

带金属嵌件的手机外壳注塑成型翘曲变形分析

贺灿辉 刘 斌* 邹仕放

(华南理工大学聚合物成型加工工程教育部重点实验室, 聚合物新型成型装备国家工程研究中心, 广州 510640)

摘要 在 Moldflow 模拟分析的基础上,通过正交试验研究了熔体温度、模具温度、注射时间、保压压力、保压时间和冷却时间等工艺参数对带金属嵌件的手机外壳注塑成型翘曲变形的影响,并优化了成型工艺。结果表明,保压时间和保压压力对翘曲变形的影响最大,最佳工艺组合为:熔体温度 310℃,模具温度 120℃,注射时间 0.3 s,保压压力 140 MPa,保压时间 5 s,冷却时间 6 s。

关键词 金属嵌件 注塑成型 翘曲变形 工艺优化 Moldflow

注塑件的翘曲变形是一个严重的成型缺陷,其产生的根本原因是由于收缩不均匀,使注塑件产生内应力而引起的。影响翘曲变形的因素有制品结构、模具结构、塑胶材料、成型工艺等。对特定的塑料制品,若模具设计合理,翘曲变形主要取决于成型工艺条件^[1-2]。

近年来,手机外壳越来越趋向于薄、轻,手机厚度的减小,使得其某些局部刚度不足,因而需要在这些部位添加金属嵌件^[3-4]。薄壁注塑件的翘曲变形非常严重^[5],而对于带金属嵌件的手机外壳,其变形更加严重,且很难控制。带金属嵌件的塑料制品,由于塑料的收缩率比较大,而金属的收缩率几乎可以忽略不计,因而成型后制品的内应力很大,翘曲变形更是非常明显。

笔者在 Moldflow 模拟分析的基础上,运用正交试验设计方法,结合信噪比、均值分析法和变量分析方法,研究熔体温度、模具温度、注射时间、保压压力、保压时间和冷却时间对带金属嵌件手机外壳注塑成型翘曲变形的影响,并优化其成型工艺条件。

1 试验设计

1.1 有限元模型的建立

带金属嵌件的手机外壳结构如图 1 所示,四周塑料部分采用的是聚碳酸酯(PC),中间金属部分采用 SUS304 不锈钢薄片,厚度为 0.3mm。该手机外壳基本尺寸为 102.0 mm×58.5 mm×4.5 mm。



图 1 手机外壳结构图

首先,利用 UG 对该手机外壳的 3D 模型进行处理,去除不规则小圆角、字符等一些不重要的特征。然后,转化成 STP 文件,利用 Moldflow Design Link 将其导入 Moldflow CAD Doctor 中,进行模型的修复和简化,修复模型的破面,去除模型的小圆角等一些不重要的小特征。这些小特征对分析结果的影响可以忽略不计,去除后却可以有效提高网格质量和分析效率。将处理好的模型导入 Moldflow Plastics Insight (MPI) 中,进行网格划分后得到有限元模型^[6]。由于此产品需要采用嵌件成型,因此有限元模型需划分为 3D 网格。PC 部分节点数为 134876,四面体单元数为 756975。SUS304 部分节点数为 127822,四面体单元数为 717519。为节省塑料原料,采用热流道模具,其浇注系统和冷却系统布置如图 2 所示。

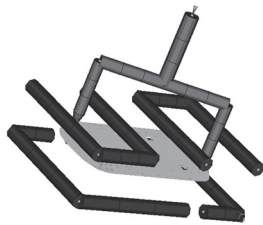


图 2 模具的浇注系统和冷却系统布置

1.2 试验因素与水平的设计

结合 Moldflow 和注塑机条件,选取六个重要的可控成型工艺参数(熔体温度、模具温度、注射时间、保压压力、保压时间和冷却时间)作为正交试验的试验因素,它们对成型缺陷的影响较大,通过调节它们的数值可以有效克服大多数成型缺陷。通过正交试验来对工艺参数进行优化,其各试验因素取值范围

