

注塑制品表面模内装饰工艺的质量分析与对策

刘斌 余磊

(华南理工大学聚合物成型加工工程教育部重点实验室, 广州 510640)

摘要 介绍了注塑制品表面模内装饰工艺及其应用,列举了影响模内装饰注塑制品质量的主要因素和工艺要点,同时针对该项技术在生产过程中常见的质量问题做出了分析并提出了改善措施,最后阐明了注塑制品表面模内装饰工艺的发展趋势。

关键词 注塑制品 模内装饰 质量分析 缺陷

注塑制品表面模内装饰(IMD)技术是近年发展起来的一项新技术,它是将已印刷成型好的装饰膜片放入注塑模内,然后将塑料熔体注塑在装饰膜片的背面,使塑料熔体与膜片合成一体的技术。常见的如网印、喷涂和电镀等表面装饰工艺必须在注塑制品从模具型腔中取出来后经二次加工才能完成,与这些表面装饰工艺相比,使用IMD技术可以缩短表面后处理工艺,稳定性好,无污染,表面图案清晰,精致美观且耐腐蚀、耐摩擦和耐划伤,集装饰性和功能性于一体,所以该技术被广泛应用于家电、汽车、通讯及电子产品等领域塑料外壳的表面装饰。但是,IMD技术在我国尚处于起步阶段,加之影响IMD注塑制品质量的因素较多,故在实际生产中产品的不良率较高^[1-4]。

笔者主要分析IMD注塑制品常见的质量问题及产生的原因,并提出了一些相应的改善措施。

1 IMD技术

1.1 IMD技术的工艺流程及IMD技术的分类

IMD技术的工艺流程包括以下几个步骤^[5]:

(1) 膜片制作

以丝网印刷、胶印或数码印刷等工艺把图文印在聚碳酸酯(PC)等薄膜材料的背面,然后将膜片放在预成型模上。膜片的基本结构如图1所示。

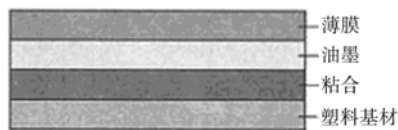


图1 膜片的基本结构

(2) 膜片成型

以高压成型(HPF)、热成型、液体成型或金属对模成型等技术按要求对膜片进行三维预成型。

(3) 裁剪

将三维预成型膜片的边角以模切、激光切割或

数控机床等加工方法裁剪掉。

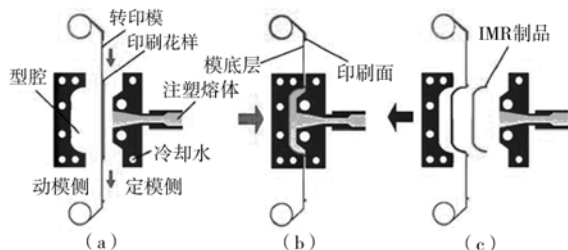
(4) 注塑

将三维预成型膜片放入模具型腔中。可用于注射成型的塑料有丙烯腈-丁二烯-苯乙烯塑料(ABS)、热塑性聚烯烃(TPO)或PC等,将塑料熔体注入模具型腔内的膜片上,待熔体冷却硬化后取出制品。

1.2 IMD技术的分类

根据膜片最终是否留在成型的注塑制品表面上,可将IMD技术分为模内热转印(IMR)技术和模内镀膜(IMF)技术两种^[6-7]。

IMR是将预先印制好图文的膜片经剪裁成型后放入模具型腔内,然后使塑料熔体注入型腔内与膜片接合,印刷图文离开载体膜并永久粘合在塑料制品表面,当熔体固化后,打开模具得到装饰好的制品,而载体膜会自动剥离,然后准备下一个生产周期。其注塑过程示意图如图2所示。



a—开始; b—闭模、射出; c—开模取出制品

图2 IMR注塑过程示意图

IMF是将预先印制好图文的膜片经剪裁成型后放入模具型腔内,然后使塑料熔体注入型腔内与膜片接合,膜片最终留在制品表面上,得到装饰好的制品。其注射过程示意图如图3所示。

