

doi:10.3969/j.issn.1001-3539.2015.07.010

工艺参数对模内覆膜注塑件翘曲变形的影响^{*}

刘色荣,林有希,卢月美,江星莹

(福州大学机械工程及自动化学院,福州 350108)

摘要:利用 Moldflow 软件对模内覆膜笔记本壳体注射成型过程进行模拟,通过正交试验设计研究了工艺参数对覆膜制品翘曲变形影响的显著性差异,并对试验结果进行方差分析和验证。研究表明,保压压力和熔体温度对覆膜注塑件翘曲变形的影响最显著,其它工艺参数的影响不显著。通过工艺参数优化,获得了最优的工艺参数组合是模具温度 75℃,熔体温度 270℃,注射时间 3 s,保压压力 65 MPa,保压时间 14 s,薄膜厚度 0.1 mm。经过进一步的模拟仿真验证,获得最优参数组合下的翘曲变形值是所有试验中最小的,该结果与预测结果一致。

关键词:模内覆膜注塑;翘曲变形;正交试验设计;Moldflow

中图分类号:TQ320 **文献标识码:**A **文章编号:**1001-3539(2015)07-0046-06

Effect of Molding Processing Parameters on Warpage Deformation of in-Mould Decoration Parts

Liu Serong, Lin Youxi, Lu Yue mei, Jiang Xingying

(College of Mechanical Engineering and Automation, Fuzhou University, Fuzhou 350108, China)

Abstract : The in-mould decoration injection molding process of a notebook shell was simulated by using the Moldflow software. Based on orthogonal experimental design, the warpage of injection parts with different molding parameters was obtained, and the experimental data was researched using the analysis of variance and verification. Results indicate that the highly significant factors affecting the warpage of plastic parts are the packing pressure and melt temperature, the effects of other molding parameters on the warpage of the products seem not obvious. By optimizing the process parameters, the optimal combination of process parameters was obtained, that is, mold temperature is 75℃, melt temperature is 270℃, injection time is 3 s, packing pressure is 65 MPa, packing time is 14 s and the film thickness is 0.1 mm. Throuth further simulation verification, the warpage value of plastic parts under the optional combination is less than the minimum warpage value in the orthogonal experiment, which indicates that the results are consistent with the experimental prediction.

Keywords : in-mould decoration injection molding ; warpage deformation ; orthogonal experiment design ; Moldflow

模内覆膜注射成型技术是先将背面已印刷图案并成型加工过的 3D 装饰膜片放入模具型腔内,然后将高温聚合物熔体注射在成型片材的背面,最终注塑树脂基体与装饰膜片接合成一体的成型技术^[1]。模内覆膜装饰工艺的出现给产品外观设计带来了重大的革新,不仅美化了产品外观,使产品达到喷漆和电镀的工艺效果,而且增加了产品设计的自由度,减少了对环境造成的污染,提高了产品的可靠性,已被广泛地应用于对产品外观要求较高的消费性电子产品如笔记本电脑外壳及高档汽车内饰件等产品。模内覆膜技术最早是由日本的 Nissha 公司开发的模内转印技术,并于 20 世纪 80 年代开始投入生产,以德国、韩国及中国台湾省为代表的国家和地区已积累了近 20 年的模内覆膜装饰技术经验,但在我国大陆的发展尚处于起步阶段,还未投入大规

模生产^[2-4]。

翘曲变形是指注塑件的形状偏离了模具型腔的形状所规定的范围,主要表现现象是注塑件的形状在脱模后或者稍后一段时间内产生回弹或者扭曲现象^[5]。与普通注塑件不同,模内装饰制品的翘曲变形会导致印刷图案的失真,从而影响产品外观质量^[6],因此减小覆膜制品的翘曲变形非常关键。Chen Shia-Chung 等^[7-9]认为,覆膜制品翘曲变形的发生与制品表面的装饰薄膜有关,这是因为覆在模具表面的装饰薄膜的热传导系数远小于模具钢,影

^{*} 国家自然科学基金项目 (51375094),福建省科技计划重点项目 (2012H0024)

