

不同材料和工艺对微型齿轮翘曲的影响^{*}

王鑫

杜林芳

(河南工程学院机械工程系, 郑州 451191)

(河南机电学校机械工程系, 郑州 450002)

李海梅

(郑州大学国家橡塑模具工程研究中心, 郑州 450002)

摘要 采用模拟分析和正交实验相结合的方法,从材料和工艺参数两方面对微型齿轮成型过程中产生的翘曲问题进行研究,得到不同材料如聚甲醛(POM)、聚丙烯(PP)、(丙烯腈/丁二烯/苯乙烯)共聚物(ABS)微型齿轮的最佳成型工艺条件,以及各个工艺参数对翘曲的影响程度。确定了影响 POM 齿轮翘曲的主要因素为注射速率和保压压力,影响 ABS 齿轮翘曲的主要因素为保压压力,影响 PP 齿轮翘曲的主要因素为保压压力、模具温度和熔体温度。通过对信噪比的计算得到了最佳工艺组合,在此工艺组合条件下,三种材料的齿轮最大翘曲量均在微米级以下,基本上达到微型齿轮的精度要求。

关键词 微型齿轮 翘曲 正交实验 工艺参数 成型材料

微型齿轮是微机械系统中最常用的零件之一,广泛地应用于钟表、微型泵、微型马达及微型传动等领域。金属微型齿轮制造困难、成本高、周期长,而微注射成型技术可在较低的成本下大批量生产微型塑料齿轮,从而得到广泛应用。而且微型塑料齿轮由于具有传动噪声低、吸振、自润滑、生产效率高等优点,在齿轮行业的应用越来越多,逐渐成为世界性趋势^[1-3]。

微型齿轮要求精度高,但是塑料齿轮采用注射成型,同心度较难保证,成型过程中存在收缩翘曲等问题,影响齿轮的啮合精度和传动性能。对于这些问题,除了提高模具的精度外,优化成型材料和工艺也是一条重要途径。

笔者通过采用 MoldFlow 模拟分析和正交实验相结合的方法,研究了成型材料和工艺参数对微型齿轮翘曲问题的影响,最终得到不同材料如聚甲醛(POM)、聚丙烯(PP)、(丙烯腈/丁二烯/苯乙烯)共聚物(ABS)微型齿轮的最佳成型工艺条件。

通过细化网格和提高网格匹配率等提高准确度的方法^[4],可以预测材料和工艺参数的影响程度,对优化工艺参数和提高齿轮的成型品质具有一定的指导作用。

1 模拟实验部分

1.1 模拟实验模型

以渐开线标准直齿圆柱齿轮为研究对象。该齿轮齿数为 17,模数为 0.1 mm,压力角采用标准值 20°,厚度为 0.1 mm,利用 MoldFlow 软件进行充填保压翘曲模拟。将齿轮导入到 MoldFlow 后,细化网

格边长为 0.08 mm,网格模型如图 1 所示,网格的匹配率为 99.4%。根据软件的浇口位置分析结果和齿轮常见的浇口类型^[5],取离齿轮轮毂较近的一点作为浇口位置(如图 1 所示),选择点浇口进胶,一模四腔,建立浇注系统,翘曲分析模型如图 2 所示。

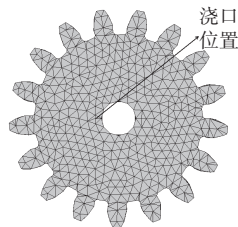


图 1 齿轮的网格模型及浇口位置



图 2 翘曲分析模型

1.2 模拟实验方法

分别采用 POM(牌号 Lucel N-127)、ABS(牌号 TFX-210)、PP(牌号 Generic PP)三种常用塑料齿轮材料,采用正交实验设计分析,以齿轮的最大翘曲量为研究目标,建立熔体温度、模具温度、注射速率、保压压力、保压时间、v/p 转换等 6 因素,每因素下选取 5 水平的正交实验,选用 $L_{25}(5^6)$ 正交表安排实验^[6],模拟实验设计结果如表 1 所示。

^{*} 2009 年河南工程学院青年科研基金项目(Y09031)

收稿日期:2010-05-17

表 1 实验因素与水平

项 目		因 素					
		熔体温度(A) /℃	模具温度(B) /℃	注射速率(C) /cm ³ · s ⁻¹	保压压力(D) /MPa	保压时间(E) /s	v/p 转换(F) /%
PP	水平 1	220	20	50	22	0.15	95
	水平 2	230	30	60	32	0.20	96
	水平 3	240	40	70	42	0.25	97
	水平 4	250	50	80	52	0.30	98
	水平 5	260	60	90	62	0.35	99
ABS	水平 1	235	35	60	70	0.30	95
	水平 2	245	45	70	80	0.40	96
	水平 3	255	55	80	90	0.50	97
	水平 4	265	65	90	100	0.60	98
	水平 5	275	75	100	110	0.70	99
POM	水平 1	185	60	50	84	0.10	95
	水平 2	195	70	60	94	0.15	96
	水平 3	205	80	70	104	0.20	97
	水平 4	215	90	80	114	0.25	98
	水平 5	225	100	90	124	0.30	99

