

doi:10.3969/j.issn.1001-3539.2015.12.015

超高速注射下塑料熔体流动性能研究^{*}

孙国栋,刘长华,杨超

(九江学院机械与材料工程学院,江西九江 332005)

摘要:以高音喇叭薄膜为研究对象,利用 Moldflow 2012 软件对塑料件进行填充、冷却、翘曲分析,比较了普通注射成型和超高速注射成型下模具型腔的充填以及注塑件翘曲变形的结果。结果表明,相比于普通注射成型,超高速注射成型下熔体等值线均匀,流动平稳,熔接痕少,塑料件的成型质量好;普通注射成型塑料件的翘曲量为 4.203 6 mm,超高速注射成型塑料件的翘曲量仅为 0.111 6 mm。模拟试验结果证明,对于薄壁制品,超高速注射成型比普通注射成型更合适。

关键词:超高速注射成型;普通注射成型;Moldflow 软件;流动性能;翘曲

中图分类号:TQ320.66+2 **文献标识码:**A **文章编号:**1001-3539(2015)12-0069-04

Study on Flow Property of Plastic Melt under Ultra High Speed Injection

Sun Guodong, Liu Changhua, Yang Chao

(School of Mechanical and Materials Engineering, Jiujiang College, Jiujiang 332005, China)

Abstract: The filling, cooling, warpage were stimulated using Moldflow 2012 software for loudspeaker thin film. The results of the filling and warpage were compared between the ordinary injection molding and ultra high speed injection molding. The results show that compared with the conventional injection molding, the plastic part of ultra high speed injection molding has uniform contour plots, less weld line, the steady melt flow and good forming quality. The warpage of ordinary injection molding is 4.203 6 mm, that of ultra high speed injection molding is only 0.111 6 mm. The results of simulation show that ultra high speed injection molding is more suitable than ordinary injection molding for the thin wall products.

Keywords: ultra high speed injection molding; ordinary injection molding; Moldflow software; flow property; warpage

超高速注塑是指充模时螺杆前进速度为 500 ~ 1 000 mm/s 的成型技术^[1-5]。与超高速成型对应的注塑机,即为超高速充模注塑机。超高速注塑机比传统的注塑机具有更高的注射速度,其速度一般可以达到 1 000 mm/s 以上^[6-8]。在超高速注射速度条件下,塑料熔体具有极高的剪切速度,从而使塑料熔体的黏度下降,在低黏度的情况下,容易实现超薄成型,同时可以减少制品的扭曲和翘曲变形^[9-10]。笔者利用超高速注射成型这一优势,以高音喇叭薄膜为研究对象,利用 Moldflow 2012 软件对塑料件进行了填充、冷却、翘曲分析,并且比较了普通注射成型和超高速注射成型下塑料件的充填以及翘曲变形的结果,为该塑料件的实际注塑提供依据。

1 建立分析模型、浇注系统和冷却系统

1.1 分析模型的建立

首先在 UG NX7.0 中构建高音喇叭薄膜,而后将其转换成 .STL 格式文件并导入 Moldflow 2012 软件中,经 Fushion 有限元网格划分并修复后,得到

有限元网格模型如图 1 所示。该网格的单元数为 11 450,节点数为 5 725,纵横比的最大值为 9.268,最小值为 1.16,平均值为 2.40,网格匹配率为 90.6%,该网格参数符合后续的填充分析要求^[11]。

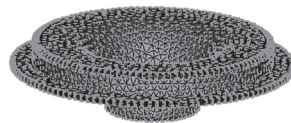


图 1 高音喇叭薄膜有限元模型

1.2 浇注系统和冷却系统的建立

为了使熔融塑料能够在同一时间注射到模具型腔中,在浇口设计方面选用了轮辐式浇口,高音喇叭薄膜的浇注系统和冷却系统如图 2 所示。内浇口为矩形,始端宽度 3 mm,末端宽度 1 mm,锥度 -3°,4 个分流道截面均为圆形,直径为 5 mm,长度为 12.25 mm。主流道为锥形柱体,始端直径为

^{*} 九江学院校级科研课题研究成果(2014KJYB015)

