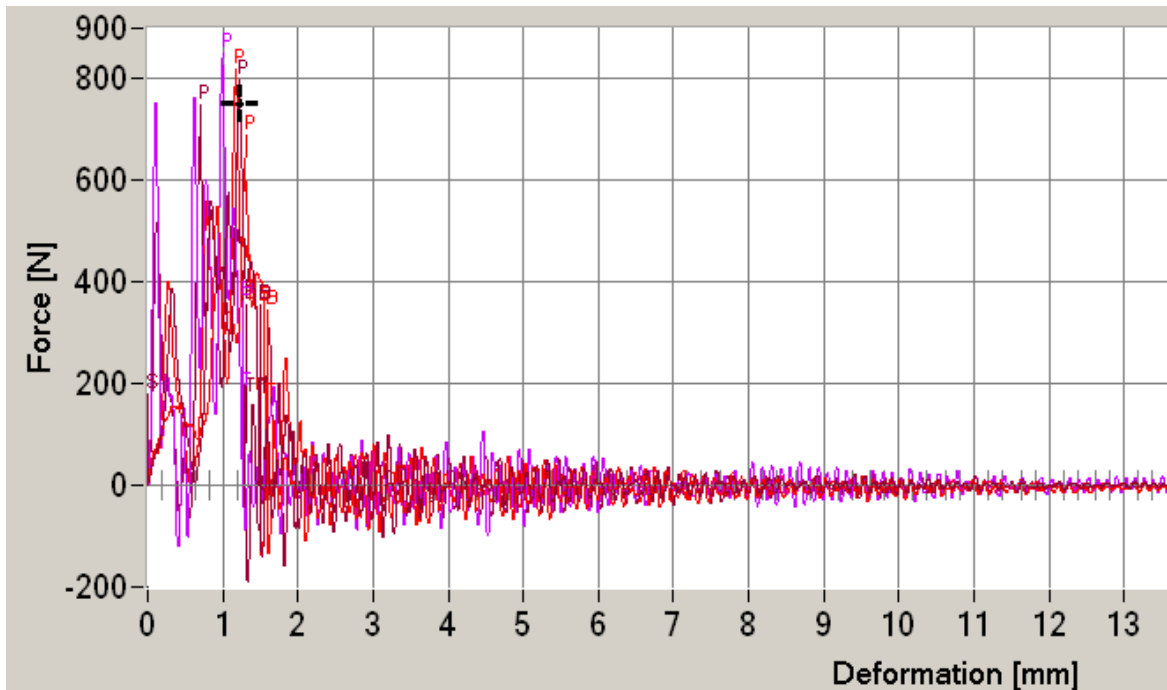
typ vrubu - C

teplota měření = 22°C

počet vzorků = 5 ks

9.1 Rázová houževnatost PP-H

9.1.1 PP-H 0

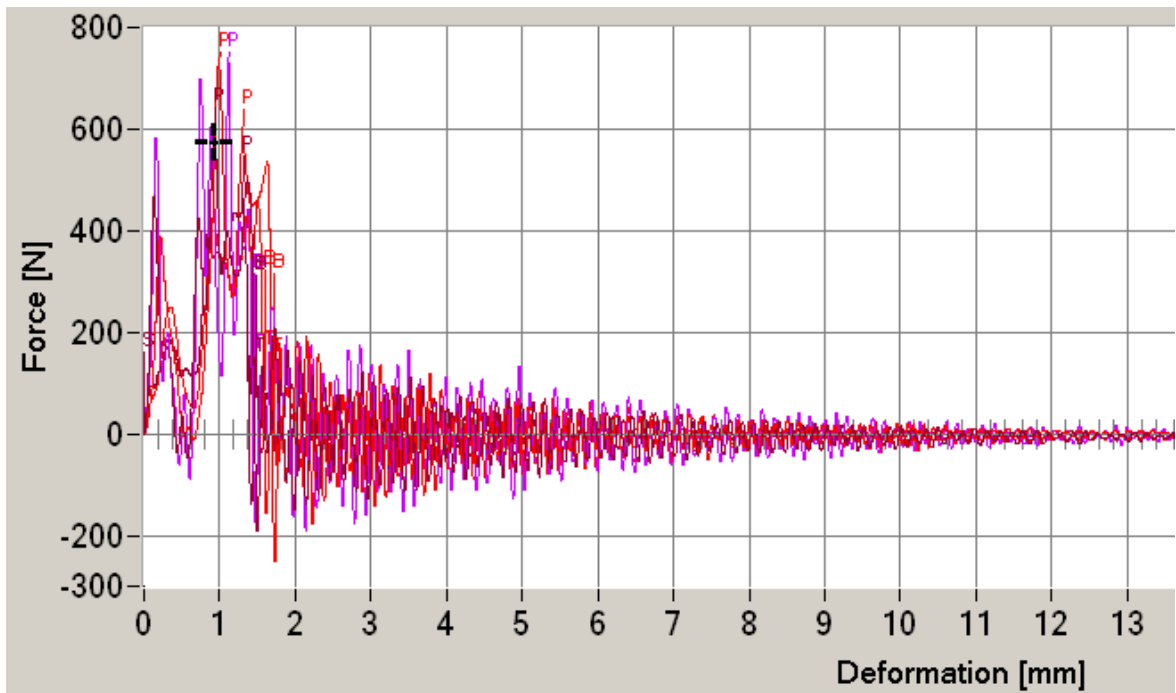


Obr. 52. Závislost síla-deformace pro PP-H 0

$n=5$	F_M /N/	S_M /mm/	S_b /mm/	a_M /kJ.m ⁻² /	a_{cN} /kJ.m ⁻² /
\bar{x}	730,73	1,07	1,43	7,85	12,49
s	92,16	0,24	0,14	2,30	0,68

Tab. 20. Rázová houževnatost PP-H 0

9.1.2 PP-H 0,3

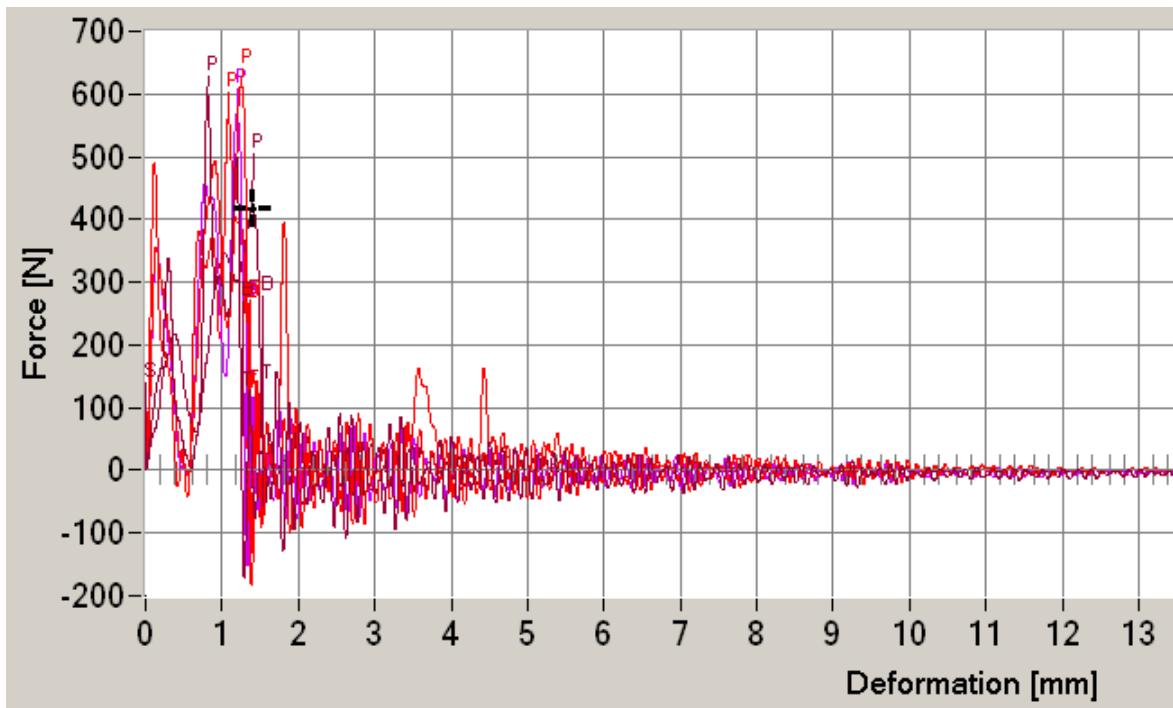


Obr. 53. Závislost síla-deformace pro PP-H 0,3

$n=5$	F_M /N/	S_M /mm/	S_b /mm/	a_M /kJ.m ⁻² /	a_{cN} /kJ.m ⁻² /
\bar{x}	607,86	1,13	1,51	7,56	12,26
s	122,21	0,18	0,12	1,80	1,54