* 通讯作者

收稿日期: 2011-08-18

的选取非常重要。以手机外壳实际生产经验为基础,选取各工艺参数的范围为:熔体温度 280~320℃;模具温度 80~120℃;保压压力 80~160 MPa;注射时间 0.1~0.5 s,保压时间 1~5 s,冷却时间 6~14 s。试验因素和水平设置如表 1 所示。根据选定因素和水平的划分,在不考虑各因素间交互作用的情况下,选择 $L_{25}(5^6)$ 正交表进行实验。

表 1 试验因素与试验水平

试验因素	试验水平				
	1	2	3	4	5
熔体温度(A)/℃	280	290	300	310	320
模具温度(B)/℃	80	90	100	110	120
注射时间(C)/s	0.1	0.2	0.3	0.4	0.5
保压压力(D)/MPa	80	100	120	140	160
保压时间(E)/s	1	2	3	4	5
冷却时间(F)/s	6	8	10	12	14

2 试验结果

利用 Moldflow 的 MPI 进行模拟试验,PC 选择 SABIC 公司的 EXL1414,按 $L_{25}(5^6)$ 正交表进行工艺参数的设置,对 25 组试验分别进行了模拟,得到了不同工艺参数条件的翘曲变形结果,如表 2 所示。

表 2 试验安排和试验结果

试验 编号	试验因素						结果	
	A	B	C	D	E	F	翘曲变形/mm	η /dB
1	1	1	2	4	3	2	0.1120	19.0156
2	2	1	5	5	5	4	0.2632	11.5943
3	3	1	4	1	4	1	0.3573	8.9393
4	4	1	1	3	1	3	0.5194	5.6900
5	5	1	3	2	2	5	0.3456	9.2285
6	1	2	3	3	4	4	0.1863	14.5957
7	2	2	2	2	1	1	0.4758	6.4515
8	3	2	5	4	2	3	0.2838	10.9398
9	4	2	4	5	3	5	0.2461	12.1778
10	5	2	1	1	5	2	0.3617	8.8330
11	1	3	1	5	2	1	0.2879	10.8152
12	2	3	3	1	3	3	0.3981	8.0002
13	3	3	2	3	5	5	0.1812	14.8368
14	4	3	5	2	4	2	0.2338	12.6231
15	5	3	4	4	1	4	0.5254	5.5902
16	1	4	4	2	5	3	0.2787	11.0973
17	2	4	1	4	4	5	0.1228	18.2160
18	3	4	3	5	1	2	0.5356	5.4232
19	4	4	2	1	2	4	0.4661	6.6304
20	5	4	5	3	3	1	0.2647	11.5449
21	1	5	5	1	1	5	0.5594	5.0456
22	2	5	4	3	2	2	0.2710	11.3406
23	3	5	1	2	3	4	0.2761	11.1787
24	4	5	3	4	5	1	0.0901	20.9055
25	5	5	2	5	4	3	0.3043	10.3340

以减小翘曲变形为优化目的,故信噪比的计算采用品质特性评价方式中的望小特性,即翘曲变形愈小,注塑件的品质愈佳,其计算公式为^[7]:

$$\eta = -10 \lg \left(\frac{1}{n} \sum_{i=1}^n y_i^2 \right) \quad (1)$$

式中: η ——信噪比;

y_i ——第 i 次试验的翘曲变形值;

i ——试验的序号;

n ——试验重复次数。

3 结果分析

3.1 均值分析

均值分析可以确定出各个试验因素对试验目标的影响,同时,可以预测出对应于试验目标响应的最优试验因素水平组合。均值即计算各试验因素的各个水平的信噪比的算术平均值,它是各工艺参数对翘曲变形影响的主效应,以 A 因素的 1 水平为例,其计算公式为:

$$M_{A1} = \frac{\eta_1 + \eta_6 + \eta_{11} + \eta_{16} + \eta_{21}}{5} \quad (2)$$

根据(2)式可计算出 A 因素的 1 水平对翘曲变形影响的主效应,同理,可计算出各试验因素在 5 个水平下的均值和所有信噪比的均值,如表 3 所示。

表 3 均值分析表

均值	A	B	C	D	E	F
M1	12.11388	10.89354	10.94658	7.4897	5.6401	11.73128
M2	11.12052	10.59956	11.45366	10.11582	9.7909	11.4471
M3	10.26356	10.3731	11.63062	11.6016	12.38344	9.21226
M4	11.60536	10.58236	9.82904	14.93342	12.94162	9.91786
M5	9.10612	11.76088	10.34954	10.0689	13.45338	11.90094
M	10.84189					

