

HODNOTENIE ZMRŠTENIA MATERIÁLU PLASTU S RÔZNYM OBSAHOM REGRANULÁTU

Ing. Lýdia Sobotová, PhD.

Technická univerzita v Košiciach
Strojnícka fakulta

Katedra technológií a materiálov
Oddelenie informatiky a expertíznej činnosti
Mäsiarska 74, 040 01 Košice
Lydia.Sobotova@tuke.sk

Abstrakt :

The contribution deals with the actual knowledge about plastics, their processing and recycling. The aim of experiments were to evaluate the chosen properties of plastic testing materials and to determine the optimal percentage of volume of regranulate in basic material.

Kľúčové slová: plastics, regranulate, mechanical tests

Úvod

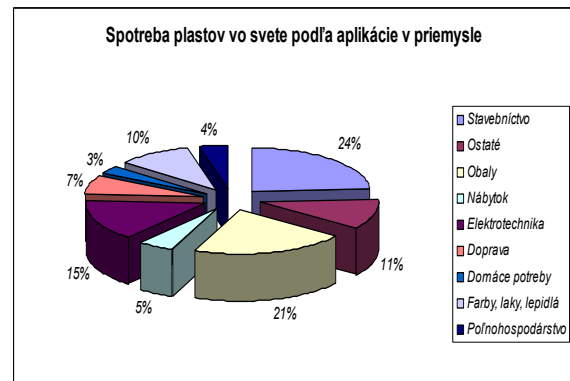
Neustále stúpajúci trend v aplikácii plastov v najrôznejších odvetviach priemyslu so sebou prináša množstvo ekologických problémov, preto ich recyklácia nadobúda čoraz väčší význam. Spomedzi odpadových plastov patrí spracovanie technologického odpadu, vďaka nízkemu stupňu znečistenia, k najmenej problematickým. Avšak, napriek tomu sa dnes ešte stále málo využívajú recyklačné technológie. Pritom z hľadiska návratnosti investícií podniku do recyklačných strojov a zariadení sa javí spracovanie technologického odpadu ako veľmi výhodné.

Predkladaná práca sa zaoberá efektívnou využitím technologického plastového odpadu vo forme regranulátu pridávaného do základného čistého plastového materiálu. Cieľom práce je určiť optimálne množstvo regranulátu, pri ktorom sa zachovávajú alebo dokonca sa môžu zlepšiť sledované vlastnosti plastových výliskov.

Práca vznikla na základe spolupráce s firmou MI Plastik s.r.o., Michalovce, ktorá dodala skúšobné materiály.

Plasty a ich vlastnosti

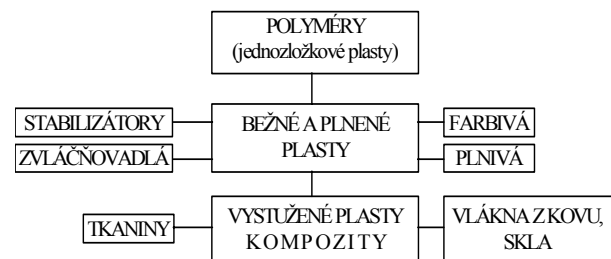
Plasty sú materiály, ktorých podstatu tvoria makromolekulové látky, ktoré možno formovať teplom alebo tlakom, prípadne oboma činiteľmi súčasne do rôznych tvarov a podôb [8]. Veľkou výhodou plastov je ich vysoký pomer pevnosti k hmotnosti, jednoduchosť a ekonomická výhodnosť výroby, pestrý výber farieb a pod. Na obr. 1 je znázornená spotreba plastov vo svete podľa aplikácie v priemysle [2].



Obr. 1 Spotreba plastov vo svete podľa aplikácie v priemysle [2]

Nižšiu pevnosť a tuhosť plastov je možné eliminovať tvorbou kompozitných materiálov, kde maticu tvorí polymér a plnivom môžu byť časticové alebo vláknité vysoko pevné materiály. Na obr. 2 je znázornená schéma plastov a prídavných látok. [1]

V súčasnej dobe existuje veľmi veľa druhov plastov, ktoré sa neustále vyvíjajú a spracovávajú u mnohých výrobcov. Keďže je celosvetový trend nahrádzať mnohé prírodné materiály náhradami z plastu, objavuje sa tu nový fenomén a to ako spracovať alebo využiť použitý plast a odpad vznikajúci pri výrobe plastov.