Tab. 21. Rázová houževnatost PP-H 0,3

9.1.3 PP-H 0,6

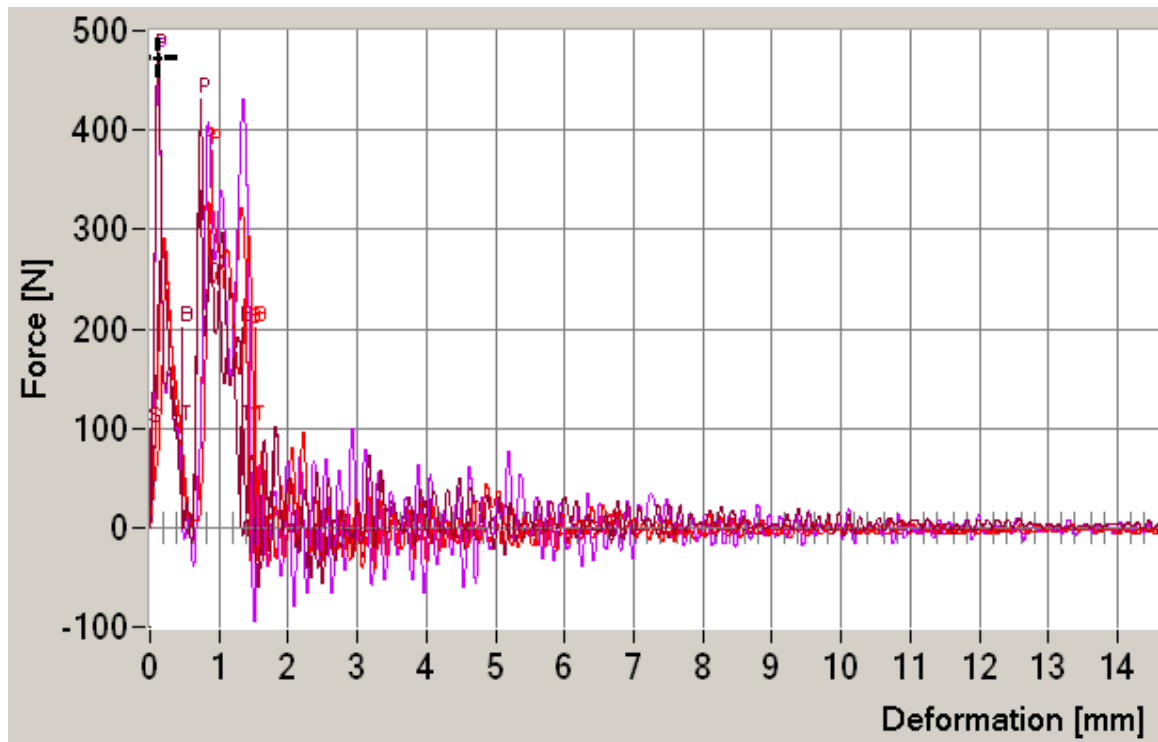


Obr. 54. Závislost síla-deformace pro PP-H 0,6

$n=5$	F_M /N/	S_M /mm/	S_b /mm/	a_M /kJ.m ⁻² /	a_{cN} /kJ.m ⁻² /
\bar{x}	551,83	1,15	1,36	7,78	10,14
s	77,08	0,22	0,10	2,52	1,14

Tab. 22. Rázová houževnatost PP-H 0,6

9.1.4 PP-H 0,8



Obr. 55. Závislost síla-deformace pro PP-H 0,8

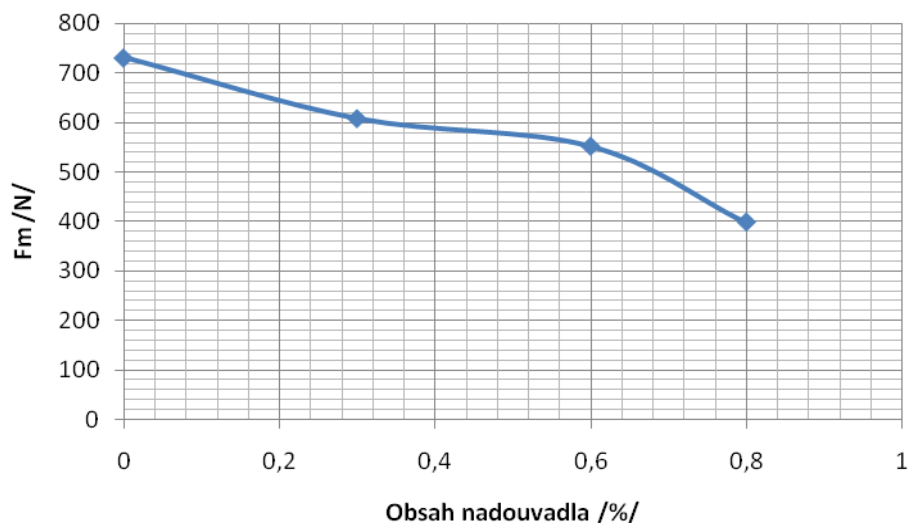
n=5	F_M /N/	S_M /mm/	S_b /mm/	a_M /kJ.m ⁻² /	a_{cN} /kJ.m ⁻² /
\bar{x}	398,11	0,54	1,04	2,17	5,49
s	68,92	0,38	0,53	1,23	2,66

Tab. 23. Rázová houževnatost PP-H 0,8

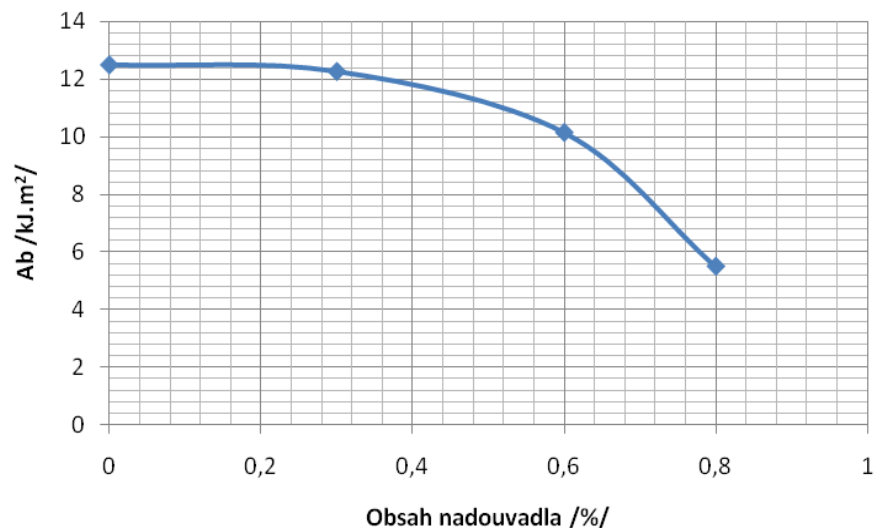
9.1.5 Shrnutí rázových vlastností PP-H

Z naměřených hodnot vyplývá, že závislost maximální rázové síly na stupni lehčení klesá lineárně se zvyšujícím se obsahem nadouvadla. U vrubové houževnatosti je pokles výrazněji viditelný při obsahu nadouvadla nad 0,3%.

Zkušební tělíska u PP-H byla během rázové zkoušky přeražena. U PP-H0 a PP-H0,3 nastalo křehké přeražení, typ b. U PP-H0,6 a PP-H0,8 nastalo tvárné přeražení typ t.



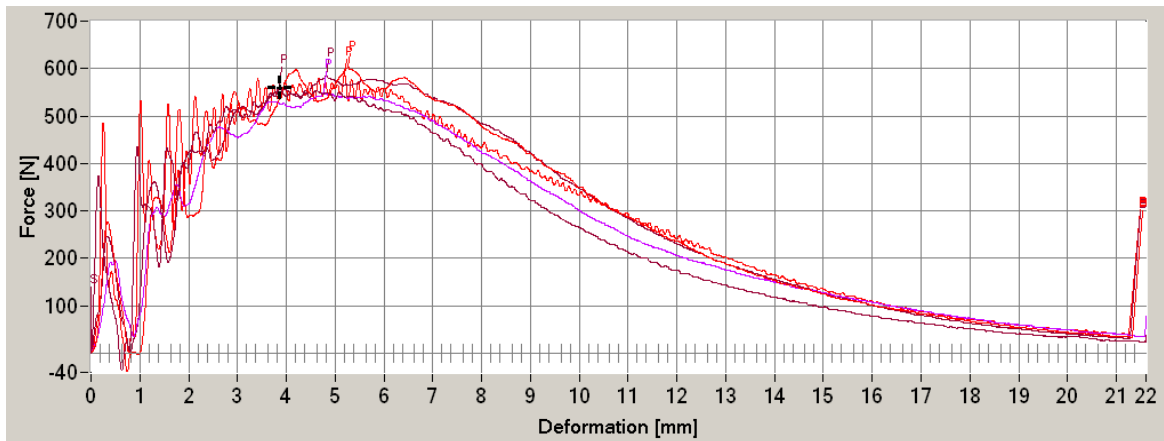
Obr. 56. Závislost maximální rázové síly na stupni lehčení pro PP-H



