

Vliv teploty formy na vlastnosti vzorků z polyethylenu

Filip Jeník

ČVUT v Praze, Fakulta strojní, Ústav materiálového inženýrství, Karlovo nám.13, 121 35 Praha 2, Česká republika

Abstrakt

Teplota formy má zásadní vliv na finální vlastnosti vstříkovaného výrobku z termoplastu. Její nastavení ovlivňuje mnohé: krystalinitu, tuhost, výsledný vzhled vylisku a další. Správné nastavení podmínek vstříkovacího procesu, tedy i správná teplota formy by měl být cíl všech výrobců. Tato práce hodnotí mechanické, vzhledové a fyzikální vlastnosti zkušebních těles pro zkoušku tahem z polyethylenu. Vzorky byly vstříkovány do formy, kdy tato forma byla temperována na tři různé teploty.

Klíčová slova: teplota formy; hustota; mez pevnosti; homogenita materiálu

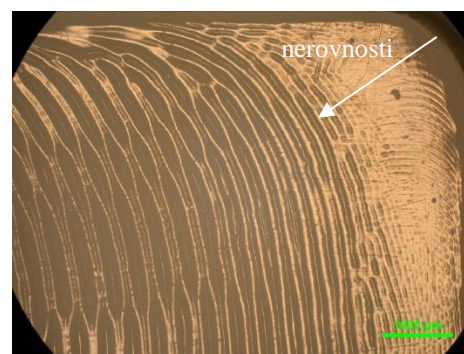
1. Úvod

Teplota formy má dle [1] zásadní vliv jak na technologické podmínky samotného procesu vstříkování, tak na konečný výrobek. Například má vliv na výrobní a dodatečné smrštění, krystalinitu, homogenitu struktury, tuhost, povrchovou tvrdost, kluzné vlastnosti, rozměrovou stabilitu. V této práci je pozornost věnována vizuálním, fyzikálním a mechanickým vlastnostem vzorků z termoplastického semikrystalického polyethylenu.

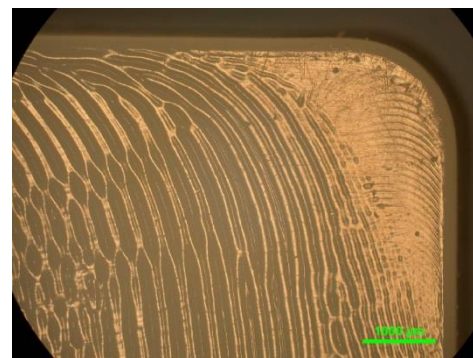
Vzorky byly vyrobeny z polyethylenu s označením LITEN PE MB 61, výrobce-UNIPETROL na vstříkovacím lisu značky Arburg při různých teplotách formy. Ta byla nastavena na 46°C, 60°C a 80°C. Vzorky byly vystříknuty ve tvaru těles pro zkoušku tahem [2]. Tato tělesa umožnila nejen provést zkoušku tahem a zkoumat povrch vzorku, ale také přípravu mikrotomových fólií a proměření hustoty.

2. Vizuální hodnocení

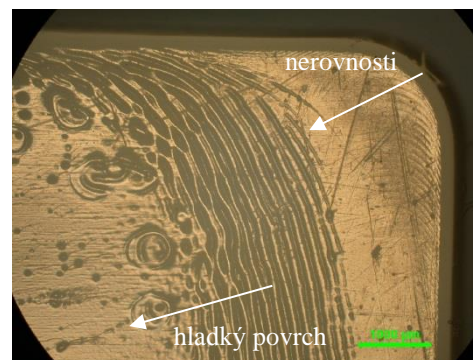
Vzorky byly nejdříve podrobeny pohledovému zkoumání. Jen pomocí zraku byly zjištěny rozdíly v kvalitě povrchu. Výstřiky, které byly zhotoveny ve formě o nižší teplotě, vykazovaly větší nerovnoměrnosti a nehomogenitu povrchu. Toto zjištění potvrdilo pozorování pomocí světelného polarizačního mikroskopu Nikon Eclipse 600ME v odraženém světle. Pozorování bylo zaměřeno na konce těles, které leží nejdále od vstřiku do formy. Přiložené obr. 1. - 3. dokumentují zřetelné vyhlazování povrchu se vzrůstající teplotou formy.



