

Vliv neaktivních plniv na mechanické vlastnosti PP potrubí

Veronika Hutlová

Diplomová práce
2005



Univerzita Tomáše Bati ve Zlíně
Fakulta technologická

Děkuji vedoucímu mé diplomové práce ing. Vladimíru Pelíškovi, Ph. D., a výkonnému řediteli firmy Pipelife Czech, s. r. o., ing. Jiřímu Mítkovi za odborné vedení, velmi cenné informace a za podporu při tvorbě této diplomové práce. Doc. dr. ing. Vladimíru Pavlínkovi děkuji za poskytnutí rad a připomínek. Velký dík patří všem pracovníkům firmy Pipelife Czech, s. r. o. , kteří se na této práci jakkoli podíleli.

Souhlasím s tím, že s výsledky mé diplomové práce může být naloženo dle uvážení vedoucího diplomové práce a ředitele ústavu. V případě publikace budu uvedena jako spoluautor.

Prohlašuji, že jsem na celé diplomové práci pracovala sama a použitou literaturu jsem citovala.

Ve Zlíně 25. 5. 2005

.....

podpis diplomanta

ABSTRAKT

Úkolem této diplomové práce bylo studium vlivu talku (mastku) jako neaktivního plniva na mechanické vlastnosti polypropylenu. Zkušební vzorky byly vyrobeny mícháním na mikrohnětiči Brabender Plasti - Corder a následným lisováním destiček na ručním laboratorním lisu. Z takto připravených destiček byla vysekána zkušební tělíska. Na vzorcích byla provedena rázová zkouška a byl stanoven index toku taveniny. Pro stanovení hodnot pevnosti na mezi kluzu byla provedena tahová zkouška. Pro všechny vzorky byla vypočítána cena. Na základě těchto hodnot byl vyhodnocen vzorek nejvhodnější pro účely extruze potrubí.

ABSTRACT

The aim of this diploma work was to study the influence of non – active fillers (talc) on mechanical properties of pipe of polypropylene. Specimens were compounded in the micro - kneader Brabender Plasti – Corder and then were pressed in the manual laboratory press to gain the plates. With these plates was made the impact test and then were cut specimens for the tensile test. From this test we have determined the tensile strength. The melt flow index was determined as well. For all of samples was calculated the price. On the base of these values was elected the best specimen for aim of pipe extrusion.

OBSAH

ÚVOD	7
1 TEORETICKÁ ČÁST	8
1.1 Polypropylen	8
1.2 Kompozity	10
1.2.1 Polypropylen jako kompozit	10
1.3 Reologie tavenin vysoce plněných směsí	11
1.4 Plniva	12
1.4.1 Minerální plniva	14
1.5 Mastek a talek	14
1.5.1 Druhy talků	16
1.5.2 Mechanické vlastnosti plněného PP	17
1.5.3 Krystalizace	19
1.5.4 Kríp	21
1.5.5 Kruhová tuhost	23
1.6 Vytlačovací stroje	23
1.6.1 Linka na vytlačování trubek	24
1.6.2 Vytlačování trubek z polypropylenu	26
2 CÍLE DIPLOMOVÉ PRÁCE	27
3 EXPERIMENTÁLNÍ ČÁST	28
3.1 Použité materiály	28
3.1.1 Polypropylen	28
3.1.2 Mastky a talky	29
3.2 Použité stroje a zařízení	30
3.2.1 Brabender Plasti – Corder	30
3.2.2 Střížný mlýn SM 100	31
3.2.3 Ruční laboratorní lis IGTT a. s. Zlín-Louky	32
3.2.4 Přístroj k určování rázové odolnosti Hammel Maskinfabrik A/S	33
3.2.5 Trhací stroj MCE 2000	33
3.2.6 Výtlačný plastometr M 201	34
3.3 Použité normy	35
3.3.1 ČSN EN ISO 6259-1	35
3.3.2 ČSN EN 744	38
3.3.3 ČSN EN ISO 1133	40
3.4 Složení vzorků	43
3.4.1 Vliv nosiče (V_n)	43
3.4.2 Vliv různého množství talku při složení nosiče (hPP + cPP) (V_r)	43
3.4.3 Vliv různého množství talku při složení nosiče (hPP + cPP + BJ380MO) (V_m)	43
3.4.4 Vliv různých druhů talků a mastků (V_t)	44
3.4.5 Vliv podmínek míchání (V_p)	44
3.5 Technologické podmínky míchání	44
3.5.1 Vliv nosiče (V_n) a vliv různého množství talku při složení nosiče (hPP + cPP) (V_r)	45
3.5.2 Vliv různého množství talku při složení nosiče (hPP + cPP + BJ380MO) (V_m) a vliv různých druhů talků a mastků (V_t)	45
3.5.3 Vliv podmínek míchání (V_p)	45
3.6 Technologické podmínky lisování	46
3.6.1 Vliv nosiče (V_n) a vliv různého množství talku při složení nosiče (hPP + cPP) (V_r)	46

3.6.2	Vliv různého množství talku při složení nosiče (hPP + cPP + BJ380MO) (V_m) a vliv různých druhů talků a mastků (V_t).....	46
3.6.3	Vliv podmínek míchání (V_p)	46
4	VÝSLEDKY.....	48
4.1	Vliv nosiče (V_n).....	48
4.1.1	Naměřené hodnoty.....	48
4.2	Vliv různého množství talku při složení nosiče (hPP + cPP) (V_r).....	49
4.2.1	Naměřené hodnoty.....	49
4.2.2	Grafické závislosti	50
4.3	Vliv různého množství talku při složení nosiče (hPP + cPP + BJ380MO) (V_m).....	51
4.3.1	Naměřené hodnoty.....	51
4.3.2	Grafické závislosti	52
4.4	Vliv různých druhů talků a mastků (V_t)	54
4.4.1	Naměřené hodnoty.....	54
4.5	Vliv podmínek míchání	55
4.5.1	Naměřené hodnoty.....	55
4.5.2	Grafické závislosti	56
4.6	Vyhodnocení nejlepší směsi	58
5	DISKUZE VÝSLEDKŮ	60
	ZÁVĚR.....	65
	SEZNAM POUŽITÉ LITERATURY	67
	SEZNAM POUŽITÝCH SYMBOLŮ A ZKRATEK.....	69
	SEZNAM OBRÁZKŮ.....	71
	SEZNAM TABULEK	72
	SEZNAM PŘÍLOH.....	73

ÚVOD

Při výrobě potrubí je polypropylen vedle polyetylenu nejvíce využívaným materiálem. 40 % veškerého potrubí je v dnešní době vyráběno z těchto dvou polyolefinů. Tak jako na všechny plastové výrobky, tak i na trubky a potrubí neustále vzrůstají nároky a je třeba zlepšovat vlastnosti výchozích materiálů. Polypropylen a polyetylen jsou dostupné zejména svou cenou, proto je nevýhodné vyměnit je za dražší plasty. Jejich vlastnosti lze však ovlivňovat např. přidáním částicového plniva.

Poměrně novým minerálním plnivem ve výrobě plastového potrubí je talek (mastek). Jde o čistý minerál, který se skládá ze dvou vrstev hydroxidu hořečnatého vložených vždy mezi dvě vrstvy slídy. Mezi těmito třemi výslednými vrstvami jsou však jenom slabé vazby, proto je čistý talek znám jako nejměkčí minerál.

Talek získáváme těžbou. Největší naleziště jsou v Austrálii, Norsku nebo v Číně. Právě na prostředí, ze kterého byl minerál získán, a na jeho zpracování závisí jeho vlastnosti. Zatím dominantní ve využití směsí plněných talkem je automobilový průmysl. Vybíjejí se i nová odbytiště, mezi která patří právě výroba trubek.

Talek v polypropylenu ovlivňuje jak některé mechanické vlastnosti, tak vlastnosti krystalizační, ve výrobě trubek velmi důležité kríkové vlastnosti a hodnoty kruhové tuhosti. Je však třeba zjistit, v jakém množství toto plnivo přidávat a hlavně jaké zpracovatelské podmínky nastavit, aby přítomnost talku v polypropylenu byla skutečně přínosná.

1 TEORETICKÁ ČÁST

1.1 Polypropylen

Výchozím monomerem polypropyleny je propylen $[\text{CH}_2 = \text{CH} - \text{CH}_3]$, který se získává při tepelném zpracování ropy. Je to plyn s bodem varu $-47,7\text{ }^\circ\text{C}$ za atmosférického tlaku. Čištění se provádí destilací nebo absorpčními postupy. PP se vyrábí polymerací srážecí, blokovou a v plynné fázi pomocí různých modifikovaných ZN iniciátorů. Jeho polymerací vzniká polymer o převážně izotaktické konfiguraci. Boční metylové skupiny jsou v krystalickém stavu vzájemně stočeny o 120 ° , takže řetězec má šroubovicovou konformaci, kdy na periodu identity připadají tři monomerní jednotky. Kromě izotaktických úseků se u PP mohou vyskytovat také takzvané stereobloky, což jsou úseky řetězců s méně pravidelnou konfigurací (ataktické, izotaktické s různým smyslem otáčení šroubovice apod.). [1]

PP je semikrystalický polymer. Izotaktický PP krystalizuje, zatímco ataktický ne. Běžně je PP z 95 % izotaktický. Obsah krystalické fáze je však nižší než např. u HDPE. Teplota tání se dle krystalinity a dokonalosti krystalické struktury pohybuje kolem $170 - 180\text{ }^\circ\text{C}$, teplota skelného přechodu $T_g = 0\text{ }^\circ\text{C}$. Poměrně vysoké hodnoty T_m a T_g souvisí s poměrně vysokou uspořádaností izotaktických řetězců a tím i s nízkou hodnotou změny entropie při tání.

Pokud se mechanických vlastností PP týká, má modul vyšší než HDPE, blíží se modulu polystyrenu. Ve srovnání s HDPE má dále menší kríp při dlouhodobém zatížení a lepší mechanické vlastnosti při vyšších teplotách. Velkou nevýhodou PP je jeho relativně nízká houževnatost a rázuvzdornost při teplotách kolem $0\text{ }^\circ\text{C}$. Pro zlepšení těchto vlastností se využívá kopolymerace s 5 – 10 % etyleny. Kopolymery tohoto typu nejsou tak křehké, ale poněkud ohebnější než samotný PP. Místo kopolymerace je možno přimísit 10 – 15 % kaučukové přísady (butylkaučuk, polybutadien). Z takto vyrobeného PP je možno připravit např. integrální pěnové dílce. [4]

Optické vlastnosti souvisí s podmínkami krystalizace, prudce ochlazené vzorky jsou průhlednější. PP jako nepolární polymer má velmi dobré elektroizolační vlastnosti a dobrou odolnost proti opotřebení. Chemické vlastnosti jsou podobné jako u většiny polyolefinů. Odolává kyselinám, zásadám, solím, vodě, většině polárních rozpouštědel. Za vyšších teplot (nad 100 °C) se rozpouští v organických nepolárních rozpouštědlech (alifatické a aromatické uhlovodíky), ve kterých mírně botná při teplotě místnosti. Porušují ho silná oxidační činidla (konc. HNO₃, kys. chromová, chromsírová, ozon apod.). Vzhledem ke zvýšené reaktivitě vodíku na terciálním uhlíku je PP náchylný k termo- a fotooxidační degradaci. [4]

Tab. I. Typické vlastnosti PP

vlastnost	jednotka	hodnota
mol. hmotnost $M_w \cdot 10^3$	g/mol	50 - 100
krystalinita	%	55 – 60
hustota	g/cm ³	0,90 – 0,91
tepl. tání T_m	°C	170
tepl.skelného přechodu T_g	°C	0
tepelná odolnost Vicat	°C	150
rozsah teplot použití	°C	0 až +100
pevnost v tahu	MPa	40
tažnost	%	150
rázová houževnatost	kJ/m ²	nezlomen
vrubová houževnatost	kJ/m ²	2
měrný vnitřní odpor	Ω.m	10 ¹⁵
ztrátový činitel	%	0,07

Hlavní oblasti využití PP jsou technické výrobky jako desky, fólie, nádoby, košíky, přepravky a trubky, např. pro rozvod vody, jako je tomu v našem případě. Ve velkém měřítku se PP zpracovává na orientovaná vlákna, pásy, které se používají na technické tkaniny, koberce a jako náhrada juty pro výrobu pytlů, motouzů a vázacích pásek. [4]

1.2 Kompozity

Kompozity obecně jsou průmyslově vyráběné materiály sestávající ze dvou nebo více složek. Jedna z nich má funkci pojivové matrice, další jsou složkami sekundárními. V případě polymerních kompozitů se tyto složky nazývají plniva. Sekundární složky obvykle nejsou spojitě, ale jsou tvořeny částicemi různého tvaru a velikosti. Za kompozit se obvykle pokládá heterogenní systém s částicemi většími než 10^{-8}m . [3]

Jako plniva se u polymerních materiálů používají nejčastěji krátká skleněná vlákna, mletá minerální plniva, skleněné mikrokuličky, grafit, aj. [4]

1.2.1 Polypropylen jako kompozit

PP je klasický představitel komoditních polymerů. Přesto je už od svého objevu počátkem padesátých let trvale předmětem zájmu vědy i průmyslu. Výsledkem intenzivního výzkumu jsou nejen poznání vztahů mezi strukturou a vlastnostmi polypropylenu, ale také zlepšené postupy polymerace, nové způsoby zpracování a podstatné rozšíření jeho aplikací.

V posledních letech význam polypropylenu znovu zřetelně roste. Důvodem jsou nově vyvinuté modifikace a kompozity na jeho základě, nové pozoruhodné aplikace a také důraz na snadnou recyklovatelnost polymerních výrobků. Za zmínku zde stojí netkané textilie nových typů, polypropylenové trubky pro rozvody vody s výrazným ekonomickým i ekologickým dopadem aj. [4]

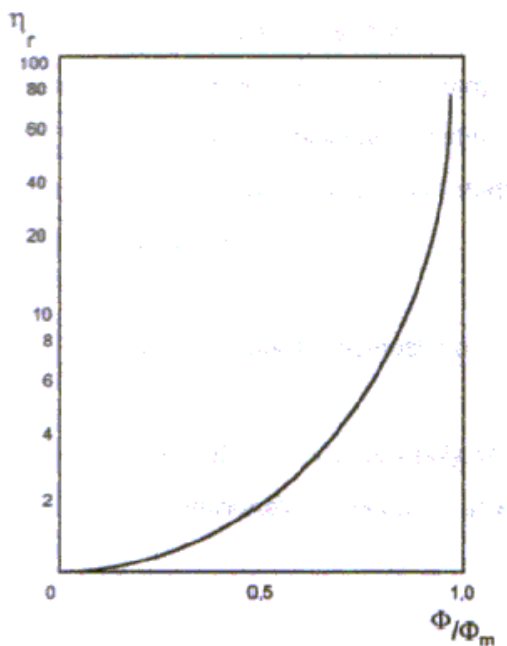
Široké možnosti modifikace mechanických vlastností polypropylenu nabízí jeho modifikace jak jinými polymery, tak částicovým, případně vláknitým plnivem. Takto lze zejména vyvažovat vzájemný poměr mezi pevností a houževnatostí. Přidáním levného částicového plniva do polymerní matrice se navíc snižuje i cena výsledného materiálu. Kompozity i směsi na bázi polypropylenu dosahují takových vlastností, že se řadí do skupiny konstrukčních plastů vhodných jako náhrada za kovové materiály nebo za

konstrukční plasty s vyšší cenou. K nejběžnějším modifikacím patří přidání částicového plniva, elastomeru nebo skleněných vláken. [4]

1.3 Reologie tavenin vysoce plněných směsí

Chování vysoce plněného polymerního kompozitu je ovlivňováno především interakcemi mezi částicemi plniva. Síla a počet těchto interakcí závisí na koncentraci plniva, velikosti a geometrii částic a vzájemným působením polymeru a plniva. Se stoupající koncentrací plniva vzrůstá i množství interakcí mezi částicemi, a tím i viskozita, zprvu pozvolna, ale při vyšších koncentracích již velmi strmě. [5]

Typická závislost poměru viskozity kompozitu a polymerní matrice na objemovém zlomku plniva v kompozitu je na obr. 1.



Obr. 1. Závislost relativní viskozity na poměru koncentrace částic plniva k jejich maximální koncentraci

Ostrý nárůst relativní viskozity je způsoben tím, že viskozita suspenzí je silně ovlivněna pevností tzv. mezičásticové sítě ve smyku. Tato síť vzniká při určitém stupni plnění a rychle zesiluje. Z hlediska procesu zpracování je neméně důležité, že během toku

sít' podstupuje strukturální změny, zejména při vysokých smykových rychlostech, kdy je již prakticky rozbita. Pravděpodobně zde dochází k nástupu elastické turbulence, kde se už ve větší míře projevuje vliv matrice než plniva. [5]

1.4 Plniva

Plniva tvoří skupinu přísad do plastů, která se svou strukturou, složením, chemickým charakterem a fyzikálními vlastnostmi od polymerní matrice podstatně liší. Podle základního členění se plniva rozdělují na přírodní a syntetická. Podle tvaru částic na vláknitá a nevláknitá. Z hlediska vlivu plniv na rozhodující fyzikálně-mechanické vlastnosti směsí se plniva rozdělují na aktivní a neaktivní. Aplikací neaktivních plniv se ovlivňuje ekonomická sféra výroby – snižuje se cena výrobků, respektive se ušetří polymer při stejné spotřebě základní suroviny.