Obr. 57. Závislost vrubové houževnatosti na stupni lehčení pro PP-H

9.2 Rázová houževnatost PP-B

9.2.1 PP-B 0

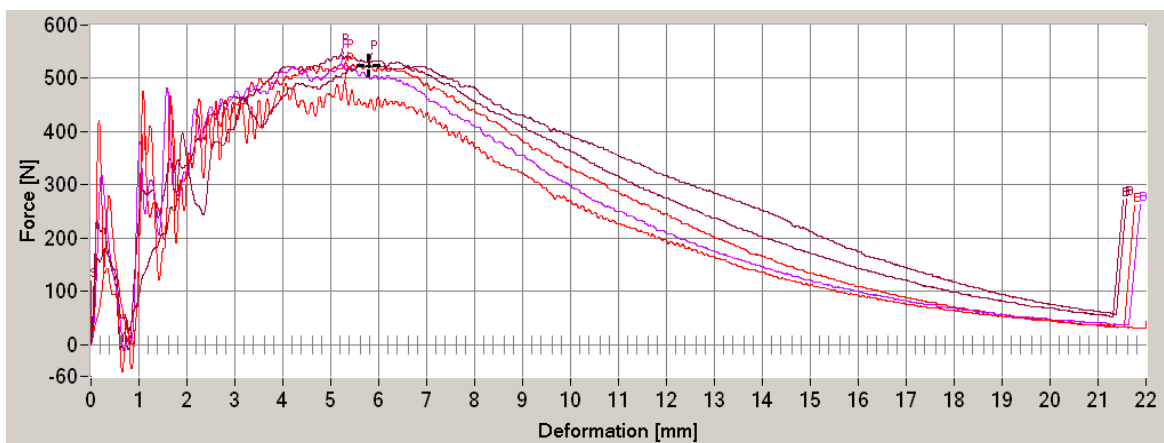


Obr. 58. Závislost síla-deformace pro PP-B 0

$n=5$	F_M /N/	S_M /mm/	S_b /mm/	a_M /kJ.m ⁻² /	a_{cN} /kJ.m ⁻² /
\bar{x}	575,92	4,78	21,41	57,00	179,17
s	21,60	0,55	0,17	8,86	8,98

Tab. 24. Rázová houževnatost PP-B 0

9.2.2 PP-B 0,3

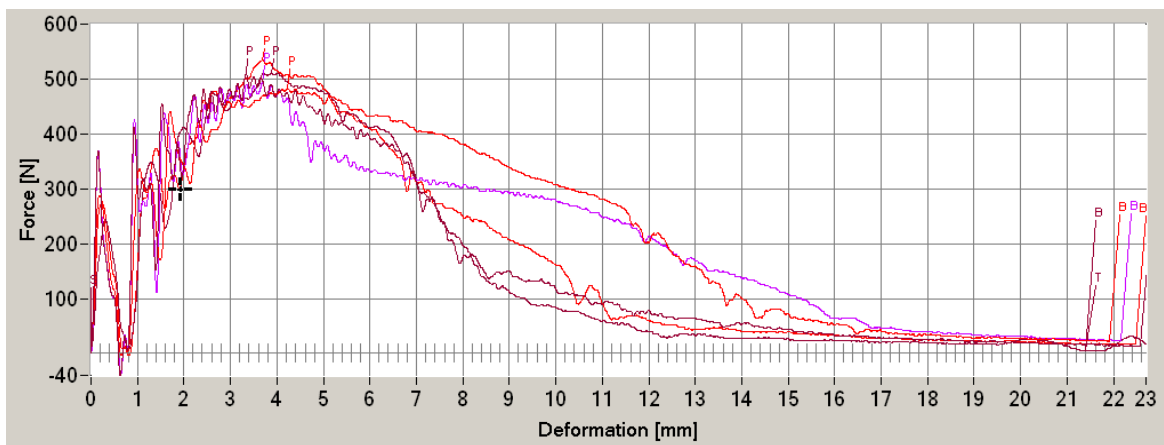


Obr. 59. Závislost síla-deformace pro PP-B 0,3

$n=5$	F_M /N/	S_M /mm/	S_b /mm/	a_M /kJ.m ⁻² /	a_{cN} /kJ.m ⁻² /
\bar{x}	525,15	5,36	21,57	60,46	177,67
s	20,10	0,24	0,27	2,19	16,41

Tab. 25. Rázová houževnatost PP-B 0,3

9.2.3 PP-B 0,6

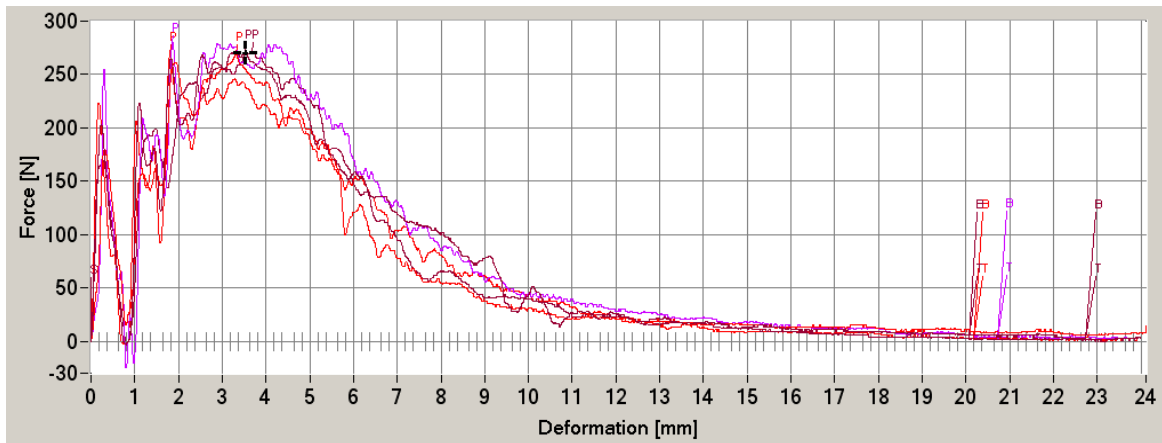


Obr. 60. Závislost síla-deformace pro PP-B 0,6

$n=5$	F_M /N/	S_M /mm/	S_b /mm/	a_M /kJ.m ⁻² /	a_{cN} /kJ.m ⁻² /
\bar{x}	505,55	3,77	22,10	38,83	128,93
s	20,04	0,33	0,48	3,76	19,41

Tab. 26. Rázová houževnatost PP-B 0,6

9.2.4 PP-B 0,9



Obr. 61. Závislost síla-deformace pro PP-B 0,9

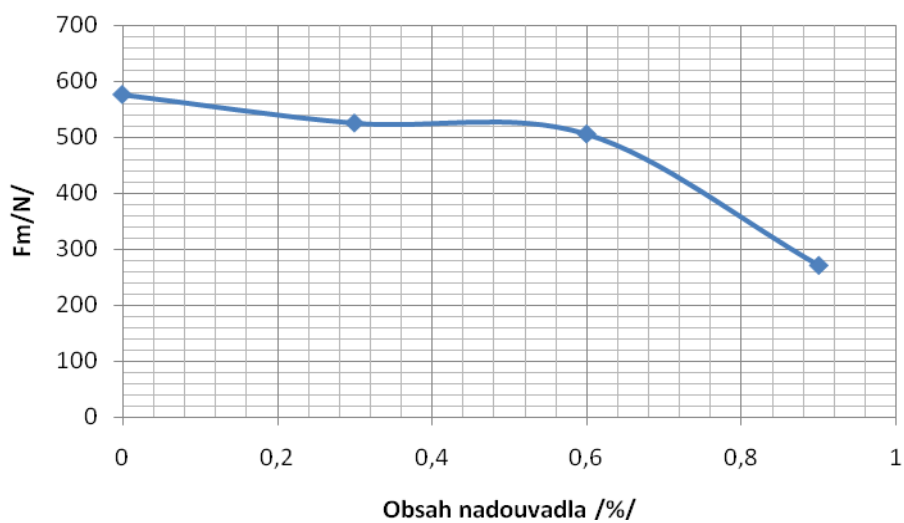
$n=5$	F_M /N/	S_M /mm/	S_b /mm/	a_M /kJ.m ⁻² /	a_{cN} /kJ.m ⁻² /
\bar{x}	271,45	2,83	21,57	14,54	51,65
s	5,03	0,92	1,78	7,11	3,38

Tab. 27. Rázová houževnatost PP-B 0,9

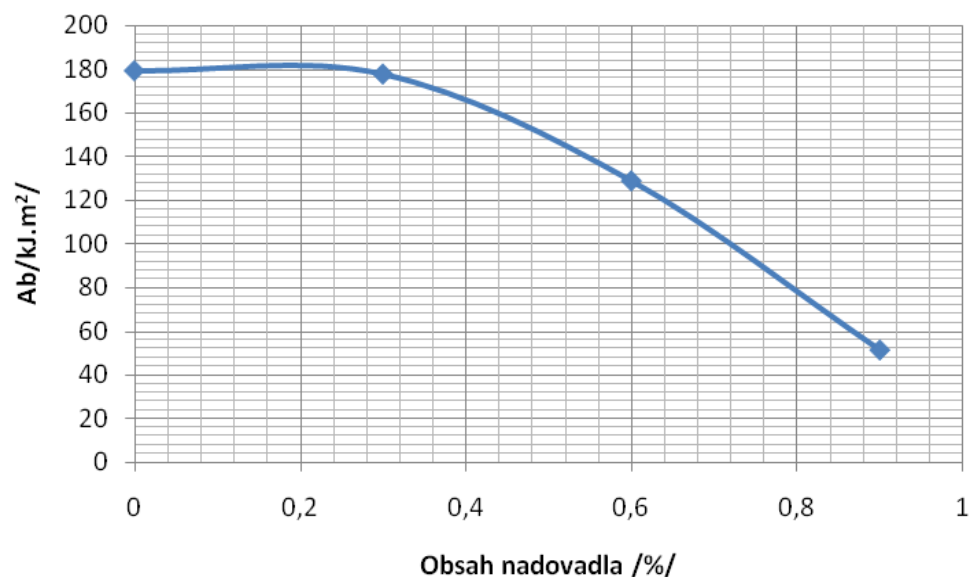
9.2.5 Shrnutí rázových vlastností PP-B

Z naměřených hodnot vyplývá, že závislost maximální rázové síly na stupni lehčení klesá lineárně se zvyšujícím se obsahem nadouvadla, prudší pokles nastává při obsahu nadouvadla větším než 0,6%. U vrubové houževnatosti je výraznější pokles při obsahu nadouvadla nad 0,3%.