Obr. 2 Schéma členenia plastov a prídavných látok [1]

Výroba regranulátu

Konečným stupňom prípravného spracovania plastov je granulácia. Touto operáciou sa získava materiál spracovaný na tvar granúl, ktorý je vhodný pre ďalšie spracovanie. Granule možno ľahko a presne dávkovať do spracovateľských strojov. Ich ďalšou výhodou je relatívne veľká sypaná hmotnosť, dobré tokové vlastnosti a možnosť nenáročného zmiešavania s ďalšími materiálmi [2].

Ak sa do tvaru granúl znovu pridá aj vratný odpad, ktorý vzniká v priebehu spracovania, výsledkom je regranulát. Vratný odpad tvorí napr.

okraje a nepodarky z vákuového tvarovania, vtokové zbytky a nepodarky zo vstrekovania [4].

Pri výrobe regranulátu sa technologický odpad vznikajúci pri spracovaní plastov vstrekaním tvorený nepodarkami a vtokovými sústavami rozdrví v mlyne na drvinu. Takto rozomletý plast sa nasype do zásobníka a odtiaľ je privádzaný do odprašovacieho zariadenia. Po odstránení prachových častíc sa buď uskladní alebo putuje priamo do zmiešavacieho zariadenia, kde sa v presnom pomere mieša so základným čistým plastovým materiálom. Zmes regranulátu a základného plastu sa musí ešte nejakú dobu presušiť v sušičke. Takto spracovaný materiál je pripravený na to, aby sa pomocou dávkovacích potrubí prepravil napr. zo sušičky do násypky vstrekovacieho lisu.

Skúšanie materiálov

Skúšanie vlastností plastových materiálov je operácia, ktorá vo vývoji najmä nových materiálov nasleduje bezprostredne po každom technologickom zásahu. Len tak je možné sledovať vplyv jednotlivých prísad, kombinácií, kopolymerizácie a technológie výroby na nový druh materiálu.

V praxi sa delia normy na skúšobné a predmetové. Skúšobné normy popisujú postup merania jednotlivých vlastností, stanovujú požiadavky na skúšobné zariadenie, jeho presnosť, spôsob vyjadrovania výsledkov vrátane prípadného vyjadrenia neistoty, spôsob prípravy skúšobnej vzorky, jeho kondicionovanie, obsah protokolu o skúške a pod. Na druhej strane normy predmetové sú súborom požiadaviek na konkrétny výrobok, jeho konštrukciu, použitie, fyzikálne a mechanické vlastnosti [4].

Všeobecne možno skúšanie plastov rozdeliť do nasledujúcich, vzájomne sa prekrývajúcich oblastí:

- fyzikálne vlastnosti materiálu, ako hustota, optické vlastnosti, dielektrické a izolačné chovanie, merné teplo a vodivosť; sú závislé na vlastnostiach okolitého prostredia a preto sa stanovujú za štandardných podmienok - 23 °C/ 50 % relatívna vlhkosť vzduchu,
- základné a spracovateľské dáta polymérov, stanovené chemickými, fyzikálnymi a praktickými testmi na materiály, údaje zahŕňajú javy ako napr. vytvrdzovanie, dekompozícia,
- vlastnosti závislé na teplote; patrí tu napr. dlhodobé chovanie sa plastov za zvýšenej teploty a vlastnosti týkajúce sa horľavosti plastov,
- chovanie sa pri styku s okolitým prostredím; skúšobné metódy dávajú obvykle iba kvalitatívne výsledky a porovnanie s pôvodným stavom,

- mechanické vlastnosti plastov; sú závislé na napätí, čase a teplote [2].

