

doi:10.3969/j.issn.1001-3539.2012.01.008

薄壳多孔塑料件高光注射成型工艺研究^{*}

赵苗¹, 黄翔², 辛勇¹

(1. 南昌大学机电工程学院, 南昌 330031; 2. 抚州职业技术学院机电系, 江西抚州 344000)

摘要: 对手机壳体塑料件进行了常规注射成型 CAE 研究, 分析存在较为严重的表观质量问题。通过采用高光成型技术, 以沉降指数、体积收缩率和翘曲变形为质量指标, 利用正交试验和多目标综合平衡法分析研究得出该产品的最佳成型工艺参数组合。分析结果表明, 高光注射成型技术在改善薄壳多孔塑料件缺陷方面比常规注射成型有着更大的优越性。

关键词: 高光注射成型; 薄壳多孔塑料件; 正交试验设计; 综合平衡法

中图分类号: TQ320.66

文献标识码: A

文章编号: 1001-3539(2012)01-0032-04

Research of High-gloss Injection Molding Technology in Thin Shell Plastic Parts with Holes

Zhao Miao¹, Huang Xiang², Xin Yong¹

(1. School of Mechanical and Electrical Engineering, Nanchang University, Nanchang 330031, China;

2. Fuzhou Vocational and Technical College, Fuzhou 3440001, China)

Abstract : CAE research of conventional injection moulding on a mobile phone shell was carried out and the serious apparent quality problems were analyzed. Then through high-gloss injection molding technology, selecting sink index, volumetric shrinkage and warpage as the main quality indexes, the optimum injection molding parameters combination was obtained by using orthogonal experiment and multi-objective integral balance method. The analysis results showed that high-gloss injection molding had more advantages in improving defects of thin shell injection molding parts with holes compared with conventional injection molding.

Keywords : high-gloss injection molding ; thin shell injection molding parts with holes ; orthogonal experiment design ; integral balance method

近年来,移动电话、笔记本电脑、PDA 等 3C 产品日新月异。随着 3C 制品对小巧、轻便、新颖、时尚的追求,薄壳塑料件正成为注射成型制件的一大趋势。薄壳注射成型生产效率高,可大幅度节约材料,降低成本,减轻制品质量和减小外形尺寸,具有便于集成设计与装配等突出优点。但是,薄壳注射成型对工艺参数的要求更高,成型过程更加复杂,对工艺条件的变化更加敏感,成型过程中更容易形成缺陷。而某些薄壳制品由于功能或其他方面的需要,往往又会在其表面上设计孔结构,使得制品缺陷加重。高端产品的表观质量一般都要求高光(镜面精度),不允许有凹痕、流痕、熔接痕、波纹和银丝纹等缺陷且要具有一定的强度,普通的注射成型工艺已经很难满足这方面的要求。

随着产品功能要求的不断提升,塑料产品的结构设计越来越复杂,质量要求也不断提高。在兼顾产品的结构强度、精度、生产周期、节能环保等多重需求下,塑料产品成型技术不断推陈出新^[1]。高光

注射成型^[2-3]又称快速冷热成型^[4-6](RHCM)、蒸汽注射成型^[7]等,是近年来新兴的一种注射成型技术。其原理主要是利用三维无汇线模具及温控设备,令模具内的温度急速升高及降低,从而使得塑料件表观质量得到明显改善。该技术可以很好地复制模具表面的形状,使产品表面无熔接痕、流痕等缺陷,表面光泽度高,强度和表面硬度得以提高,而且无需后续的喷涂工艺。目前,国内对该技术的研究和应用还比较少。

笔者利用 Moldflow 软件,结合 Taguchi 方法,对某薄壳多孔手机壳体塑料件的常规注射成型及高光注射成型进行模拟分析,以沉降指数、体积收缩率和翘曲变形为质量指标,结果表明高光注射成型技

^{*} 江西省自然科学基金项目(GZC0022)