Zkušební tělíska u PP-B byla během rázové zkoušky nepřeražena. Typ přeražení byl podle ISO 179 částečné přeražení P.



Obr. 62. Závislost rázové síly na stupni lehčení pro PP-B



Obr. 63. Závislost vrubové houževnatosti na stupni lehčení pro PP-B

ZÁVĚR

Tato bakalářská práce se zabývá vlivem různého stupně lehčení na fyzikálně-mechanické vlastnosti lehčené polypropylenové desky.

V praktické části byla popsána použitá zařízení a charakterizovány použité materiály (polypropylen homopolymer, polypropylen kopolymer a nadouvadlo Polyone CC10078599BG). Dále pak se zde nacházejí tahové a ohybové křivky s naměřenými hodnotami, u rázové houževnatosti je to závislost síla-deformace. Z naměřených hodnot vyplývá, že fyzikálně mechanické vlastnosti se většinou zhoršují s obsahem nadouvadla. Ovšem při závislosti síly při přetržení v tahu na stupni lehčení pro polypropylen homopolymer přichází k zvýšení této pevnosti při obsahu nadouvadla 0,6% a u ostatní stupňů lehčení zůstává pevnost nezměněna. Při tahu polypropylenu kopolymeru přichází k deformačnímu zpevnění, tato vlastnost by se dala dále využít při výrobě a vyrábět z materiálu dloužené, orientované výrobky. Deformační zpevnění bylo nejvíc výrazné u polypropylenu kopolymeru s obsahem nadouvadla 0,3% a 0%. Při obsahu 0,6% a 0,9% při zatížení

nad mez kluzu získal materiál elasticky tvárné vlastnosti. Při ohybových zkouškách byl vliv nadouvadla výrazněji viditelný při obsahu nadouvadla nad 0,3%. Při vrubové zkoušce je pokles maximální síly lineárně závislý na obsahu nadouvadla jak u polypropylenu homopolymeru, tak i polypropylen kopolymeru. Při vrubové houževnatosti se obsah nadouvadla do 0,3% neprojevil ani u jednoho materiálu.

Výsledky měření podle předpokladu potvrzují to, že se stoupajícím obsahem nadouvadla se zhoršují vlastnosti. Ovšem při tahu se obsah nadouvadla projevil také zlepšení, některých vlastností jako je možnost dloužení nebo zlepšení elasticky tvárných vlastností.

SEZNAM POUŽITÉ LITERATURY

- [1] HLUCHÝ, Miroslav, KOLOUCH, Jan. Strojírenská technologie 1 - 1. díl. [s. l.]: Scientia, 1999. 216 s. ISBN 80-7183-150-6.
- [2] ČSN EN ISO 527. Plasty - Stanovení tahových vlastností. Praha: Český normalizační institut, 1997. 34 s.
- [3] ČSN EN ISO 178. Plasty - Stanovení ohybových vlastností. Praha: Český normalizační institut, 2000. 12 s.
- [4] ČSN EN ISO 179. Stanovení rázové houževnatosti metodou Charpy. Praha: Český normalizační institut, 2000. 38 s.
- [5] MLEZIVA, J.; ŠŇUPÁREK, J. Polymery - výroba, struktura, vlastnosti a použití. 2. Praha: Sobotáles, 2000. ISBN 80-58920-72-7
- [6] Miloš Sova, Josef Krebs a kolektiv autorů. Termoplasty v praxi, Praha, Verlag Dashofer, 2003
- [7] Kuta, A.: Technologie a zařízení pro zpracování kaučuků a plastů. VŠCHT Praha, 2007
- [8] Lenfeld, P. Technologie II. (on-line), Liberec: Technická univerzita Přístup z Internetu: URL: www.ksp.tul.cz/cz/kpt/obsah/vyuka/skripta_tkp/index.htm
- [9] Hluchý, M. a kolektiv. Nauka o materiálu (on-line), SNTL Praha, 1978 (citace prosinec, 5., 2008). Přístup z Internetu: URL: <http://mujweb.atlas.cz/www/pk80/pub/st/menu1.htm>
- [10] Štěpek, J., Zelinger, J., Kuta, A. Technologie zpracování a vlastnosti plastů. Praha: SNTL/Alfa 1989

SEZNAM POUŽITÝCH SYMBOLŮ A ZKRATEK

PP-H	polypropylen homopolymer
PP-B	polypropylen kopolymer
n	počet měření
E_t	modul pružnosti v tahu /MPa/
$F_{0,2}$	smluvní mez kluzu v tahu /N/
F_y	horní mez kluzu v tahu /N/
F_M	mez pevnosti v tahu /N/
F_B	síla při přetržení v tahu /N/
$\sigma_{0,2}$	napětí na smluvní mezi kluzu /MPa/
σ_y	napětí na horní mez kluzu v tahu /MPa/
σ_M	napětí na mezi úměrnosti v tahu /MPa/
σ_B	napětí při přetržení /MPa/
ε_t	poměrné prodloužení v tahu /%/
Δl_y	protažení na mezi úměrnosti naměřené extenzometrem /mm/
Δl_{yN}	nominální protažení na mezi úměrnosti naměřené z příčnicku /mm/
Δl_p	plastická složka protažení na mezi úměrnosti naměřené extenz. /mm/
Δl_N	plastická složka protažení na mezi úměrnosti naměřené extenz. /mm/
ΔL_0	protažení při přetržení naměřeno z extenzometru /mm/
W_{Fmax}	práce při maximální síle /Nmm/
W_B	práce při přeražení /Nmm/
b	výška zkušebního tělesa /mm/
h	šířka zkušebního tělesa /mm/
A	plocha průřezu zkušebního tělíska /mm ² /
E_f	modul pružnosti v ohybu /MPa/

σ_{fy}	napětí na horní mez kluzu v ohybu /MPa/
σ_{fM}	napětí na mezi úměrnosti v ohybu /MPa/
ε_{fM}	deformace ohybem /%/
F_{fy}	horní mez kluzu v ohybu /N/
Δy_{fy}	průhyb při horní mezi kluzu v ohybu /mm/
Δy_f	průhyb při mezi pevnosti v ohybu /mm/
Δy_{fp}	plastická složka průhybu při mezi pevnosti v ohybu /mm/
W_{fM}	práce při mezi úměrnosti v ohybu /Nmm/

SEZNAM OBRÁZKŮ

Obr. 1. Stereometrie polypropylenu:	11
Obr. 2. Základní druhy namáhání	13
Obr. 3. Typické křivky napětí/poměrné prodloužení.....	14
Obr. 4. Zkušební tělesa pro tahovou zkoušku.....	16
Obr. 5. Princip zkoušky ohybem	17
Obr. 6. Typické křivky napětí v ohybu σ_f v závislosti na deformaci ohybem ε_f a průhybu s	17
Obr. 7. Typy vrubu	22
Obr. 8. Linka na výrobu vypěnovaných desek	24
Obr. 9. Jednošnekový vytlačovací stroj.....	25
Obr. 10. Přímá hlava pro vytlačování trubek.....	27
Obr. 11. Hlava pro vyfukování fólie s radiálním vtokem.....	28
Obr. 12. Širokoštěrbinová hlava pro vytlačování desek	29
Obr. 13. Širokoštěrbinová hlava ve tvaru rybího ocasu.....	29
Obr. 14. Vytlačovací širokoštěrbinové hlavy pro výrobu vícevrstvých fólií a desek.....	30
Obr. 15. Hlava pro vytlačování sítí.....	30
Obr. 16. Univerzální zkušební stroj Zwick 145665.....	33
Obr. 17. Resil impactor junior	34
Obr. 18. Zkušební tělíška pro tah.....	36
Obr. 19. Tahové křivky PP-H 0	37
Obr. 20. Tahové křivky PP-H 0,3	38
Obr. 21. Tahové křivky PP-H 0,6	39
Obr. 22. Tahové křivky PP-H 0,8	40
Obr. 23. Závislost modulu pružnosti v tahu na stupni lehčení pro PP-H	41
Obr. 24. Závislost meze pevnosti v tahu na stupni lehčení pro PP-H.....	42
Obr. 25. Závislost síly při přetržení v tahu na stupni lehčení pro PP-H.....	42
Obr. 26. Lom tělísek PP-H 0 a PP-H 0,3	43
Obr. 27. Lom tělísek PP-H 0,6 a PP-H 0,8	43