Vzhľadom na rozsiahlosť problematiky skúšania plastov sú v práci popísané iba skúšky hodnotiace zmrštenie plastových výstrekov.

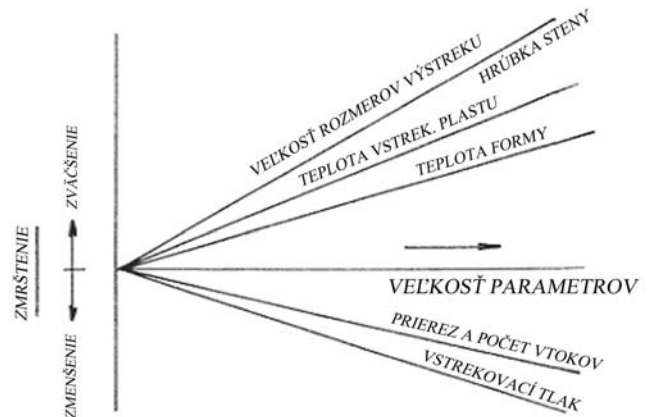
Stanovenie zmrštenia

Veľkosť zmrštenia je daná rozdielom rozmerov zhotovenej dutiny formy a dosiahnutých rozmerov výlisku, pokiaľ sa neuvažujú ďalšie prídavky. Veľkosť je ovplyvnená nielen vlastnosťami plastov, tvarom výlisku a technológiou vstrekovania, ale aj konštrukciou vstrekovacej formy, vtokovej sústavy a teplotou temperácie.

Faktory ovplyvňujúce výrobné zmrštenie:

- Druh plastu,
- Tvar výrobku a hrúbka steny,
- Umiestnenie vtoku na výrobku,
- Technologické podmienky.

Na obr.3 je znázornený vplyv niektorých činiteľov na veľkosť zmrštenia.

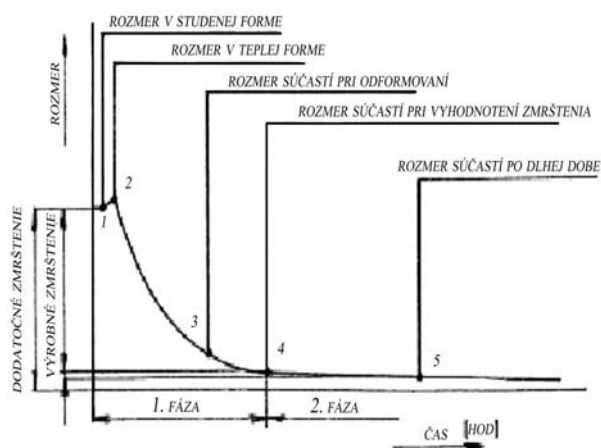


Obr. 3 Vplyv najdôležitejších činiteľov na veľkosť zmrštenia [10]

Veľkosť zmrštenia nemusí byť na výlisku vo všetkých smeroch rovnaká. Vzniknutá štruktúra, asymetrické plnivo (vlákna), smer prúdu taveniny predovšetkým u semikryštalických plastov spôsobujú anizotropiu. Tá býva definovaná ako rozdiel zmrštenia v smere toku taveniny a v smere kolmom na smer toku taveniny. Je vyjadrená v percentách. Pri voľbe miesta ústia vtoku je nutné asymetriu zvažovať.

Pri vyhodnotení je potrebné uviesť si, že zmrštenie sa rozdeľuje do dvoch časových fáz. Prvá fáza je výrobné zmrštenie stanovené 24 hodín po výrobe výlisku. Predstavuje až 90% z jeho hodnoty. Zbytok (druhá fáza) je dodatočné zmrštenie, ktoré prebieha pomerne dlho v závislosti od druhu polyméru (obr. 4).

Dodatočné zmrštenie možno urýchliť temperovaním, prípadne kondicionovaním výstrelu.