联系人: 辛勇,教授、博士生导师,主要研究方向为高分子材料成型 CAD/CAE 与模具工程技术

收稿日期: 2011-10-18

术在改善薄壳多孔塑料件缺陷方面比常规注射成型有着更大的优越性。

1 手机壳体常规注射成型分析

图 1 为某手机壳体薄壳多孔塑料件,其有限元分析模型如图 2 所示,采用中面网格,网格单元数为 13 985 个,匹配率为 86.8%,符合技术要求。塑料件主体壁厚 1.74 mm。采用潜伏式浇口,浇口形状为锥形,截面为圆形,两端截面直径分别为 0.8 mm 和 4 mm。分流道为圆柱形,截面直径为 5 mm,主流道为锥形,长 80 mm,锥角为 1.5°,小口直径为 3 mm。原料使用美国 GE 公司的 Cycloloy C2950,聚碳酸酯(PC)/ABS 合金材料,其特性见表 1。



图 1 手机外壳塑料件

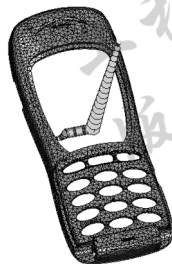


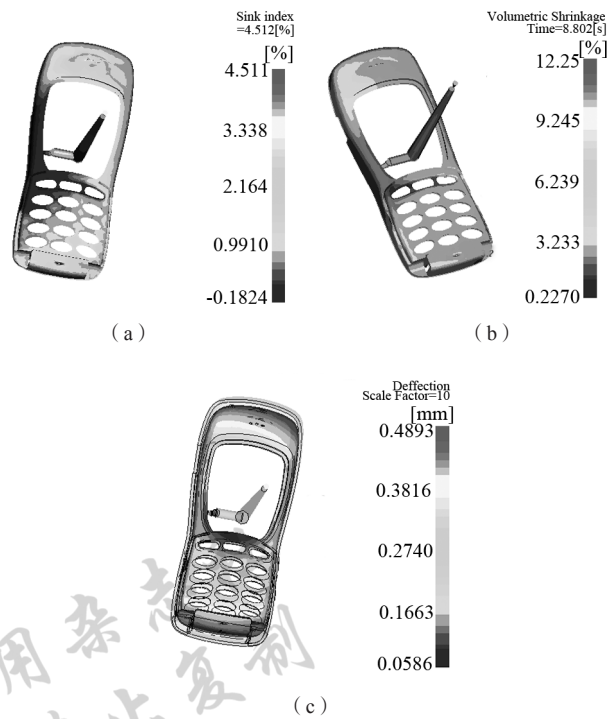
图 2 塑料件有限元分析模型

表 1 Cycloloy C2950 的性能参数

项目	参数
熔体密度/ $\text{g} \cdot \text{cm}^{-3}$	0.976 18
固态密度/ $\text{g} \cdot \text{cm}^{-3}$	1.116 1
导热系数/ $\text{W} \cdot (\text{m} \cdot ^\circ\text{C})^{-1}$	0.27
比热/ $\text{J} \cdot (\text{kg} \cdot ^\circ\text{C})^{-1}$	1 871
成型收缩率/%	0.4~0.6
弹性模量/MPa	2 653
剪切应力/MPa	0.4

按照传统经验确定手机壳体各注塑工艺参数如下:模具表面温度 70℃,料温 275℃,注射时间 0.6 s,保压及冷却过程的压力控制采用保压压力与 V/P 转换点的填充压力相关联的曲线控制方法,冷却时间为 5 s。对塑料件进行 Flow+Wrap 分析后,沉降指数、体积收缩率和翘曲变形的分布如图 3 所示。由图 3 可以看出,3 个值都比较大,影响了塑料

件的质量。



a—沉降指数;b—体积收缩率;c—翘曲变形

图 3 常规注射成型的模拟结果

2 手机壳体高光注射成型工艺参数优化

2.1 正交试验设计

手机壳体对表观质量有较高要求,同时需要满足装配要求,不能有较大的变形和收缩率。高光成型是在较高的模具温度和熔体温度下进行填充和成型,所以在消除熔接痕、凹痕、流纹等表观质量缺陷方面具有显著效果。