2 模拟结果和分析

2.1 工艺参数的影响程度

采用 Taguchi 的标准变量分析技术 ANOVA, 计算各个因素对翘曲的影响程度, 结果如图 3 所示。

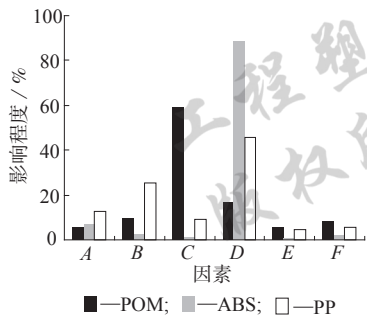


图 3 三种材料不同因素对翘曲的影响程度

从图 3 可以看出, 不同因素对同一材料齿轮翘曲的影响程度不同, 甚至相差很大。不同材料条件下, 同一因素对翘曲的影响程度也不同。不同因素对三种材料翘曲量的影响程度排序如表 2 所示(从大到小)。

表 2 不同因素对三种材料翘曲量的影响程度排序

序号	PP	ABS	POM
1	D (45.66%)	D (88.20%)	C (58.72%)
2	B (25.40%)	A (7.20%)	D (16.90%)
3	A (12.78%)	B (2.44%)	B (9.54%)
4	C (9.33%)	F (2.00%)	F (8.23%)
5	F (5.62%)	C (1.16%)	E (5.82%)
6	E (4.79%)	E (0.67%)	A (5.68%)

由表 2 可以看出, 在 6 个因素中, 影响 PP 齿轮翘曲的主要因素为保压压力、模具温度和熔体温度; 影响 ABS 齿轮翘曲的主要因素为保压压力; 影响 POM 齿轮翘曲的主要因素为注射速率和保压压力。

2.2 不同因素的信噪比结果

由于选用翘曲量作为分析结果, 所以选用 S 型信噪比函数计算各个因素的信噪比。三种材料不同因素的信噪比计算结果如图 4 ~图 9 所示。从图 4 ~图 9 可以看出, 对于 ABS 材料来说, 在熔体温度因素中 A4 最大, 模具温度因素中 B3 最大, 注射速率因素中 C1 最大, 保压压力因素中 D5 最大, 保压时间因素中 E3 最大, v/p 转换因素中 F2 最大, 其最佳工艺组合为 A4B3C1D5E3F2; 同理得出 POM 的最佳工艺组合为 A5B4C1D5E4F2, PP 的最佳工艺组合为 A2B1C3D5E2F2。