联系人:孙国栋,讲师,主要研究方向模具 CAE

收稿日期:2015-09-18

5.89 mm,末端直径为7 mm,锥度为 -2° ,长度为15.05 mm。冷却系统中水管直径为8 mm,以温度 25°C 的纯水为冷却介质。



图2 高音喇叭薄膜浇注系统和冷却系统

2 试验材料及试验方案

选用聚乙烯(PE)2511为研究对象,该材料由Occidental Chem公司提供,推荐的模具温度范围为 $20\sim 95^\circ\text{C}$,熔体温度范围为 $180\sim 280^\circ\text{C}$ 。

试验采用普通注射成型和超高速注射成型两种方案,通过控制注射时间来实现不同的注射速率,其中普通注射成型注射时间控制在8 s,超高速注射成型注射时间控制在0.0125 s。

3 结果及分析

3.1 充填试验结果

图3为普通注射成型和超高速注射成型充填时间等值线模拟结果图。充填时间试验结果显示,实际充填时间和设定的充填时间相差不大,这意味着充填过程满足普通注射和超高速注射的要求。充填时间的等值线结果可反映出充填时熔体的流动特性。从图3a可以看出,普通注射成型的充填时间等值线疏密度较大,且各部分等值线疏密度不均,意味着注射过程中易发生滞流现象;而采用超高速注射成型时(图3b),等值线疏密度较小,仅在塑料件边缘处等值线间距较大,其余部分等值线非常均匀,这意味着超高速注射时熔体流动平稳,充型稳定^[12]。

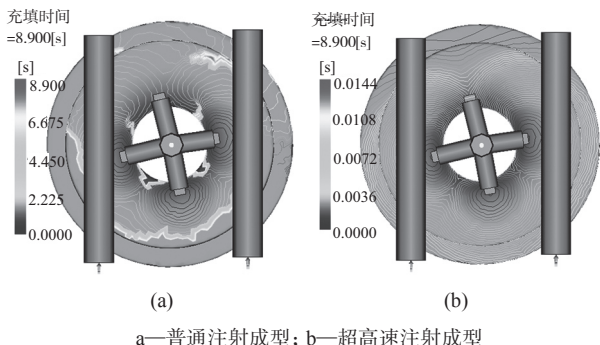
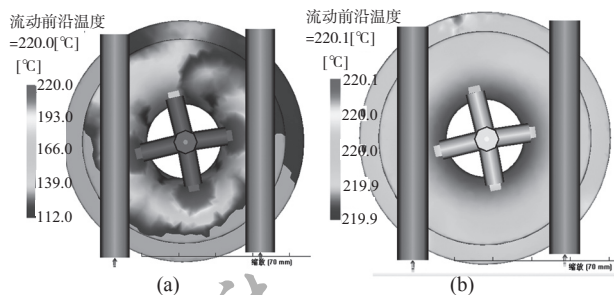


图3 普通注射成型和超高速注射成型充填时间等值线模拟结果图

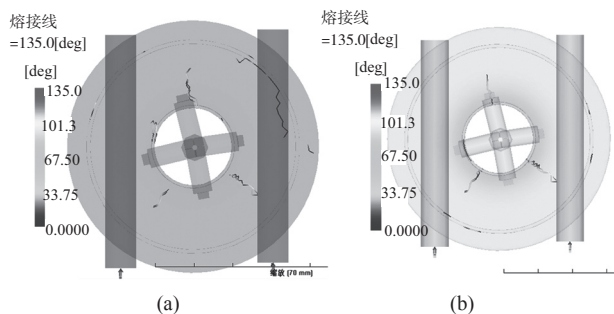
图4为普通注射成型和超高速注射成型时的流动前沿温度分布图。由图4可以看出,普通注射成型的流动前沿温度差为 108°C ,超高速注射成型的温度差只有 0.2°C 。流动前沿温度指的是熔体在充填过程中,流动前沿的瞬时温度值,在保证充填平衡的前提下,流动前沿温度分布要均匀,一般不能超过 20°C ^[13]。由此可知,普通注射成型不符合流动前沿温度的分布要求。



a—普通注射成型; b—超高速注射成型

图4 普通注射成型和超高速注射成型流动前沿温度

图5为普通注射成型和超高速注射成型下熔接痕分布图,尽管普通注射成型和超高速注射成型都产生一定的熔接痕,且都分布在型腔的表面,但是普通注射成型下塑料件的熔接痕数量明显要多于超高速注射成型。熔接痕不仅使塑料件的外观和质量受到一定程度影响,同时也会对塑料件的力学性能有一定的影响^[14]。对于该高音喇叭薄膜塑料件,其边缘熔接痕对塑料件的质量影响更大,因此超高速注射成型得到的塑料件质量优于普通注射成型。