Při výrobě plniv na aplikaci v konkrétních polymerech se musí zohlednit některé základní i všeobecné požadavky. Je to především chemické složení, dostupnost na domácím i světovém trhu, cena a fyzikální charakteristiky, které jsou limitujícím faktorem, určujícím vhodnost použití materiálu jako plniva. [6]

Vlastnosti „ideálního“ plniva je možné definovat takto:

- výrazně zlepšuje požadované vlastnosti (fyzikálně-chemické) polymeru
- usnadňuje zpracovatelnost
- snižuje cenu
- nízká navlhavost
- přiměřená hustota
- nízký obsah nečistot
- dostupnost a nízká cena
- bezzapáchavost
- vyhovující barevné vlastnosti, barevná stabilita v průběhu zpracování, zanedbatelný vliv na barvicí schopnost použitých barevných pigmentů
- chemická stabilita
- tepelná stabilita

- nehořlavost
- dobrá dispergovatelnost
- nízká rozpustnost ve vodě a v organických rozpouštědlech
- dostupnost z hlediska velikosti částic a distribuce velikosti částic

Žádné reálné plnivo nesplňuje v celém rozsahu všechny uvedené požadavky na vlastnosti a při jeho výběru a aplikaci je nevyhnutelné zvolit kompromis mezi jeho vlastnostmi a vyžadovanými vlastnostmi plněného polymerního materiálu. [4]

Mezi nejčastěji používaná částicová plniva patří vápenec, mastek (talek) a slída. S rostoucím podílem plniva roste modul pružnosti E , hodnoty tažnosti naopak ve většině případů klesají. Přidáním asi 20 objemových procent anorganického prášku lze dosáhnout 1,5 až 2násobné hodnoty modulu pružnosti oproti hodnotě čistého PP.

Houževnatost kompozitu je obvykle proti matici nižší. Práškové plnivo totiž snižuje podíl polymerní složky, která je schopna pohltit dodávanou energii, a tím zvyšuje křehkost materiálu. Rozhraní mezi plnivem a polymerem navíc zavádí do materiálu defekty. Výsledné vlastnosti částicového kompozitu jsou ovlivněny objemovou koncentrací plniva, velikostí a dispergací jeho částic i kvalitou mezifázového rozhraní. Řada anorganických plniv působí zároveň jako nukleační činidla, a ovlivňuje tedy stupeň krystalinity i celkovou morfologii materiálu, což se ovšem projeví na výsledných mechanických vlastnostech.

PP plněné mastkem (talkem) se používají pro součásti strojů, kde je nutné mechanické a akustické tlumení, jako jsou např. sekačky na trávu. Automobilový průmysl je hned po obalové technice největším spotřebitelem PP. Díly z PP šetří hmotnost a nekorodují. Obsahují-li vhodné plnivo, např. mastek (talek), mají uspokojivou tuhost i při malé tloušťce stěny. Příkladem vyztužených typů jsou zadní kryty světlometů, nádržky apod. [4]

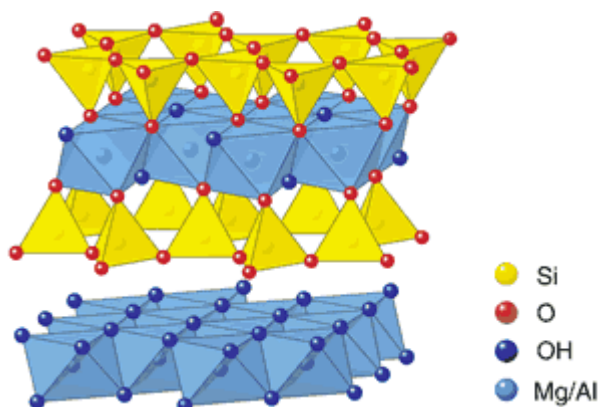
1.4.1 Minerální plniva

Minerál je čistý obvykle krystalický přírodní materiál s konečnou chemickou strukturou. Minerály se nacházejí v přírodě jako kameny nebo rudy. Několik minerálů splňuje požadavky pro využití při aplikacích polymerů, tzn. jsou snadno dostupné, levné, bezbarvé, snadno zpracovatelné a mají požadovaný tvar a velikost částic. Plniva jsou získávána z těchto přírodních zdrojů těžbou. Následuje celá škála dalších procesů jako je rozmělnování, čištění, třídění, žíhání, povrchová úprava a sušení. Mezi minerální plniva patří např. uhličitán vápenatý, jíl, slída, síran vápenatý nebo mastek (talek).

1.5 Mastek a talek

Mastek a talek mají naprosto stejné vlastnosti. Rozdíl mezi nimi je pouze v krystalické struktuře. Talek má hutnou zrnitou strukturu a mastek má strukturu šupinatou (šupinky podle roviny). [12]

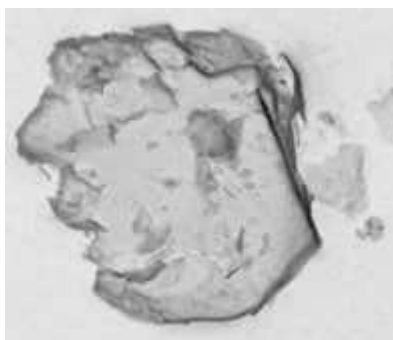
Mastek (talek), $\text{Mg}_3(\text{Si}_4\text{O}_{10})(\text{OH})_2$, je čistý minerál a skládá se z vrstev hydroxidu hořečnatého vložených vždy mezi dvě vrstvy slídy. Mezi těmito třemi výslednými vrstvami jsou však jenom slabé vazby, proto je čistý talek znám jako nejměkčí minerál. Vlastnosti talku jsou velice různé, závisí na prostředí, ze kterého byl minerál získán, a na jeho zpracování. Nejvíce se talky používají jako polovyztužovací plniva termoplastů, speciálně polypropylenu. Talek patří mezi neaktivní plniva, a tak se dobře snáší s modifikátory. Název talek je také používán jako druhový termín pro skupinu různých podobných minerálů. [2]



Obr. 2. Krystalická struktura talku

Struktura mastku (talku) je elektricky neutrální a vrstvy mezi sebou mají pouze slabé Van der Waalsovy síly.

Talek se vyskytuje ve dvou morfologiích, a to v makro nebo mikrokrystalické. [7]



Obr. 3. Makrokrystalický talek



Obr. 4. Mikrokrystalický talek

Talek je prakticky nerozpustný ve vodě a ve slabých kyselinách a alkáliích. Není ani výbušný, ani vznětlivý. Nad teplotou 900 °C talek postupně ztrácí své hydroxylové skupiny a nad 1500 °C rekrystalizuje do různých nestabilních forem (bezvodý křemičitan vápenatý). Teplota tání talku je 1500 °C. [7]

V plastikářském průmyslu je mastek (talek) používán k vyztužování termoplastů, hlavně polypropylenu, ale také polyetyleny a polyamidu. U polyesterů vyztužených skelnými vlákny je možno část skelných vláken nahradit mastkem (talkem) bez ztráty mechanických vlastností.

Automobilový průmysl je zatím dominantní ve využití směsí plněných mastkem (talkem), ale vyvíjejí se i nová odbytíště, např. v obalové technice, u profilů a u trubek. Přídavkem minerálního plniva se nezlepšuje rázová houževnatost. Výjimkou je např. použití jemně upraveného uhličitanu vápenatého v PVC a ryzího talku v PP směsích pro nárazníky (5 - 10 %). [8]

Přidáváním mastku (talku) do směsí vzrůstá také tepelná vodivost. Tato změna je závislá jen na obsahu plniva ve směsi.

1.5.1 Druhy talků

Finntalk

Finntalky jsou čisté vyhlazené talky s obsahem talku 95 – 97 hm. %. Pocházejí ze severní Skandinávie a ze severozápadního Ruska, vyznačují se vysokou kvalitou a cenou. Čistota těchto produktů je dobře kontrolována sofistikovanými flotačními procesy. V tabulce II jsou uvedeny některé základní vlastnosti Finntalku. [8]

Westmin talk

Tento typ talku se vyznačuje vysokou mineralogickou čistotou a jasností. Westmin talky pocházejí ze surových australských mikrokrystalických materiálů.

Norwegian talk

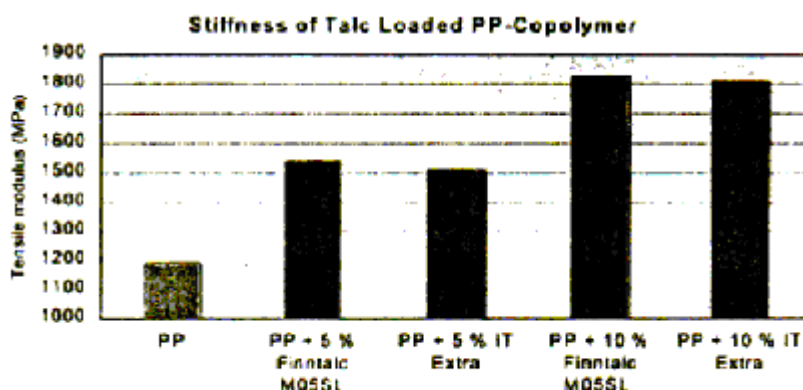
Tyto druhy talku pocházejí z Norska nebo z Číny. [8]

Tab. II. Vlastnosti Finntalku

vlastnost		hodnota	jednotka
chemická analýza	MgO	31	%
	SiO ₂	61	%
	Al ₂ O ₃	0,2	%
	CaO	0,1	%
	FeO	1,9	%
	Fe rozp. v kys.	0,1	%
	ztráta žíháním	5	%
	rozp. ve vodě	0,1	%
	pH	9,1	
optické vlastnosti	jasnost	88	%
	index lomu	1,57	
fyzikální vlastnosti	jemnost	4	
	střední velikost částic	5	μm
	abraze	5	mg
	vlhkost	0,2	%

1.5.2 Mechanické vlastnosti plněného PP

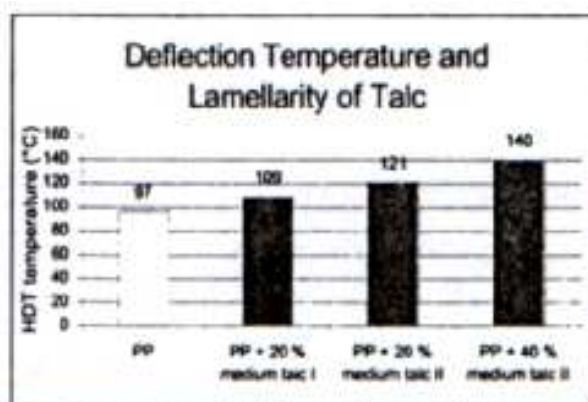
Mechanické vlastnosti PP ovlivňuje talek (mastek) nejvíce, pokud je jeho obsah v PP 0,5 – 1 %. Hlavní důvod přidávání talku (mastku) do plastů je zvýšení tuhosti. Stupeň tuhosti závisí na množství, lamelaritě a jemnosti talku (mastku).



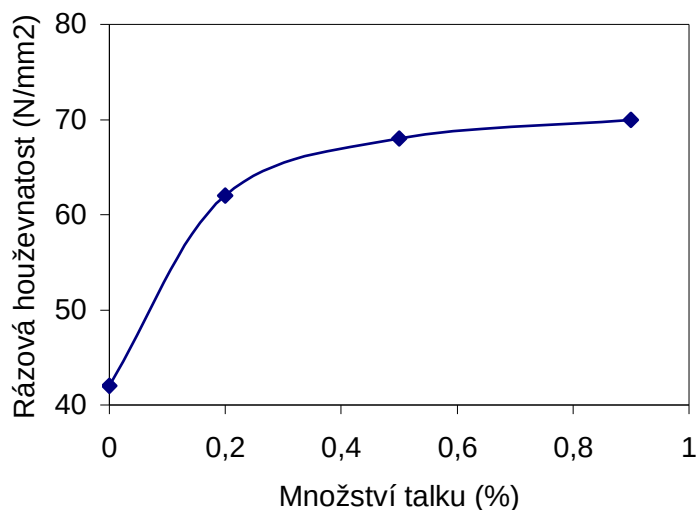
Obr. 5. Vliv přítomnosti talku na modul pružnosti PP

Na obr. 5 je graf, který porovnává modul pružnosti neplněného PP s kopolymery PP + různé množství různých typů talku. Jak je vidět, může se modul pružnosti PP zvýšit až o 50 %, a to v případě, že je PP plněn 10 % talku typu Finntalc MO5SL. [8]

V mnoha aplikacích, včetně PP odpadního potrubí, je vyžadována tuhost za vyšších teplot. Proto se provádí tzv. HDT test (heat distortion temperature, což by se mohlo přeložit jako teplota zborcení). Standardní zkušební tyč je centrálně zatěžována definovaným zatížením a zároveň zahřívána a měří se její prohnutí. Např. při zatěžování 0,45 MPa a zahřívání o 2 °C za minutu se může prohýbat o 0,25 mm. HDT test může být využíván k demonstraci toho, jak minerál ovlivňuje tuhost kompozitu za vyšší teploty. [8]



Obr. 6. Graf teploty zborcení neplněného PP a PP plněného talkem

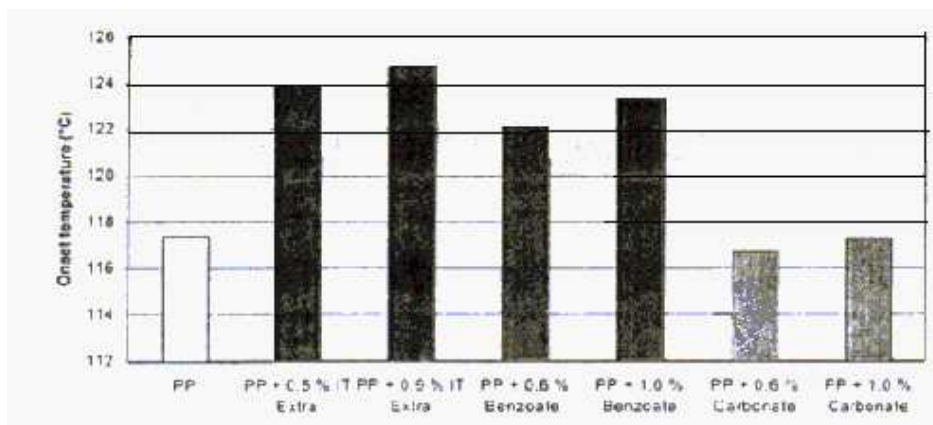


Obr. 7. Vliv přítomnosti talku na rázovou houževnatost PP

Na obr. 7 je graf, který ukazuje, jak vzrůstá rázová houževnatost PP po přidání talku. U neplněného PP se tato veličina pohybuje kolem 40 N/mm^2 . Po přidání asi 1 % talku vzrůstá rázová houževnatost PP až na 70 N/mm^2 . [8]

1.5.3 Krystalizace

Krystalizace PP je podporována malým množstvím lepšího ryzího talku, který působí jako nukleační činidlo. V přítomnosti talku začíná krystalizace při vyšších teplotách než u neplněného PP. Rázová houževnatost se zlepšuje a to je zapříčiněno vzrůstem stupně krystalizace, a ne mechanickými vlastnostmi samotného talku. Změnou stupně krystalizace se také mění modul. [8]



Obr. 8. Ovlivnění počáteční teploty krystalizace PP přidáním talku

Teplota krystalizace se s přidavkem plniva zvyšuje. Krystalizační proces je rychlejší v plněném PP, příčinou je vyšší nukleační poměr. Nukleační činidlo je definováno jako chemická látka, která se přidává do polymeru před krystalizací a zajišťuje vznik aktivních center pro růst krystalů.