Obr. 4 Priebeh zmršťovania výstreku [10]

EXPERIMENTÁLNE OVERENIE

Pre stanovenie zmrštenia bude potrebné realizovať nasledujúci postup:

- kondicionovať základný plast a regranulát podľa odporúčania výrobcu,
- vstrekať skúšobné vzorky pre stanovenie zmrštenia s percentuálnym obsahom regranulátu 0%, 20 %, 40%, 70 % a 100 % podľa STN EN ISO 294-3 (64 0210),
- vykonať skúšku pre stanovenie zmrštenia podľa STN EN ISO 294 – 4 (64 0210), stanoviť výrobné zmrštenie plastových výliskov,
- vyhodnotiť výsledky skúšky pre stanovenie zmrštenia u materiálov s rozličným percentuálnym obsahom regranulátu a vzájomne ich porovnať.

Skúšobný materiál

Základným materiálom použitým na výrobu skúšobných telies bol Valox ® 4631 PBT poskytnutý firmou MI Plastik s r. o., Michalovce. Výrobcom je firma General Electrics Valox ® PBT je polyesterová semikryštalická termoplastická živica. Tento plast sa vyznačuje výbornými mechanickými, tepelnými a elektrickými vlastnosťami s vysokou chemickou odolnosťou a rozmerovou stálosťou. Valox ® 4631 PBT je plnený plast obsahujúci 30 % sklenených vlákien, ktoré zlepšujú jeho mechanické vlastnosti. Oproti neplneným typom zo série Valox ® sa vyznačuje vyššou tuhosťou, tepelnou odolnosťou a odolnosťou proti povrchovému výboju. Je ľahko spracovateľný, obsahuje plnivá na zníženie horľavosti a na zvýšenie odolnosti voči rázu, tab.1.

Tab. 1 Valox ® - mechanické a fyzikálne vlastnosti [9]

Mechanická vlastnosť	Ozn.	Podmienky skúšky	Hodnota	Jednotka
Medza sklzu	σ_y	50mm/min	120	MPa
Medza pevnosti	σ_M	5 mm/min	120	MPa
Pomerné predĺženie	ϵ	50mm/min	Netestované	%
Pomerné predĺženie	ϵ_M	5 mm/min	2	%
Zmrštenie v smere toku taveniny	S_{Mp}	-	0,1 – 0,3	%
Zmrštenie v smere kolmom na smer toku taveniny	S_{Mn}	-	0,4 – 0,7	%

Skúšobné telesá sa vyrábali na Katedre technológií a materiálov Sjf Technickej univerzity v Košiciach na vstrekovacom lise firmy Battenfeld Kunststoffmaschinen Ges.m.b.H A – 2542 Kottlingbrunn/Rakúsko, typ: HM 1000/350, rok výroby 2003, podľa normy STN EN ISO 294-1. Technologické parametre lisu sú uvedené v tab.2. Vyrobili sa skúšobné vzorky s rôznym percentuálnym obsahom regranulátu: 0 % (základný materiál), 20 %, 40 %, 70 % a 100 % (čistý regranulát)

Pred vstrekaním je nevyhnutné kondicionovať granule termoplastického materiálu. Pre Valox ® 4631 PBT výrobca odporúča kondicionovať granule plastu pri teplote 110 – 120 °C po dobu 2 – 4 hodín. Plast bol kondicionovaný v sušiarňi pri teplote 120 °C po dobu 3 hodín.

Skúšobný materiál dodaný od firmy MI Plastik s. r. o. bol poskytnutý zvlášť vo forme granúl základného materiálu a zvlášť vo forme regranulátu, ktorý bolo nutné preosiať pomocou sita, aby sa odstránili prachové častice a prípadné nečistoty spôsobujúce znižovanie kvality materiálu alebo upchávanie násypky vstrekovacieho lisu. Následne sa základný materiál zmiešaval s regranulátom v pomeroch stanovených metodikou experimentu, čím sa získalo 5 rôznych druhov materiálu.

Pre skúšané materiály sa zaviedlo označovanie:

- A - základný materiál Valox ® PBT 4631,
- B – 20 % - ný obsah regranulátu,
- C – 40 % - ný obsah regranulátu,
- D – 70 % - ný obsah regranulátu,
- E – 100 % - ný regranulát.