a—普通注射成型; b—超高速注射成型

图5 普通注射成型和超高速注射成型熔接痕分布图

3.2 翘曲试验结果

图6和图7分别为普通注射成型和超高速注射成型时所有因素引起的变形及 X 、 Y 、 Z 方向上的翘曲变形量。分析可知,普通注射成型时总的翘曲变形为 4.2036 mm ,其中 X 方向变形为 0.6552 mm , Y 方向变形为 1.3471 mm , Z 方向变形为 5.592 mm 。普通注射成型时,引起翘曲变形的主要因素是 Z 方向的变形。超高速注射成型的

翘曲变形总量仅为 0.111 6 mm,其中 X 方向变形为 0.208 1 mm, Y 方向变形为 0.187 1 mm, Z 方向变形为 0.063 6 mm。超高速注射成型时,引起翘曲变形的主要因素是 X 和 Y 方向的变形。对于该高音喇叭薄膜,厚度方向(Z 方向)上出现大的变形,将直接影响其使用性能,因此,对该塑料件来说,超高速注射成型比普通注射成型更合适。

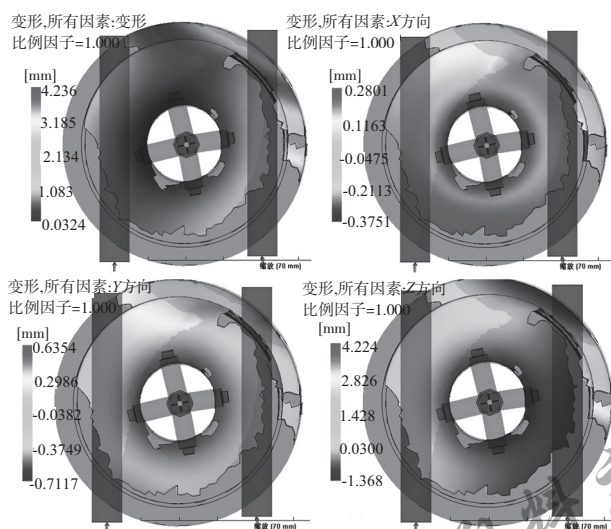


图6 普通注射成型的变形所有因素

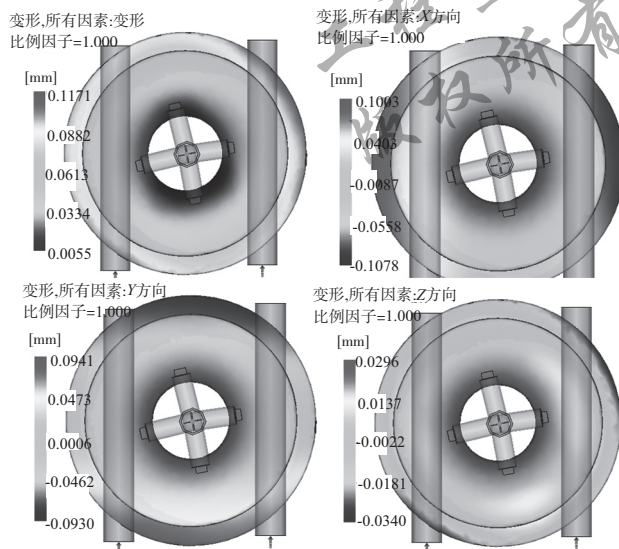


图7 超高速注射成型的变形所有因素

3.3 试验结果分析

超高速注射相对于普通注射的优势在于大大缩短了注射时间,当注射时间缩短时,所生成的冷却表皮层很薄,而且在高剪切速率的流动下,熔体的黏度随之下降,流动过程中的压力损失小^[15]。超高速注射成型时,熔体在低黏度下的流动使得成型制品各部分承受的成型压力较为均匀,从而使流动前沿温度梯度较小,所以制品的翘曲变形很小。