Parametry krystalizace mohou být měřeny standardními metodami diferenciální skenovací kalorimetrie (DSC). Můžeme měřit úplnou krystalizaci, nebo počáteční teplotu krystalizace. Je známo, že s vyšší počáteční teplotou krystalizace se zlepšuje rázová houževnatost, zatímco vyšší stupeň krystalizace obvykle znamená vyšší modul. Přidáním nukleačního činidla jako je talk má polymer vyšší počáteční teplotu krystalizace než bez něho. Stupeň krystalizace v přítomnosti talku vzrůstá a redukuje dobu chlazení a tím celý výrobní cyklus PP výrobků. Sfěrolity vznikají rychleji a jsou menší. [8]

Byly zkoumány různé druhy minerálů, přidané do PP v množství 20 – 60 % a zjistilo se, že jediné dva minerály, které ovlivňují počáteční teplotu krystalizace jsou talk a dolomit. Při obsahu talku 60 % se tento parametr zvyšuje až o 12 °C. [8]

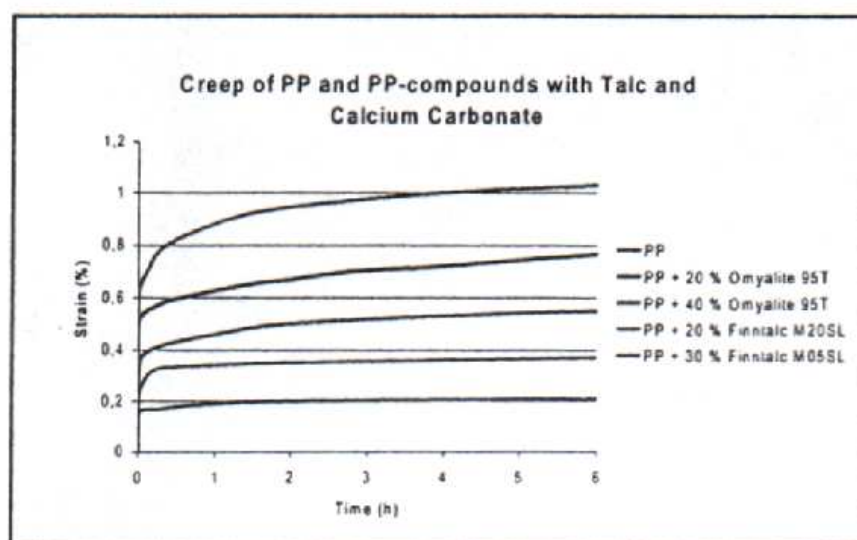
Tab. III. Ovlivnění parametrů krystalizace různým druhem a množstvím minerálů

Minerál	Množství (hm. %)	Krystalizace (%)	Teplota krystalizace (°C)
PP neplněný		43	122
CaCO₃	60	41	125
Dolomit	60	42	131
Slída	20	43	125
Talk	20	43	133
Talk	60	49	134
SiO₂	20	43	122

1.5.4 Kríp

Kríp je pomalá změna rozměrů v důsledku dlouhodobého vystavování výrobku vysokým teplotám a napětím. Kríp může být primární, tzn. deformace rozměrů je vratná, nebo sekundární, tzn. že deformace je permanentní. Stupeň deformace závisí na zatížení a čase a roste s teplotou. [10]

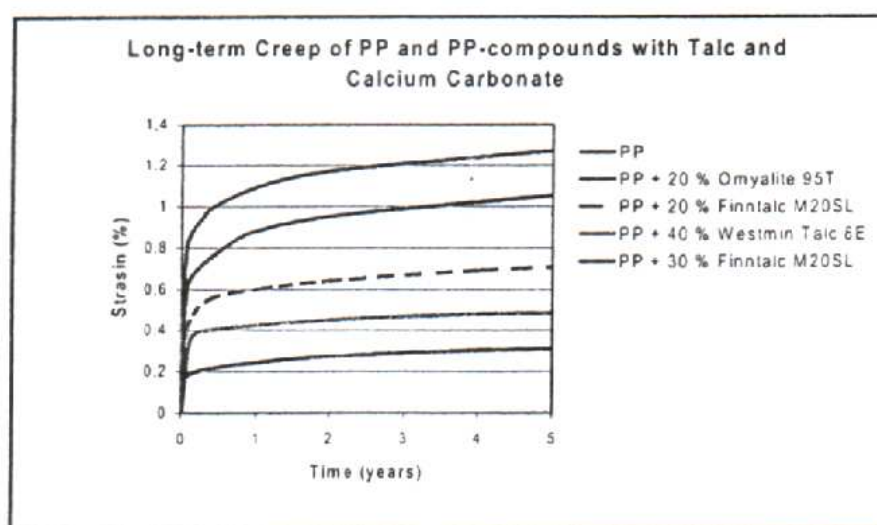
Na obr. 9 je graf znázorňující kríповé chování neplněného PP a směsí PP + talek a PP + uhličitan vápenatý. Zkouška byla provedena při teplotě 60 °C a zatížení 100 N po dobu 6 hodin. Neplněný PP dosahuje vysokých hodnot deformací, zatímco talkem plněný PP má hodnoty deformace nejnižší.



Obr. 9. Výsledky kríповé zkoušky PP a směsí PP

Dlouhodobý kríp

Graf na obr. 10 ukazuje výsledky kríповé zkoušky, která byla prováděna po dobu 5 let při teplotě 90 °C. Nejvyšší hodnoty deformací jsou opět zaznamenány u neplněného PP, zatímco přidáváním různých druhů talku se tyto hodnoty podstatně redukuje. Nejnižších deformací bylo v tomto testu dosaženo při použití 30 % Finntalku M205L jako plniva. [10]



Obr. 10. Výsledky dlouhodobé kríповé zkoušky PP a směsí PP

1.5.5 Kruhová tuhost

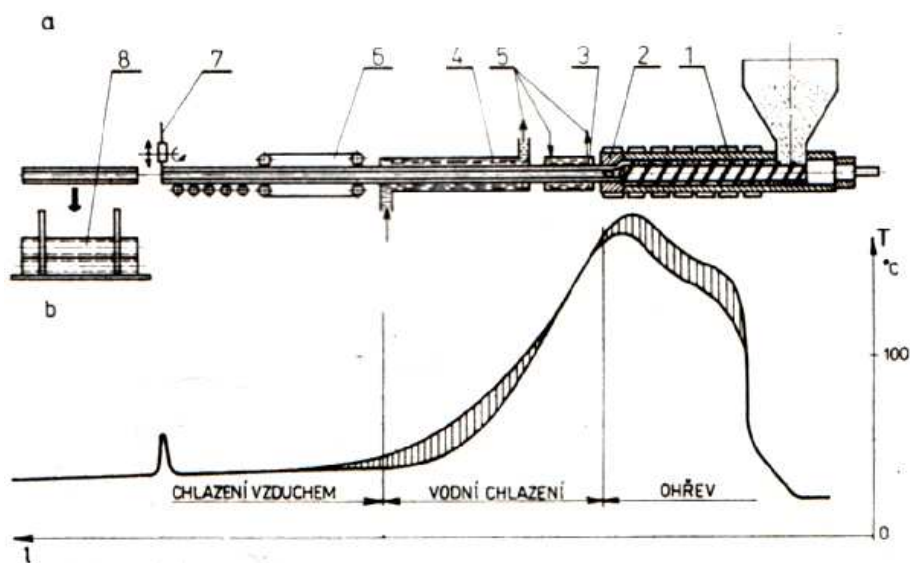
Plastové trubky jsou klasifikovány podle své kruhové tuhosti. Kruhová tuhost je stanovována měřením síly a prohnutí při stlačování trubky. Trubka je upevněna mezi dvěma plochými deskami, které se pohybují konstantní rychlostí. Rychlost je závislá na průměru trubky. Kruhová tuhost je závislá na materiálu trubky, na rozměrech (délka, průměr a tloušťka stěny) a na čase.

Lamelární talek je v oblasti plastových trubek velmi užitečný. Zlepšuje kruhovou tuhost a tuhost za zvýšených teplot. Jsou tedy zlepšeny jak dlouhodobé teplotní vlastnosti, tak výkon trubek při tlakové zkoušce. V přítomnosti talku dochází k podstatné redukci krípu, protože talek příznivě ovlivňuje krystalizaci a teplotní vodivost. [10]

1.6 Vytlačovací stroje

Vytlačovací stroje jsou určeny ke kontinuální nebo diskontinuální výrobě desek, fólií, tyčí, profilů, trubek a jiných výrobků z plastů nebo kaučukových směsí. Princip spočívá v převedení materiálu do plastického stavu a vytlačení taveniny profilovaným otvorem do volného prostoru. Vytlačovací stroje se dělí podle hlavní pracovní části na pístové, diskové, šnekové a speciální. Šnekové dále na jednošnekové, dvoušnekové a vícešnekové a vícešnekové dále na stroje s centrálním šnekem a bez centrálního šneku. [11]

1.6.1 Linka na vytlačování trubek



Obr. 11. Linka na vytlačování trubek

a) vytlačovací linka, b) průběh teploty

1 – vytlačovací stroj, 2 – vytlačovací hlava, 3 – kalibrační pouzdro, 4 – chladicí vana, 5 – přívod a odvod chladicí vody, 6 – odtah, 7 – dělicí zařízení, 8 – paleta

Schéma vytlačovací linky na trubky je na obr. 11. Vytlačovací stroj 1 je opatřen vytlačovací hlavou na trubky 2. Vytlačovaná trubka vstupuje bezprostředně za hlavou do kalibrovacího ústrojí 3, kde dochází k zafixování tvaru a rozměru. Na kalibrační ústrojí navazuje chladicí vana 4 nebo sprcha, kde se trubka dále ochladí. Rychlost výrobní linky je řízena odtahem 6. Vytlačená trubka se řeže na manipulační délky řezacím ústrojím 7 a jednotlivé kusy se ukládají na paletu 8. Někdy bývá linka doplněna např. hrdlovacím zařízením, na kterém se vyrábějí hrdla pro vzájemné spojování trubek. Mezi poslední chladicí vanou a odtahem bývá zpravidla popisovací zařízení, které může být inkoustové, nebo laserové. [11]

Kalibrační ústrojí může být průvlakové, přetlakové a podtlakové.

Kalibrační pouzdro průvlakového kalibračního ústrojí je opatřeno šroubovou drážkou. Trubka procházející pouzdem vytvoří šroubovicový kanál, kterým protéká

protiproudá chladicí voda. Ochlazení povrchu trubky je natolik intenzivní, že si zachová svůj tvar a rozměr daný kalibračním pouzdrem. Průvlaková kalibrace není vhodná pro tenkostěnné trubky.

Přetlakové kalibrační ústrojí pracuje s přetlakem vzduchu uvnitř trubky, který tlačí trubku ke stěnám kalibračního pouzdra. Vzduch se přivádí do trubky přes vytlačovací trn. Pouzdro je chlazeno vodou. Zátka umístěná uvnitř trubky je zavěšena na lanku nebo řetízku. Umožňuje malý průnik tlakového vzduchu, čímž se docílí chlazení trubky i zevnitř. Tento způsob kalibrace je vhodný pro trubky i duté profily. Hodí se též pro kalibraci zvlněných trubek. [11]

Kalibrační pouzdro podtlakového (vakuového) kalibračního ústrojí je rozděleno do tří pásem, z nichž obě krajní jsou chlazena vodou protékající chladicími komorami. Střední pásmo je napojeno na podtlak. V důsledku rozdílu tlaků nad a pod stěnou dolehne trubka na chladné stěny a přiměřeně se ochladí. Tento způsob kalibrace je vhodný pro členité duté profily. Nehodí se pro trubky malých rozměrů a trubky tlustostěnné.

Kalibrační ústrojí průvlakové a vakuové se umísťuje v přiměřené vzdálenosti od vytlačovací hlavy. Kalibrační ústrojí přetlakové se umísťuje přímo za vytlačovací hlavu. Teplotní spád mezi kalibračním pouzdrem a vytlačovací hubicí se kompenzuje vhodnou izolační vložkou.

Pracovní rychlost trubky se nastavuje odtahem. Tažnými orgány bývají řetězy, článkové pásy, dopravní pásy nebo kotouče. Tažná zařízení mají samostatný pohon s možností plynulé a přesné regulace rychlosti.

Řezací ústrojí bývá obvykle tvořeno kotoučovou pilou s vlastním pohybem. Činnost řezacího ústrojí je však funkčně spojena s odtahovým ústrojím a měřidlem délky, na jehož impuls je uváděno do činnosti. Nosič řezacího ústrojí se při řezání pohybuje současně s vytlačovanou trubicí. Po ukončení řezu se vrací zpět do výchozí polohy.

Uřezaná trubka se dopravuje na sklopný žlab ukládacího ústrojí, které ukládá trubky na paletu nebo na manipulační vozík. Pro ohebné trubky se místo ukládacího zařízení používá ústrojí navíjecí. [11]

1.6.2 Vytlačování trubek z polypropylenu

Polypropylen zaznamenává výrazný růst ve vytlačování trubek. Některé vlastnosti (zejména teplotní odolnost) předurčují tento materiál k náhradě PVC v aplikaci svislých odpadních potrubí.

Parametry, které byly v této diplomové práci sledovány (některé mechanické vlastnosti, index toku taveniny a cena) jsou pro vytlačování trubek určující.

2 CÍLE DIPLOMOVÉ PRÁCE

Hlavním úkolem diplomové práce bylo prověřit vhodnost potenciálních nosičů a plniv k výrobě kompaundu s optimálními vlastnostmi a navrhnout optimální složení kompaundu vzhledem k jeho aplikovatelnosti v podmínkách využití při výrobě svislého odpadního potrubí.

V souvislosti s řešením tohoto problému bylo na mikrohnětiči Brabender Plasti – Corder zamícháno značné množství zkušebních směsí. Tyto směsi byly složeny z matrice (polypropylen) a z mastků a talků (plnivo) a byly připraveny za různých technologických podmínek míchání (různé otáčky a teploty) a při různém poměru matrice/plnivo. Jako matrice byla použita kombinace homopolymerního PP (Mosten EH 001) a kopolymerního PP (Mosten EH 501 a BJ380MO). Jako plniva bylo použito tří druhů mastků (KT1, KT5/A a CM3) a jednoho druhu talku (Luzenac).

Z takto připravených směsí byly dále vylisovány zkušební destičky, na kterých byla provedena rázová zkouška. Při kladném výsledku této zkoušky byla z vylisované destičky vyseknuta zkušební tělíska, na kterých byla provedena tahová zkouška. Výsledkem této zkoušky byl tahový diagram, ze kterého byla odečtena hodnota pevnosti na mezi kluzu. Dále byl pro každý zkušební vzorek stanoven index toku taveniny a byla vypočítána cena. Na základě těchto hodnot (pevnost na mezi kluzu, index toku taveniny a cena) byly vzorky mezi sebou porovnávány a diskutovány. Byla vybrána směs, která měla nejvhodnější vlastnosti pro vytlačování polypropylenového potrubí plněného talkem či mastkem.

3 EXPERIMENTÁLNÍ ČÁST

3.1 Použité materiály

3.1.1 Polypropylen

Mosten EH 001

Jako homopolymer byl používán polypropylen Mosten EH 001. Jeho vlastnosti jsou uvedeny v materiálovém listu v příloze P 1.

Mosten EH 501

Jako kopolymer byl používán polypropylen Mosten EH 501. Jeho vlastnosti jsou uvedeny v materiálovém listu v příloze P 2.

Polypropylen BJ380MO

Za účelem úpravy ITT byl do vzorků přidán vstřikovací typ kopolymeru, polypropylen BJ380MO. Jeho vlastnosti jsou uvedeny v materiálovém listu v příloze P 3.

3.1.2 Mastky a talky

Luzenac E20

Jediný talek, který byl ve vzorcích používán, je Luzenac E20. Jeho vlastnosti jsou uvedeny v materiálovém listu v příloze P 4.

KT1 a KT5/A

Mastky KT1 a KT5/A patří do řady mastků KT. Mastek řady KT je chemicky velmi čistý, s velmi nízkým obsahem Fe a Ca a s vysokou bělostí. Zvyšuje pevnost a teplotní odolnost, hodí se proto do systémů, které jsou vystaveny dynamickému napětí. Snižuje výrobní náklady díky redukci požadavků na pevnost ostatních vstupních materiálů. Pro svou lupínkovou strukturu, vysoké krytí, bělost a z výše uvedených důvodů je mastek řady KT ideální plnivo pro průmysl keramiky, barev a plastů. [12]

Tab. IV. Vlastnosti mastků KT1 a KT5/A [12]

Vlastnosti	Jednotky	Hodnoty
Ztráta žháním (1100 °C)	%	6,2 ± 0,50
Fe₂O₃	%	0,19 ± 0,1
MgO	%	31,5 ± 0,5
CaO	%	0,7 ± 0,2
SiO₂	%	60,2 ± 0,5
Al₂O₃	%	0,6 ± 0,1
K₂O+Na₂O	% max	0,01
Sypná váha	g/dm ³	420 - 510
pH		7 ± 0,3
Zbytek na síť		
KT1 - 25 μm	% max	0,8 ± 0,5
KT5/A - 55 μm	% max	1
Vlhkost	% max	0,5
Bělost CIE XYZ	Y	92,5 ± 1

CM3

Další mastek, který byl vedle KT1 a KT5/A používán, byl mastek CM3.

Tab. V. Vlastnosti mastku CM3 [12]

Vlastnosti	Jednotky	Hodnoty
Ztráta žháním (1100 °C)	%	13 ± 1,0
Fe ₂ O ₃ +FeO	%	4
MgO	%	30
CaO	%	4
SiO ₂	%	46
Sypná váha	g/dm ³	450

3.2 Použité stroje a zařízení

3.2.1 Brabender Plasti – Corder

Jednotlivé vzorky byly namíchány na mikrohnětiči Brabender Plasti – Corder.

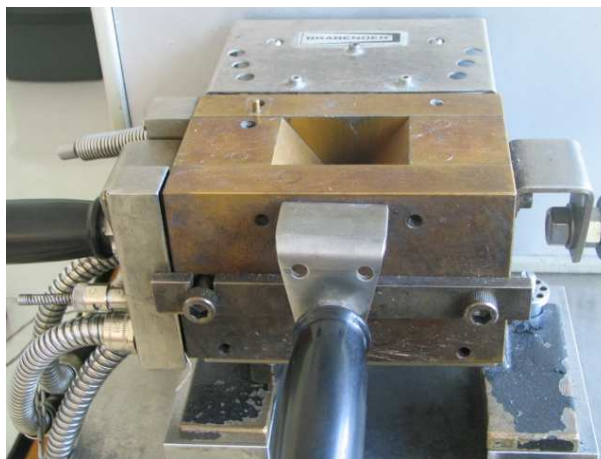
Údaje o stroji

Objem míchací komory: 50 cm³

Krouticí moment: max. 100 Nm

Rozsah otáček: 5 – 120 ot/min

Hmotnost: 13 kg [13]



Obr. 12. Mikrohnětič Brabender Plasti - Corder

3.2.2 Střížný mlýn SM 100

Vzorky namíchané na mikrohnětiči Brabender byly pomocí střížného mlýnu SM 100 podrceny na částechky o maximální velikosti 8 mm.