将表 3 绘制成图 3 所示的曲线图,可以形象地看出各工艺参数对注塑成型翘曲变形的影响。从图 3 可以看出, A1B5C3D4E5F5 的工艺组合最佳。但是, A1 为 280℃,温度过低,容易造成产品尺寸不稳定、短射、熔接痕、表面不光泽等缺陷,良品率低,因此选用次优点 A4。F5 为 14 s,这样造成成型周期过长,生产率降低,成本增高,因而选用次优点 F1。最终得到最佳工艺组合为 A4B5C3D4E5F1,即当熔体温度为 310℃、模具温度为 120℃、注射时间为 0.3 s、保压压力为 140 MPa、保压时间为 5 s、冷却时间为 6 s 时,翘曲变形较小。此工艺组合恰好为第 24 组实验,其翘曲变形是所有组合中最小的。

3.2 变量分析

通过变量分析可以分析出各因素对注塑成型翘曲变形的影响程度。变量分析方法需要计算总体方差(见式 3),各因素变化引起的方差(见式 4)和各因素变化引起的方差占整体方差的百分比。百分

比越大,说明该因素对翘曲变形的影响越大。变量分析数据列于表4。从表4可以看出,各工艺参数对注塑成型翘曲变形的影响程度为:保压时间>保压压力>冷却时间>熔体温度>注射时间>模具温度。其中保压时间和保压压力对翘曲变形的影响远远大于其他工艺参数。结合图3可以知道,采用较高的保压压力和较长的保压时间可以有效地降低翘曲变形。

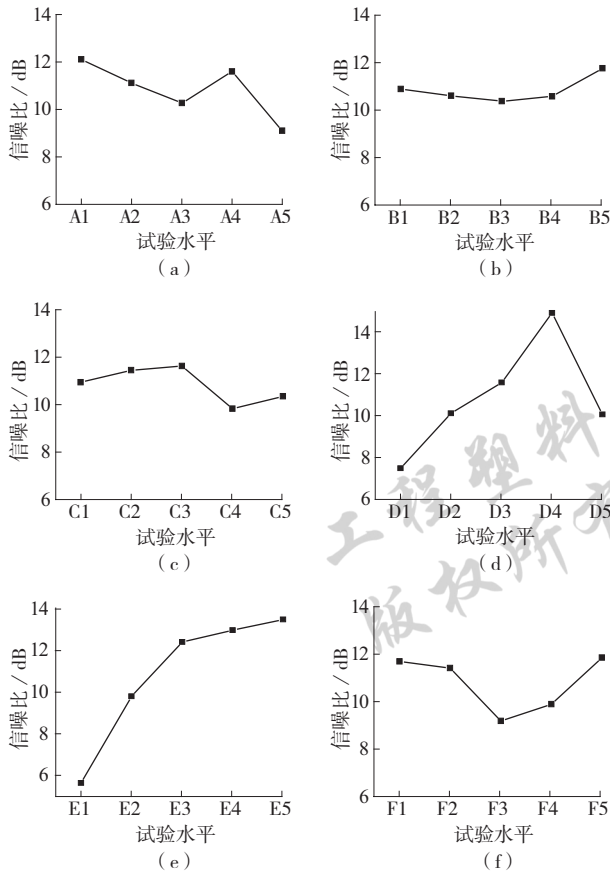


图3 均值分析曲线

$$T = \sum_{i=1}^n (\eta_i - M)^2 \quad (3)$$

T 为总体方差, η_i 是第 i 组试验的信噪比, M 是所有信噪比的均值。

$$S = 5(M_{x1} - M)^2 + 5(M_{x2} - M)^2 + 5(M_{x3} - M)^2 + 5(M_{x4} - M)^2 + 5(M_{x5} - M)^2 \quad (4)$$