Obr. 1 Povrch vzorku při teplotě formy 46°C



Obr. 2 Povrch vzorku při teplotě formy 60°C

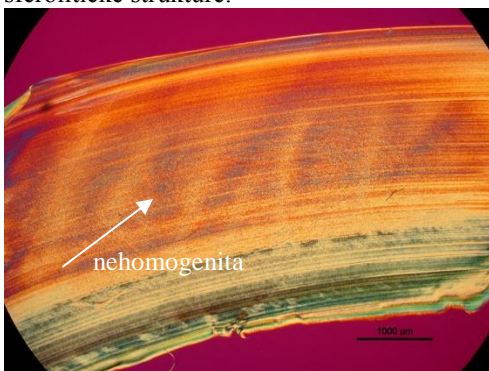


Obr. 3 Povrch vzorku při teplotě formy 80°C

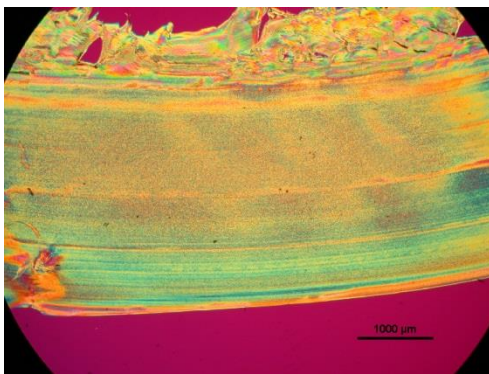
* Kontakt na autora: filip.jenik@fs.cvut.cz

3. Homogenita struktury

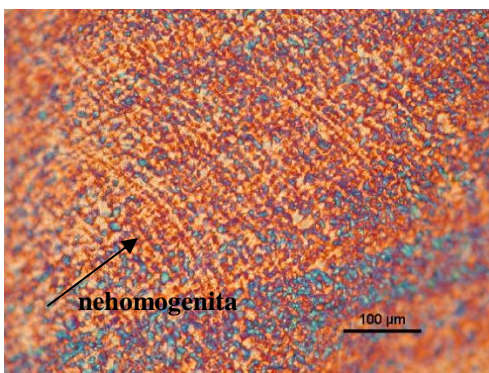
Pro hodnocení strukturní homogenity vstříkovaných vzorků bylo využito polarizovaného průchozího světelného paprsku mikroskopu Nikon Eclipse 600ME. Byly zhotoveny mikrotomové fólie o tloušťce přibližně 10 μm . Fólie byly odebírány z části vzorku orientované blíže k vtoku do formy. Fólie odebrané na vzorcích připravených při nižší teplotě formy vykazovaly větší nehomogenitu, než fólie získané ze vzorků vstříkovaných za vyšší teploty formy. Na obr. 4 je zřetelně patrná nehomogenita materiálu ve středové části, zatímco na obr. 5 lze nehomogenitu pozorovat jen obtížně. Fotografie na obr. 6 byla pořízena při pozorování stejné fólie jako na obr. 4, za použití většího zvětšení. Zachycuje detail nehomogenity ve sférolitické struktuře.



Obr. 4 Struktura vzorku při teplotě formy 46°C



Obr. 5 Struktura vzorku při teplotě formy 80°C



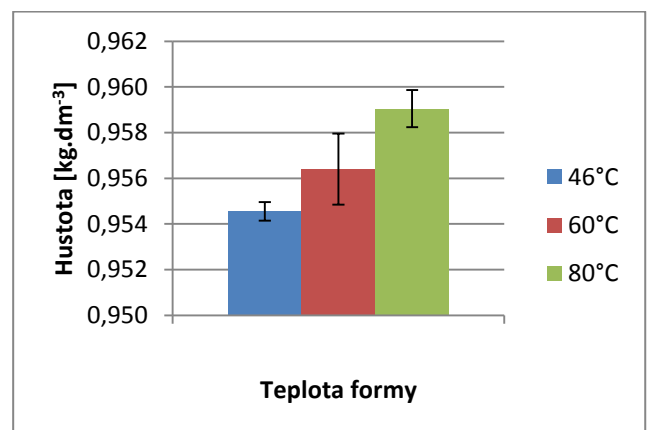
Obr. 6 Struktura vzorku při teplotě formy 46°C

4. Měření hustoty

Měření hustoty bylo realizováno pomocí přístroje ELECTRONIC DENSIMETER SD-200 na vzorcích odebraných ze zkušebních těles [2]. Hodnoty z měření byly zprůměrovány a byla vypočtena směrodatná odchylka, viz Tabulka 1. Uvedená data naznačují obr. 7, že s rostoucí teplotou formy roste i hustota materiálu. Tento jev je pravděpodobně způsoben větším podílem krystalické (uspořádané) hmoty ve vzorku vstříknutém do teplejší formy, než vzorku připraveném v chladnější formě. Tam je totiž rychlost ochlazování vzorku větší, krystalizace může proběhnout v kratším časovém intervalu a vzniklá struktura obsahuje menší podíl krystalické fáze, což se projevuje menší hustotou.