Údaje o stroji

Rychlost motoru: 1430 ot/min při 50 Hz

Jmenovitý výkon: 1500 W

Objem sběrné nádoby: 5000 ml

[14]



Obr. 13. Střížný mlýn SM 100

3.2.3 Ruční laboratorní lis IGTT a. s. Zlín-Louky

Ze vzorků podrcených na střížném mlýnu byly na ručním lisu vylisovány zkušební destičky, ze kterých byla dále vyseknuta zkušební tělíska.

Rozměry destičky: 125x125x1mm



Obr. 14. Ruční laboratorní lis

3.2.4 Přístroj k určování rázové odolnosti Hammel Maskinfabrik A/S

Rázová zkouška byla provedena pomocí přístroje Hammel Maskinfabrik A/S, model B 50.

Údaje o stroji

Výkon: 3 x 380 V/50 Hz

Tlak: 4 - 8 bar [15]

3.2.5 Trhací stroj MCE 2000

Na trhacím stroji MCE 2000 byla provedena tahová zkouška.

Údaje o stroji

Tab. VI. Technická data trhacího stroje MCE 2000 [16]

Technická data	QTS 5	QTS 10	QTS 25	QTS 50T/50S	QTS 100	QTS 200/250
max. zatížení (kN)	5	10	25	50	100	200/250
rychlost zatížení (mm/min)	0,2 - 1000		0,05 - 500			
rozměry zk. vzorku (mm)	74x44x150		82x46x153	68x60x207	83x60x212	120x75x225
zatížení (kg)	98	198	245	355	735	1405

Při tahové zkoušce byl používán typ trhacího stroje QTS 10.



Obr. 15. Trhací stroj MCE 2000

3.2.6 Výtlačný plastometr M 201

Na výtlačném plastometru M 201 byl stanoven index toku taveniny.

Údaje o zařízení

Vnější průměr trysky: 8,47 mm

Vnitřní průměr trysky: $2,095 \pm 0,005$ mm

Průměr pístu: $9,47 \pm 0,01$ mm

Pracovní délka pístu: $6,35 \pm 0,1$ mm

Teplotní rozsah: 50 – 350 °C

[17]

3.3 Použité normy

3.3.1 ČSN EN ISO 6259-1

Stanovení mechanických vlastností u trubek se provádí podle normy ČSN EN ISO 6259-1: Trubky z termoplastů – Stanovení tahových vlastností – Část 1: Obecná zkušební metoda. Tato část ISO 6259 specifikuje metodu pro stanovení tahových vlastností trubek z termoplastů, s důrazem na stanovení následujících vlastností:

- napětí na mezi kluzu (σ_c)
- poměrné prodloužení při přetržení (ϵ).

Princip této zkoušky spočívá v tom, že se z termoplastové trubky připraví v podélném směru zkušební těleso definovaného tvaru a rozměru vyseknutím nebo obráběním. Tahové vlastnosti se změří pomocí zkušebního stroje při stanovených podmínkách. [18]

Zkušební zařízení

Mezi zkušební zařízení pro tahovou zkoušku ČSN EN ISO 6259-1 patří trhací stroj, upínací čelisti, siloměrný snímač, průtahoměr, mikrometr nebo ekvivalentní měřidlo, vysekávací nůž nebo frézka s nožem, vhodná pro přípravu zkušebních těles. [18]

Postup zkoušky

- 1) Zkouška se provádí při teplotě $(23 \pm 2) ^\circ\text{C}$.
- 2) S přesností na 0,01 mm se mezi kontrolními ryskami změří šířka a minimální tloušťka středové části zkušebního tělesa. Z naměřených hodnot se vypočítá nejmenší plocha průřezu.
- 3) Zkušební těleso se umístí do trhacího stroje tak, aby se osa zkušebního tělesa shodovala se směrem působení tahové síly. Zkušební těleso se rovnoměrně a pevně upne do čelistí trhacího stroje, aby se zabránilo jakémukoliv prokluzu zkušebního tělesa.

- 4) Je-li to nutné, připevní se mezi kontrolní rysky na měřenou délku zkušební tělesa průtahoměr.
- 5) Zkušební rychlost se nastaví na stanovenou hodnotu a stroj se uvede do chodu.
- 6) Během zkoušky se zaznamená průběh křivky napětí/deformace až do okamžiku přetržení zkušební tělesa. Na této křivce se zaznamená síla na mezi kluzu a měřená délka při přetržení zkušební tělesa. Případně lze přímo zaznamenat pouze hodnotu síly na mezi kluzu a naměřenou délku zkušební tělesa při přetržení.

Ze zkoušky se vyřadí všechna zkušební tělesa, která v čelistech trhacího stroje prokluzovala, tělesa, která se přetrhla mimo měřenou délku v jednom z ramen lopatky i ta, která se zdeformovala a došlo u nich ke změně šířky ramen. Zkouška se opakuje na stejném počtu zkušebních těles, která byla vyřazena. [18]

Tahová zkouška byla prováděna na zkušebních tělískách, která byla vyseknuta z vylisovaných destiček.

Výpočet napětí na mezi kluzu

Pro každé zkušební těleso se podle následující rovnice vypočte napětí na mezi kluzu. Pro výpočet se použije počáteční průřez zkušební tělesa A.

$$\sigma_c = \frac{F_c}{A} \quad (1)$$

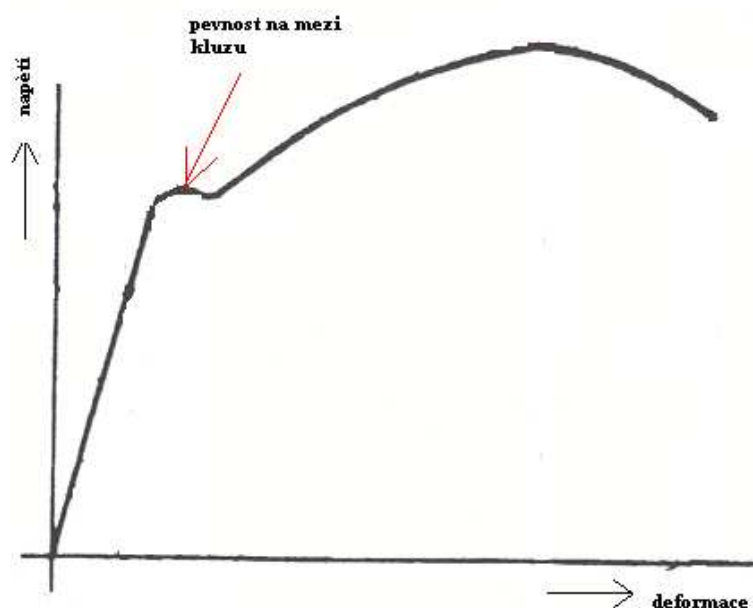
kde

σ_c je napětí na mezi kluzu vyjádřené v MPa;

F_c je síla na mezi kluzu vyjádřená v N;

A je počáteční průřez zkušební tělesa vyjádřený v mm². [18]

Pevnost na mezi kluzu je pevnost zkoušeného vzorku, při které dochází k přechodu mezi pružnou a plastickou deformací. Grafické znázornění této veličiny je na obr. 16.



Obr. 16. Pevnost na mezi kluzu

Výpočet poměrného prodloužení při přetržení

Pro každé zkušební těleso se vypočte poměrné prodloužení při přetržení podle vzorce

$$\varepsilon = \frac{l - l_0}{l_0} * 100 \quad (2)$$

kde

ε je poměrné prodloužení při přetržení vyjádřené v %;

l je délka zkušebního tělesa při přetržení vyjádřená v mm;

l_0 je původní délka zkušebního tělesa vyjádřená v mm. [18]

Ze všech vzorků, na kterých byla provedena tahová zkouška, byly vybrány dva, jejichž tahové diagramy jsou v příloze P 5 a P 6.

3.3.2 ČSN EN 744

U všech vzorků byla provedena rázová zkouška. Kladný výsledek této zkoušky je podmínkou toho, že ze vzorku lze vyseknout zkušební tělísko pro tahovou zkoušku.

Rázová zkouška byla provedena dle normy ČSN EN 744: Plastové rozvodné a ochranné potrubní systémy – Trubky z termoplastů – Stanovení rázové odolnosti padajícím závažím po obvodu. Tato norma specifikuje metodu stanovení rázové odolnosti termoplastových trubek kruhového průřezu nárazům padajícího závaží po celém obvodu trubky.

Zkušební zařízení

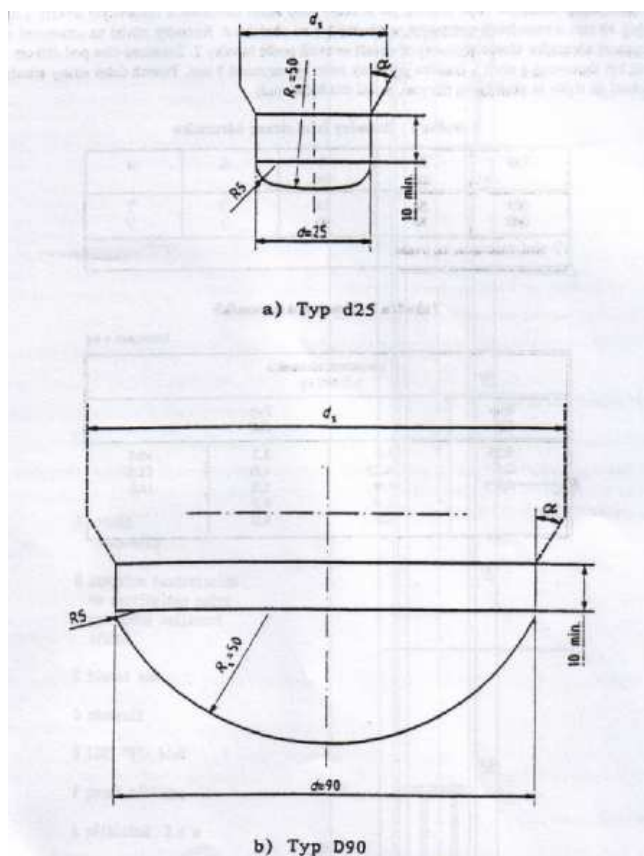
Zařízení na zkoušení trubek padajícím závažím (padostroj) se skládá z následujících hlavních částí:

a) hlavního rámu zkušebního přístroje s vodicími kolejničkami nebo vodicí trubicí upevněnou ve svislé poloze pro vedení nárazníku, který po svém spuštění padá volným pádem svisle dolů tak, že po cejchování představuje rychlost nárazníku v okamžiku nárazu na trubku minimálně 95 % teoretické rychlosti.

b) nárazníku tvořeného čelní stranou, jež je zcela nebo zčásti zaoblená, a válcovitým dříkem o délce minimálně 10 mm o rozměrech uvedených v tabulce VII a na obrázku 17. Zaoblená část pod dříkem nárazníku musí být zhotovena z oceli a tloušťka její stěny musí být nejméně 5 mm. Povrch čelní strany nárazníku, jenž přichází do styku se zkušebním tělesem, nesmí mít žádné vady.

Tab. VII. Rozměry čelní strany nárazníku

Typ	R_s (mm)	d (mm)	d_s	α
d25	50	25	volitelné	volitelné
d90	50	90	volitelné	volitelné



Obr. 17. Rozměry nárazníků

c) pevného podstavce pro uložení zkušebního tělesa s výřezem ve tvaru „V“ o úhlu 120° a délce 200 mm, umístěného ve zkušebním zařízení tak, že osa zaoblené části padajícího nárazníku protíná osu výřezu ve tvaru „V“ s přesností $\pm 2,5$ mm. Podpěrná konstrukce musí být dostatečně pevná, aby neovlivňovala náraz.

d) mechanismu umožňujícího spuštění závaží z výšky, kterou lze nastavit nejméně na dva metry od horního povrchu zkušebního tělesa. [19]

Pro testování vzorků byl používán nárazník typu d25 o hmotnosti 2 kg, který byl pouštěn z výšky 2 m.

Zkušební tělesa

Byly testovány destičky 125x125x1 mm, vylisované ze zkušebních směsí. Počet zkušebních těles musí být takový, aby bylo možno provést minimálně 25 nárazů.

Zkušební tělesa se kondicionují v kapalně lázni nebo ve vzduchu při určité teplotě. Testované zkušební destičky byly kondicionovány na vzduchu při teplotě 23 °C po dobu 1 hod.

Postup zkoušky

Zkušební těleso se vystaví nárazu tak, že se závaží o stanovené hmotnosti spustí ze stanovené výšky. Jestliže nedojde k porušení zkušebního tělesa, posuneme zkoušený vzorek a testujeme ho v jiném místě. Toto několikrát opakujeme. Vyhodnocuje se, zda zkoumaný vzorek prošel rázovou zkouškou bez porušení a je proto možné z něj vyseknout zkušební tělíska pro další zkoušky, např. pro zkoušku tahem. [19]

3.3.3 ČSN EN ISO 1133

Index toku taveniny se stanovuje pomocí normy ČSN EN ISO 1133: Plasty – Stanovení hmotnostního (MFR) a objemového (MVR) indexu toku taveniny termoplastů. Tato norma specifikuje metodu pro stanovení hmotnostního indexu toku taveniny (MVR) a objemového indexu toku taveniny (MVR) termoplastů ze specifikovaných hodnot teploty a zatížení. Zkušební podmínky pro měření indexu toku taveniny jsou obvykle specifikovány v normě pro daný materiál spolu s uvedením odkazu na tuto normu.

Zkušební zařízení

Zkušebním zařízením je výtlačný plastometr pracující při konstantní teplotě. Skládá se z válce, který je upevněný ve svislé poloze. Délka válce je 115 mm až 180 mm a jeho vnitřní průměr je $(9,550 \pm 0,025)$ mm. Dále se skládá z ocelového pístu o pracovní délce rovné alespoň délce válce. Píst musí mít hlavu délky $(6,35 \pm 0,10)$ mm. Průměr hlavy musí

být o $(0,075 \pm 0,010)$ mm menší než je vnitřní průměr válce. Na horní část pístu je možno přidat tyč, která podrží snímatelné závaží, ale píst musí být od závaží tepelně izolován. Píst může být dutý nebo plný. Při zkouškách používajících nižší hodnoty zatížení musí být píst dutý, jinak není možné docílit nejnižší předepsané zatížení. Je-li zkouška prováděna při vyšších hodnotách zatížení, není dutý píst vhodný, neboť vyšší zatížení může dutý píst zdeformovat.

Součástí zkušebního zařízení jsou také trysky, vyrobené z karbidu wolframu nebo tvrzené oceli, o délce $(8,000 \pm 0,025)$ mm. Tryska nesmí vyčnívat nad základnu válce a její ústí musí být koaxiální s ústím válce.

K dalšímu vybavení zkušebního zařízení patří prostředky k nastavení a udržení válce ve skutečně svislé poloze, snímatelné závaží, nástroj na zavedení vzorku do válce, vybavení pro čištění zařízení, rtuťový teploměr, přípravek pro odřezávání struny, stopky a váhy. [20]

Zkušební vzorek

Zkušební vzorek může mít libovolnou formu, kterou je možno zavést do plnicího otvoru válce, např. prášek, granulát nebo proužky fólie. [20]

Postup zkoušky

- 1) Zkušební zařízení se vyčistí. Před započítáním série zkoušek je nutno zajistit, aby byl válec ponechán alespoň 15 minut na zvolené teplotě.
- 2) Válec se naplní 3 g až 8 g vzorku podle předpokládané hodnoty indexu toku taveniny (vodítkem je tabulka VIII). Během plnění válce se materiál stlačuje ručně pěchovací tyčkou. Plnění válce by nemělo trvat déle než 1 min, aby se pokud možno zabránilo přítomnosti vzduchu u materiálu, který je náchylný k degradaci vlivem oxidace. Zatížený nebo nezatížený píst, podle indexu toku taveniny materiálu, se spustí do válce.

- 3) Za 4 minuty po vložení zkušební vzorku do válce, to je za dobu, za níž se teplota vrátí zpět na zvolenou hodnotu, se na píst umístí zvolené závaží, pokud byl píst nezatížen. Píst se ponechá klesat vlastní hmotností až do vytlačení struny bez bublin. Struna se odřízne pomocí řezného nástroje a odstraní se. Poté se zatížený píst nechá dále volně klesat. Až spodní referenční značka na pístu dosáhne horní hrany válce, spustí se stopky a současně se odřízne struna řezným nástrojem a opět se odstraní. Odřezávání je třeba zastavit, když horní značka na pístu dosáhne horní plochu válce. Všechny odřezky obsahující viditelné vzduchové bubliny je nutno vyřadit. Po ochlazení se jednotlivě zváží zbývající odřezky s přesností na mg a vypočte se průměrná hmotnost odřezků.
- 4) Hmotnostní index toku taveniny (MFR) [g/10 min], je dán rovnicí

$$ITT(\theta, m_{nom}) = \frac{t_{ref} * m}{t} \quad (3)$$

kde

θ je zkušební teplota (°C);

m_{nom} nominální zatížení (kg);

m průměrná hmotnost odřezků (g);

t_{ref} referenční čas (s);

t interval odřezávání (s).