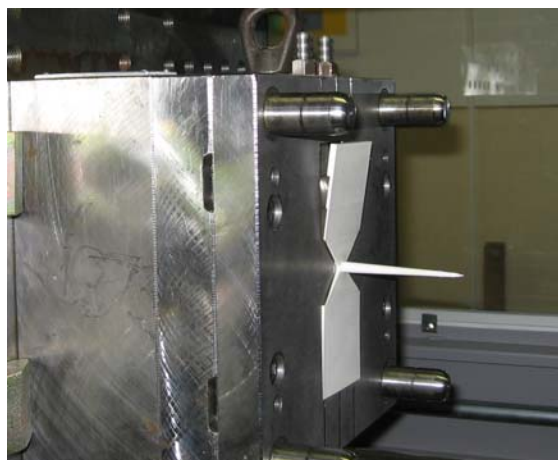
Tab.2 Parametre vstrekovacieho lisu Battenfeld HM 1000/350

Parameter	Hodnota	Jednotka
Hmotnosť	4500	kg
Hydraulický pracovný tlak lisu	240	bar
Menovitý prúd	34	A
Riadiace napätie	240	V
Menovité napätie	230/400	V
Menovitý prúd	100	A

Parametre vstrekovania pre skúšobné telesá na stanovenie zmrštenia:

- teplota taveniny TM: 270 °C,
- teplota formy Tc: 40 °C,
- tlak v tvarovej dutine formy pc: 1100 bar,
- tlak v tvarovej dutine formy pri dotyku pch: 1000 bar,
- dávkovací objem: 23 cm³.

Pri experimentoch sa použila forma na vstrekovanie ISO typu D2, obr. 5, ktorá umožňuje pripraviť telesá tvaru dosky s rozmermi 60 mm x 60 mm x 2 mm, ako sa špecifikujú v ISO 294 – 3 – článok 4.1 [14]. Rozmery tvarovej dutiny formy ISO typu D2 sú uvedené v tab.3.



Obr. 5 Skúšobné teleso s vtokovou sústavou vo forme ISO typu D2

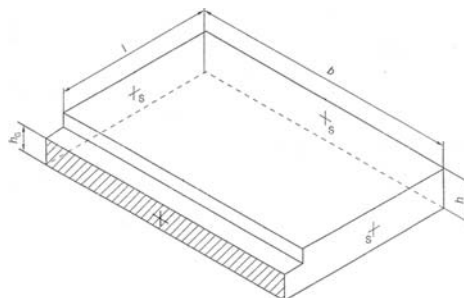
Tab. 3 Rozmery tvarovej dutiny formy ISO typu D2

Rozmer	Hodnota	Jednotka
Dĺžka l_c	60,72	mm
Šírka b_c	60,72	mm
Hrúbka h_c	2,02	mm

Skúšobné telesá

Na stanovenie zmrštenia boli použité vstrekované skúšobné telesá tvaru dosky rozmerov 60 mm x 60 mm x 2 mm. Obr.6.

Skúšobné telesá boli vstrekované podľa ISO 294 – 1. Z každého typu materiálu, t. j. základného plastu s rôznym percentuálnym obsahom regranulátu, bolo vystreknutých po 5 skúšobných telies.



Obr. 6 Perspektívny pohľad na skúšobné teleso v tvare dosky [7]

Stanovenie zmrštenia

Skúška na stanovenie zmrštenia sa vykonávala v súlade s normou ISO 294 – 3, pričom sa vzhľadom na požiadavku dodávateľa materiálu meralo a vyhodnocovalo len výrobné zmrštenie v smere toku taveniny, v smere kolmom na smer toku taveniny a výrobné zmrštenie hrúbky skúšobných telies.

Na meranie skúšobných telies sa používal strmeňový mikrometer Digimatic Mitutoyo s presnosťou 0,001 mm a rozsahom 0 – 50 mm a digitálne posuvné meradlo Digimatic Mitutoyo s absolútnym kódom série 550 - 223 – 10 s presnosťou 0,01mm a rozsahom 0 – 200 mm.