联系人:林有希,教授,博士生导师,主要从事先进制造技术及摩擦学方面的研究

收稿日期:2014-04-15

响了聚合物熔体在薄膜两侧的传热过程,导致注塑件冷却时温度场分布不均匀,造成应力过高,是引起模内覆膜注塑件翘曲变形的主要原因。且薄膜的热传导系数越小,则高温熔体与薄膜界面温差会越大,对制品翘曲变形的影响越明显。此外, L.Patcharee 等^[10-11]研究发现,普通塑料制品会向冷却效率更低的一侧翘曲变形,而覆膜制品会向冷却效率更高的注塑基体侧翘曲变形,这主要是树脂基体与薄膜间的不同热膨胀系数以及收缩性同时起作用的结果。他们还发现,装饰薄膜不仅会影响聚合物熔体间的传热过程,而且也会造成聚合物熔体在型腔内的流动方式的不同,从而影响注塑件在凝结层的分布,最终使注塑件的性能下降。

目前注射成型的模拟仿真多数是在传统注塑方面,关于模内覆膜注射成型过程的模拟分析文献较少提到。笔者利用 Moldflow 软件对注塑件的充型过程进行模拟分析,研究不同工艺参数对模内覆膜装饰件翘曲变形的影响显著性的差异,并找出最优的参数组合。

1 有限元模型的建立

1.1 注塑件建模

试验中所使用的模内覆膜笔记本壳体的尺寸是 380 mm × 250 mm × 8 mm,壳体厚度为 2 mm,壳体上表面覆一层厚 0.2 mm 的 PET 装饰薄膜。利用 Pro/E 软件建立笔记本壳体的 3D 模型,如图 1 所示,并转化成 STP 文件。



图 1 笔记本壳体模型

1.2 网格划分

将建好的三维模型导入 Moldflow Plastics Insight 中。对于该产品,属于简单的薄壁件,由于其在厚度上的变化很小可以忽略,所以选取网格划分时,在高效准确的前提下选择了双层面网格划分类型进行网格划分。网格尺寸设置为 6 mm,网格划分后,需对网格进行初步统计,并根据统计情况对网格进行诊断修正。经修整后模型由 10 682 个三角形单元组成,5 343 个节点,表面面积 2 073.85 cm²,体积 203.989 cm³,三角形网格的纵横比小于 6,匹配率达到 92.6%,且网格划分结果显示并无自由边

和配向不正确的单元,所以该模型的网格划分结果满足了有限元模拟仿真的网格质量要求。图 2 为修整后的笔记本壳体模型双层面网格的划分结果。

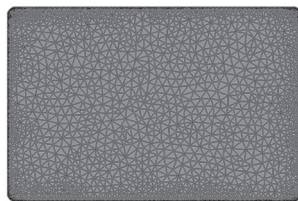


图 2 模型双层面网格划分结果

然后根据建好的模型网格,创建覆于笔记本壳体上表面的装饰薄膜的网格。首先选择网格划分过的壳体上表面,并利用复制平移工具,转换其网格形式为中性层网格,定义其属性为模内标签(In-mold Label,如图 3 所示),然后设置标签材料。试验采用硬质聚对苯二甲酸乙二酯(PET)薄膜(543C, Nippon Unipet),界面传导率为 30 000 W/(m² · °C),指定薄膜的厚度为 0.2 mm。

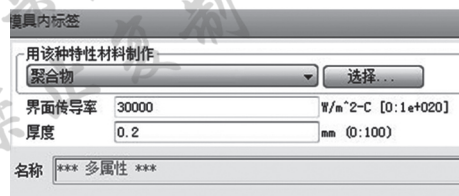


图 3 薄膜材料选择及属性设置

属性设置完毕后,最后平移薄膜使其紧贴壳体表面,以此方式来模拟模内薄膜与注塑熔体的贴合状态。薄膜网格及其贴合至模型表面的状态如图 4 所示。



图 4 薄膜网格及其贴合至模型表面的状态

1.3 材料的选择

在模内覆膜注塑中,注塑基材通常指被用来注射成型的材料,薄膜片材则为装饰薄膜,两种材料在选择时不但要考虑其各自的用途要求,同时也要考虑其兼容性^[12]。本试验所用的笔记本壳体的注塑材料为丙烯腈-丁二烯-苯乙烯塑料(ABS)(Polylac PA-756, Chi Mei Corporation);查阅材料库可知,PA-756 材料的模具温度是 20~80 °C,熔体