Tab. VIII. Stanovení intervalu odřezávání struny [20]

Index toku taveniny [g/10 min]	Hmotnost zkušební vzorku ve válci [g]	Interval odřezávání struny [s]
$\geq 0,1$ a $\leq 0,5$	3 až 5	240
$> 0,5$ a ≤ 1	4 až 6	120
> 1 a $\leq 3,5$	4 až 6	60
$> 3,5$ a ≤ 10	6 až 8	30
> 10	6 až 8	5 až 15

U zkušebních vzorků byl předpokládán ITT v rozmezí 0,1 – 1 g/10 min, proto bylo naváženo 4,5 g vzorku a ze zkušební měření bylo zjištěno, že nejvhodnější interval pro odřezávání struny je 240 s.

3.4 Složení vzorků

3.4.1 Vliv nosiče (V_n)

V_{n1}) 100 % cPP

V_{n2}) 100 % hPP

V_{n3}) 33 % cPP + 67 % hPP

V_{n4}) 33 % hPP + 67 % cPP

cPP = Mosten EH 501

hPP = Mosten EH 001

3.4.2 Vliv různého množství talku při složení nosiče (hPP + cPP) (V_r)

V_{r1}) 10 % Luzenac, 30 % cPP, 60 % hPP

V_{r2}) 20 % Luzenac, 27 % cPP, 53 % hPP

V_{r3}) 30 % Luzenac, 23 % cPP, 47 % hPP

V_{r4}) 40 % Luzenac, 20 % cPP, 40 % hPP

cPP = Mosten EH 501

hPP = Mosten EH 001

3.4.3 Vliv různého množství talku při složení nosiče (hPP + cPP + BJ380MO) (V_m)

V_{m1}) 50 % hPP, 30 % Luzenac, 19 % cPP, 1 % BJ380MO

V_{m2}) 75 % hPP, 15 % Luzenac, 9,5 % cPP, 0,5 % BJ380MO

V_{m3}) 55 % hPP, 35 % Luzenac, 10 % BJ380MO

V_{m4}) 28 % hPP, 24 % Luzenac, 28 % cPP, 20 % BJ380MO

cPP = Mosten EH 501

hPP = Mosten EH 001

3.4.4 Vliv různých druhů talků a mastků (V_t)

V_{t1}) 15 % hPP, 15 % cPP, 30 % Luzenac, 40 % BJ380MO

V_{t2}) 15 % hPP, 15 % cPP, 30 % KT1, 40 % BJ380MO

V_{t3}) 15 % hPP, 15 % cPP, 30 % KT5/A, 40 % BJ380MO

V_{t4}) 15 % hPP, 15 % cPP, 30 % CM3, 40 % BJ380MO

cPP = Mosten EH 501

hPP = Mosten EH 001

3.4.5 Vliv podmínek míchání (V_p)

20 % BJ380MO, 40 % KT1, 32 % hPP, 8 % cPP

cPP = Mosten EH 501

hPP = Mosten EH 001

3.5 Technologické podmínky míchání

3.5.1 Vliv nosiče (V_n) a vliv různého množství talku při složení nosiče (hPP + cPP) (V_r)

$$T_k = 190\text{ }^{\circ}\text{C}$$

$$t_k = 15\text{ min}$$

$$n_k = 15\text{ ot/min}$$

3.5.2 Vliv různého množství talku při složení nosiče (hPP + cPP + BJ380MO) (V_m) a vliv různých druhů talků a mastků (V_t)

$$T_k = 200\text{ }^{\circ}\text{C}$$

$$t_k = 15\text{ min}$$

$$n_k = 50\text{ ot/min}$$

3.5.3 Vliv podmínek míchání (V_p)

a) různé otáčky, stejná teplota a doba míchání:

$$V_{p1})\ n_k = 50\text{ ot/min},\ T_k = 200\text{ }^{\circ}\text{C},\ t_k = 15\text{ min}$$

$$V_{p2})\ n_k = 70\text{ ot/min},\ T_k = 200\text{ }^{\circ}\text{C},\ t_k = 15\text{ min}$$

$$V_{p3})\ n_k = 30\text{ ot/min},\ T_k = 200\text{ }^{\circ}\text{C},\ t_k = 15\text{ min}$$

$$V_{p4})\ n_k = 60\text{ ot/min},\ T_k = 200\text{ }^{\circ}\text{C},\ t_k = 15\text{ min}$$

b) různá teplota, stejné otáčky a stejná doba míchání:

$$V_{p5})\ T_k = 190\text{ }^{\circ}\text{C},\ n_k = 50\text{ ot/min},\ t_k = 15\text{ min}$$

$$V_{p6})\ T_k = 200\text{ }^{\circ}\text{C},\ n_k = 50\text{ ot/min},\ t_k = 15\text{ min}$$

$$V_{p7})\ T_k = 210\text{ }^{\circ}\text{C},\ n_k = 50\text{ ot/min},\ t_k = 15\text{ min}$$

$$V_{p8})\ T_k = 205\text{ }^{\circ}\text{C},\ n_k = 50\text{ ot/min},\ t_k = 15\text{ min}$$

3.6 Technologické podmínky lisování

3.6.1 Vliv nosiče (V_n) a vliv různého množství talku při složení nosiče (hPP + cPP) (V_r)

$$T_l = 190\text{ }^{\circ}\text{C}$$

$$t_{lis} = 25\text{ min}$$

$$t_{chlaz} = 20\text{ min (chlazeno volně na vzduchu)}$$

3.6.2 Vliv různého množství talku při složení nosiče (hPP + cPP + BJ380MO) (V_m) a vliv různých druhů talků a mastků (V_t)

$$T_l = 200\text{ }^{\circ}\text{C}$$

$$t_{lis} = 25\text{ min}$$

$$t_{chlaz} = 20\text{ min (chlazeno volně na vzduchu)}$$

3.6.3 Vliv podmínek míchání (V_p)

U vzorků V_{p1} , V_{p2} , V_{p3} a V_{p5} :

$$T_l = 200\text{ }^{\circ}\text{C}$$

$$t_{lis} = 25\text{ min}$$

$$t_{chlaz} = 20\text{ min (chlazeno volně na vzduchu)}$$

U vzorku V_{p4} :

$$T_l = 190\text{ }^{\circ}\text{C}$$

$$t_{lis} = 25\text{ min}$$

$$t_{chlaz} = 20\text{ min (chlazeno volně na vzduchu)}$$

U vzorku V_{p6} :

$$T_l = 210\text{ }^{\circ}\text{C}$$

$t_{\text{lis}} = 25 \text{ min}$

$t_{\text{chlaz}} = 20 \text{ min}$ (chlazeno volně na vzduchu)

4 VÝSLEDKY

4.1 Vliv nosiče (V_n)

4.1.1 Naměřené hodnoty

V následující tabulce jsou zaznamenány hodnoty pevnosti na mezi kluzu pro neplněný PP, který byl míchán za stejných podmínek, jako vzorky plněné.

Tab. IX. Naměřené hodnoty σ_c pro V_n

Vzorek	$\bar{\sigma}_c$ (MPa)
V_{n1}	29,35
V_{n2}	34,2
V_{n3}	30,85
V_{n4}	28,35

Podmínky, které se vztahují k tabulce IX, jsou uvedeny na str. 44.

Z tabulky IX vyplývá, že nejvyšších hodnot pevnosti na mezi kluzu bylo naměřeno u vzorku V_{n2} , který obsahuje 100 % hPP. Nejnižší pevnost σ_c má vzorek V_{n4} , který je složen ze 33 % hPP a 67 % cPP.

4.2 Vliv různého množství talku při složení nosiče (hPP + cPP) (V_r)

4.2.1 Naměřené hodnoty

V tabulce X jsou hodnoty napětí na mezi kluzu naměřené pro vzorky $V_{r1} - V_{r4}$, které jsou složeny z talku + matrice (hPP + cPP).

Tab. X. Naměřené hodnoty σ_c pro V_r

Vzorek	1	2	3	4	5	$\bar{\sigma}_c$ (MPa)
V_{r1}	40,6	42,1	41,8	37,6	37,0	39,82
V_{r2}	35,2	37,2	34,7	33,8	34,7	35,12
V_{r3}	29,0	32,0	32,6	30,7	28,7	30,6
V_{r4}	27,2	27,7	26,5	26,7	25,5	26,72

V tabulce XI jsou porovnány naměřené hodnoty σ_c , ITT a ceny.

Tab. XI. Porovnání naměřených vlastností a ceny pro V_r

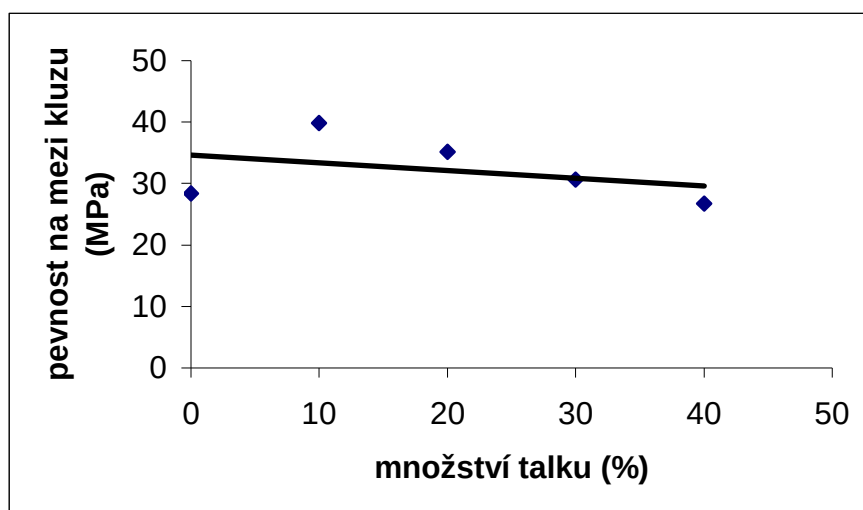
Vzorek	$\bar{\sigma}_c$ (MPa)	ITT (g/10min)	Cena (%)
V_{r1}	39,82	0,37	108
V_{r2}	35,12	0,39	100
V_{r3}	30,6	0,37	92
V_{r4}	26,72	0,32	84

Podmínky vztahující se k tabulkám X a XI jsou popsány na str. 44.

Jak plyne z tabulky XI, nejlepší pevnosti na mezi kluzu dosahuje vzorek V_{r1} , který obsahuje 10 % talku (Luzenac), 60 % hPP a 30 % cPP. Tento vzorek je však nejdražší. Nejmenší pevnost σ_c a nejmenší ITT má vzorek V_{r4} , který je však nejlevnější. Obsahuje 40 % talku (Luzenac), 40 % hPP a 20 % cPP.

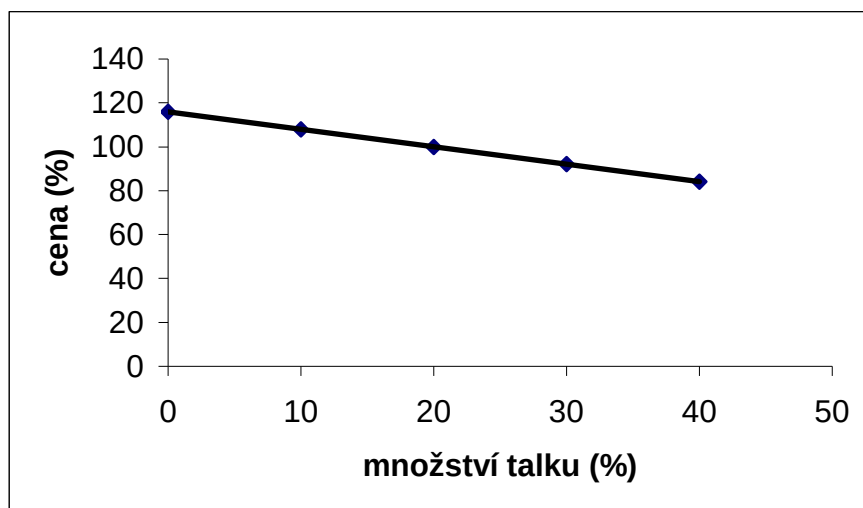
4.2.2 Grafické závislosti

Následující závislosti byli získány z hodnot v tabulkách X a XI.



Obr. 18. Závislost pevnosti na mezi kluzu na množství talku pro vzorky V_r

Z obr. 18 vyplývá, že se zvyšujícím se obsahem talku ve směsi pevnost na mezi kluzu klesá.

Obr. 19. Závislost ceny na množství talku pro vzorky V_r

Z obr. 19 je zřejmé, že se zvyšujícím se zastoupením plniva ve směsi klesá cena.

4.3 Vliv různého množství talku při složení nosiče (hPP + cPP + BJ380MO) (V_m)

4.3.1 Naměřené hodnoty

V tabulce XII jsou porovnány naměřené hodnoty σ_c pro vzorky $V_{m1} - V_{m4}$ obsahující různé množství talku a matrici, která je složena ze tří typů PP (hPP, cPP a BJ380MO).

Tab. XII. Naměřené hodnoty σ_c pro V_m

Vzorek	1	2	3	4	5	$\bar{\sigma}_c$ (MPa)
V_{m1}	31,1	31,4	30,8	30,4	28,8	30,5
V_{m2}	31,8	32,2	36,4	34,9	35	34,06
V_{m3}	25,6	22,9	22,8	24,9	26,1	24,46
V_{m4}	36,4	33,6	32,8	36,5	38,8	35,62

Tab. XIII. Porovnání naměřených vlastností a ceny pro V_m

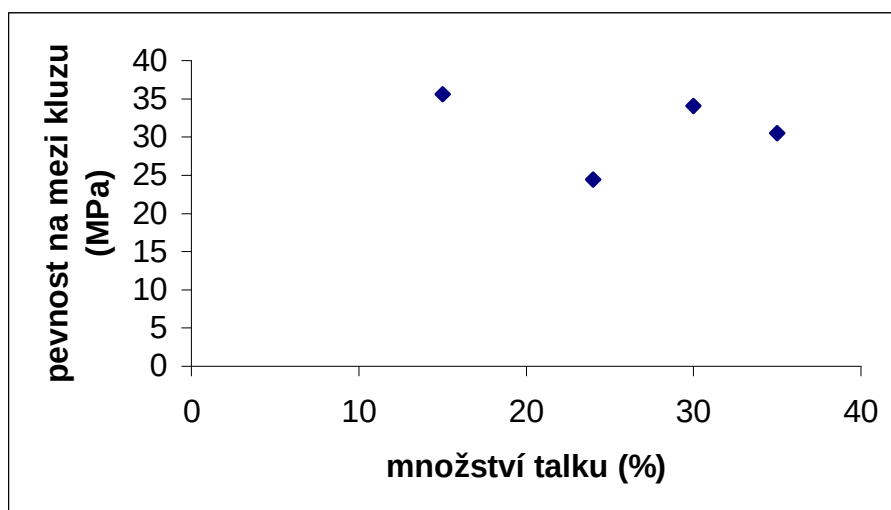
Vzorek	$\bar{\sigma}_c$ (MPa)	ITT (g/10min)	Cena (%)
V_{m1}	30,5	0,87	91
V_{m2}	34,06	0,67	89
V_{m3}	24,46	1,16	179
V_{m4}	35,62	0,55	100

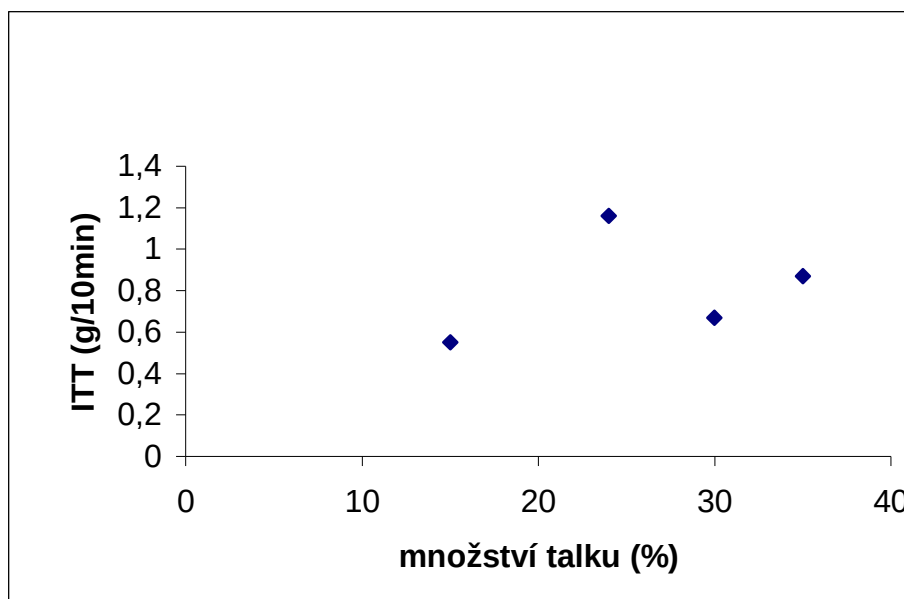
Podmínky vztahující se k tabulkám XII a XIII jsou uvedeny na str. 45.