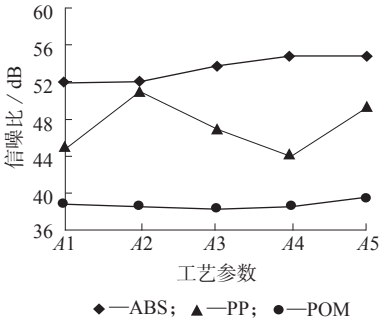


图 4 不同熔体温度下的信噪比

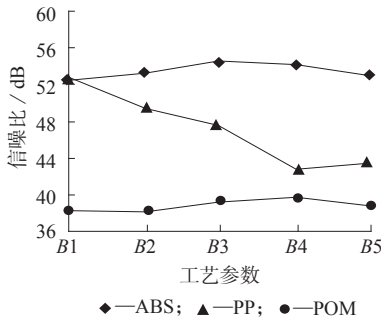


图 5 不同模具温度下的信噪比

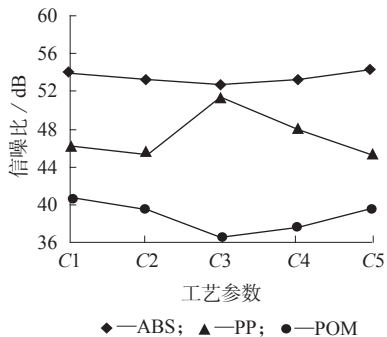


图6 不同注射速率下的信噪比

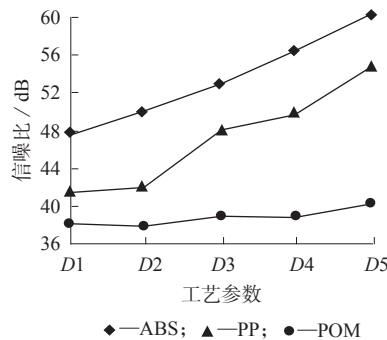


图7 不同保压压力下的信噪比

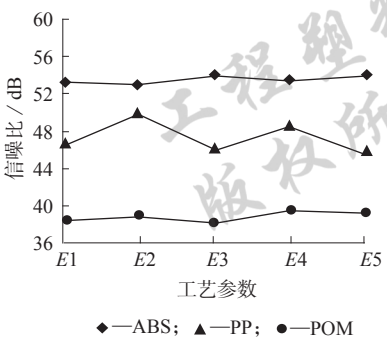


图8 不同保压时间下的信噪比

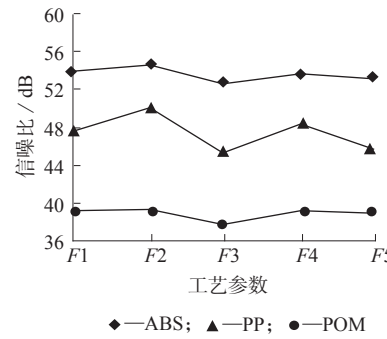


图9 不同v/p转换下的信噪比

另外从图4~图9可以看出,在每个因素下的5个水平中,材料的信噪比大小排列顺序为ABS>PP>POM,说明在通常的工艺水平条件下,POM翘曲程度最大,ABS材料的翘曲程度小于其它两种材料。因此就减少翘曲的目的来说,ABS较适合成型该微型齿轮。

以三种材料的最佳工艺组合为工艺参数,重新模拟得出齿轮的最大翘曲量,其与正交实验的最大翘曲量的对比如表3所示。

表3 翘曲量的对比

材 料	正交实验的最大翘曲量/mm	最佳工艺组合的最大翘曲量/mm
POM	0.017 5	0.000 9
ABS	0.005 4	0.000 7
PP	0.009 4	0.000 6

从表3可以看出,最佳工艺组合下,三种材料的齿轮最大翘曲量均在微米级以下,相比正交实验的最大翘曲量明显减少,基本达到微型齿轮的精度要求。相比正交实验结果,POM的翘曲量减少了0.0166 mm,减少程度最大。

同时,在最佳工艺组合条件下,发现齿轮的体积收缩率比较均匀,缩痕指数也比较小,表面质量和成型质量都得到大幅度提高。

另外,还可通过分析齿轮每个部位翘曲程度,提高模具相应位置的尺寸补偿和制造精度来进一步提高齿轮精度。

3 结论

(1) 计算了各个工艺因素对翘曲的影响程度,得出影响POM齿轮翘曲的主要因素为注射速率和保压压力,影响ABS齿轮翘曲的主要因素为保压压力,影响PP齿轮翘曲的主要因素为保压压力、模具温度和熔体温度。

(2) 将模拟分析和正交实验相结合,得到了各个因素下三种材料的微型齿轮信噪比,进而得到减少翘曲量的最佳工艺组合。

(3) 在最佳工艺组合下,三种材料的齿轮最大翘曲量均在微米级以下,相比正交实验的最大翘曲量明显减少,基本上达到微型齿轮的精度要求。

参考文献

[1] 王勇,于同敏.微型齿轮注塑成型工艺实验研究[D].大连:大连理工大学,2006.

[2] 郝瑞贤,李元宗.对我国塑料齿轮发展的一些思考[J].工程塑料应用,2007,35(3):71-73.

[3] Zhao Jianhong,Mayes R,Chen Ge,et al. Effects of process parameters on the micro molding process[J]. Polymer Engineering and Science,2003,43(9):1542-1554.

[4] 王刚,单岩. Moldflow 模具分析技术基础[M]. 北京:清华大学出版社,2005.

[5] 刘小元,池成忠. 基于 Pro/E 的齿轮注塑模设计系统的研究[D]. 太原:太原理工大学,2006.

[6] Peace G S. Taguchi Methods[M]. New York: Addison-Wesley Publishing,1993.

EFFECT OF DIFFERENT MATERIAL AND TECHNICAL PARAMETER ON WARPAGE OF MICRO-GEAR

Wang Xin

(Department of Mechanical Engineering, Henan Engineering College, Zhengzhou 451191, China)

Du Linfang

(Department of Mechanical Engineering, Henan Mechanical and Electrical School, Zhengzhou 450002, China)

Li Haimei

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

ABSTRACT The warpage problems of the micro-gear occurred during the molding process were researched from the material and technical parameter by using simulate analysis combination with orthogonal experiment. The optimal molding condition and the affecting degree of technical parameter on the warpage of micro-gears made by different materials(POM, PP, ABS) were gained. These were confirmed that the main factors affecting the warpage of POM gear were injection rate and packing pressure, the main factor affecting the warpage of ABS gear was packing pressure, and the main factors affecting the warpage of PP gear were packing pressure, mold temperature and melt temperature. The best technical combinations were obtained by calculating the signal-to-noise ratio, and the max warpage values of micro-gears made by the three materials were below micron and achieved the precision requirement of micro-gears basically.