温度是 180~300℃,顶出温度是 95℃,最大剪切应力 0.28 MPa,最大剪切速率 $12\,000\text{ s}^{-1}$,固体密度为 1.0493 g/cm^3 ,熔体密度为 $0.940\,01\text{ g/cm}^3$,弹性模量 2 240 MPa,泊松比 0.392,剪切模量 804.6 MPa,热膨胀横向系数 $8\times 10^{-5}\text{ }^{\circ}\text{C}^{-1}$ 。

试验模拟采用 7 个参数的 Cross-WLF 黏度本构方程,ABS 材料本构方程的参数如表 2 所示。

表 2 数值模拟材料参数

参数	数值
非牛顿指数 (n)	0.2354
剪切变稀行为开始时剪应力 (τ^*) /MPa	119 100
模型参数 (D_1) /Pa·s	8.54×10^{12}
模型参数 (D_2) /K	373.15
模型参数 (D_3) /($\text{K}\cdot\text{Pa}^{-1}$)	0
模型参数 (A_1)	31.492
熔体温度 (T) /K	51.6

1.4 主要材料参数设计

鉴于软件模拟与实际生产的差异性,因此通过软件获得的浇口位置一般还要根据产品的具体要求和实际经验来确定,以能保证最后结果分析的准确性。对模内覆膜装饰技术,由于制品表面需要进行装饰,所以不能将浇口设在装饰表面,只能放在其边缘,且考虑到模内覆膜注塑过程中容易引起冲墨现象,并综合考虑其它因素,因此根据制品的结构,对于本次设计时在选择中心进胶的同时,对制品结构做适当的改变,设计类似扇形浇口进胶的产品形状,以防止注塑时高温熔体直接冲刷印刷层,造成冲墨。该模型的浇口截面形状为圆形,长度 40 mm,小端口直径为 3 mm,大端口直径为 6 mm;冷却管道截面形状为圆形,水管直径为 8 mm,冷却水管间距为 60 mm,冷却水管超出制品边界的距离为 80 mm,冷却介质为水,温度暂时设置室温 20℃,入口雷诺数为 10 000,在管道某一端设置冷却液入水口;选择模具材料为 Tool steel P-20(20# 钢)。浇注系统及冷却流道的设计与布置如图 5 所示。

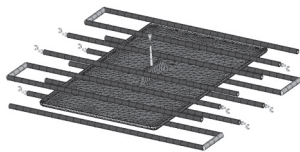


图 5 浇注系统设计及冷却流道布置

2 试验设计

该笔记本外壳的流长比大,属于典型的薄壁注塑制品,其残余应力的释放很容易导致翘曲变形量超标,此外,试验中研究的笔记本外壳应用了模内覆膜注塑工艺,其翘曲变形的产生过程较普通薄壁注

塑更为复杂。实际生产中,模内覆膜注射成型的主要工艺参数是压力、温度和时间等,每个工艺参数对注塑件翘曲变形的影响程度都不同。本试验根据实际中影响翘曲变形的原因,分别选取模具温度 (A)、熔体温度 (B)、注射时间 (C)、保压压力 (D)、保压时间 (E) 及薄膜厚度 (F) 作为试验因素。根据材料库中推荐的工艺参数,每个因素各取 3 个水平,具体的因素及因素水平设置如表 3 所示。

表 3 试验因素水平表

因素	水平 1	水平 2	水平 3
$A/^{\circ}\text{C}$	45	60	75
$B/^{\circ}\text{C}$	250	260	270
C/s	1	2	3
D/MPa	45	55	65
E/s	6	10	14
F/mm	0.1	0.2	0.3

3 试验结果分析

3.1 田口正交方法

田口方法不仅可以产生制品质量随各个影响因素变化的响应图,还可以找出相应因素条件下最优水平组合和因素对试验指标的影响度顺序。在分析中,采用统计量信噪比来研究各个参数对目标的影响。信噪比由损失函数推导而得,其形式依赖于目标函数的类型,信噪比的值越大表示性能对噪音的敏感程度越小。试验以制品最大总翘曲变形量为研究目标。根据 $L_{18}(6^3)$ 正交试验表试验,获得不同工艺参数下注塑件总翘曲变形,结果如表 4 所示。