Obr. 28. Tahové křivky PP-B 0	44
Obr. 29. Tahové křivky PP-B 0,3	45
Obr. 30. Tahové křivky PP-B 0,6	46
Obr. 31. Tahové křivky PP-B 0,9	47
Obr. 32. Závislost modulu pružnosti v tahu na stupni lehčení pro PP-B.....	48
Obr. 33. Závislost napětí na mezi pevnosti v tahu na stupni lehčení pro PP-B.....	49
Obr. 34. Závislost napětí při přetržení v tahu na stupni lehčení pro PP-B	49
Obr. 35. Lom tělísek PP-B0 a PP-B0,3.....	49
Obr. 36. Lom tělísek PP-B0,6 a PP-B0,9.....	50
Obr. 37. Zkušební tělíska pro ohyb.....	51
Obr. 38. Ohybové křivky PP-H 0	52
Obr. 39. Ohybové křivky PP-H 0,3	53
Obr. 40. Ohybové křivky PP-H 0,6	54
Obr. 41. Ohybové křivky PP-H 0,8	55
Obr. 42. Závislost modulu pružnosti v ohybu na stupni lehčení PP-H.....	56
Obr. 43. Závislost meze pevnosti v ohybu na stupni lehčení pro PP-H	56
Obr. 44. Ohybové křivky PP-B 0.....	57
Obr. 45. Ohybové křivky PP-B 0,3.....	58
Obr. 46. Ohybové křivky PP-B 0,6.....	59
Obr. 47. Ohybové křivky PP-B 0,9.....	60
Obr. 48. Závislost modulu pružnosti v ohybu na stupni lehčení pro PP-B.....	61
Obr. 49. Závislost meze pevnosti v ohybu na stupni lehčení pro PP-B.....	61
Obr. 50. Vrubovací přístroj Notchvis Ceast	62
Obr. 51. Zrušení tělíska pro zkoušku rázové houževnatosti.....	62
Obr. 52. Závislost síla-deformace pro PP-H 0.....	63
Obr. 53. Závislost síla-deformace pro PP-H 0,3.....	64
Obr. 54. Závislost síla-deformace pro PP-H 0,6.....	65
Obr. 55. Závislost síla-deformace pro PP-H 0,8.....	66
Obr. 56. Závislost maximální rázové síly na stupni lehčení pro PP-H.....	67

Obr. 57. Závislost vrubové houževnatosti na stupni lehčení pro PP-H	67
Obr. 58. Závislost síla-deformace pro PP-B 0	68
Obr. 59. Závislost síla-deformace pro PP-B 0,3	68
Obr. 60. Závislost síla-deformace pro PP-B 0,6	69
Obr. 61. Závislost síla-deformace pro PP-B 0,9	70
Obr. 62. Závislost rázové síly na stupni lehčení pro PP-B	71
Obr. 63. Závislost vrubové houževnatosti na stupni lehčení pro PP-B	71

SEZNAM TABULEK

Tab. 1. Označení metody, typy zkušebních těles a druh porušení pro materiály vykazující mezivrstvou smykové porušení[4].....	23
Tab. 2. Technické specifikace stroje Zwick 145665	33
Tab. 3. Technické specifikace stroje Resil impactor junior.....	34
Tab. 4. Tahové vlastnosti PP-H 0	37
Tab. 5. Tahové vlastnosti PP-H 0,3	38
Tab. 6. Tahové vlastnosti PP-H 0,6	39
Tab. 7. Tahové vlastnosti PP-H 0,8	40
Tab. 8. Tahové vlastnosti PP-B 0	44
Tab. 9. Tahové vlastnosti PP-B 0,3	45
Tab. 10. Tahové vlastnosti PP-B 0,6	46
Tab. 11. Tahové vlastnosti PP-B 0,9	47
Tab. 12. Ohybové vlastnosti PP-H 0.....	52
Tab. 13. Ohybové vlastnosti PP-H 0,3.....	53
Tab. 14. Ohybové vlastnosti PP-H 0,6.....	54
Tab. 15. Ohybové vlastnosti PP-H 0,8.....	55
Tab. 16. Ohybové vlastnosti PP-B 0.....	57
Tab. 17. Ohybové vlastnosti PP-B 0,3.....	58
Tab. 18. Ohybové vlastnosti PP-B 0,6.....	59
Tab. 19. Ohybové vlastnosti PP-B 0,9.....	60
Tab. 20. Rázová houževnatost PP-H 0	63
Tab. 21. Rázová houževnatost PP-H 0,3	64
Tab. 22. Rázová houževnatost PP-H 0,6	65
Tab. 23. Rázová houževnatost PP-H 0,8	66
Tab. 24. Rázová houževnatost PP-B 0.....	68
Tab. 25. Rázová houževnatost PP-B 0,3.....	69
Tab. 26. Rázová houževnatost PP-B 0,6.....	69
Tab. 27. Rázová houževnatost PP-B 0,9.....	70

SEZNAM PŘÍLOH

PŘÍLOHA P I: VÝSLEDKY TAHOVÝCH ZKOUŠEK

PŘÍLOHA P II: VÝSLEDKY OHYBOVÝCH ZKOUŠEK

PŘÍLOHA P III: VÝSLEDKY RÁZOVÉ HOUŽEVNATOSTI

PŘÍLOHA P IV: PROSPEKT PP KOPOLYMER

PŘÍLOHA P V: PROSPEKT PP KOPOLYMER

PŘÍLOHA P VI: PROSPEKT POLYONE CC10078599BG

PŘÍLOHA P I: VÝSLEDKY TAHOVÝCH ZKOUŠEK

PP-H 0	E_t MPa	$F_{0,2}$ N	F_y N	F_M N	F_B N	$\sigma_{0,2}$ MPa	σ_y MPa	σ_M MPa	σ_B MPa	ϵ_t %	Δl_y mm	Δl_{yN} mm	Δl_p mm	Δl_N mm	ΔL_0 mm	W_{Fmax} Nmm	W_B Nmm	b mm	h mm	A mm ²
1	1910	2380	4140	4140	2600	20,8	36,2	36,2	22,7	19,2	1,2	8,5	0,8	1,2	42,3	3624,21	14323,28	11,7	9,77	114,31
2	2150	2200	4210	4210	2800	18,9	36,3	36,3	24,2	21,9	1,4	8,3	1,1	1,4	22,4	4471,07	15639,4	11,7	9,91	115,95
3	2090	2410	4180	4180	2510	21	36,4	36,4	21,8	75,1	1,3	8,3	0,9	1,3	73,6	4178,28	44627,88	11,7	9,82	114,89
4	2070	2490	4210	4210	2960	21,7	36,7	36,7	25,8	19,5	1,2	8,3	0,9	1,2	20,9	4063,77	14285,89	11,7	9,82	114,89
5	2060	2390	4210	4210	2550	20,5	36,1	36,1	21,9	176,8	1,3	8,2	0,9	1,3	170,1	4203,05	99046,1	11,7	9,96	116,53

PP-H 0,3	E_t MPa	$F_{0,2}$ N	F_y N	F_M N	F_B N	$\sigma_{0,2}$ MPa	σ_y MPa	σ_M MPa	σ_B MPa	ϵ_t %	Δl_y mm	Δl_{yN} mm	Δl_p mm	Δl_N mm	ΔL_0 mm	W_{Fmax} Nmm	W_B Nmm	b mm	h mm	A mm ²
1	1700	2700	4200	4200	2820	23,2	36	36	24,2	29	1,3	8,4	0,9	1,3	29,8	4202,5	21447,83	11,71	9,95	116,51
2	2000	2340	4140	4140	2710	20,1	35,5	35,5	23,3	29,2	1,3	8,3	0,9	1,3	29,9	4161,7	21125,66	11,69	9,98	116,67
3	2090	2180	4070	4070	2550	18,9	35,3	35,3	22,2	40,9	1,3	8,4	1	1,3	41,1	4152,28	28457,69	11,6	9,92	115,07
4	1980	2300	4120	4120	2630	19	34,1	34,1	21,7	34,1	1,3	8,3	1	1,3	34,5	4224,95	24207,78	11,64	10,4	121,06
5	1990	2280	4060	4060	2710	19,7	35,1	35,1	23,5	30,5	1,3	8,3	0,9	1,3	31,1	4060,57	21738,28	11,68	9,9	115,63