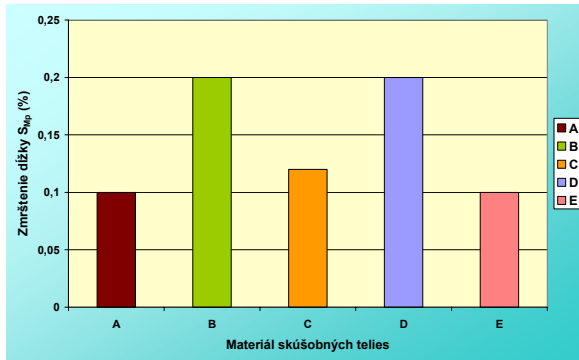
Rozmery skúšobných telies sa merali ihneď po vybratí z formy po 4 hod., 8 hod., 12 hod. a 24 hod. od vstrekovania na základe požiadaviek dodávateľa.

Posuvným meradlom sa pri teplote 23 °C ± 2 °C sa zmerala dĺžka l a šírka b telesa medzi stredmi oboch strán a pomocou mikrometra hrúbka h_1 , h_2 a h_3 na troch ľubovoľných miestach skúšobného telesa, z ktorých sa vypočítala priemerná hrúbka h_a .

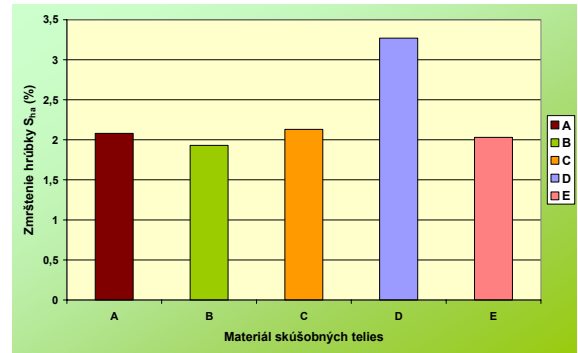
Skúšobné telesá sú počas doby vyhodnocovania zmrštenia boli uložené v štandardnom prostredí, t. j. pri teplote 23 ± 2 °C a relatívnej vlhkosti vzduchu 50 ± 5 %. Pri teplote 23 °C ± 2 °C sa merali rozmery výstrelu i formy bez ohľadu na to, akú prevádzkovú teplotu mala forma pri vlastnom vstrekovaní.

Vyhodnotenie skúšky na stanovenie zmrštenia

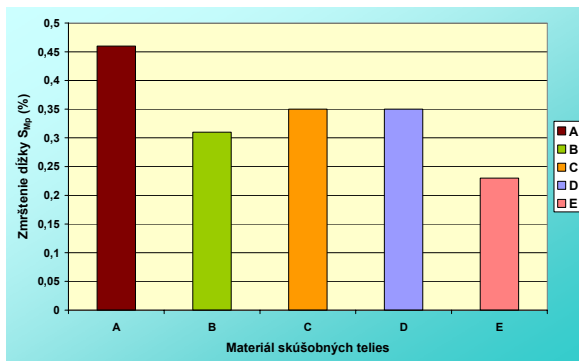
Na obr. 7 až obr. 15 je znázornený vplyv obsahu regranulatu materiálu na zmrštenie plastového výstrelu po vstrekovaní a 24 hod po vstrekovaní.



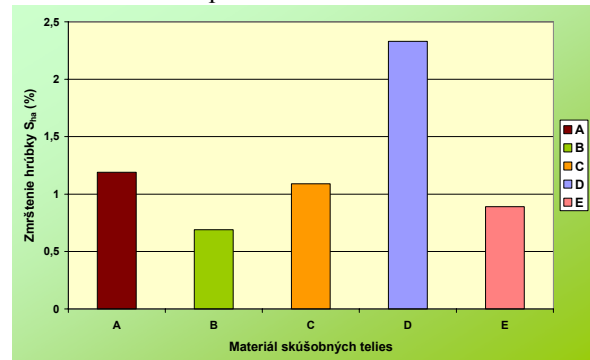
Obr. 7 Zmrštenie dĺžky skúšobných telies po vstrekaní