表 4 试验模拟结果

编号	因素						总翘曲变形量/mm
	A	B	C	D	E	F	
1	45	250	1	45	6	0.1	1.912
2	45	260	2	55	10	0.2	1.576
3	45	270	3	65	14	0.3	1.218
4	60	250	1	55	10	0.3	1.685
5	60	260	2	65	14	0.1	1.264
6	60	270	3	45	6	0.2	1.586
7	75	250	2	45	14	0.2	1.851
8	75	260	3	55	6	0.3	1.515
9	75	270	1	65	10	0.1	1.191
10	45	250	3	65	10	0.2	1.541
11	45	260	1	45	14	0.3	1.903
12	45	270	2	55	6	0.1	1.452
13	60	250	2	65	6	0.3	1.635
14	60	260	3	45	10	0.1	1.653
15	60	270	1	55	14	0.2	1.443
16	75	250	3	55	14	0.1	1.481
17	75	260	1	65	6	0.2	1.407
18	75	270	2	45	10	0.3	1.616

本试验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型,即翘曲

变形越小,产品品质越佳。其计算公式为:

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

式中: η ——信噪比;

y_i ——第 i 次试验的最大翘曲变形量;

i ——试验序号;

n ——试验次数。

3.2 正交试验模拟结果分析与讨论

(1) 信噪比分析。

试验中以制品最大总翘曲变形量为研究目标,因此,采用望小型目标函数的公式计算每个因素各个水平的信噪比。计算结果如表 5 所示。

表 5 因素信噪比的响应表

水平	因素					
	A	B	C	D	E	F
1	-3.98	-4.491	-3.903	-4.851	-3.953	-3.366
2	-3.732	-3.752	-3.835	-3.655	-3.715	-3.869
3	-3.503	-2.972	-3.477	-2.71	-3.547	-3.98
极差	0.476	1.519	0.427	2.141	0.406	0.614
排序	4	2	5	1	6	3

为了更直观地观察各个影响因子对制品总翘曲变形的影响,将信噪比响应结果绘制成 S/N 响应趋势图,如图 6 所示。

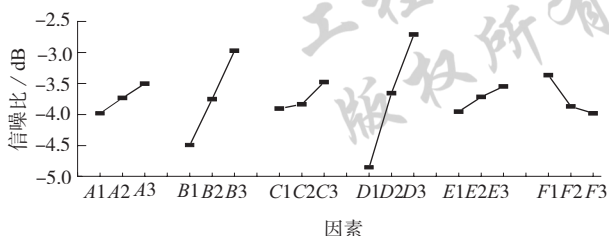


图 6 翘曲变形量信噪比响应图

根据望小型目标函数的公式可知,信噪比与因子平方和成反比,信噪比越大,结果越接近目标值,因此因素应该取使信噪比达到最大值的水平。由图 6 可知,满足要求的各因素最佳的水平组合为 $A_3B_3C_3D_3E_3F_1$,即模具温度 75°C ,熔体温度 270°C ,注射时间 3 s,保压压力 65 MPa,保压时间 14 s,薄膜厚度 0.1 mm。

(2) 方差分析。

为了进一步研究各素因子对制品质量指标的影响程度,基于以上分析结果,对试验数据进行方差分析,结果如表 6 所示。从表 6 中的贡献率可知,因素对制品翘曲变形的影响程度从大到小顺序为: $D > B > F > A > C > E$ 。在方差分析中, F 值反映了各因素之间的显著性差异, F 值越大说明该因素的变动对结果的影响越大,当 $F > F_{\alpha}(p < 0.05)$ 时,说

明该因素对试验结果影响显著。在此采用 p 值进行显著性检验,取 $p=0.05$,试验中 $P_B=0.0016 < 0.05$, $p_D=0.003 < 0.05$,所以在 6 个因素中,熔体温度和保压压力对总翘曲变形的影响最为显著,此外薄膜厚度对翘曲变形的影响也不能忽略,而其它参数对翘曲变形的影响不显著。