Z tabulky XIII je zřejmé, že nejvyšších hodnot σ_c bylo dosaženo u vzorku V_{m4} , který má zároveň nejnižší ITT a který byl zvolen za cenový standard. Obsahuje 75 % hPP, 15 % talku, 9,5 % cPP a 0,5 % BJ380MO. Nejnižší pevnost σ_c má vzorek V_{m3} , je nejdražší a má nejvyšší ITT. Je složen ze 28 % hPP, 24 % talku, 28 % cPP a 20 % BJ380MO.

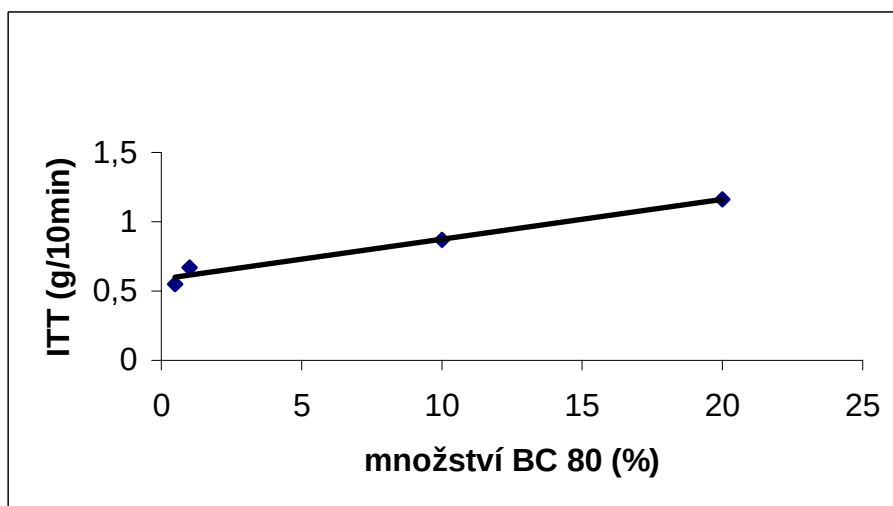
4.3.2 Grafické závislosti

Následující grafické závislosti byly vytvořeny na základě hodnot v tabulce XIII.

Obr. 20. Závislost σ_c na množství talku pro vzorky V_m

Obr. 21. Závislost ITT na množství talku pro vzorky V_m

Z obr. 20 a 21 je patrné, že při obsahu talku ve směsi 24 % klesne pevnost σ_c na minimum a ITT vystoupí na maximum.



Obr. 22. Závislost ITT na množství vstřikovacího typu PP - BJ380MO

Z obr. 22 vyplývá, že se vzrůstajícím obsahem BJ380MO ve směsi roste i index toku taveniny.

4.4 Vliv různých druhů talků a mastků (V_t)

4.4.1 Naměřené hodnoty

V následující tabulce jsou zaznamenány naměřené pevnosti na mezi kluzu u vzorků $V_{t1} - V_{t4}$, které obsahují různé typy mastků a talků.

Tab. XIV. Naměřené hodnoty σ_c pro V_t

Vzorek	1	2	3	4	5	$\bar{\sigma}_c$ (MPa)
V_{t1}	23,1	21	20,9	22,6	21,4	21,8
V_{t2}	25,8	22,3	19,4	22,5	21,9	22,38
V_{t3}	21,3	22	21,4	19,3	21,5	21,1
V_{t4}	22,1	21,6	20,9	21,2	20,3	21,22

V tabulce XV jsou porovnány hodnoty σ_c , ITT a ceny vzorků $V_{t1} - V_{t4}$.

Tab. XV. Porovnání naměřených vlastností a ceny pro V_t

Vzorek	$\bar{\sigma}_c$ (MPa)	ITT (g/10min)	Cena (%)
V_{t1}	21,8	4,29	101
V_{t2}	22,38	3,9	100
V_{t3}	21,1	6,78	99
V_{t4}	21,22	4,51	98

K tabulkám XIV a XV se vztahují podmínky, které jsou uvedeny na str. 45.

Z tabulky XV plyne, že nejvyšší pevnost na mezi kluzu byla naměřena u směsi V_{t2} , která má zároveň nejnižší ITT a je cenovým standardem. Tato směs je složena z 15 % hPP, 15 % cPP, 30 % mastku (KT1) a 40 % BJ380MO. Nejnižší pevnost na mezi kluzu má

vzorek V_{t3} , který má zároveň nejvyšší ITT. Tato směs je složena z 15 % hPP, 15 % cPP, 30 % mastku (KT5/A) a 40 % BJ380MO.

4.5 Vliv podmínek míchání

4.5.1 Naměřené hodnoty

Podmínky, které se vztahují k tabulkám XVI – XIX, jsou uvedeny na str. 45.

V tabulce XVI a XVII jsou zaznamenány hodnoty σ_c vzorků $V_{p1} - V_{p8}$, které byly míchány při různých podmínkách míchání.

Tab. XVI. Naměřené hodnoty σ_c pro vzorky míchané při různých otáčkách pro V_p

Vzorek	1	2	3	4	5	$\bar{\sigma}_c$ (MPa)
V_{p1}	29	25,5	26,1	24,3	23,6	25,7
V_{p2}	28	31,6	33,6	24,1	25,6	28,58
V_{p3}	31,1	30,8	27,5	25,7	24	27,82
V_{p4}	30,2	26,8	27,1	24,5	23,9	26,5

Tab. XVII. Naměřené hodnoty σ_c pro vzorky míchané při různých teplotách pro V_p

Vzorek	1	2	3	4	5	$\bar{\sigma}_c$ (MPa)
V_{p5}	33,5	28	31,1	31,8	25,8	30,04
V_{p6}	29	25,5	26,1	24,3	23,6	25,7
V_{p7}	32,4	32,6	31,7	33,6	23,8	30,82
V_{p8}	31,3	28,9	27,6	30,6	23,5	28,38

V tabulkách XVIII a XIX jsou porovnány naměřené vlastnosti a ceny vzorků $V_{p1} - V_{p8}$.

Tab. XVIII. Porovnání naměřených vlastností a ceny u vzorků míchaných při různých otáčkách pro V_p

Vzorek	$\overline{\sigma}_c$ (MPa)	ITT (g/10min)	Cena (%)
V_{p1}	25,7	1,55	100
V_{p2}	28,58	2,06	100
V_{p3}	27,82	1,49	100
V_{p4}	26,5	1,63	100

Z tabulky XVIII je patrné, že nejvyšší pevnost na mezi kluzu byla naměřena u vzorku V_{p2} . Tato směs má zároveň nejvyšší ITT a je míchána při otáčkách 70 ot/min. Nejmenší pevnost σ_c má směs V_{p1} , která byla míchána při 50 ot/min.

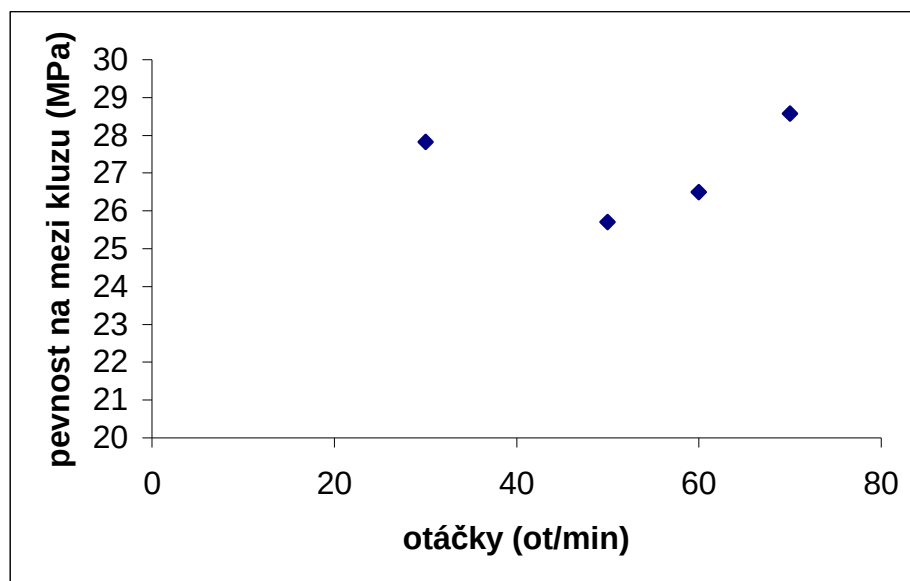
Tab. XIX. Porovnání naměřených vlastností a ceny u vzorků míchaných při různých teplotách pro V_p

Vzorek	$\overline{\sigma}_c$ (MPa)	ITT (g/10min)	Cena (%)
V_{p5}	30,04	1,56	100
V_{p6}	25,7	1,55	100
V_{p7}	30,82	3,29	100
V_{p8}	28,38	1,93	100

Z tabulky XIX plyne, že nejvyšší pevnost σ_c má vzorek V_{p7} , který má také nejvyšší index toku taveniny. Je zamíchán při teplotě 210 °C. Nejnižší pevnost na mezi kluzu byla naměřena u vzorku V_{p6} , který má zároveň nejnižší ITT. Tato směs byla zamíchána při teplotě 200 °C.

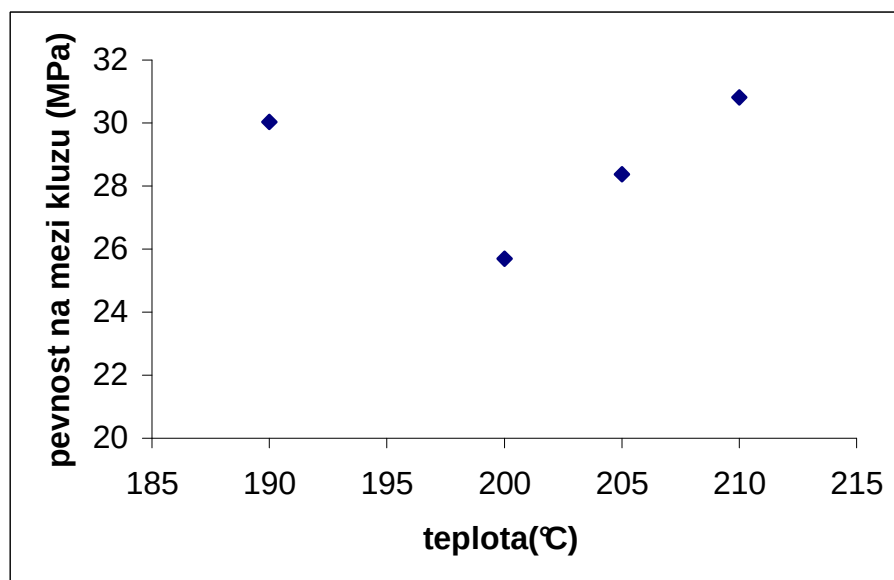
4.5.2 Grafické závislosti

Následující grafické závislosti byly vytvořeny na základě hodnot z tabulek XVIII a XIX.



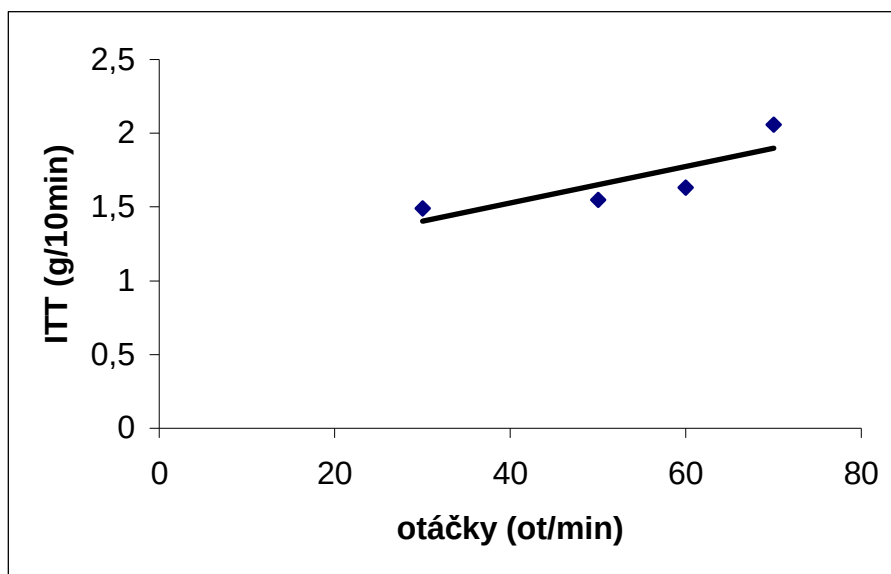
Obr. 23. Závislost σ_c na otáčkách při míchání

Z obr. 23 je zřejmé, že nejnižší pevnost na mezi kluzu byla dosažena při otáčkách míchání 50 ot/min. Nejvyšší pevnosti σ_c bylo dosaženo při 70 ot/min.



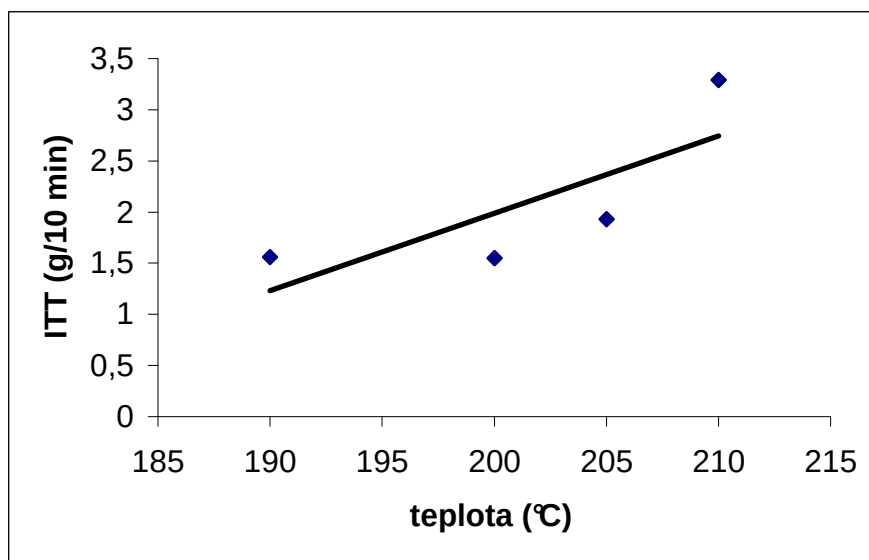
Obr. 24. Závislost σ_c na teplotě míchání

Jak plyne z obr. 24, nejnižší pevnost na mezi kluzu byla naměřena pro směs míchanou při 200 °C. Nejvyšší pevnost σ_c byla dosažena u směsi, která byla míchána při teplotě 210 °C.



Obr. 25. Závislost ITT na otáčkách při míchání

Z obr. 25 vyplývá, že ITT roste se zvyšováním otáček při míchání.



Obr. 26. Závislost ITT na teplotě míchání

Z obr. 26 je patrné, že se hodnoty indexu toku taveniny zvyšují s rostoucí teplotou.

4.6 Vyhodnocení nejlepší směsi

Následující tabulka byla vytvořena na základě nejlepších vzorků z předchozích měření.

Tab. XX. Porovnání naměřených vlastností a ceny nejlepších vzorků

Vzorek	$\bar{\sigma}_c$ (MPa)	ITT (g/10min)	Cena (%)
V_{m2}	34,06	0,67	100
V_{t2}	22,38	3,9	109
V_{p2}	28,58	2,06	94
V_{p5}	30,04	1,56	94

Z tabulky XX je vidět, že nejvyšší pevnosti na mezi kluzu ($\sigma_c = 34,06$ MPa) a nejnižšího ITT (0,67 g/10 min) bylo dosaženo u směsi V_{m2}, která obsahuje 50 % hPP, 30 % talku (Luzenac), 19 % cPP a 1 % BJ380MO. Nejmenší pevnost na mezi kluzu ($\sigma_c = 22,38$ MPa) a zároveň nejvyšší ITT (3,9 g/10 min) bylo naměřeno u vzorku V_{t2}. Tento vzorek je složen z 15 % hPP, 15 % cPP, 30 % mastku (KT1) a ze 40 % BJ380MO.

5 DISKUZE VÝSLEDKŮ

Při určování nejvhodnějšího nosiče bylo nejlepších hodnot σ_c dosaženo u vzorku V_{n2} , který je složen ze 100 % hPP (viz. tabulka IX). To znamená, že čistě z hlediska pevnosti na mezi kluzu by bylo nejvhodnější používat směs o složení pouze homopolymer a talek. V praxi se však malá část kopolymeru může používat např. pro zlepšení vzhledu výsledného povrchu (lesk) a pro zlepšení rázové houževnatosti, proto byla u dalších vzorků použita, jako nosič, směs (33 % cPP + 67 % hPP). Napětí na mezi kluzu σ_c této směsi je jen o málo horší než u 100 % hPP.