制品最终质量很大程度上取决于工艺参数,不合理的参数会导致加工周期长,质量缺陷多,耗费成本高等问题^[8]。所以,获取并保持优化的工艺参数是成型高质量塑料件的前提。确定优化参数为模具温度(A)、熔体温度(B)、注射时间(C)、注塑压力(D)、保压时间(E)、保压压力(F)和冷却时间(G),以沉降指数(Y1)、体积收缩率(Y2)和翘曲变形(Y3)作为评价指标。对影响制品质量的 7 个参数在 3 水平取值,因素—水平取值见表 2。

表 2 因素—水平取值表

水平	因素						
	A	B	C	D	E	F	G
1	110	260	0.6	120	20	90	15
2	120	270	1.0	130	30	100	25
3	130	280	1.4	140	40	110	35

本实验涉及多因素、多水平,采用 Taguchi 方

法 $L_{18}(3^7)$ 正交表安排实验,实验数据的获取可由 Moldflow 模拟来完成。为了获得各因素与指标的关系,找出指标随因素变化的规律和趋势,寻求各因素水平的最佳组合,采用极差分析法计算出每个工艺参数在各个水平下的均值和极差值,结果如表 3 所示。

表 3 实验分析结果¹⁾

指标	项目	因素						
		A	B	C	D	E	F	G
Y1	K11	2.054	1.249	1.691	1.492	1.569	2.488	1.608
	K21	1.667	1.667	1.435	1.554	1.564	1.663	1.817
	K31	1.119	1.924	1.714	1.794	1.708	0.689	1.415
	R1	0.935	0.675	0.279	0.302	0.144	1.799	0.402
Y2	K12	7.100	6.764	6.823	7.011	7.096	8.423	7.246
	K22	7.108	7.221	7.230	7.243	7.184	5.001	7.088
	K32	7.285	7.509	7.441	7.239	7.214	8.060	7.160
	R2	0.185	0.745	0.618	0.232	0.118	3.412	0.158
Y3	K13	0.317	0.314	0.313	0.313	0.313	0.358	0.314
	K23	0.302	0.310	0.316	0.311	0.313	0.311	0.311
	K33	0.319	0.313	0.308	0.313	0.312	0.269	0.312
	R3	0.017	0.004	0.008	0.002	0.001	0.089	0.003

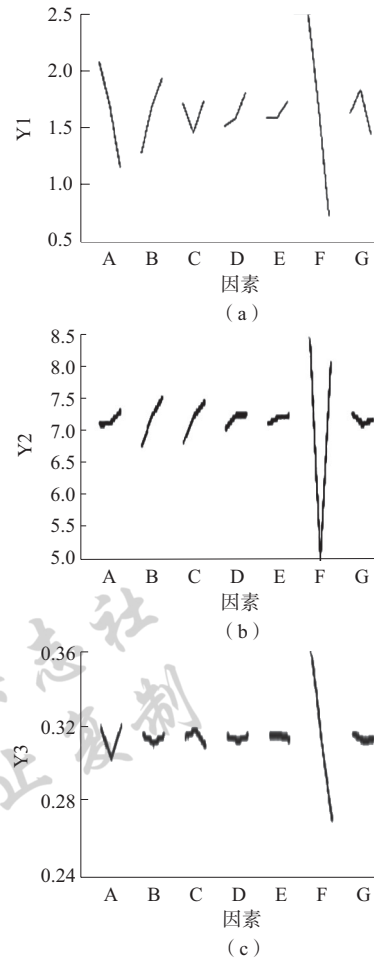
注:1) K_{ij} 是在某个工艺参数第 i 个水平下的第 j 个质量指标的均值; $i=1,2,3$,代表 3 个水平; $j=1,2,3$,分别代表沉降指数、体积收缩率和翘曲变形; R 代表某个工艺参数影响下的质量指标的极差。

