

文章编号:1671-6833(2007)02-0001-04

纳米尼龙6注塑熔接线拉伸性能的研究

申长雨, 刘娜, 张滢

(郑州大学 橡塑模具国家工程研究中心, 河南 郑州 450002)

摘 要: 针对纳米尼龙6, 研究了熔体温度、模具温度、保压压力和注射速度等工艺因素对具有熔接线和无熔接线注塑件拉伸强度的影响. 研究表明: 具有熔接线纳米尼龙6注塑件的拉伸强度明显低于纯尼龙6和无熔接线纳米尼龙6注塑件的拉伸强度. 随着熔体温度、模具温度、保压压力和注射速度的增大, 纳米尼龙6注塑件的拉伸强度都随之提高; 在所选择的工艺因素中, 保压压力对注塑件熔接线拉伸强度影响最大.

关键词: 熔接线; 纳米尼龙6; 拉伸强度

中图分类号: TQ 324.9 **文献标识码:** A

0 引言

在注射成型过程中, 采用多浇口或当型腔中存在孔洞、嵌件以及制件厚度尺寸变化较大时, 塑料熔体在模具内会发生两个方向以上的流动, 当两股熔体相遇时, 就会在制品中形成熔接线. 熔接线的存在不仅影响制品的外观质量, 而且对制件的力学性能(强度和刚度)影响很大, 特别是对多相材料如纤维增强塑料、纳米塑料等的影响更为明显.

熔接线影响区的性质主要由熔体流动前沿的流变状态和分子聚集态结构决定, 凡影响分子链缠结、结晶取向和分子热作用的因素都会影响熔接线的强度. 这些因素都和熔接线形成过程中的分子活性有关, 依赖于材料特征和工艺条件. 其中成型工艺条件对熔接线的性能影响极大, 在不同的工艺条件下, 熔接线影响区的强度可以是原始材料强度的10%~90%. 因此, 近些年来, 对塑料制件熔接线的分析得到了普遍的关注, 这一方面是由于大型复杂制件的逐渐增多, 另一方面是人们对制品的外观和内在性能要求越来越高, 如何提高制品熔接线区域的性能成为研究的重点^[1-2].

纳米塑料是指无机填料以纳米尺寸分散在有机聚合物基体中形成的有机/无机纳米复合材料.

在纳米复合材料中, 分散相的尺寸至少在一维方向上小于100 nm^[3-4]. 本文作者使用的纳米尼龙6塑料是由纳米蒙脱土片层(厚度方向上小于100 nm)分散在尼龙6基体中形成的.

近年来, 纳米塑料以其优异的力学性能、高阻隔性、自熄性及优良的加工性能等吸引了越来越多的关注. 但是多数的研究重点集中在纳米塑料的制备上, 而对纳米塑料注塑成型方面研究较少, 尤其对纳米塑料注塑件熔接线缺乏系统的研究. 因此, 本文作者针对纳米尼龙6研究熔体温度、模具温度、保压压力和注射速度等工艺条件对注塑件熔接线拉伸强度的影响.

1 实验部分

1.1 主要原料

纯尼龙6(PA6), 广州新会德华有限公司; 纳米尼龙6(NPA6, 含3%纳米蒙脱土), 中科院北京化学研究所.

1.2 主要设备

注塑机, CJ80-E, 震德塑料机械有限公司;
电子万能材料试验机, Instron 5585, Instron公司;

扫描电子显微镜(Scanning Electron Microscope), Philips-quanta-2000型, Philips公司.

收稿日期:2007-01-05; 修订日期:2007-03-20

基金项目:国家自然科学基金重大项目(10590350)

作者简介:申长雨(1963-), 男, 河南南阳人, 郑州大学教授, 博士, 博士生导师, 主要从事高分子材料成型模拟方面的研究.