Z tabulky XI a z obrázků 18 a 19 je zřejmé, že hodnoty pevnosti na mezi kluzu klesají s rostoucím obsahem talku ve směsi. V tomto případě bylo dokonce dosaženo toho, že plněné vzorky mají vyšší hodnotu pevnosti na mezi kluzu, než samotná matrice. U vzorku V_{r1} , který obsahuje 10 % talku, je hodnota σ_c dokonce o 30 % vyšší, než u neplněného vzorku. Tento poznatek je v souladu s literaturou [8], kde je z hlediska mechanických vlastností doporučen obsah talku ve směsi 20 %. Také cena se zvyšujícím se obsahem plniva ve vzorcích jednoznačně klesá. Tyto poznatky jsou v souladu s literaturou [4, 8]. V literatuře [8] se z hlediska úspor zohledňuje obsah talku ve směsi 10 %. Hodnoty ITT v tabulce XI by mohly být pro účely extruze plastového potrubí velmi nízké, proto bylo rozhodnuto při dalších měřeních přidat do směsi vedle polypropylenu typu Mosten EH 501 a Mosten EH 001 ještě vstřikovací typ kopolymeru, polypropylen BJ380MO.

Z tabulky XIII vyplývá, že nejvyšších hodnot pevnosti na mezi kluzu dosahuje vzorek V_{m4} , který je jen z 15 % plněný talkem. Tento vzorek byl zároveň zvolen za cenový standard a k tomuto standardu byly vztaženy ceny ostatních vzorků. Zajímavým se tedy stává vzorek V_{m2} , plněný ze 30 % talkem, který je o 11 % levnější a jeho σ_c není o mnoho horší a ITT je také srovnatelný se vzorkem V_{m4} . Vzorek V_{m1} není nějak zvlášť zajímavý, neboť jeho pevnost σ_c je v porovnání se vzorky V_{m2} a V_{m4} nízká a cena se pohybuje zhruba ve stejných relacích. Naprosto nevhodným je vzorek V_{m3} , kdy bylo množství vstřikovacího typu PP (BJ380MO) ve směsi zvýšeno až na 20 %. Tím sice bylo dosaženo vyššího ITT, avšak pevnost na mezi kluzu značně poklesla a cena se vyhoupla téměř na dvojnásobek.

Obr. 20, stejně jako obr. 18, znázorňuje závislost pevnosti na mezi kluzu na množství talku ve směsi. Při porovnání těchto grafů je zřejmé, že mají zcela jiný průběh. Tyto odchylky jsou pravděpodobně způsobeny různými podmínkami při míchání. Zatímco vzorky, z jejichž hodnot pevnosti byl vykreslen graf na obr. 18, byly míchány při teplotě 190 °C a při otáčkách 15 ot/min, vzorky, z jejichž hodnot pevnosti byl sestaven graf na obr. 20, byly míchány při teplotě 200 °C a otáčkách 50 ot/min.

Z obr. 20 a 21 lze vyčíst, že při obsahu talku ve směsi kolem 25 % dochází sice ke zvýšení ITT, ale zároveň dochází ke snížení pevnosti na mezi kluzu. Dalo by se usuzovat, že nejvhodnější obsah talku je tedy těsně pod 20 %, nebo naopak těsně nad 30 %. Budeme se přiklánět spíše ke 30 %, protože tím se také sníží cena. Tento poznatek je v souladu s literaturou [10]. Ideální by byl vysoce plněný PP, ale ten by pravděpodobně nesplnil podmínky rázových testů.

V souladu s očekáváním vyplývá z obr. 22, že s obsahem vstřikovacího typu PP (BJ380MO) roste ITT. Za tímto účelem byl sice tento typ PP přidáván, avšak s jeho zastoupením ve směsi značně roste i cena a zároveň výrazněji klesá hodnota pevnosti na mezi kluzu, což využití tohoto materiálu omezuje.

Jako nejvhodnější pro další pokusy byl vybrán vzorek V_{m2} , který obsahuje 50 % hPP, 30 % talku (Luzenac), 19 % cPP, 1% BJ380MO. Tato směs je oproti ostatním vzorkům relativně levná (89 %) a i když její hodnoty pevnosti na mezi kluzu nejsou nejvyšší (34,06 MPa), pro účely této práce jsou dostačující. Index toku taveniny tohoto vzorku je 0,67 g/10min. Tento vzorek byl míchán při teplotě 200 °C, otáčkách 50 ot/min po dobu 15 minut.

Při porovnávání vlivu různých druhů talků (mastků) byly mezi sebou porovnávány 1 druh talku a 3 druhy mastků, které byly vybrány proto, že byly nejlevnější a zároveň kvalitní a byly od dvou různých dodavatelů. Nejvyšší pevnost na mezi kluzu byla naměřena u vzorku V_{t2} , který obsahuje 30 % mastku KT1(viz. tabulka XV). Tato pevnost σ_c je z těchto vzorků sice nejvyšší (22,38 MPa), ale pro naše účely je nízká. Také ITT je pro nás nevyhovující, hodnota 3,9 g/10 minut je pro účely extruze příliš vysoká. Tento

vzorek byl sice zvolen za cenový standard, ale ceny ostatních směsí jsou velmi podobné a tomuto standardu blízké. Také hodnoty pevností σ_c , i když jsou nižší než u vzorku V_{t2} , jsou velmi podobné. Vzorky se výrazně liší jen v hodnotách ITT. Tyto hodnoty jsou oproti předchozímu měření (viz. tabulka XIII) velmi vysoké, což je důsledek toho, že směsi obsahují 40 % vstřikovacího typu PP - BJ380MO.

Z této části měření byla vyhodnocena jako nejvhodnější směs V_{t2} , která obsahuje 15 % hPP, 15 % cPP, 30 % mastku (KT1) a 40 % BJ380MO. Tento vzorek byl míchán při teplotě 200 °C, otáčkách 50 ot/min po dobu 15 minut a dosahuje pevnosti na mezi kluzu 22,38 MPa, index toku taveniny tohoto vzorku je 3,9 g/10 min.

Při porovnání vzorků, u kterých byly při míchání měněny otáčky, bylo zjištěno, že nejvyšší pevnost na mezi kluzu má směs V_{p2} , míchaná při otáčkách 70 ot/min (viz. tabulka XVIII). Tato směs má také nejvyšší ITT. Kupodivu nejnižší hodnoty σ_c bylo dosaženo u vzorku V_{p1} , míchaného při 50 ot/min, a vzorky míchané při 30 ot/min a při 60 ot/min mají hodnoty pevnosti σ_c v intervalu mezi vzorky V_{p2} a V_{p3} .

Ze vzorků, míchaných při různých teplotách (viz. tabulka XIX), má nejvyšší pevnost na mezi kluzu směs V_{p7} ($\sigma_c = 30,82$ MPa), která byla míchána při teplotě 210 °C. Tato směs má také nejvyšší ITT (3,29 g/10 min), který je oproti ostatním vzorkům až dvojnásobný. Směs V_{p5} , připravená při teplotě míchání 190 °C, má ale hodnoty pevnosti na mezi kluzu velice blízké hodnotám u vzorku V_{p7} . Zároveň však drží ITT v hodnotách kolem 1,5 g/10 min, jako je tomu u vzorků ostatních.

Jak vyplývá ze závislosti na obr. 23, při zvyšování otáček ze 30 ot/min dochází nejdříve k poklesu pevnosti σ_c a od 50 ot/min teprve k jejímu narůstání. Tento graf zřejmě neodpovídá skutečnosti, neboť se domnívám, že se vzrůstajícími otáčkami při míchání dochází i k lepší homogenizaci materiálu a pevnost na mezi kluzu by měla s otáčkami vzrůstat. Tato odchylka je zřejmě způsobena nepřesnostmi při stanovování σ_c .

Na obr. 24 je vyjádřena závislost pevnosti na mezi kluzu na teplotě míchání. Z časových a kapacitních důvodů byly vzorky míchány pouze při teplotách 190, 200, 205 a 210 °C. Z tohoto grafu je zřejmé, že hodnoty pevnosti se zvyšující se teplotou vzrůstají. To

je v pořádku pro interval teplot, se kterými bylo pracováno. Jestliže by se teplota míchání zvyšovala nad 220 °C, vzrostlo by výrazně nebezpečí degradace nosiče a tím i značného poklesu mechanických i vzhledových vlastností, viz literatura [1].

Jak vyplývá ze závislostí na obrázcích 25 a 26, hodnoty ITT rostou jak s otáčkami, tak s teplotou míchání.

Co se týká vlivu otáček, byla zvolena jako nejvhodnější pro naše účely směs V_{p2} , která byla míchána za podmínek: $n = 70$ ot/min, $T = 200$ °C, $t = 15$ min. Z měření vlivu teploty při míchání byl zvolen jako nejvhodnější vzorek V_{p5} , který byl připraven při podmínkách míchání: $T = 190$ °C, $n = 50$ ot/min, $t = 15$ min. Tyto směsi mají složení: 20 % BJ380MO, 40 % KT1, 32 % hPP, 8 % cPP.

Z každého měření byl zvolen vzorek, který měl nejlepší vlastnosti. Vzorky byly porovnány mezi sebou, aby byla vybrána jedna směs nejlepších vlastností, viz tabulka XX. Z této tabulky plyne, že vzorek V_{m2} , který byl zvolen za cenový standard, dosahuje nejlepších hodnot pevnosti na mezi kluzu (34,06 MPa). Také jeho ITT (0,67 g/10 min) je pro nás vyhovující. V porovnání s ním by mohl být vhodný i vzorek V_{p5} , který je sice o něco levnější, ale jeho hodnota pevnosti na mezi kluzu (30,04 MPa) je pro účely tohoto výzkumu už na hranici. Jeho index toku (1,56 g/10 min) je také vyšší než u vzorku V_{m2} , a proto i z tohoto hlediska byla směs V_{m2} upřednostněna. Vzorek V_{p2} je stejného složení jako směs V_{p5} a má tedy i stejnou cenu. Je připraven za jiných podmínek míchání, proto má jinou pevnost na mezi kluzu (28,58 MPa) a jiný index toku (2,06 g/10 min). Naprosto nevyhovujícím se stává vzorek V_{t2} , který má oproti ostatním relativně menší pevnost na mezi kluzu (22,38 MPa) a zároveň jeho ITT je značně vysoký (3,9 g/10 min). Tato směs je také nejdražší.

Ze všech provedených měření a porovnání byl jako nejlepší vzorek pro vytlačování trubky složené z PP jako matrice a z talku či mastku jako plniva zvolen (dle tabulky XX) vzorek V_{m2} . Tato výsledná směs obsahuje: 50 % homopolymerního PP (Mosten EH 001), 30 % talku (Luzenac), 19 % kopolymerního PP (Mosten EH 501) a 1 % vstřikovacího typu PP (BJ380MO). Směs byla míchána při teplotě 200 °C, otáčkách 50 ot/min po dobu 15

minut. Pevnost na mezi kluzu tohoto vzorku je 34,06 MPa a index toku taveniny 0,67 g/10 min.

U všech vzorků byl tento provedený výzkum zaměřen na stanovení rozhodujících vlastností, jakými jsou cena, pevnost na mezi kluzu a index toku taveniny. Vzhledem k tomu, že míchání konečné směsi pro účely extruze je záležitostí podniku, který se touto činností zabývá, a ke směsi, která byla vyhodnocena jako nejlepší, může přidávat ještě další příměsi, jako např. nízkomolekulární látky s mazacími účinky (vosky), modifikátory toku, rázové houževnatosti, stabilizátory aj., které mohou ovlivnit morfologii, bylo v této fázi výzkumu rozhodnuto nezabývat se analýzou sledovaných směsí také na bázi mikroskopických snímků. Při dalším studiu, např. ve spolupráci s uvedenou firmou, by toto však už bylo vhodné.

ZÁVĚR

Neustále se zvyšující nároky na výrobky z polymerních materiálů představují rychlý vývoj technologií a s tím souvisejícího výzkumu. Výrobky je zapotřebí neustále zdokonalovat. I v takové aplikaci plastů, jako je výroba potrubí, je nutná neustálá modernizace. Z tohoto předpokladu vychází i téma diplomové práce, která se zabývá základním výzkumem v oblasti plnění polypropylenu talkem či mastkem za účelem zlepšení vlastností konečného výrobku při současném poklesu či alespoň udržení ceny.

Zkušební vzorky byly připraveny mícháním na mikrohnětiči Brabender Plasti – Corder, při různých otáčkách a teplotách míchání a při různém poměru matrice/plnivo. Z takto připravených vzorků byly vylisovány destičky a z nich byly vysekány zkušební tělíška. Na všech vzorcích byla provedena rázová a tahová zkouška, byl stanoven index toku taveniny a byla vypočítána cena. Na základě těchto hodnot a vlastností byla vyhodnocena nejvhodnější směs pro aplikaci v technologických podmínkách Pipelife Czech, s. r. o.

Z naměřených a vypočítaných hodnot byly zjištěny tyto závěry:

- pro úpravu indexu toku taveniny pro účely extruze PP potrubí je třeba přidat do matrice menší množství PP vstřikovacího typu
- nejvhodnější složení matrice při plnění PP talkem či mastkem, v rámci podmínek v diplomové práci, je: 53 % homopolymeru, 14 % kopolymeru a 33 % vstřikovacího typu PP
- nejvhodnější obsah plniva ve směsi je 30 %
- ze tří zkoumaných mastků (KT1, KT5/A a CM3) a z jednoho zkoumaného talku (Luzenac) má nejvhodnější vlastnosti pro aplikaci extruze potrubí právě talek
- u některých plněných vzorků byla naměřená pevnost větší než u samotné matrice
- u většiny vzorků bylo prokázáno, že se zvyšujícím se obsahem plniva ve směsi klesá nejen cena, ale i pevnost na mezi kluzu

- nejvhodnější technologické podmínky pro přípravu směsi jsou: teplota = 200 °C, otáčky = 50 ot/min, doba míchání = 15 min

SEZNAM POUŽITÉ LITERATURY

- 1) Rybníkář, F.: Makromolekulární chemie II, VUT Brno, 1987
- 2) Rothon, R. N., Particulate Fillers for Polymers, Vol. 12, Number 9, 2002
- 3) Meissner, B., Zilvar, V.: Fyzika polymerů. Struktura a vlastnosti materiálů, SNTL, Praha 1987
- 4) Šuba, O.: Dimenzování a navrhování výrobků z plastů, UTB Zlín, 2001
- 5) Bigg, D. M.: Rheological Behavior of Highly Filled polymer melts, Polymer Engineering and Science, 23, 1983, s. 206
- 6) Čaučík, P.: Přísady do plastov, Alfa Bratislava, 1985
- 7) <http://www.luzenac.com/plastics.htm>
- 8) Mondo Minerals, Talc in Plastics, Technical Bulletin 400, 2001
- 9) Mondo Minerals, Nucleating of PP with Talc, Technical Bulletin 453, 2002
- 10) Mondo Minerals, Benefits of Mondo Minerals talc in plastic pipes, Technical Bulletin 410, 2001
- 11) Mañas, M., Helštýn, J.: Výrobní stroje a zařízení, Gumárenské a plastikářské stroje, VUT v Brně, 1990
- 12) <http://www.koltex.cz/indexc2.htm>
- 13) Návod na obsluhu přístroje Brabender Plasti – Corder
- 14) Návod na obsluhu střížného mlýnu SM 100
- 15) Návod na obsluhu přístroje k určování rázové odolnosti Hammel Maskinfabrik A/S
- 16) Návod na obsluhu trhacího stroje MCE 2000
- 17) Návod na obsluhu výtlačného plastometru M 201
- 18) ČSN EN ISO 6259-1: Trubky z termoplastů – Stanovení tahových vlastností – Část 1: Obecná zkušební metoda
- 19) ČSN EN 744: Plastové rozvodné a ochranné potrubní systémy – Trubky z termoplastů – Stanovení rázové odolnosti padajícím závažím po obvodu
- 20) ČSN EN ISO 1133: Plasty – Stanovení hmotnostního (MFR) a objemového (MVR) indexu toku taveniny termoplastů
- 21) ČSN EN 1451-1: Plastové potrubní odpadní systémy (pro nízkou a vysokou teplotu) uvnitř budov – Polypropylen (PP) – Část 1: Požadavky na trubky, tvarovky a systém

- 22) Mleziva, J.: Polymery – výroba, struktura, vlastnosti a použití, Sobotáles Praha, 1993
- 23) Lukovics, I.: konstrukční materiály a technologie, VUT Brno, 1992
- 24) Maňas, M., Vlček, J.: Aplikovaná reologie, UTB Zlín, 2001

SEZNAM POUŽITÝCH SYMBOLŮ A ZKRATEK

Symbol	Jednotka	Význam
T_g	°C	teplota skelného přechodu
T_m	°C	teplota tání
M_w	g/mol	molární hmotnost
E	MPa	modul pružnosti v tahu
σ_c	MPa	pevnost na mezi kluzu
F_c	N	síla na mezi kluzu
A	mm ²	počáteční průřez zkušebního tělesa
ε	%	poměrné prodloužení při přetržení
l	mm	délka zkušebního tělesa při přetržení
l_0	mm	délka zkušebního tělesa
θ	°C	zkušební teplota
m_{nom}	kg	nominální zatížení
m	kg	průměrná hmotnost odřezků
t_{ref}	s	referenční čas
t	s	interval odřezávání
T_k	°C	teplota při míchání
t_k	min	doba míchání
n_k	ot/min	otáčky při míchání
T_l	°C	teplota při lisování
t_{lis}	min	doba lisování
t_{chlaz}	min	doba chlazení
$\bar{\sigma}_c$	MPa	průměrná pevnost na mezi kluzu
ITT	g/10min	index toku taveniny