PP-H 0,6	E _t MPa	F _{0,2} N	F _y N	F _M N	F _B N	σ _{0,2} MPa	σ _y MPa	σ _M MPa	σ _B MPa	ε _t %	Δl _y mm	Δl _{yN} mm	Δl _p mm	Δl _N mm	ΔL ₀ mm	W _{Fmax} Nmm	W _B Nmm	b mm	h mm	A mm ²
1	1690	2150	3590	3590	3270	18,2	30,5	30,5	27,8	21	1,3	8,5	1	1,3	22,2	3772,55	13798,19	11,8	10	118
2	1600	2240	3580	3580	3350	18,9	30,2	30,2	28,3	17,7	1,3	8,6	0,9	1,3	19,2	3695,08	11488,77	11,78	10,06	118,51
3	1720	2030	3570	3570	3270	17,1	30,1	30,1	27,6	14,1	1,4	9	1	1,4	15,9	3825,04	8941,59	11,85	10	118,5
4	1800	1980	3480	3480	3290	17	29,8	29,8	28,1	11,1	1,3	8,8	1	1,3	13,1	3603,03	6745,96	11,85	9,86	116,84
5	1660	2160	3510	3510	3330	18,5	30,1	30,1	28,6	14,1	1,3	8,8	1	1,3	15,8	3756,97	8851,66	11,8	9,88	116,58

PP-H 0,8	E _t MPa	F _{0,2} N	F _y N	F _M N	F _B N	σ _{0,2} MPa	σ _y MPa	σ _M MPa	σ _B MPa	ε _t %	Δl _y mm	Δl _{yN} mm	Δl _p mm	Δl _N mm	ΔL ₀ mm	W _{Fmax} Nmm	W _B Nmm	b mm	h mm	A mm ²
1	1420	1670	2760	2760	2700	14,4	23,8	23,8	23,3	9,3	1,3	8,8	1	1,3	11,3	2975,7	4428,52	11,66	9,96	116,13
2	1260	1800	2740	2740	2590	15,3	23,3	23,3	22	12,9	1,5	9,5	1,1	1,5	14,7	3331,98	6317,46	11,8	9,97	117,65
3	1440	1600	2770	2770	2650	13,7	23,7	23,7	22,7	13,8	1,5	9,7	1,2	1,5	15,6	3405,43	6852,21	11,74	9,97	117,05
4	1400	1700	2750	2750	2720	14,7	23,8	23,8	23,5	7,6	1,3	8,5	0,9	1,3	9,7	2787,46	3473,39	11,65	9,94	115,8
5	1470	1580	2670	2670	2560	14	23,6	23,6	22,6	9,1	1,5	9,5	1,1	1,5	11,2	3210,57	4160,39	11,68	9,7	113,3

PP-B 0	E _t MPa	F _{0,2} N	F _y N	F _M N	F _B N	σ _{0,2} MPa	σ _y MPa	σ _M MPa	σ _B MPa	ε _t %	Δl _y mm	Δl _{yN} mm	Δl _p mm	Δl _N mm	ΔL ₀ mm	W _{Fmax} Nmm	W _B Nmm	b mm	h mm	A mm ²
1	1290	1530	2360	3180	3070	13,1	20,3	27,4	26,5	562,2	0,9	6,3	111,8	112,3	536,2	278492,1	279067,7	11,74	9,9	116,23
2	1270	1600	2410	2500	2500	13,8	20,8	21,5	21,5	448,2	1,1	7,1	89,3	89,6	427,8	203425,1	203425,1	11,71	9,91	116,05
3	1230	1620	2440	2440	2170	14	21	21	18,7	410	1,1	7,3	0,8	1,1	391,5	2200,92	180592,2	11,65	9,95	115,92
4	1140	1820	2440	2440	2340	15,7	21	21	20,2	531,3	1,1	7,3	0,8	1,1	506,7	2213,38	238877,1	11,69	9,93	116,08
5	1270	1720	2440	2440	2330	15	21,3	21,3	20,3	519,9	1,2	8	0,9	1,2	496	2490,7	232698,8	11,75	9,75	114,56

PP-B 0,3	E _t MPa	F _{0,2} N	F _y N	F _M N	F _B N	σ _{0,2} MPa	σ _y MPa	σ _M MPa	σ _B MPa	ε _t %	Δl _y mm	Δl _{yN} mm	Δl _p mm	Δl _N mm	ΔL ₀ mm	W _{Fmax} Nmm	W _B Nmm	b mm	h mm	A mm ²
1	1090	1760	2480	2480	2090	15	21,1	21,1	17,8	196,	1,1	7	0,7	1,1	188,	2142,58	87008,7	11,75	9,99	117,38
2	1070	1800	2490	2490	2290	15,3	21,1	21,1	19,4	525	1,1	7,1	0,7	1,1	500,	2087,39	234829,4	11,7	10,07	117,82
3	1200	1600	2470	2470	2160	13,5	21	21	18,3	260,	1,1	7,3	0,7	1,1	249,	2120,42	114948,3	11,7	10,08	117,94
4	1200	1740	2490	2490	2430	15	21,3	21,3	20,8	601	1,1	7,1	0,7	1,1	572,	2083,19	271383,4	11,57	10,08	116,63
5	1160	1760	2490	2490	1760	15,1	21,4	21,4	15,2	159,	1,1	7,1	0,7	1,1	153,	2082,85	72573,07	11,54	10,06	116,09

PP-B 0,6	E _t MPa	F _{0,2} N	F _y N	F _M N	F _B N	σ _{0,2} MPa	σ _y MPa	σ _M MPa	σ _B MPa	ε _t %	Δl _y mm	Δl _{yN} mm	Δl _p mm	Δl _N mm	ΔL ₀ mm	W _{Fmax} Nmm	W _B Nmm	b mm	h mm	A mm ²
1	1240	1360	-	2110	1770	13,8	-	21,4	17,9	100,7	-	-	1,9	2,2	97,8	4170,22	40814,58	12,14	9,8	98,38
2	870	1520	-	2150	1860	12,1	-	17	14,7	80,3	-	-	1,7	2,1	78,2	3912,28	33241,26	12,07	9,95	126,37
3	965	1500	-	2190	2000	12,3	-	18	16,4	71,4	-	-	1,9	2,2	70	4338,17	30333,7	12,2	9,98	121,76
4	955	1570	-	2220	1940	12,8	-	18	15,8	100,6	-	-	1,7	2,1	97,7	3993	42965,83	12,25	10,06	123,24
5	964	1440	-	2160	1860	11,9	-	17,9	15,4	78,2	-	-	1,9	2,3	76,3	4307,14	32547,57	12,12	9,96	120,72

PP-H 0,9	E _t MPa	F _{0,2} N	F _y N	F _M N	F _B N	σ _{0,2} MPa	σ _y MPa	σ _M MPa	σ _B MPa	ε _t %	Δl _y mm	Δl _{yN} mm	Δl _p mm	Δl _N mm	ΔL ₀ mm	W _{Fmax} Nmm	W _B Nmm	b mm	h mm	A mm ²
1	763	1140	-	1620	1550	10,2	-	14,5	13,9	42,8	-	-	5,7	6,1	42,5	9379,29	13363,37	11,24	9,95	111,84
2	734	1070	-	1570	1480	9,59	-	14	13,3	42,5	-	-	5,8	6,2	42,1	9180,76	12811,09	11,42	9,8	111,92
3	786	1080	-	1610	1540	9,55	-	14,1	13,6	37,6	-	-	5,6	6	37,5	9113,49	11537,89	11,46	9,91	113,57
4	788	1010	-	1580	1470	8,84	-	13,8	12,9	35,5	-	-	5,1	5,5	35,7	8144,3	10706,49	11,46	10	114,6
5	803	1020	-	1580	1460	9,08	-	14	12,9	30,6	-	-	4	4,3	30,9	6338,07	9152,26	11,39	9,9	112,76

PŘÍLOHA P II: VÝSLEDKY OHYBOVÝCH ZKOUŠEK

PP-H 0	E_f MPa	σ_{fy} MPa	σ_{fM} MPa	ϵ_{fM} %	F_{fy} N	Δy_{fy} mm	Δy_f mm	Δy_{fp} mm	W_{fM} Nmm	b mm	h mm	A mm ²
1	1920	39,1	64,1	7,3	-	-	12,4	6,8	1201,51	4,18	11,7	48,91
2	1880	40,1	65,2	7,9	-	-	13,6	7,6	1311,79	4,11	11,7	48,09
3	1880	41,6	64,9	7,2	131	12,3	12,4	6,4	1154,15	4,1	11,7	47,97
4	1930	40,8	66,2	7,2	-	-	12,4	6,5	1195,28	4,13	11,7	48,32
5	1870	37,9	62,3	7,8	124	13,5	13,6	7,8	1247,8	4,08	11,7	47,74

PP-H 0,3	E_f MPa	σ_{fy} MPa	σ_{fM} MPa	ϵ_{fM} %	F_{fy} N	Δy_{fy} mm	Δy_f mm	Δy_{fp} mm	W_{fM} Nmm	b mm	h mm	A mm ²
1	1870	41	64,9	7,1	130	12,3	12,3	6,3	1136,71	4,08	11,75	47,94
2	1970	40,2	65,8	7,2	129	12,5	12,5	6,7	1152,99	4,03	11,75	47,35
3	1860	42	63,4	7	128	12,1	12,1	6,3	1106,64	4,1	11,75	48,18
4	2010	41,6	66,5	7	127	12,3	12,3	6,5	1112,6	4,01	11,75	46,52
5	1890	43	66,2	7,1	-	-	12,2	6,2	1147,2	4,08	11,75	47,94