S 为各因素变化引起的方差, M_{xi} 表示 x 试验因素在 i 水平上的均值。

表4 变量分析表

因素	方差	影响程度/%
A	28.12921	6.5166
B	5.96527	1.382
C	11.37796	2.6359
D	148.3982	34.3789
E	208.8416	48.3817
F	28.94203	6.7049
总体方差	431.6543	

4 结论

(1) 工艺参数对带金属嵌件手机外壳翘曲变形的影响程度为:保压时间>保压压力>冷却时间>熔体温度>注射时间>模具温度。

(2) 注塑成型翘曲变形最小的最佳工艺组合为:熔体温度为 310℃, 模具温度为 120℃, 注射时间为 0.3 s, 保压压力为 140 MPa, 保压时间为 5 s, 冷却时间为 6 s。

参考文献

- [1] Shi Huizhuo, Gao Yuehua, Wang Xicheng. Optimization of injection molding process parameters using integrated artificial neural network model and expected improvement function method [J]. International Journal of Advanced Manufacturing Technology, 2010, 48: 955-962.
- [2] 董娇, 王雷刚. U 盘上盖的翘曲变形分析与工艺参数优化 [J]. 模具技术, 2010 (2): 8-11.
- [3] 李峰, 申屠宝卿. 模流分析在含嵌件制品优化设计中的应用 [J]. 塑料工业, 2007, 35 (9): 35-37.
- [4] Chiang Y C, Cheng H C, Huang C F. Warpage phenomenon of thin-wall injection molding [J]. International Journal of Advanced Manufacturing Technology, 2011, 55: 517-526.
- [5] Tang S H, Tan Y J. The use of Taguchi method in the design of plastic injection mould for reducing warpage [J]. Journal of Materials Processing Technology, 2007, 182: 418-426.
- [6] Hasan Kurtaran, Babur Ozcelik. Warpage optimization of a bus ceiling lamp base using neural network model and genetic algorithm [J]. Journal of Materials Processing Technology, 2005, 169: 314-319.
- [7] 李欣欣. 薄壁件注射成型的翘曲变形分析与工艺优化 [D]. 镇江: 江苏大学, 2010.

WARPAGE ANALYSIS OF MOBILE PHONE SHELL INJECTED PLASTIC PART WITH METAL-INSERT

He Canhui, Liu Bin, Zou Shifang

(The Key Laboratory of Polymer Processing Engineering of Ministry of Education, National Engineering Research Center of Novel Equipment for Polymer Processing, South China University of Technology, Guangzhou 510640, China)

ABSTRACT On the basis of the Moldflow, the orthogonal test was applied to research the effects of melt temperature, mold

temperature, injection time, hold pressure, packing time and cool time on warpage of mobile phone shell with metal-insert. The molding process was optimized. The results showed that packing time and hold pressure had greater influence on the warpage and the best molding process was melt temperature 310℃, mold temperature 120℃, injection time 0.3 s, hold pressure 140 MPa, packing time 5 s and cool time 6 s.

KEYWORDS metal-insert, injection molding, warpage, optimization of process, Moldflow

中国取代欧洲成为全球最大塑料生产基地

据欧洲一家塑料团体联盟委托进行的一项调查显示,中国现已取代欧洲成为全球最大的塑料生产地。

这份名为“Plastics—theFacts”的研究报告由欧洲塑料制造商协会(PlasticsEurope)、欧洲塑料加工组织、欧洲塑料再生商协会和欧洲塑料再生与回收协会共同出资,在报告中对2010年的行业状况做出了评价。虽然从2008年全球经济危机以来情况有所好转,但去年欧洲塑料行业仍进行了2%的裁员,仍有塑料企业在接连倒闭。

总部设于比利时布鲁塞尔的PlasticsEurope的市场与经济业务经理 Claus-Jürgen Simon 说:“在2011年前6个月,由于库存减少和经济增长上充满了不确定性,我们明显注意到复苏脚步有所放慢。”

该报告称,尽管面临着重重困难,但欧洲塑料生产企业在2010年全年的经营收入仍攀升了17%。而塑料再生行业的强劲增势正在为塑料行业注入更多活力。(塑料橡胶周刊)