1.3 试样的制备

将纯尼龙 6 在 90 ℃ 下于热风干燥机中干燥 16 h, 将纳米尼龙 6 在 60 ℃ 下干燥 12 h, 干燥完成后, 两种材料的含水率都低于 0.02%。然后利用 CJ80-E 注塑机注射成 ASTM-D638 标准的哑铃型试样, 如图 1 所示, 实验模具图见图 2。

注射成型条件见表 1, 在改变某一注射条件时, 保持其他条件为正常注射条件不变。

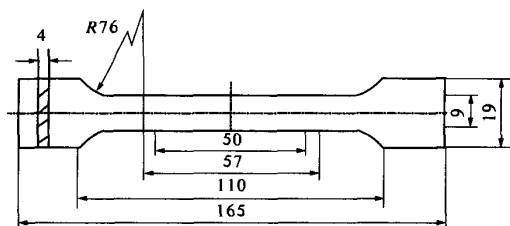


图 1 试样尺寸

Fig. 1 Specimen size

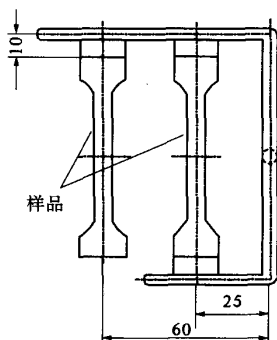


图 2 实验模具图

Fig. 2 The schematic plot mold

表 1 注射成型条件

Tab. 1 Molding condition of parts

注射条件	熔体温度 /℃	模具温度 /℃	保压压力 /MPa	注射速度 /%
正常条件	245	60	15	50
较低	230	40	10	35
较高	260	80	20	65

说明: 熔体注射速度是注塑机最高速度的百分率。

1.4 测试方法

拉伸实验: 在 Instron 5585 落地型全数字化控制电子万能材料试验机上进行, 实验时的拉伸速度为 50 mm/min, 在每一个工况下拉伸 5 个试样, 取其平均值。

2 结果与分析

2.1 注塑工艺条件对熔接线性能的影响

2.1.1 熔体温度

图 3 是不同熔体温度下具有熔接线和无熔接线试样拉伸强度的变化趋势。从图示的数据可以看出, 纳米尼龙 6 和纯尼龙 6 有/无熔接线试样的拉伸强度都随熔体温度的升高而增大。

由于较高的熔体温度能促进纳米蒙脱土片层在尼龙 6 中的进一步分散, 使得无熔接线纳米尼龙 6 试样的拉伸强度较高。

对于有熔接线试样, 熔体温度的升高可以降低熔体黏度, 增强分子链热运动能力, 使熔体进入型腔后仍具有较高温度和较强活动能力, 有利于熔体前沿汇合时的熔合、熔接区分子链的扩散和缠结, 从而使熔接线强度得到提高。

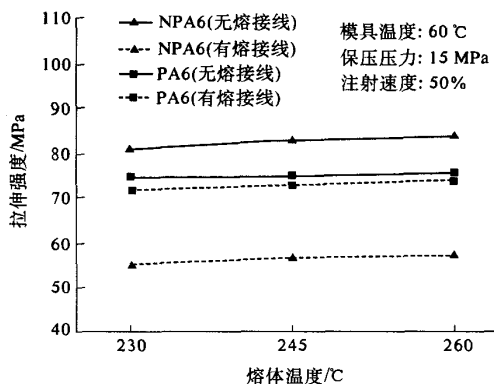


图 3 拉伸强度随熔体温度的变化趋势

Fig. 3 Variations of tensile strength with different melt temperature for non-weld line and weld line parts

2.1.2 模具温度

图 4 是不同模具温度下具有熔接线和无熔接线试样拉伸强度的变化趋势。可以看出有/无熔接线注塑件的拉伸强度都随模具温度的升高而增大。

对于无熔接线试样, 高的模具温度将降低冷却速率, 使结晶时间延长, 试样结晶充分, 结晶度提高。由于结晶作用使大分子链排列整齐, 分子间作用力增强, 因而使试样拉伸强度得到提高。

对于有熔接线试样, 提高模具温度可以使熔体进入型腔后冷却速率变慢, 使熔体分子保持较强活动能力的时间增长, 有利于熔接区分子链的扩散和缠结, 改善熔接线强度。同时熔体缓慢冷却又使熔接线处于取向应力状态下的分子链有较长的松弛时间, 使得熔接线强度得到提高^[5]。

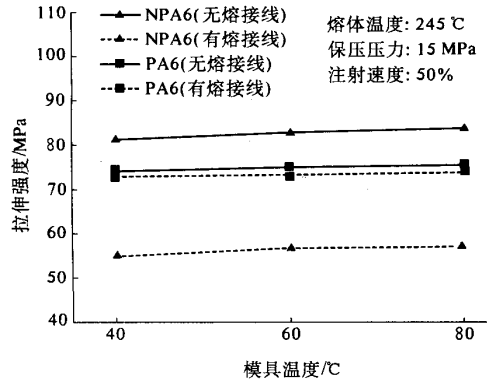


图 4 试样拉伸强度随模具温度的变化趋势
Fig. 4 Variations of tensile strength with different mold temperature for non-weld line and weld line parts