PP-H 0,6	E_f MPa	σ_{fy} MPa	σ_{fM} MPa	ϵ_{fM} %	F_{fy} N	Δy_{fy} mm	Δy_f mm	Δy_{fp} mm	W_{fM} Nmm	b mm	h mm	A mm ²
1	1510	33,1	51,8	7	-	-	12	6,1	909,27	4,11	12	49,32
2	1560	35,9	51,5	6,3	109	10,7	10,8	5,1	814,08	4,14	12	49,68
3	1580	33,5	52	7	105	12,2	12,3	6,6	925,6	4,05	12	48,6
4	1660	33,2	53,4	7,2	112	12,4	12,4	6,9	1007,15	4,12	12	49,44
5	1670	31,7	52,1	6,8	106	11,9	11,9	6,5	902,67	4,06	12	48,72

PP-H 0,8	E_f MPa	σ_{fy} MPa	σ_{fM} MPa	ϵ_{fM} %	F_{fy} N	Δy_{fy} mm	Δy_f mm	Δy_{fp} mm	W_{fM} Nmm	b mm	h mm	A mm ²
1	1250	22	36,1	6,8	79,8	11,4	11,4	6,6	667,94	4,24	11,6	50,88
2	1220	25,7	38,7	6,6	81,2	11,1	11,1	5,8	645,27	4,2	11,6	48,72
3	1240	25,1	38,8	7,1	79,2	12,1	12,1	6,8	701,16	4,14	11,6	48,02
4	1240	25,7	38,2	6,5	76	11,2	11,2	5,9	610,76	4,09	11,6	47,44
5	1320	23,8	38,7	6,7	73,6	11,8	11,9	6,7	636,8	4	11,6	46,4

PP-B 0	E_f MPa	σ_{fy} MPa	σ_{fM} MPa	ϵ_{fM} %	F_{fy} N	Δy_{fy} mm	Δy_f mm	Δy_{fp} mm	W_{fM} Nmm	b mm	h mm	A mm ²
1	1080	25,2	36,7	6,8	74,1	11,8	11,9	6	623,31	4,09	11,75	48,06
2	1100	25,2	37,1	7	75,2	12	12	6,2	647,36	4,1	11,75	48,18
3	1080	22,7	34,9	7	70,4	12,1	12,2	6,6	623,12	4,09	11,75	48,06
4	1090	25,2	37,2	7,2	77,6	12,2	12,3	6,5	689,31	4,16	11,75	48,88
5	1030	28,1	37,5	7	77,1	11,9	12	5,8	660,36	4,13	11,75	48,53

PP-B 0,3	E_f MPa	σ_{fy} MPa	σ_{fM} MPa	ϵ_{fM} %	F_{fy} N	Δy_{fy} mm	Δy_f mm	Δy_{fp} mm	W_{fM} Nmm	b mm	h mm	A mm ²
1	1080	20,5	34,5	7,3	74,8	12	12,1	6,8	653,54	4,29	11,5	49,34
2	1040	21,8	35,5	7,4	-	-	12,5	6,8	662,02	4,2	11,5	48,3
3	1150	21,5	36,3	7	71,7	12,1	12,1	6,6	619,52	4,09	11,5	47,04
4	1010	22,9	35,8	7,5	70,7	13	13,1	7	668,11	4,09	11,5	47,04
5	1100	22,8	36	7,2	73,5	12,1	12,2	6,6	645,02	4,16	11,5	47,84

PP-B 0,6	E_f MPa	σ_{fy} MPa	σ_{fM} MPa	ϵ_{fM} %	F_{fy} N	Δy_{fy} mm	Δy_f mm	Δy_{fp} mm	W_{fM} Nmm	b mm	h mm	A mm ²
1	754	25,4	30,7	7,3	63,9	12,6	12,7	5,7	584,6	4,11	12	49,32
2	868	18,8	29,9	8,1	64,1	13,6	13,7	7,9	651,32	4,17	12	50,04
3	827	19	28,6	7,5	61,9	12,7	12,8	6,9	573,98	4,19	12	50,28
4	787	18,4	28,1	7,7	-	-	12,9	7	588,53	4,26	12	51,12
5	820	17,7	27,9	7,6	-	-	13	7,2	560,94	4,16	12	49,92

PP-B 0,9	E_f MPa	σ_{fy} MPa	σ_{fM} MPa	ϵ_{fM} %	F_{fy} N	Δy_{fy} mm	Δy_f mm	Δy_{fp} mm	W_{fM} Nmm	b mm	h mm	A mm ²
1	706	14,2	22,2	7,1	-	-	12,1	6,8	392,66	4,18	11,15	46,61
2	613	14,5	21,2	7,4	41,7	12,6	12,7	6,8	385,01	4,15	11,15	46,27
3	687	13,4	21,3	6,6	43,1	11,1	11,3	6,1	343,99	4,2	11,15	46,83
4	668	15,1	21,9	6,9	41,3	11,9	12	6,3	357,85	4,06	11,15	45,27
5	723	13,7	21,9	6,8	40,5	11,9	12	6,7	351,65	4,02	11,15	44,82

PŘÍLOHA P III: VÝSLEDKY RÁZOVÉ HOUŽEVNATOSTI

PP-H	F _M	S _M	S _b	a _M	a _{Cn}
0	/N/	/mm/	/mm/	/kJ.m ⁻² /	/kJ.m ⁻² /
1	786,21	1,35	1,17	1,49	8,86
2	684,73	2,71	0,69	1,3	3,76
3	832,22	1,35	0,99	1,27	8,96
4	596,76	2,71	1,3	1,59	8,43
5	753,73	1,35	1,21	1,49	9,23

PP-H	F _M	S _M	S _b	a _M	a _{Cn}
0,3	/N/	/mm/	/mm/	/kJ.m ⁻² /	/kJ.m ⁻² /
1	569,7	1,35	1,31	1,69	8,83
2	439,79	1,35	1,31	1,39	9,29
3	728,02	2,71	1,12	1,44	8,44
4	728,02	1,35	0,99	1,59	5,52
5	573,76	1,35	0,93	1,46	5,71

PP-H	F _M	S _M	S _b	a _M	a _{Cn}
0,6	/N/	/mm/	/mm/	/kJ.m ⁻² /	/kJ.m ⁻² /
1	561,58	1,35	1,08	1,34	7,61
2	419,49	1,35	1,4	1,53	9,06
3	566,99	1,35	1,19	1,3	8,72
4	614,35	2,71	1,25	1,36	9,99
5	596,76	1,35	0,81	1,26	3,53

PP-H	F _M	S _M	S _b	a _M	a _{Cn}
0,8	/N/	/mm/	/mm/	/kJ.m ⁻² /	/kJ.m ⁻² /
1	331,53	1,35	0,82	1,44	2,71
2	400,55	1,35	0,73	1,31	2,92
3	458,73	2,71	0,12	0,47	0,86
4	326,12	1,35	0,89	1,52	3,5
5	473,62	1,35	0,12	0,47	0,86

PP-B	F_M	S_M	S_b	a_M	a_{Cn}
0	/N/	/mm/	/mm/	/kJ.m ⁻² /	/kJ.m ⁻² /
1	585,94	1,35	5,19	21,27	67,1
2	583,23	1,35	4,82	21,27	57,19
3	548,05	1,35	4,77	21,58	53,6
4	602,17	1,35	5,26	21,33	62,94
5	560,22	2,71	3,87	21,61	44,15

PP-B	F_M	S_M	S_b	a_M	a_{Cn}
0,3	/N/	/mm/	/mm/	/kJ.m ⁻² /	/kJ.m ⁻² /
1	539,1	2,71	5,31	21,53	61,22
2	543,99	2,71	5,21	21,31	60,97
3	526,39	1,35	5,22	21,65	61,34
4	492,56	1,35	5,29	21,99	56,62
5	523,69	1,35	5,79	21,37	62,15

PP-B	F_M	S_M	S_b	a_M	a_{Cn}
0,6	/N/	/mm/	/mm/	/kJ.m ⁻² /	/kJ.m ⁻² /
1	534,51	1,35	3,69	22,48	37,59
2	510,16	1,35	3,89	21,39	39,89
3	492,56	1,35	3,69	22,15	38,45
4	481,74	2,71	4,23	21,91	44,29
5	508,8	2,71	3,34	22,58	33,94

PP-B	F_M	S_M	S_b	a_M	a_{Cn}
0,9	/N/	/mm/	/mm/	/kJ.m ⁻² /	/kJ.m ⁻² /
1	267,93	2,71	1,81	20,19	6,85
2	270,64	1,35	3,67	20,06	20,83
3	280,11	1,35	1,86	20,73	6,84
4	267,93	1,35	3,31	24,12	17,92
5	270,64	2,71	3,52	22,73	20,25

PŘÍLOHA P IV:PROSPEKT PP KOPOLYMER



Polypropylen kopolymer

Charakteristika a použití

PP-B desky jsou vyráběny technologií extruze za použití blokového kopolymeru propylen – etylen, který zaručuje deskám dobré fyzikálně mechanické vlastnosti (pevnost v tahu, ohybu, moduly pružnosti) při zachování rázových pevnosti při teplotách pod bodem mrazu. To umožňuje využití desek pro exteriérové aplikace za použití vhodných UV stabilizátorů (jimky, ČOV, apod.). Zdravotní nezávadnost, povolený styk s požívatinami a pitnou vodou umožňuje deskám aplikace v potravinářském průmyslu, v zemědělství, pro konstrukci rodinných bazénů apod. Velmi dobrá chemická odolnost předurčuje použití desek v aplikacích chemického a průmyslného (nádře, zásobníky apod.). Při navrhování a konstrukci výrobků je nutné vycházet ze základních charakteristik chování materiálů při zatížení a dlouhodobém používání. Proti poškrábání povrchu desek při zpracování je možné desky chránit pomocí ochranné fólie, desky je také možno opatřit dezénem. Základní barevné provedení desek je přírodní, ale je možno je vyrobit v různém barevném provedení (bílé, modré, šedé, zelené).