2.2 综合平衡法在多目标试验设计中的运用

针对手机壳体的生产特点,运用多指标处理方法中的综合平衡法比较符合实际情况:(1)对各个指标进行分析,与单指标的分析方法完全一样,找出各个指标的最优生产条件;(2)将各指标的最优生产条件进行综合平衡,找出尽可能满足每个指标的最佳生产条件。

极差的大小反映了因素对指标的影响程度。通常,极差大的因素对指标的影响比较大,为主要因素;极差小的因素对指标的影响比较小,为次要因素。根据极差分析结果,从沉降指数来看,各因素影响大小为 $F>A>B>G>D>C>E$,以沉降指数最低为评价指标的最优方案为 $A3B1C2D1E2F3G3$;从体积收缩率来看,各因素的影响大小为 $F>B>C>D>A>G>E$,以体积收缩率最小为评价指标的最优方案是 $A1B1C1D1E1F2G2$;从翘曲变形来看,各因素的影响大小为 $F>A>C>B>G>D>E$,以翘曲变形量最小为评价指标的最优方案是 $A2B2C3D2E3F3G2$ 。各因素-指标关系如图 4 所示。

模具温度 A 对沉降指数和翘曲变形的影响显著性等同,均排在第二位,最佳水平分别为第 3 和第 2 水平,而对体积收缩率的影响不太显著,排在第 5 位,最佳水平为第 1 水平。从极差分析结果来看,沉降指数的第 3 和第 2 水平的均值相差不大,翘曲变



a—沉降指数;b—体积收缩率;c—翘曲变形
图 4 因素-指标关系

形的第 1 和第 2 水平的均值相差不大。因此, A 取第 2 水平较好。

熔体温度 B 对沉降指数和体积收缩率的影响较显著,分别排在第 3 和第 2 位,最佳水平都为第 1 水平。 B 对翘曲变形的影响显著性较低,排在第 4 位,最佳水平为第 2 水平,与第 1 水平的均值相差不大。因此, B 可以取第 1 水平。

注射时间 C 对体积收缩率和翘曲变形的影响显著性均排在第 3 位,最佳水平分别为第 1 和第 3 水平,而对沉降指数的影响较小,排在第 6 位,最佳水平为第 2 水平。而且翘曲变形的第 3 水平和第 1 水平相差不太大。因此, C 取第 1 水平较好。

注塑压力 D 对沉降指数和体积收缩率的影响分别排在第 5 和第 4 位,最佳水平都为第 1 水平,对翘曲变形的影响较小,排在第 6 位,而且翘曲变形的第 2 水平和第 1 水平相差不太大。因此, D 可取第 1 水平。

保压时间 E 对 3 个指标的影响都最小。最佳

水平分别为第2、第1和第3水平。而且沉降指数的第2水平和第1水平的均值相差不大,翘曲变形的第3水平和第1水平的均值相差不大。因此,E取第1水平。

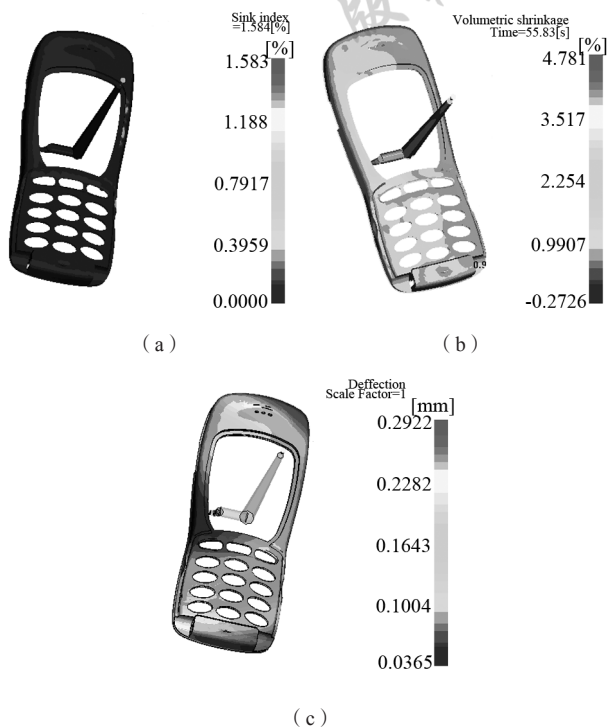
保压压力F对各指标的影响最显著。最佳水平分别为第3、第2和第3水平。而且沉降指数和体积收缩率的第3水平和第2水平的均值相差不大。因此,F取第2水平。