2.1.3 保压压力

不同保压压力下具有熔接线和无熔接线试样拉伸强度的变化趋势如图 5 所示. 从图示的数据可以看出, 纳米尼龙 6 和纯尼龙 6 有/无熔接线试样的拉伸强度都随保压压力的增大而增大. 这是由于提高保压压力, 有助于增加熔接线处密度, 使熔接线强度得到提高; 对于无熔接线制件, 保压压力的提高使分子链之间的自由体积减小, 分子链的缠绕程度增加, 使得试样的拉伸强度得到提高.

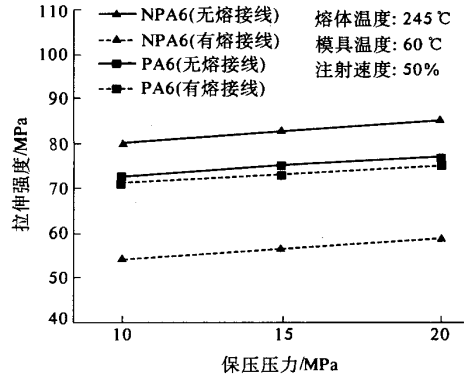


图 5 试样拉伸强度随保压压力的变化趋势
Fig. 5 Variations of tensile strength with different packing pressure for non-weld line and weld line parts

2.1.4 注射速度

从图 6 可以看出, 有/无熔接线注塑件的拉伸强度都随注射速度的增大而增大. 对于有熔接线的制件, 高的注射速度将减少熔体前沿汇合前的流动时间, 热耗散减少, 并加强剪切生热, 使熔体温度回升, 从而提高了熔接线强度. 对于无熔接线制件, 注射速度的增大会使分子链沿流动方向的

取向程度增大, 从而使试样的拉伸强度提高.

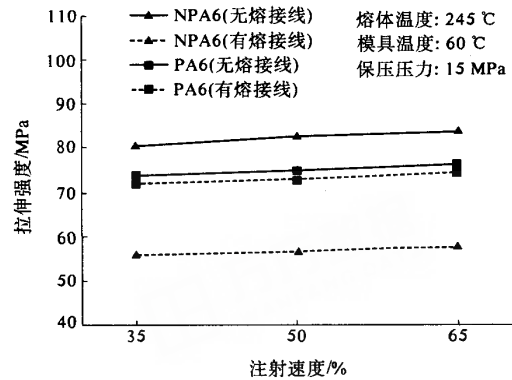


图 6 试样拉伸强度随注射速度的变化趋势
Fig. 6 Variations of tensile strength with different injection speed for non-weld line and weld line parts

2.2 熔接线

从图 3 ~ 6 可以看出纯尼龙 6 注塑件的拉伸强度几乎不受熔接线的影响, 而纳米尼龙 6 注塑件的拉伸强度受熔接线的影响很大. 这是由于一方面纳米蒙脱土片层在熔接线处沿平行于熔接线方向 (即垂直于流动方向) 的取向效应^[6], 使得在熔接线处纳米蒙脱土片层不仅未起到增强作用反而由于体积效应使尼龙 6 在熔接线处相互熔合的分子数量减小; 另一方面纳米蒙脱土片层的存在会使熔融尼龙 6 的黏度增大, 使尼龙 6 分子链活动性减小, 不仅妨碍分子链在熔接线处的充分熔合, 也妨碍了处于取向应力状态下尼龙 6 分子链的松弛, 使松弛变慢, 在充满型腔至模具打开这段时间妨碍了熔接区尼龙 6 分子链的互相扩散和缠结^[7].

从图 7 中可以看出, 有熔接线纳米尼龙 6 试件的韧性较差, 这是由于在非熔接线区域大部分纳米蒙脱土片层的取向平行于流动方向即垂直熔接线方向造成的^[8].