表 6 方差分析结果

因素	自由度	偏差平方和	均方差	贡献率/%	p 值	临界值
A	2	0.681	0.341	2.79	0.1388	$P=0.05$
B	2	6.928	3.464	28.38	0.0016	
C	2	0.631	0.316	2.59	0.1538	
D	2	13.822	6.911	56.62	0.0003	
E	2	0.500	0.250	2.05	0.2054	
F	2	1.283	0.642	5.26	0.0519	
误差	5	0.566	0.113	2.32		
总计	17	24.412				

注:置信度为 0.05, $F_{0.05}(2, 17)=3.59$ 。

(3) 试验结果验证。

由上述分析得工艺参数最佳组合是 $A_3B_3C_3D_3E_3F_1$,该组合没有包含在所设计的正交试验中,需要预测对应该因素组合的制品质量的指标响应。不考虑因素间的交互作用,最优组合的信噪比计算公式:

$$\eta_{A_3B_3C_3D_3E_3F_1} = \eta_m + (\eta_{A_3} - \eta_m) + (\eta_{B_3} - \eta_m) + (\eta_{C_3} - \eta_m) + (\eta_{D_3} - \eta_m) + (\eta_{E_3} - \eta_m) + (\eta_{F_1} - \eta_m) \quad (2)$$

式中: η_m ——所有试验的信噪比的平均值;

$\eta_{A_3}, \eta_{B_3}, \eta_{C_3}, \eta_{D_3}, \eta_{E_3}, \eta_{F_1}$ ——因素 A, B, C, D, E, F 相应的水平下的信噪比。

根据公式 (2) 求得预测的优化因素水平组合的信噪比为 0.882,此时的最大翘曲变形量为 1.052 mm,比表 4 中所有试验的变形值都小。最后利用 Moldflow 软件进行试验验证,获得工艺参数组合 $A_3B_3C_3D_3E_3F_1$ 下的信噪比为 -0.138,最大翘曲变形量仅为 1.016 mm(如图 7 所示),变形量比表 4 中的都小,与试验预测结果一致。

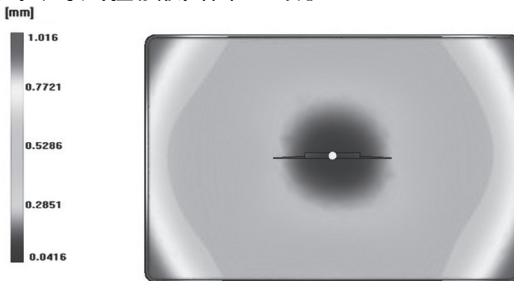


图 7 翘曲变形优化结果

3.3 单因素试验模拟结果分析

由以上分析可知,模内覆膜注塑成型过程中,

保压压力、熔体温度和薄膜厚度是对制品的总翘曲变形影响较大的3个参数。因此很有必要进一步研究保压压力、熔体温度和薄膜厚度对制品翘曲变形的影响。图8和图9分别为不同保压压力和熔体温度下的翘曲变形。

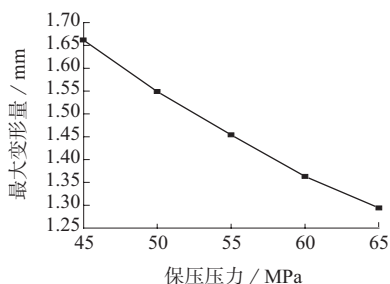


图8 保压压力与总翘曲变形的关系

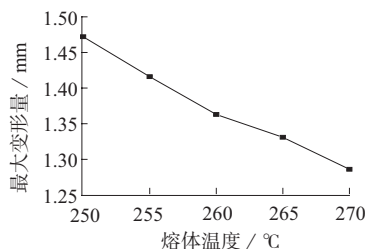


图9 熔体温度与总翘曲变形的关系

由图8可知,注塑件的翘曲变形随着保压压力增加而显著下降,这与正交试验获得的因素响应趋势图的结果一致。这是因为在一定的保压压力下,可使注塑件得到较大的密度,收缩率减小,降低注塑件收缩,从而减小翘曲变形。由图9可知,注塑件的翘曲变形随着熔体注射温度的升高逐渐减小。熔体温度升高,其熔体黏度将会随之减小,流动性变好,保压补收缩作用增大,翘曲收缩变形逐渐降低。