4 结论

(1) 普通注射成型的充填时间等值线疏密度不均,超高速注射成型时仅在塑料件边缘处等值线间距较大,其余部分等值线非常均匀。

(2) 普通注射成型的流动前沿温度差为 108℃,超高速注射成型的流动前沿温度差仅为 0.2℃。普通注射成型比超高速注射成型时熔接痕数量多。

(3) 普通注射成型的翘曲变形量大,超高速注射成型的翘曲变形量小,对于高音喇叭薄膜,超高速注射成型比普通注射成型更适合。

参考文献

- [1] 傅南红,郭小龙,陈邦锋,等.全电动超高速注射成型工艺及装备[J].现代塑料加工应用,2012,24(3):34-37.
Fu Nanhong, Guo Xiaolong, Chen Bangfeng, et al. All-electric ultra high speed injection molding process and equipments[J]. Modern Plastics Processing and Applications, 2012, 24(3): 34-37.
- [2] 王向东,杨惠梯.注射成型技术进展[J].中国塑料,2001,15(10):1-6.
Wang Xiangdong, Yang Huidi. Progress in injection moulding technique[J]. China Plastics, 2001, 15(10): 1-6.
- [3] 吴健文.塑料注射成型技术的最新进展[J].国外塑料,2010,28(3):49-50.
Wu Jianwen. Development of plastics injection molding technology[J]. World Plastics, 2010, 28(3): 49-50.
- [4] 谢鹏程,丁玉梅,杨卫民.前端控制式新型超高速精密注射成型原理的研究[J].中国塑料,2005,19(10):60-63.
Xie Pengcheng, Ding Yumei, Yang Weimin. Study of the principle of ultra-high speed injection molding realized by nozzle valve control[J]. China Plastics, 2005, 19(10): 60-63.
- [5] 李红林.超高速注射成型及模具技术[J].新技术新工艺,2005(3):44-45.
Li Honglin. The super speed injection technology and mold design[J]. New Technology & New Process, 2005(3): 44-45.
- [6] 胡正隆.日开发出超高速精密注射成型机[J].机床与液压,2002,41(1):79-83.
Hu Zhenglong. Development of ultra high speed injection molding machine[J]. Machine Tool & Hydraulics, 2002, 41(1): 79-83.
- [7] 谢鹏程.精密注射成型若干关键问题的研究[D].北京:北京化工大学,2007.
Xie Pengcheng. Study on some critical problems in precision injection molding[D]. Beijing: Beijing University of Chemical Technology, 2007.
- [8] 蔡康雄.注塑机超高速注射液压系统与控制研究[D].广州:华南理工大学,2011.
Cai Kangxiong. The research and design of hydraulic system for the ultra high speed injection molding machine[D]. Guangzhou: South China University of Technology, 2011.
- [9] 温展飞,文生平,江静,等.超高速注射机注射控制的系统分析与仿真研究[J].塑料工业,2009,37(9):34-38.

- Wen Zhanfei, Wen Shengping, Jiang Jing, et al. Injection system control analysis and simulation study of ultra high speed injection machine[J]. China Plastics Industry, 2009, 37(9):34-38.
- [10] 王权. 高速注塑机注射部件设计及应用[J]. 机床与液压, 2011, 39(6):58-60.
- Wang Quan. Design and application of injection part of high speed injection molding machine[J]. Machine Tool & Hydraulics, 2011, 39(6):58-60.
- [11] 陈昌乾, 刘斌, 王桂林. 电视机小后壳注射成型工艺的优化设计[J]. 工程塑料应用, 2015, 43(2):51-54.
- Chen Changqian, Liu Bin, Wang Guilin. Optimization design of TV deputy shell injection molding process parameters[J]. Engineering Plastics Application, 2015, 43(2):51-54.
- [12] 沈剑, 王传洋, 钱秋波. 基于 Moldflow 的充电器底座注射成型流动分析[J]. 模具工业, 2011, 37(4):45-48.
- Shen Jian, Wang Chuanyang, Qian Qiubo. Moldflow-based flow analysis on injection molding for charger base[J]. Die & Mould Industry, 2011, 37(4):45-48.
- [13] 单岩, 王蓓, 王刚. Moldflow 模具分析技术基础[M]. 北京: 清华大学出版社, 2005.
- Shan Yan, Wang Bei, Wang Gang. Analysis technology foundation of Moldflow[M]. Beijing: Tsinghua University Press, 2005.
- [14] 肖长江, 刘春太, 申长雨. 注塑制件熔接痕的形成、性能和预测[J]. 工程塑料应用, 2003, 31(3):17-20.
- Xiao Changjiang, Liu Chuntai, Shen Changyu. Formation performance and prediction of weld mark injection molding[J]. Engineering Plastics Application, 2003, 31(3):17-20.
- [15] 艾方. 超高速注塑成形[J]. 模具技术, 1997(5):84-91.
- Ai Fang. Ultra high speed injection forming[J]. Molding Technology, 1997(5):84-91.