KEYWORDS micro-gear, warpage, orthogonal experiment, technical parameter, molding material

抗震型 PE 塑料管材受业内人士广泛关注

对于聚乙烯 (PE) 管道的抗震性能,业内人士的认识比较统一: PE 管具有独特的柔韧性和优良的耐刮伤能力,容易移动、弯曲和穿插,遇铺设路面沉降、错位也不容易断裂造成伤害,抗震性能好。在 1995 年日本神户地震中,唯一未造成大规模损坏的管道就是 PE 燃气管和给水管。也正是因为包括 PE 管的这种优点在内的诸多优点,使其在欧洲管道市场占有重要的位置,并成为美国十几年来各种塑料管道中应用量增长速度最快的产品。在 PE 类管道产品中,一种以 PE 为基材、以钢丝网骨架增强的复合管材——钢丝网骨架 PE 增强复合管的抗震性能也受到了关注。这种管材继承了纯 PE 管道的各种优点,并且因为钢丝网骨架的增强作用,使得它适应地面沉降等条件的能力更加突出。在奥运场馆建设过程中,这种管材就是因为上述优点而被选作国家体育场的埋地生活用水管材。

(中聚网)

Battenfeld - Cincinnati 公司推出新款 WPC 挤出机

Battenfeld - Cincinnati 公司已推出一种适用于木塑复合材料(WPC)行业新加入者的挤出机。FiberexK72 型 WPC 挤出机可生产预混合复合材料及基于聚氯乙烯(PVC)、聚乙烯(PE)或聚丙烯(PP)的成块材料。该机的标准配备包括闭环螺杆核心回火、AC 传动器和一个带双过滤器的真空装置。

在 4 月召开的 AMI 木塑复合材料会议上, Battenfeld - Cincinnati 公司现场展示了 fiberexK72 生产空心装饰板的过程,其加工的两种复合材料分别基于 PVC 和 PP。(慧聪网)

出光兴产 2010 年开发出耐冲击聚碳酸酯

总部位于日本东京的出光兴产,日前开发出了比以往产品具有更高耐冲击性及耐久性的聚碳酸酯(PC)。利用自主开发的共聚合技术,在保持 PC 本来具有的透明性、耐热性及成型时尺寸稳定等特点的同时,提高了其耐冲击性及耐久

性。

新开发的树脂是 PC 与聚二甲基硅氧烷(PDMS)嵌段共聚的产物。PDMS 以 Si—O 结合为骨架, Si 上带有 2 个甲基。由此不仅在 -30℃ 以下的低温下也能确保常温时 50% 以上的冲击强度,而且改善了普通 PC 耐药品性及耐光性差的弱点。该公司称,该 PC 产品在耐药品性方面特别是对碱的耐性得到大幅提高。

出光兴产设想新产品的用途包括寒冷地区使用的住宅建设设备、冬季运动相关产品、住宅用资材,设置于室外的监测设备及通信设备,太阳能电池的壳体等等部位。据称已有采用于手机的机壳、按钮及内部薄壁部件上的例子。该公司将以“TarflonNeo”的商标进行商品化。并称今后为了满足多种多样的客户需求,将进行多等级的设计及开发。

(中聚网)

中粮收购塑胶公司介入包装瓶行业

中粮包装近日宣布,收购品冠国际集团全部股权,代价为 1.386 亿元人民币。品冠持有的合资公司上海品管塑胶工业有限公司从事制造及销售塑胶包装产品,例如奶瓶、洗发水、电子产品塑胶器件、日用五金、包装印刷、运动饮料瓶及相关塑胶制品。

中粮包装表示,通过收购品冠国际可增强在塑胶包装行业的市场地位及从产品多元化中受惠,从而提升集团的收入来源。

近日,中粮包装正式进驻上海品冠塑胶公司。上海品冠加入中粮包装后,将十分有利于提升中粮包装在塑胶包装领域的竞争能力,同时将为中粮包装塑胶业务的发展提供良好的技术支持和人才储备,中粮包装将以上海品冠为基地,面向全国布局塑胶业务,未来将有力推动塑胶包装成为中粮包装的核心业务之一。

(包装网)