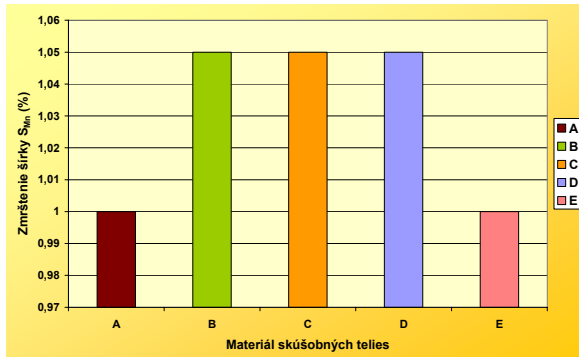
Obr. 11 Zmrštenie hrúbky skúšobných telies po vstrekaní



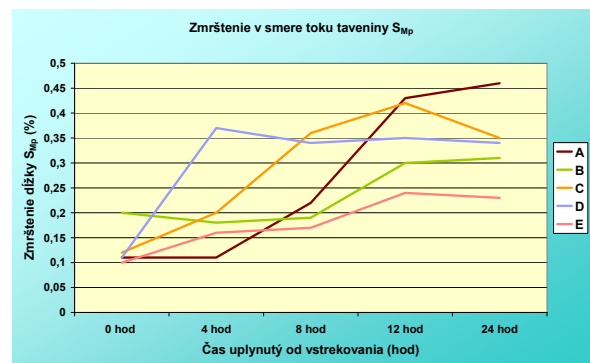
Obr. 8 Zmrštenie dĺžky skúšobných telies 24 hod po vstrekaní



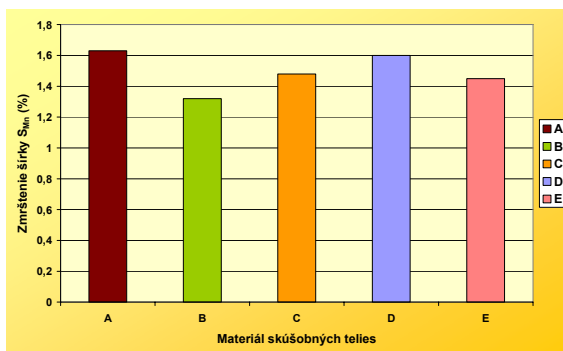
Obr. 12 Zmrštenie šírky skúšobných telies 24 hod po vstrekaní



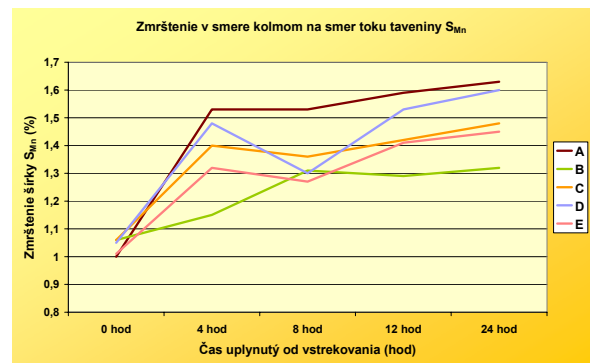
Obr. 9 Zmrštenie šírky skúšobných telies po vstrekaní



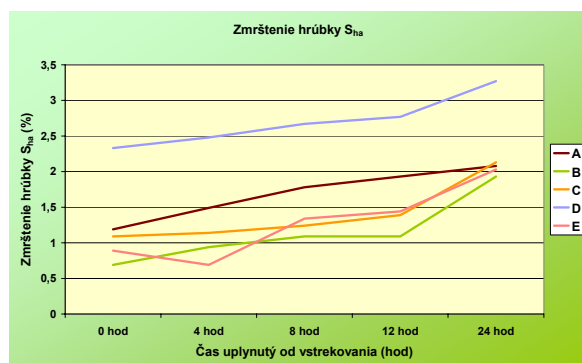
Obr. 13 Vyhodnotenie zmrštenia dĺžky skúšobných telies počas 24 hodín