将薄膜厚度与总翘曲变形及模具温差的关系绘成如图10所示。由图10可知,注塑件的翘曲变形和模具温差随薄膜厚度的增加而变大。受薄膜厚度的影响,模具两凹凸模的温差最高达13℃,且薄膜滞热随薄膜厚度的增加而上升明显,这与Kim Seong-Yun等^[5,13]研究结果相吻合。由于薄膜的滞热作用,影响膜厚方向的传热,注塑过程中如果冷却不均匀,常会引起残余应力分布不均匀,最终导致注塑件翘曲变形增大。因此通过合理设计冷却温控系统,或改变模具表面温度及其它工艺参数,调整凸模和凹模、型芯和模壁之间的温差,可防止变形产生^[8,10]。

4 结论

(1) 工艺参数对注塑件翘曲变形影响程度从大

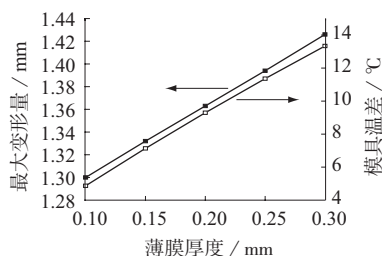


图10 薄膜厚度与总翘曲变形及模具温差的关系

到小分别是保压压力、熔体温度、薄膜厚度、模具温度、注射时间、保压时间。其中保压压力和熔体温度两参数对制品翘曲变形的影响表现最为显著。

(2) 通过进行工艺参数优化,获得了最优的工艺参数组合,即模具温度75℃,熔体温度270℃,注射时间3 s,保压压力65 MPa,保压时间14 s,薄膜厚度0.1 mm,经过Moldflow软件进一步验证获得注塑件的最大翘曲变形量仅为1.016 mm,小于正交试验中的翘曲变形值,证明了预测结果是有效的。

(3) 增加保压压力或提高熔体温度均可以减小翘曲变形,而薄膜厚度对制品翘曲变形的影响主要影响了模内覆膜注塑过程中模具两侧的温差,引起注塑件在冷却过程的温度分布不均匀,进而引起收缩的不均匀,最终使翘曲变形增大。

参考文献

- [1] 欧会全. IMD技术的新发展[J]. 丝网印刷, 2010(9):1-3.
Ou Huiquan. The new development of IMD technology[J]. Screen Printing, 2010(9):1-3.
- [2] 马红, 王雷刚, 黄瑶. 模内装饰技术应用进展[J]. 模具技术, 2010(6):56-60.
Ma Hong, Wang Leigang, Huang Yao. The progress of in-mould decoration(IMD) technology application[J]. Die and Mould Technology, 2010(6):56-60.
- [3] 常征, 龚露露, 杨柱, 等. 模内装饰(IMD)技术应用进展及可拉伸光固化膜的研究[C] // 2014第十五届中国辐射固化年会论文集. 北京: 中国感光学会辐射固化专业委员会, 2014:508-516.
Chang Zheng, Gong Lulu, Yang Zhu, et al. The progress of in-mould decoration(IMD) technology application and the research of UV cured stretchable hard coat film[C] // The Conference Proceedings of the Fifteenth Annual Meeting of Chinese Radiation Curing in 2014. 料 Beijing:Rad Tech China, 2014:508-516.
- [4] 马益全, 孙小峰. 模内贴标技术的应用现状及发展前景[J]. 科技致富向导, 2010,32:20,28.
Ma Yiquan, Sun Xiaofeng. The application status and development potential of in-mould lable[J]. Guide of Sci-tech Magazine, 2010, 32:20,28.
- [5] Kim Seong-Yun, Lee Jung-Tae, Kim Jin-Young, et al. Effects of