Zkratka	Význam
PP	polypropylen
cPP	kopolymer polypropylenu
hPP	homopolymer polypropylenu
HDPE	vysokohustotní polyetylen
PVC	polyvinylchlorid
ZN katalyzátory	Ziegler – Nattovy katalyzátory
hm. %	hmotnostní procenta
DSC	diferenciální skenovací kalorimetrie
MFR	hmotnostní index toku taveniny
MVR	objemový index toku taveniny
V_n	označení vzorku při studiu vlivu nosiče
V_r	označení vzorku při studiu vlivu různého množství talku při složení nosiče (cPP + hPP)
V_m	označení vzorku při studiu vlivu různého množství talku při složení nosiče (cPP + hPP + BJ380MO)
V_t	označení vzorku při studiu vlivu různých druhů talků a mastků
V_p	označení vzorku při studiu vlivu podmínek míchání

SEZNAM OBRÁZKŮ

Obr. 1. Závislost relativní viskozity na poměru koncentrace částic plniva k jejich maximální koncentraci.....	11
Obr. 2. Krystalická struktura talku	15
Obr. 3. Makrokrystalický talek.....	15
Obr. 4. Mikrokrystalický talek.....	15
Obr. 5. Vliv přítomnosti talku na modul pružnosti PP	18
Obr. 6. Graf teploty zborcení neplněného PP a PP plněného talkem	18
Obr. 7. Vliv přítomnosti talku na rázovou houževnatost PP	19
Obr. 8. Ovlivnění počáteční teploty krystalizace PP přidáním talku.....	20
Obr. 9. Výsledky kríkové zkoušky PP a směsí PP.....	22
Obr. 10. Výsledky dlouhodobé kríkové zkoušky PP a směsí PP.....	22
Obr. 11. Linka na vytlačování trubek	24
Obr. 12. Mikrohnětič Brabender Plasti - Corder	31
Obr. 13. Střížný mlýn SM 100.....	32
Obr. 14. Ruční laboratorní lis	32
Obr. 15. Trhací stroj MCE 2000	34
Obr. 16. Pevnost na mezi kluzu	37
Obr. 17. Rozměry nárazníků.....	39
Obr. 18. Závislost pevnosti na mezi kluzu na množství talku pro vzorky V_r	50
Obr. 19. Závislost ceny na množství talku pro vzorky V_r	51
Obr. 20. Závislost σ_c na množství talku pro vzorky V_m	52
Obr. 21. Závislost ITT na množství talku pro vzorky V_m	53
Obr. 22. Závislost ITT na množství vstřikovacího typu PP - BJ380MO	53
Obr. 23. Závislost σ_c na otáčkách při míchání.....	57
Obr. 24. Závislost σ_c na teplotě míchání.....	57
Obr. 25. Závislost ITT na otáčkách při míchání.....	58
Obr. 26. Závislost ITT na teplotě míchání.....	58

SEZNAM TABULEK

Tab. I. Typické vlastnosti PP	9
Tab. II. Vlastnosti Finntalku	17
Tab. III. Ovlivnění parametrů krystalizace různým druhem a množstvím minerálů.....	20
Tab. IV. Vlastnosti mastků KT1 a KT5/A [12]	29
Tab. V. Vlastnosti mastku CM3 [12].....	30
Tab. VI. Technická data trhačského stroje MCE 2000 [16]	33
Tab. VII. Rozměry čelní strany nárazníku.....	38
Tab. VIII. Stanovení intervalu odřezávání struny [20].....	42
Tab. IX. Naměřené hodnoty σ_c pro V_n	48
Tab. X. Naměřené hodnoty σ_c pro V_r	49
Tab. XI. Porovnání naměřených vlastností a ceny pro V_r	49
Tab. XII. Naměřené hodnoty σ_c pro V_m	51
Tab. XIII. Porovnání naměřených vlastností a ceny pro V_m	52
Tab. XIV. Naměřené hodnoty σ_c pro V_t	54
Tab. XV. Porovnání naměřených vlastností a ceny pro V_t	54
Tab. XVI. Naměřené hodnoty σ_c pro vzorky míchané při různých otáčkách pro V_p	55
Tab. XVII. Naměřené hodnoty σ_c pro vzorky míchané při různých teplotách pro V_p	55
Tab. XVIII. Porovnání naměřených vlastností a ceny u vzorků míchaných při různých otáčkách pro V_p	56
Tab. XIX. Porovnání naměřených vlastností a ceny u vzorků míchaných při různých teplotách pro V_p	56
Tab. XX. Porovnání naměřených vlastností a ceny nejlepších vzorků	59

SEZNAM PŘÍLOH

P 1: Materiálový list polypropylenu Mosten EH 001.....	74
P 2: Materiálový list polypropylenu Mosten EH 501.....	75
P 3: Materiálový list polypropylenu BJ380MO.....	76
P 4: Materiálový list talku Luzenac E20.....	77
P 5: Typická tahová křivka neplněného PP.....	78
P 6: Typická tahová křivka pro PP plněný 15 % talku.....	79

CHEMOPETROL, a. s. Litvínov	Polypropylen MOSTEN Část 2: Materiálové listy	PND 33-301 SKP 24.16.51
--------------------------------	--	----------------------------

HOMOPOLYMER PRO VYTLAČOVÁNÍ MOSTEN EH 001 MATERIÁLOVÝ LIST PRO ZKUŠEBNÍ VÝROBU			
Charakteristika MOSTEN EH 001 je homopolymer s tepelnou aditivací určený pro vytlačování desek, trubek pro netlakové aplikace, profilů a vázacích pásků. Je vhodný rovněž pro vyfukování nádob.			
Zdravotní nezávadnost MOSTEN EH 001 splňuje požadavky zákona č. 258/2000 Sb., vyhlášky MZ ČR č. 38/2001 Sb. o hygienických požadavcích na výrobky určené pro styk s potravinami a pokrmů a požadavky Směrnice Rady EU 90/128/EEC včetně dodatků (92/39/EEC, 93/9/EEC, 95/3/EC, 96/11/EC, 1999/91/EC, 2001/62/EC, 2002/17/EC) nebo Směrnice Rady 2002/72/EC.			
Poznámka Stupeň hořlavosti C-3 dle ČSN 73 0823 Mezinárodní označení ISO 1873-PP-H, EH, 10-05-003			
<i>Ukazatel jakosti</i>	<i>Jednotka</i>	<i>Hodnoty</i>	<i>Zkušební norma</i>
Index toku taveniny (230/2,16)	g/10 min	0,35 - 0,55	ČSN EN ISO 1133
Obsah těkavých látek	%	max. 0,1	ISO 1296
Obsah nečistot	ks/kg	max. 1	čl. 4.3.1.1
Žlutost přírodního granulátu	standard	max. B	ČSN 64 0532
Napětí na mezi kluzu v tahu	MPa	37	ČSN EN ISO 527-1
Modul pružnosti v ohybu	MPa	1300	ČSN EN ISO 178
Vrubová houževnatost Charpy 23 °C	kJ/m ²	5	ČSN EN ISO 179-1
Teplota měknutí dle Vicata	°C	155	ČSN EN ISO 306
Tvrdost Shore D	-	65	ČSN EN ISO 868

Hodnoty ukazatelů jakosti jsou převzaty z licenčních podkladů. Po experimentálním stanovení vlastností tohoto typu v průběhu zkušební výroby bude výčet ukazatelů jakosti, zkušebních metod a zaručovaných hodnot doplněn a upraven.

CHEMOPETROL, a. s. Litvínov	Polypropylen MOSTEN Část 2: Materiálové listy	PND 33-301 SKP 24.16.51	
BLOKOVÝ KOPOLYMER PRO VYTLAČOVÁNÍ MOSTEN EH 501 MATERIÁLOVÝ LIST PRO ZKUŠEBNÍ VÝROBU			
<i>Charakteristika</i> MOSTEN EH 501 je blokový kopolymer s tepelnou aditivací určený pro vytlačování desek, profilů a trubek pro beztlaké alikace. Typ je vhodný rovněž pro vyfukování lahví a může být použit i pro výrobu různých kompaundů, zejména pro automobilový průmysl.			
<i>Zdravotní nezávadnost</i> MOSTEN EH 501 splňuje požadavky zákona č. 258/2000 Sb., vyhlášky MZ ČR č. 38/2001 Sb. o hygienických požadavcích na výrobky určené pro styk s potravinami a pokrmů a požadavky Směrnice Rady EU 90/128/EEC včetně dodatků (92/39/EEC, 93/9/EEC, 95/3/EC, 96/11/EC, 1999/91/EC, 2001/62/EC, 2002/17/EC) nebo Směrnice Rady 2002/72/EC.			
<i>Poznámka</i> Stupeň hořlavosti C-3 dle ČSN 73 0823 Mezinárodní označení ISO 1873-PP-B,EH,10-35-003			
<i>Ukazatel jakosti</i>	<i>Jednotka</i>	<i>Hodnoty</i>	<i>Zkušební norma</i>
Index toku taveniny (230/2,16)	g/10 min	0,35 - 0,55	ČSN EN ISO 1133
Obsah těkavých látek	%	max. 0,1	ISO 1296
Obsah nečistot	ks/kg	max. 1	čl. 4.3.1.1
Žlutost přírodního granulátu	standard	max. B	ČSN 64 0532
Napětí na mezi kluzu v tahu	MPa	26	ČSN EN ISO 527-1
Modul pružnosti v ohybu	MPa	1000	ČSN EN ISO 178
Vrubová houževnatost Charpy 23 °C -20 °C	kJ/m ²	80	ČSN EN ISO 179-1
		7,5	
Teplota měknutí dle Vicata	°C	148	ČSN EN ISO 306
Tvrdost Shore D		64	ČSN EN ISO 868
Hodnoty ukazatelů jakosti jsou převzaty z licenčních podkladů. Po experimentálním stanovení vlastností tohoto typu v průběhu zkušební výroby bude výčet ukazatelů jakosti, zkušebních metod a zaručovaných hodnot doplněn a upraven.			



Polypropylene
BJ380MO
Polypropylene Heterophasic Copolymer for Injection Moulding

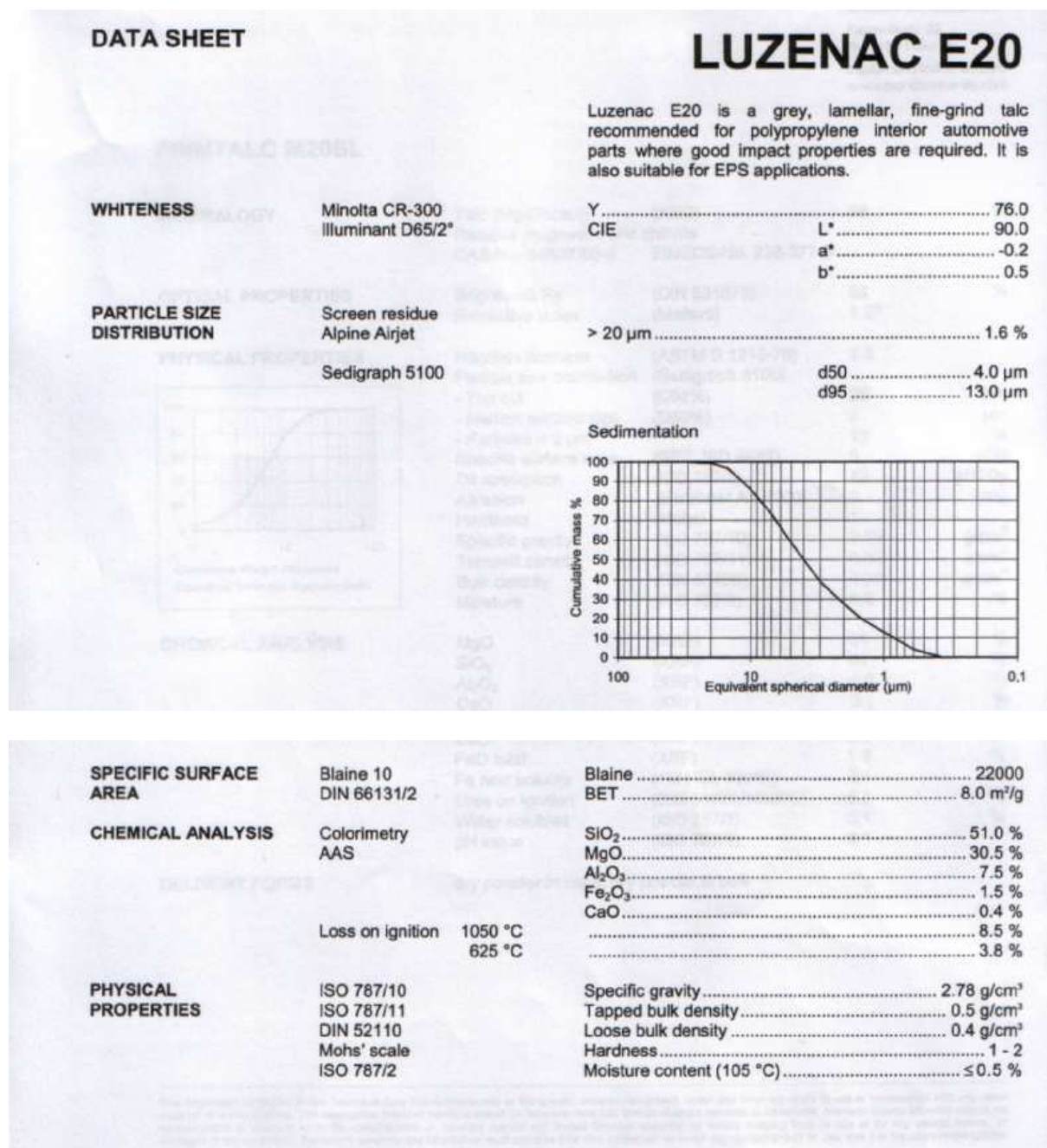
Description
BJ380MO is a very high melt flow heterophasic copolymer (block copolymer) with high strength and stiffness. **BJ380MO** is formulated for high speed injection moulding and contains antistatic and nucleating additives, allowing very fast cycle with even in products with high flow length/thin wall thickness ratios.

BJ380MO is a CR grade with narrow molecular weight distribution (polydispersity). Products moulded from **BJ380MO** show good demoulding properties and combine good low temperature impact properties with good stiffness, good gloss and antistatic properties.

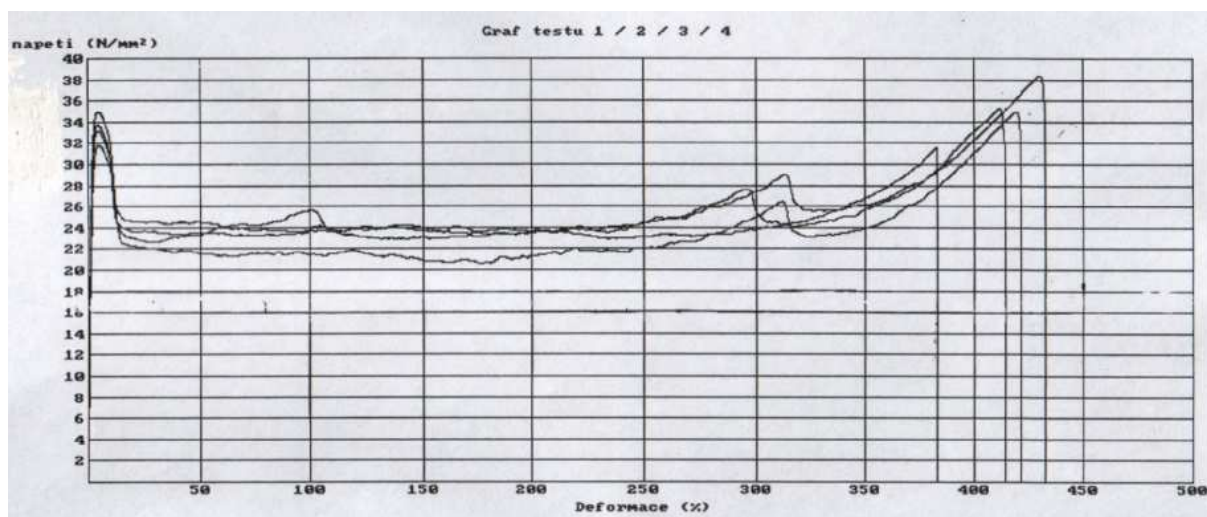
Applications
BJ380MO is a new generation copolymer, ideal for products with long flow lengths and/or complicated geometry. It is specially designed for very fast production of thin wall packaging and houseware containers without warpage or distortion problems.

Example of products successfully injection moulded with **BJ380MO** are:

- Thin wall containers, square containers
- Closures and lids
- Houseware



P 5: Typická tahová křivka neplněného PP



P 6: Typická tahová křivka pro PP plněný 15 % talku