Možnosti zpracování

Desky se dají mechanicky opracovávat na zařízeních podobných pro opracování dřeva za použití nástrojů na plasty. Spojují se svařováním horkým vzduchem za přídavku materiálu nebo na tupo (na pravítku). Pro dobrou kvalitu spoje je nutné, aby byl přídavný materiál ze stejné suroviny jako deska nebo měl stejnou svařovací třídu.

Balení, skladování, přeprava

Výrobky jsou baleny na paletách a proti poškození jsou zabezpečeny ochrannými deskami a zapáskovány. PP-B desky se musí skladovat řádně zajištěné proti znehodnocení na rovné ploše, nejlépe na paletě, bez nerovnoměrných zatížení a mimo dosah tepelných zdrojů. Desky bez UV stabilizace musí být uloženy v krytých prostorách. Toto uložení je doporučeno i pro ostatní výrobky. Skladování musí probíhat podle ČSN 64 00 90. Desky lze přepravovat běžnými dopravními prostředky, nejlépe s krytou ložnou plochou.

Likvidace odpadu

Materiál použitý na výrobu desek je recyklovatelný. Recyklaci zabezpečují především firmy zabývající se zpracováním plastových odpadů, částečně také výrobci plastových výrobků. Skupina odpadu dle katalogu: 20 00 00 Odpady komunální, podobné odpady ze živnosti, z úřadů a z průmyslu, včetně oddělené sbíraných složek těchto odpadů. Druh odpadu: 20 01 04 Ostatní plasty. Doporučené způsoby likvidace: přepracování, spalování, skládkování.

Technické informace

Desky jsou vyráběny v souladu s PN , která vychází z ČSN EN ISO 15 013. Podle kvality (barva, povrch, rovinnost) jsou rozděleny do dvou jakostních tříd. Stupeň hořlavosti dle ČSN EN 13501-1 je E. Po vzájemné dohodě jej lze upravit.



Rozměry a vlastnosti výrobků

Tloušťka (mm)	Standardní šířka (mm)	Standardní délka (mm)
0,8 až 25	1500,1600, 2000	3000, 4000

Základní fyzikálně-mechanické vlastnosti jsou uváděny v PN 04-1-07.

Vlastnosti	Jednotka	Hodnoty
Hustota	gcm-3	0,90-0,92
Mez kluzu v tahu	MPa	≥20
Modul pružnosti v tahu	MPa	≥1000
Pevnost v ohybu	MPa	≥30
Modul pružnosti v ohybu	MPa	≥900
Tvrdost Shore D	°ShD	≥58
Střední koeficient délkové roztažnosti	°K-1	1,6 – 1,8 . 10-4 *

*informativní hodnoty (uváděné literaturou)



kontakt:

Planá nad Lužnicí
Průmyslová 798
Pošta Sezimovo Ústí 2
391 02

tel: +420 381 622 107
fax: +420 381 291 051

e-mail:
miroslav.novacek@img-management.cz
www.img-management.cz



THE EUROPEAN REGIONAL
DEVELOPMENT FUND AND THE
MINISTRY OF INDUSTRY AND
TRADE OF THE CZECH REPUBLIC
SUPPORT INVESTMENT IN
YOUR FUTUR.

PŘÍLOHA P V: PROSPEKT PP KOPOLYMER



Polypropylen homopolymer

Charakteristika a použití

Desky vyráběné z polypropylenu homopolymeru jsou zdravotně nezávadné a mohou být použity pro styk s požívatinami. Lze je vyrobit v barevném provedení, případně s UV stabilizátorem. Ten má však prakticky menší význam, protože jsou tyto desky určeny pro interiérové aplikace. Mají ve srovnání s polyolefinickými materiály větší pevnost, tuhost, tvrdost, ale nižší rázovou odolnost při teplotách pod bodem mrazu. Naopak vykazuje vyšší křehkost a to zejména při teplotách pod bod mrazu a nižší odolnost vůči povětrnostním vlivům. Z desek lze vyrábět spíše pravouhlé, neskrucované nádrže, různé samonosné výrobky či díly technologických zařízení, jejichž teplota použití neklesne pod 10°C. Chemická odolnost je velmi dobrá. Při navrhování a konstrukci výrobků je nutné vycházet ze základních charakteristik chování materiálů při zatížení a dlouhodobém využívání.

Možnosti zpracování

Desky se dají mechanicky opracovávat na zařízeních podobných pro opracování dřeva za použití nástrojů na plasty. Spojují se svařováním horkým vzduchem za přídavku materiálu nebo na tupo (na pravitku). Pro dobrou kvalitu spoje je nutné, aby byl přídavný materiál ze stejné suroviny jako deska nebo měl stejnou svařovací třídu.

Balení, skladování, přeprava

Výrobky jsou baleny na paletách a proti poškození jsou zabezpečeny ochrannými deskami a zapáskovány. PP-H desky se musí skladovat řádně zajištěné proti znehodnocení na rovné ploše, nejlépe na paletě, bez nerovnoměrných zatížení v krytých prostorách a mimo dosah tepelných zdrojů. Skladování musí probíhat podle ČSN 64 00 90. Desky lze přepravovat běžnými dopravními prostředky, nejlépe s krytou ložnou plochou.

Likvidace odpadu

Materiál použitý na výrobu desek je recyklovatelný. Recyklaci zabezpečují především firmy zabývající se zpracováním plastových odpadů, částečně také výrobci plastových výrobků. Skupina odpadu dle katalogu: 20 00 00 Odpady komunální, podobné odpady ze živnosti, z úřadů a z průmyslu, včetně odděleně sbíraných složek těchto odpadů. Druh odpadu: 20 01 04 Ostatní plasty. Doporučené způsoby likvidace: přepracování, spalování, skládkování.

Technické informace

Desky jsou vyráběny v souladu s PN, která vychází z ČSN EN ISO 15 013. Podle kvality (barva, povrch, rovinnost) jsou rozděleny do dvou jakostních tříd. Stupeň hořlavosti dle ČSN EN 13501-1 je E. Po vzájemné dohodě jej lze upravit.

Rozměry výrobků

Tloušťka (mm)	Standardní šířka (mm)	Standardní délka (mm)
3 až 20	1500, 2000	3000, 4000



kontakt:

Planá nad Lužnicí
Průmyslová 798
Pošta Sezimovo Ústí 2
391 02

tel: +420 381 622 107
fax: +420 381 291 051

e-mail:
miroslav.novacek@img-management.cz
www.img-management.cz



EVROPSKÝ FOND PRO REGIO-
NÁLNÍ ROZVOJ A MINISTERSTVO
PRŮMYSLU A OBCHODU ČR
PODPORUJÍ INVESTICE DO VAŠÍ
BUDOUCNOSTI.

PŘÍLOHA P VI: PROSPEKT POLYONE CC10078599BG

PolyOne

PRODUCT DATA SHEET

CC10078599BG
78599 NP UNIV BA MASTERBATCH

Issue Date : 22/11/05

Application : Sheet and Film extrusion – Injection Molding

Product composition :

Carrier	: Universal
Function	: Blowing agent
Additive	: Endothermic blowing agent
Usage / Addition rate	: 0.5 to 3 %
Physical form	: Pellet / Face cut

Product specifications

	Unit	Target	Specifications
Melt flow index of the carrier	g/10 min	nc	+/- 20%
% Active ingredient	%	30	+/- 10%
Thermal stability	°C	260	

Technical information :

This masterbatch allows to decrease the end products density. It also avoids the distortion of polymers during the cooling of the injected part.

The temperature of decomposition of this blowing agent start at 180°C. To achieve optimum efficiency , a working temperature of 210 - 270°Cis recommended.

This blowing agent is used for fine-celled foaming of thermoplastics resins and has highly compatible with PP.

Other information :

It is advised to use this masterbatch within 12 months of its date manufacture.

The information given is based on our current experience and can change according to different parameters such as base material, let-down ratio, processing conditions and places of exposure.

This information is not binding.

PolyOne – Site de Cergy
14, av. de l'Eguillette
ZA du Vert Galant
95310 Saint Ouen L'Aumône
Tél. : 01.34.40.39.50