Obr. 10 Zmrštenie šírky skúšobných telies 24 hod po vstrekaní



Obr. 14 Vyhodnotenie zmrštenia šírky skúšobných telies počas 24 hodín



Obr. 15 Vyhodnotenie zmrštenia hrúbky skúšobných telies počas 24 hodín

ZÁVER

Cieľom príspevku bolo na základe spolupráce a požiadaviek firmy MI Plastik,s.r.o. využiť a vyhodnotiť vplyv regranulátu pridaného do základného plastového materiálu Valox® 4631 PBT na zmeny vlastností plastových výliskov.

Na základe experimentov a to skúšky na stanovenie zmrštenia sa dospelo k nasledujúcim záverom:

- ako najvhodnejší materiál z hľadiska zmrštenia dĺžky, šírky a hrúbky skúšobných telies sa javil 100 % - ný regranulát (E). Z hľadiska praxe je teda najvhodnejšie použiť na výrobu výliskov 100 % - ný regranulát, čím možno jednak výhodne zužitkovať všetok odpadový plast a podnik ušetrí náklady na stroje a energiu potrebnú pre presné primiešavanie regranulátu do základného materiálu.
- najväčšie hodnoty zmrštenia vykazoval základný materiál (A), čo je ovplyvnené množstvom, dĺžkou a umiestnením sklenných vlákien v plaste,
- pridávaním 20,40,a 70 % regranulátu do základného materiálu sa hodnoty zmrštenia v porovnaní so základným materiálom znižovali, pričom najmenej vhodný typ spomedzi zmiešaných materiálov bol materiál so 70 % - ným obsahom regranulátu (D).

Pre využitie a potvrdenie daných výsledkov v praxi by bolo potrebné vykonať ďalšie skúšky na stanovenie zmrštenia na konkrétnych výliskoch a zistiť, koľkonásobne by bolo možné regranulovaný materiál opätovne použiť, aby sa vlastnosti materiálu – plasty, v našom prípade hodnoty zmrštenia výrazne nezhoršili.

LITERATÚRA

- [1] HIDVÉGHY, J – DUSZA, J.: Nekomové konštrukčné materiály, časť - Plasty. Košice: Technická univerzita, Hutnícka fakulta, 1998
- [2] SOVA, M. – KREBS, J. – BOBČÍK, L.: Termoplasty v praxi, 1.5 [počítačový program]. Praha: Verlag Das Höfer nakladateľstvo s. r. o., 2004. Dostupné na internete: <www.dashofer.cz>.
- [3] GENERAL ELECTRIC. Valox® profile [online].
- [4] General Electric: GE Plastics, 2001 [cit 2007-03-14] Dostupné na internete: <http://www.daire.it/pdf/Valoxbrochure.pdf>.
- [5] GENERAL ELECTRIC. Company information [online]. Aktualizované 2007-04-01 [cit 2007-04-01]. Dostupné na internete: <http://www.ge.com/en/companyinfo/index.htm>.
- [6] STN EN ISO 294 – 1. Plasty. Vstrekovanie skúšobných telies z termoplastických materiálov. Časť 4: Všeobecné princípy a vstrekovanie viacúčelových a tyčinkových skúšobných telies (64 0210). Bratislava: Slovenský ústav technickej normalizácie, 1996.
- [7] STN EN ISO 294 – 4: 2001. Plasty. Vstrekovanie skúšobných telies z termoplastických materiálov. Stanovenie zmrštenia. Bratislava: Slovenský ústav technickej normalizácie, 2004.
- [8] STN 64 00 01: Plastikárske a gumárske názvoslovie. Bratislava: Slovenský ústav technickej normalizácie, 1995
- [9] HOWARD, D.: Modern plastics. 2nd edition. Bridgeport, Ct.: STMN, 2005
- [10] KRULIŠ, Z. et al : Termoplasty v praxi, Verlag Dashöfer 2 002, Praha

Príspevok bol spracovaný v rámci riešenia grantového projektu VEGA č. 1/4166/07.