- film and substrate dimensions on warpage of film insert molded parts[J]. Polymer Engineering & Science, 2010, 50(6):1 205–1 213.
- [6] 刘斌,余磊. 注塑制品表面模内装饰工艺的质量分析与对策[J]. 工程塑料应用, 2011, 39(2):34–38.
- Liu Bin, Yu Lei. The surface quality analysis and methods for improvement of the injection molding parts based on the in-mold decoration technology[J]. Engineering Plastics Application, 2011, 39(2):34–38.
- [7] Chen Shia-Chung, Li Hai-Mei, Huang Shih-Tsun, et al. Effect of decoration film on mold surface temperature during in-mold decoration injection molding process[J]. International Communications in Heat and Mass Transfer, 2010, 37(5):501–505.
- [8] Chen Huili, Chen Shia-Chung, Liao Won-Hsion, et al. Effects of insert film on asymmetric mold temperature and associated part warpage during in-mold decoration injection molding of PP parts[J]. International Communications in Heat and Mass Transfer, 2013, 41:34–40.
- [9] Kim Sung-Ho, Kim Seong-Yun, Lee Seung-Hwan, et al. Residual stresses and thermoviscoelastic deformation of laminated film prepared for film insert molding[J]. Polymer Engineering & Science, 2012, 52(5):1 121–1 127.
- [10] Patcharee L, Hans-Gerhard F. Warpage and countermeasure for injection-molded in-mold labeling parts[J]. Polymer Engineering and Science, 2011, 51(3):411–418.
- [11] Kim Jin-Young, Kim Seong-Yun, Song Young-Seok, et al. Relationship between the crystallization behavior and the warpage of film-insert-molded parts[J]. Journal of Applied Polymer Science, 2011, 120(3):1 539–1 546.
- [12] Kim Seong-Yun, Kim Sung-Ho, Oh Hwa-Jin, et al. Residual stress and viscoelastic deformation of film insert molded automotive parts[J]. Journal of Applied Polymer Science, 2010, 118(5):2 530–2 540.
- [13] 陈惠俐,陈夏宗,王膺杰,等. IMD 薄膜滞热在射出成型制程研究[C] // 第五届两岸三地先进成型技术与材料加工研讨会论文集. 北京:北京化工大学, 2008:46–49.
- Chen Huili, Chen Xiaozong, Wang Yingjie. Study on the influence of film heat stagnation for IMD injection molding process[C] // The Fifth Advanced Molding Technology And Materials Processing Symposium. Beijing:Beijing University of Chemical Technology, 2008:46–49.

欢迎订阅 2015 年《工程塑料应用》、《化学分析计量》及合订本光盘

邮发代号 24-42, 24-138 全国各地邮局均可订阅

也可直接通过邮局或银行汇款向《工程塑料应用》杂志社订阅《工程塑料应用》、《化学分析计量》及合订本光盘,请注明订阅期刊/光盘的名称、收件人、邮编及地址。

《工程塑料应用》国内外公开发行的全国性塑料专业技术类刊物,月刊,大 16 开本,每月 10 日出版。本刊为中文核心期刊,是中国合成树脂供销协会会刊,荣获首届、第二届、第三届国家期刊奖等多项国家、省部级优秀期刊奖,入选美国化学文摘(CA)千种表。2015 年定价 15 元/期,全年 180 元。目前杂志社尚有部分 1986 年以来的单册和合订本库存,如需订阅,请联系杂志社。

《化学分析计量》国内外公开发行的全国性分析、计量专业技术类刊物,双月刊,大 16 开本,单月 20 日出版。本刊为中国科技核心期刊,荣获多项省部级优秀期刊奖,入选美国化学文摘(CA)千种表。2015 年定价 15 元/期,全年 90 元。目前杂志社尚有部分 1992 年以来的单册和合订本库存,如需订阅,请联系杂志社。

《工程塑料应用》、《化学分析计量》合订本光盘 杂志社已将《工程塑料应用》自创刊号(1973 年)至 2014 年底共 42 卷 302 期的期刊电子化,并制成合订本光盘,现公开发售;同时也将《化学分析计量》自创刊号(1992 年)至 2014 年底

共 23 卷 103 期的期刊电子化,并制成合订本光盘,现公开发售。分别利用这两种合订本光盘既可按作者、文题、关键词、年、期等分类查阅各期刊已发表的所有科技文章和科技信息的全文,又可根据读者自定义的关键词进行全文检索,非常方便、实用。《工程塑料应用》合订本光盘优惠售价 530 元;《化学分析计量》合订本光盘优惠售价 230 元。

邮局汇款:

收款地址:济南市天桥区田庄东路 3 号

收款单位:《工程塑料应用》杂志社

邮编:250031

电话:(0531)85878223 85878057 85878278

传真:(0531)85947355

银行汇款:

户名:山东非金属材料研究所

开户银行:济南市工商银行经十一路支行

账号:1602001229014425546

网上订阅: <http://www.epa1973.com>