冷却时间G对沉降指数、体积收缩率和翘曲变形的影响显著性分别排在第4、第6和第5位,沉降指数的最佳水平为第3水平,后两者的最佳水平都为第2水平,而且和第3水平的均值相差不大。因此,G取第3水平。

由以上分析可以得出最优组合为A2B1C1D1E1F2G3。即最佳的成型工艺条件组合为:模具温度120℃,熔体温度260℃,注射时间0.6 s,注塑压力120 MPa,保压时间20 s,保压压力100 MPa,冷却时间35 s。

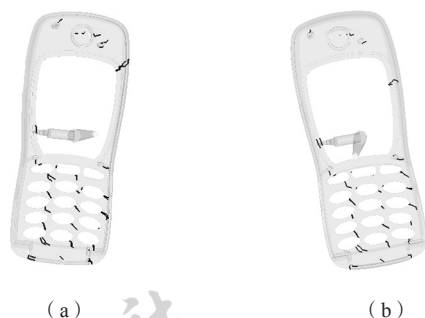
3 工艺优化后的数值模拟分析

完成注塑工艺参数的调整后,用Moldflow按照上面的参数组合对塑料件进行模拟分析计算。各项指标值如图5所示,与图3所示的各项指标值相比,均有了很大的改善。



a—沉降指数;b—体积收缩率;c—翘曲变形
图5 优化后的结果

对于薄壳多孔塑料件而言,熔接痕的存在是不可避免的。常规注射成型下的熔接痕与高光注射成型下的熔接痕见图6。根据手机壳体的功能性分析,如果熔接痕位于按键与按键之间的经常受力的区域,那么产品在使用时很容易从这些部位发生断裂。图6a和6b基本上都偏离了结构上最薄弱的环节,而且后者比前者在数量上有所减少。



a—常规注射成型;b—高光注射成型

图6 常规注射成型与高光注射成型下的熔接痕

4 结语

利用高光注射成型,将CAE技术和正交实验相结合,得到各因素对手机壳体质量的影响趋势。针对该多目标试验设计运用综合平衡法,分析得出该产品的最佳成型工艺组合,并进行模拟,结果显示缺陷大大降低。可见,高光注射成型技术在改善薄壳多孔塑料件缺陷方面比常规注射成型有着更大的优越性。

参考文献

- [1] 罗卫华,周南桥,吴宏武.精密注射成型新技术[J].工程塑料应用,2002,30(8):27-31.
- [2] Ono Sangyo Co., Ltd.. Rapid Heat Cycle Molding [R]. Ono Sangyo Co., Ltd., 2004.
- [3] Wim Bruijs. Cut part costs thermodynamically [ED/OL]. <http://www.injectionmoldingmagazine-digital.com/immnet/200708/pg=52>.
- [4] 刘东雷,辛勇.基于多指标综合评价策略的快速冷热成型工艺优化研究[J].中国塑料,2008,22(12):71-75.
- [5] 刘东雷,申长雨,刘春太,等.基于响应曲面法与改进遗传算法的RHCM成型工艺优化[J].机械工程学报,2011,47(14):54-61.
- [6] 刘东雷,辛勇.基于响应曲面法与遗传算法的快速冷热成形工艺优化研究[J].中国机械工程,2009,20(11):1316-1321.
- [7] 张明磊,于昕世,王小新,等.蒸汽高光无熔痕成型技术研究与应[用[J].模具技术,2009(3):27-29,53.
- [8] Lau H C W, Lee C K M, Lp W H, et al. Design and implimentation of a process optimizer: A case study on monitoring molding operations [J]. Expert System, 2005, 22(1): 12-20.