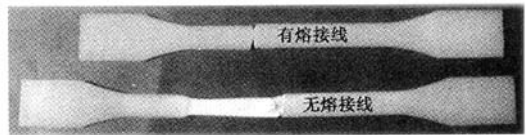


图 7 拉伸实验后的纳米尼龙 6 试样
Fig. 7 Tensile test specimen image of Nylon 6 nanocomposites for non-weld line and weld line parts

正常注射条件下注射成型的试样在扫描电镜下的断面形貌图如图 8 所示. 从图中可以明显看

出具有熔接线的纳米尼龙 6 试样的断面形貌比其他 3 种试样的断面形貌平整、光滑,这说明纯尼龙 6 熔接线熔合较纳米尼龙 6 好。

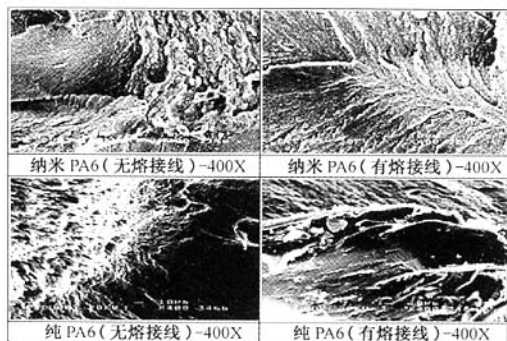


图 8 扫描电镜下纳米尼龙 6 和纯尼龙 6 试样的断面

Fig. 8 SEM micrographs of Nylon 6 nanocomposites (NPA6) and Nylon 6 (PA6)

3 结论

作者研究了注塑成型工艺因素对纳米尼龙 6 有熔接线和无熔接线试样拉伸强度的影响,考察的工艺因素为熔体温度、模具温度、注射速度和保压压力。同时对纯尼龙 6 有熔接线和无熔接线试样的拉伸强度与纳米尼龙 6 进行了对比。研究发现:随着各工艺因素的增大,纳米尼龙 6 的拉伸强度也逐渐增大。在所选择的工艺因素中,保压压力对注塑件熔接线的拉伸强度影响最大。然而具有

熔接线的纳米尼龙 6 的拉伸强度明显低于具有熔接线的纯尼龙 6 试样的拉伸强度。也就是说,熔接线对注塑成型纳米塑料是一个致命的缺陷,在注塑成型过程中应该尽量避免熔接线的出现。

参考文献:

- [1] 杨 扬,董斌斌. 成型温度对纤维增强注塑熔接线拉伸性能的影响[J]. 郑州大学学报(工学版), 2004, 25(1): 102 - 104.
- [2] 肖长江,刘春太. 注塑件熔接痕的形成、性能和预测[J]. 工程塑料应用, 2003, 31(3): 17.
- [3] 黄 锐,王 旭. 纳米塑料[M]. 北京:中国轻工业出版社, 2002: 10 - 11.
- [4] 焦宁宁. 插层复合纳米塑料研究进展[J]. 上海化工, 2001, 26(16): 22 - 25.
- [5] 杨凤霞,王爱荣. 热塑性塑料注塑件熔接缝影响因素分析[J]. 塑料工业, 2005, 33(4): 34 - 36.
- [6] TUNG J, SIMON G P, EDWARD G H. The effect of processing factors on weld lines in injection moulded nylon 6 nanocomposites[J]. ANTEC, 2004, 10: 723 - 727.
- [7] 杨凤霞,郝海玲,游红伟,等. 材料性质对注塑件熔接痕处外观及性能的影响[J]. 工程塑料应用, 2006, 34(7): 40 - 43.
- [8] GENNARO A. Glass reinforced polyamide injection moulded: fiber orientation effects on properties[J]. Plastics and Rubber Processing and Application, 1998, 9(4): 241 - 250.

Study on the Weld Line Strength of Injection Molded Nylon 6 Nanocomposites

SHEN Chang - yu, LIU Na, ZHANG Yan

(National Engineering Research Center for Advanced Polymer Processing Technology, Zhengzhou University, Zhengzhou 450002, China)

Abstract: In this study, molding condition including melt temperature, mold temperature, packing pressure and injection speed on the mechanical properties particularly the weld line strength of injection molded nylon 6 nanocomposites were investigated. It is found that with addition of nano particles the weld line becomes significantly weak compared with that of pure nylon 6 parts and non-weld line nylon 6 nanocomposites. As melt temperature, mold temperature, packing pressure and injection speed increase the weld line strength of molded nanocomposites also increase. Among the processing factors, packing pressure exhibits the most significant effect on weld line strength.

Key words: weld line; nylon 6 nanocomposites; tensile strength