抗菌塑料替代普通塑料已成家电业发展趋势

当前洗衣机、空调、冰箱等家电产品更为普及地进入百姓家中,给人们的生活带来了便捷,但很多治病细菌就是借助家电传播的。为确保人们在大量使用各种家电产品时,能防止其所带的治病微生物交叉传播,抗菌塑料的研究和使用已成为一个潮流,引起了各国的重视。

我国是世界上抗菌家电发展较快的国家,自2003年SARS事件后,抗菌家电的标准化被提到议事日程。经过社会多方努力,从2008年后国家技术质量监督检验检疫总局陆续颁布实施了家电抗菌、除菌的一系列标准,这些标准对规范和促进抗菌功能家电的发展起到了里程碑式的作用。

抗菌家电离不开抗菌塑料的使用。据相关研究报告预测,到2015年,全球抗菌塑料的工业应用市场规模将达到14亿英镑,用于消费品的产品价值为10.3亿英镑,全球高达20%的塑料制品将具有抗菌功能。

抗菌塑料本身具有抗菌性,可在一定时间内杀死或抑制玷污在塑料上的细菌。而且与常规的化学和物理方法相比,抗菌塑料的杀菌时效相对较长。近年来,抗菌塑料由于这些独特的优势已被广泛应用于家电、包装等诸多领域。其中,家电行业是抗菌材料应用范围最广、最成熟的领域之一。因为塑料具有质轻、不锈蚀、绝缘性好等优点,在家电生产的很多环节都要用到塑料,而家电跟人们的日常生活关系十分密切,使得当前家电的微生物污染已成为影响人们健康的重要因素之一,因此,使用抗菌塑料替代普通塑料已成为家电行

业发展的趋势。

(色母粒网)

新材料抓住新机遇,产品向高端需求发展

作为七大战略性新兴产业之一,新材料在支撑整个战略性新兴产业发展,促进传统产业转型升级,保障国家重大工程建设等方面都具有重要的战略意义。抓住机遇、大力发展新材料和先进制造技术,加快推进材料产业结构调整,积极发展先进结构材料、功能材料和复合材料,成为我国经济持续发展和产业升级的迫切需求。新材料的黄金增长期即将到来。

化工新材料产业是化学工业的基础性、先导性产业。如今,产业结构调整和战略性新兴产业的发展为化工新材料产业提供了市场空间。今后,该产业的发展一方面需提高市场自给率,另一方面需扩大产值规模。

“十二五”期间,我国化工新材料产值规模将达3498亿元,年均增长率约为16%,国内市场自给率将提高到约81%。

化工新材料是指那些具有特殊优异性能的化工合成材料,一般包括特种橡胶、工程塑料、功能性膜材料、高性能氟硅材料、高性能纤维等。据统计,2010年我国化工新材料产业的总产值约为1700亿元,产业体系初步建立,但总量供应仍不足,2009年,化工新材料的国内自给率仅为60%,产品也以低档为主,难以满足高端市场要求。

为满足国家战略发展和产业结构调整需求,要扩大我国化工新材料产业规模,一方面要提高市场自给率,另一方面要扩大产值规模。

化工新材料产业发展要调整优化产业结构。对通用型、中低端产品,如有机硅单体、聚甲醛等,要提高产业准入门槛,遏制低水平重复建设,通过技术创新和技术改造,提高产品的附加值和市场竞争力,要在产业化示范取得成功的基础上,大力发展高附加值、环境友好型高端产品,替代进口,满足内需。鼓励优势企业开展兼并重组,推进上下游产业链一体化、规模化、大型化协调发展和化工新材料园区建设,提高产业集中度。

进一步加强技术创新则是行业内专家共同的建议。以工程化技术为重点,构建产、学、研相结合的技术创新体系,促进工程设计、装备制造和技术工艺的配套协调,加快科技成果的转化。加大研发经费投入,提高创新能力。重点企业研发投入占销售收入的比重要达到5%以上;到2015年使我国化工新材料的整体技术水平与发达国家的差距缩小到10年以内,拥有一批具有自主知识产权的核心技术。

(经济日报网)