未来塑料企业的三大发展方向

伴随着低碳经济时代到来, 传统材料及工艺已不能满足发展要求, 节能环保、轻量化、3D 打印越来越成为塑料企业关注的热点, 新型材料势必将成为塑料企业的发展方向, 从现今塑料行业发展趋势来看, 这三大方向将成为未来塑料企业的重点发展方向。

第一方向: 环保塑料应运而生

就我国目前的塑料行业情况而言, 发展再生资源产业是我国发展循环经济产业的重要内容之一。受环保力度不断加码, 国家对环保再生产业的重视程度逐渐加大, 其中塑料作为“白色污染”的主要来源, 它的再生环保更是受到环保人士的诸多关心。

目前, 作为环保性塑料制品的生物降解塑料、高科技功能性新型材料和废旧塑料的回收利用等, 正成为全球瞩目的研究开发热点, 其中生物降解塑料发展尤为迅速, 也使塑料生产商认识到生物降解塑料市场的巨大商机。

生物降解塑料主要的目标市场是塑料包装薄膜、农用薄膜、一次性塑料袋和一次性塑料餐具。相比传统塑料包装材料, 新型降解材料成本稍高。但是随着环保意识的增强, 人们愿意为保护环境而使用价格稍高的新型降解材料, 环保意识的增强给生物降解新材料行业带来了巨大的发展机遇。

目前, 我国生物降解塑料生产企业主要包括华丽环保、金发科技、天津丹海、山东汇盈、彩虹精化等, 这五家企业产能之和约占全国总产能的 40%。

专家认为, 降解塑料应用于垃圾袋、地膜、购物袋等规模的前景比较看好, 而据保守估计, 未来我国将有 300 万 t 的需求量。因此, 单就是国内市场就有数百亿的市场空间。

第二方向: 汽车塑料未来可期

据报道, 我国汽车拥有数量目前已超过 1 亿辆, 稳居世界第二位。与此同时, 我国也是全世界汽车行业制造大国, 据统计, 年产各类汽车达 1800 多万辆。

众所周知, 从节能减排角度看, 在保持汽车必要性能的

前提下, 尽量减轻汽车自重是最有效的办法, 而尽量使用以塑料为标志的高分子材料是实现汽车减重的最为有效和有力的途径。

就造价而言, 塑料汽车零部件比传统金属零部件更具成本优势, 能够大大降低加工、组装以及其它后期费用, 此外, 随着日后高性能塑料在汽车领域的大面积使用, 其价格必将进一步下跌。

总部位于美国旧金山的 Grand View Research 公司在最新一份研究报告中说称, 车用塑料市场价值有望到 2022 年达到 530 亿美元。

目前, 我国车用塑料领域的主要生产企业有普利特、金发科技、银禧科技、合肥杰事杰、中广核俊尔、锦湖日丽、上海日之升等。

美国化学理事会 (ACC) 塑料分会新发布的车用塑料规划蓝图称, 需要更多地展示塑料和聚合物复合材料的能力, 以扩大这些材料在汽车应用中的使用。

第三方向: 3D 打印材料充满幻想

3D 行业权威报告称, 过去三年 3D 打印市场的年平均增长率为 27.4%, 预计 2019 年 3D 打印市场规模将达到 60 亿美元。其中, 在医疗方面的应用市场份额占到 15.1%, 预计 2025 年该市场可达到 19 亿美元, 折合人民币超百亿元。

全球知名咨询公司 SmarTech 公司近期颁布了《未来 10 年, 塑料在 3D 打印市场的应用预测》, 评估了较新的塑料材料种类和可替代生物塑料、透明材料、柔性材料, 以及纳米增强塑料等。该报告指出塑料将成为 3D 打印公司的竞争优势。三类塑料丙烯腈-丁二烯-苯乙烯塑料 (ABS), 聚乳酸 (PLA) 和尼龙将在未来 10 年继续占据 3D 打印材料市场的最大份额。预计到 2019 年, 这些材料的市场需求量将达到 1.3 万 t。

目前我国 3D 打印材料企业众多, 但还没有形成一个 3D 打印材料体系, 现有材料还远不能满足 3D 打印的需求。因此, 开发更为多样的具有自主知识产权的高性能 3D 打印材料是该技术发展的关键因素。 (中塑在线)