Tabulka. 1 Tabulka hodnot měření hustoty

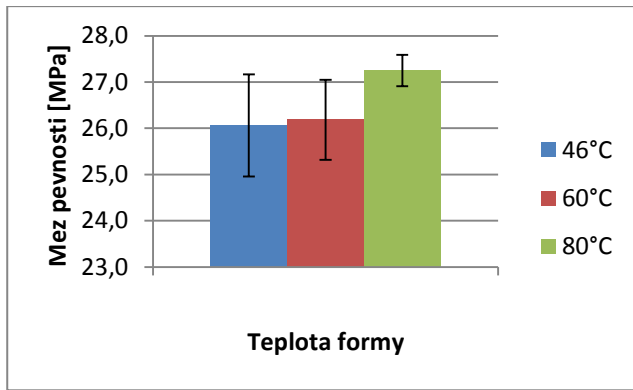
Teplota formy [°C]	ρ [$\text{kg}\cdot\text{m}^{-3}$]
46	954,0 \pm 0,41
60	956,4 \pm 1,56
80	959,1 \pm 0,81



Obr. 7 Graf závislosti hustoty na teplotě formy

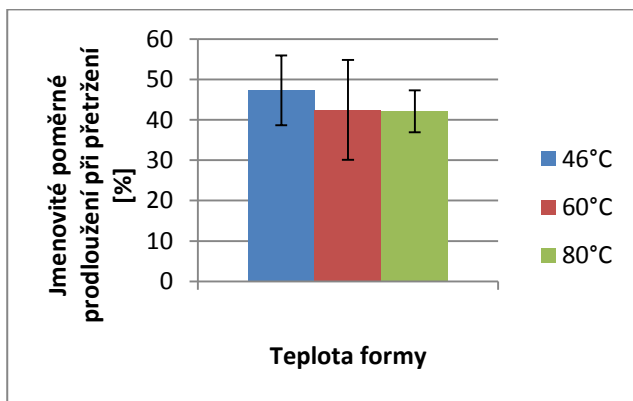
5. Mechanické zkoušky

Stanovení tahových vlastností bylo prováděno dle normy [2] na stroji ZD 10. Před zkouškou byly pomocí posuvného měřítka zjištěny rozměry vzorků. Tyto byly ve všech případech stejné, šířka vzorku byla 9,9 mm a tloušťka 4,0mm. Byla zvolena konstantní rychlost polohování $v = 100 \text{ mm}\cdot\text{min}^{-1}$. Zkouška byla aplikována na pět zkušebních vzorků pro každou teplotu formy. Byla zjišťována mez pevnosti v tahu. Její průměrná hodnota včetně vyznačené směrodatné odchylky je zanesena na obr. 8. Z těchto dat je patrná tendence rostoucí meze pevnosti se zvyšující se teplotou formy. S rostoucí teplotou formy také klesá rozptyl hodnot, což naznačuje jistou záruku stálosti kvality výrobků.



Obr. 8 Graf závislosti meze pevnosti σ_b na teplotě formy

Druhou zjišťovanou mechanickou vlastností bylo jmenovité poměrné prodloužení při přetržení. Výsledky měření jsou na obr. 9. Zde je patrný s rostoucí teplotou formy pokles sledované veličiny, avšak rozptýl hodnot u vyšších teplot formy klesá. Potvrzuje tedy teorii o větší stálosti vlastností jednotlivých vstříkovaných vzorků připravovaných při větších teplotách formy.



Obr. 9 Graf závislosti jmenovitého prodloužení při přetržení ε_{tb} na teplotě formy

6. Závěr

Cílem práce bylo porovnání vlastností stejného výrobku ze stejného materiálu vyráběných za stejných technologických podmínek. Měnila se pouze teplota formy. Jak se ukázalo, technologický parametr jakým je teplota stěny formy má výrazný vliv na kvalitu povrchu a homogenitu materiálu, zaznamenaný vliv na hustotu materiálu (indikující možnou změnu krystalinity). Byl zaznamenán měřitelný rozdíl v pevnosti materiálu. Vliv teploty formy se též projevil na reprodukovatelnost zjišťovaných hodnot pro danou sérii výrobků. Ukázalo se, že vzorky vyrobené ve formě za nižších teplot mají tendenci k větším odchylkám měřených hodnot. Jednoznačně horší jsou tyto vzorky v kvalitě povrchu.

Při vstříkování plastů je třeba i s tímto možná na první pohled ne tak důležitým parametrem pracovat obezřetně. Nastavovat a odlaďovat s pečlivostí a se zpětnou vazbou na kvalitu výsledných produktů.

Poděkování

Za laskavé vyhotovení vzorků použitých v této práci děkuji ing. Janu Skočilasovi, Ph.D.

Za cenné rady a pomoc při měření ing. Zdeňce Jeníkové, Ph.D.

Výsledky tohoto projektu LO1207 byly získány za finančního příspěví Ministerstva školství, mládeže a tělovýchovy v rámci účelové podpory programu „Národní program udržitelnosti I“

Literatura

- [1] Zeman, Lubomír. Vstříkování plastů: úvod do vstříkování plastů. Praha: BEN - technická literatura, 2009.
- [2] ČSN EN ISO 11357-1 PLASTY-Stanovení tahových vlastností-Část 1: Obecné principy 2012