2 影响IMD注塑制品质量的因素

IMD成型工艺的实质是印刷工艺和注塑工艺相

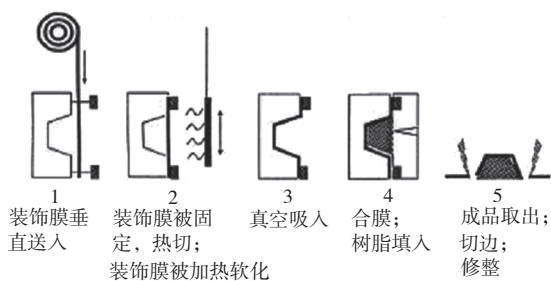


图3 IMF注塑过程示意图

结合的一种新型技术,即首先在透明薄膜(承印材料)上进行印刷,完成图文转移,然后对其表面进行成型处理,最后将已印刷成型好的装饰膜片放入注塑模内,把塑料熔体注塑在成型膜片的背面,使熔体与膜片接合成一体而制成IMD制品,其结构由薄膜层、油墨层和注塑层组成。在整个成型过程中,影响IMD制品质量的因素比较复杂,除必须满足印刷的具体要求外,还应严格控制各环节的工艺,将各工艺参数控制在合理的范围内,这是保证和提高制品质量的基本条件^[8]。

影响IMD注塑制品质量的因素主要包括如下几个方面^[1,8]:

(1) 塑料薄膜

IMD技术要求所用的塑料薄膜具有透明、耐高温(一般为230~280℃)、耐摩擦、耐划伤及高温尺寸稳定性、收缩率小等特性。根据这些要求,可选择的薄膜有PC薄膜、聚对苯二甲酸乙二酯(PET)薄膜等,后者的耐摩擦、耐划伤性能比前者好一些。

(2) 油墨

IMD技术要求印刷油墨必须满足以下要求:对薄膜有良好的附着力;耐高温;具有一定的柔韧性;光亮鲜艳,具有良好的印刷性能。

(3) 油墨的干燥

油墨的干燥方法根据所用油墨的品种和牌号不同而有所不同。使用UV油墨时,必须选择UV干燥装置,使用溶剂型油墨时,必须选用溶剂型油墨对应的干燥方式。

(4) 预成型模的设计

预成型模与注塑模的型腔相互配合,二者的形状、尺寸应有很高的加工精度;在确定预成型模的深度时,应充分考虑膜片以及油墨的延伸能力;在转折处应避免出现尖锐角。

(5) 注塑模具的设计

IMD技术所需的注塑模除必须满足普通注塑模的要求外,还需注意合理设置注塑模浇口的位置、形

状、数量、大小和浇口之间的通道,以确保熔体方便、快捷地填充模具型腔,以减少温度对油墨的冲击,提高注塑材料和油墨以及膜片三者之间的结合牢度。

(6) 注塑工艺

①合理控制熔体温度和模具温度。温度过高,容易造成油墨掉墨;温度过低,则会影响薄膜与注塑材料之间的结合牢度。应根据不同的注塑材料选择不同的注射温度。

②合理设置注射速度。

③保持注塑过程的连续性。

IMD技术是集材料、印刷、膜片成型、模具设计及制造、注塑工艺为一体的综合技术,影响IMD注塑制品质量的因素很多,应严格控制好各个环节,才能生产出合格的制品。

3 IMD注塑制品常见的质量问题及改善措施

3.1 冲墨

冲墨是发生在注塑阶段的一个常见的缺陷,存在该缺陷的制品,其油墨层局部会被冲掉,造成图文残缺或不清晰,如图4所示。

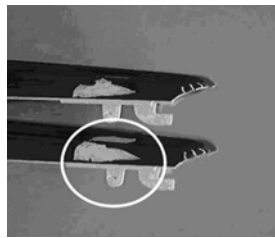


图4 一款有冲墨缺陷的手机外壳

引起该质量问题的主要原因有:

(1) 在印刷膜片阶段,油墨未得到充分干燥,存在残留溶剂

应根据所用油墨的品种和牌号选择合适的干燥方式。若使用的是德国宝龙公司的HRT油墨,可以采用隧道式烘干机进行干燥,干燥温度分为三段:第一阶段为低温干燥,建议干燥温度不超过40℃,此阶段主要是将油墨中的低沸点溶剂挥发掉,同时促进油墨与薄膜之间的润湿,提高油墨对薄膜的附着力;第二阶段为恒温干燥(90℃),此阶段主要是将油墨中的溶剂基本挥发掉;第三阶段为冷却阶段,将温度从90℃逐步降至室温,时间为4h,此阶段主要是使油墨逐步冷却收缩,同时使残留在薄膜中的溶剂挥发掉。当所有的颜色都印好后,应将印刷物放入恒温通风干燥箱中,以彻底清除油墨中的残留溶剂。若使用美国诺固公司生产的UV油墨时,则应采用光固化法进行干燥^[9]。

(2) 膜片和油墨层的厚度不当以及油墨不耐高温

油墨被冲散面积随膜片的厚度增加而增加, 墨层厚度太薄容易造成冲墨现象。对于几何尺寸较小的制品, 一般可选用厚度为 0.15 ~ 0.20 mm 的膜片, 以降低生产成本; 对于几何尺寸较大的制品, 一般可选用厚度为 0.25 ~ 0.30 mm 的膜片^[11]。应根据不同的印刷要求, 选择不同的透墨量以得到不同的油墨层厚度。应选用耐高温性能的油墨, 防止高温熔体注塑时油墨变色以及图文不清晰等现象的产生^[10-11]。

(3) 注塑模浇口设置不当

在浇口附近, 高温熔体有很高的剪切速率和剪切应力, 如果浇口设置不当, 很容易在其附近产生冲墨现象。注塑模浇口的位置应远离印刷图文, 当无法偏让时, 应将浇口设置在油墨颜色较深且面积较大的部位。当出现冲墨现象时, 应该对注塑模的整体结构及浇口的位置和形状进行改进。此外, 浇口的位置不能放在膜片的边缘, 以免注射成型时引起膜片错位^[8]。吴锦镛等^[12]发明了一种防止 IMD 工艺浇口冲刷的方法, 主要是在模具浇口处设置滑块, 以形成缓冲空间, 塑料熔体经浇口进入模具时, 其温度和压力得以缓冲, 不致损伤模具内的薄膜。当模具内的塑料填充达一定量时, 将滑块移出缓冲空间, 完成注塑过程。该方法有效地防止了浇口周围容易发生冲墨的现象, 尤其对于成型薄片制品有很大帮助。

(4) 塑料熔体温度和模具温度设置不合理

注塑熔体温度宜控制在下限, 如选用透明 ABS 时, 可将注塑熔体温度控制在 200 ~ 210℃; 选用 PC 时, 则可将注塑熔体温度控制在 260 ~ 280℃(牌号不同, 注塑熔体温度有一些差别)。如果注塑熔体温度过高, 则容易造成制品黑点多及油墨被冲刷掉。常用注塑料的注塑熔体温度如表 1 所示^[9]。模具温度宜控制在 80℃左右, 模温过高容易造成油墨掉墨^[11]。

表 1 不同塑料的注塑熔体温度

塑料	PC	ABS	PC/ABS	聚甲基丙烯酸甲酯	聚苯乙烯
温度/℃	>290	>270	>260	>240	>220

3.2 变形

变形是 IMD 注塑制品的又一个常见的缺陷, 存在该缺陷的制品主要表现在图文偏移、扭曲错位以及翘曲等方面。引起该质量问题的主要原因有:

(1) 预成型模具设计不当或预成型参数设置不合理

预成型模具的设计要注意和注塑模具的相互配合, 而且避免出现尖锐角, 设计凹模深度时应考虑到膜片的厚度、拉伸性能、弯曲性能以及油墨的延伸能力。预成型工艺参数的设置应注意压边力、膜片形状、角部相对圆角半径、凸凹模间隙、凸模及凹模圆角半径对拉深深度的影响等。边彬辉等^[13-14]在综合分析各传统热成型工艺优缺点的基础上, 分别提出了一种 PC 热拉深成型工艺和拉胀复合热压成型 (PDAB-IMD) 工艺, 从力学和热交换两大角度, 对热拉深工艺的成型原理及机理进行了理论分析, 从理论上证明了热拉深成型工艺的可行性和优越性, 并解决了塑料制品壁厚分布严重不均和图文变形量大两大技术难题。

(2) 制品结构设计不合理

为了克服制品变形, 制品的设计平均厚度一般要求 1.2 mm(包括薄膜的厚度), 且尽量做到壁厚均匀。在结构设计上, 还要考虑控制变形的措施, 例如增加热融柱、扣子等, 或通过固定在另外的产品上来克服变形^[15]。

(3) 塑料膜片在注射成型时所造成的滞热温度的影响

由于薄膜的导热系数远远小于模具钢的导热系数, 故在注塑时, 薄膜片材的加入会造成凹凸模之间的温度差异, 这种差异有时高达 10℃以上, 凹凸模之间如此高的温度差异会导致最终制品的变形。应通过冷却分析, 计算热转移的温度差别, 通过补偿凹模侧的模具温度, 使变形量降到最小^[16-19]。

3.3 分离

分离现象分为两种: 一种是油墨与膜片的分离; 另一种是膜片与塑料基材的分离。

对于油墨与膜片的分离, 主要原因及改善措施有: ①油墨与膜片的结合性较差。油墨对膜片的附着性是 IMD 制品的重要性能指标之一, 是影响制品质量的重要因素。改善油墨对膜片的附着性需要从油墨的选择和膜片承印表面的处理两方面考虑。IMD 专用油墨一般由色料、树脂和溶剂组成, 其中树脂和溶剂对油墨的附着性有直接的影响, 因此, 选择油墨时应对其所用树脂和溶剂进行严格要求。为了使油墨成功地附着在薄膜表面, 油墨的表面张力必须等于或小于薄膜的表面能, 这样油墨才能达到理想的附着效果。为此可以对薄膜表面进行处理, 使

其表面结构得到改善,以提高油墨对薄膜的附着能力^[20]。郭珊珊^[21]尝试将低温等离子技术运用在PC与PET表面的处理上,以改善薄膜的印刷适应性,取得了良好的效果。②油墨中有残存溶剂。应根据所用油墨的品种和牌号选择合适的干燥方式进行彻底干燥。③注塑时温度、压力及冷却控制不当。注塑时应选择合适的工艺参数以防止出现油墨与膜片分离现象。

对于膜片与塑料基材的分离,主要原因及改善措施有:①制品结构或模具设计不合理。设计制品结构时,应避免制品高度落差过大,可以设置一台阶以减缓落差变化,如图5所示。在制品的转角处,避免出现尖锐角,应采用圆角过渡,如图6所示。模具设计方面应注意预成型模与注塑模型腔的相互配合,同样避免出现尖锐角。蔡考群等^[22]为解决目前薄膜热压成型时在薄膜边角位置容易出现起皱分离的问题,发明了一种在模具型腔内设置薄膜镶件的注射成型方法以及一种薄膜热压成型模具,有效地解决了该问题。②薄膜收缩率和基材的收缩率不一致。不同的薄膜其收缩率不同,塑料制品在冷却时也会收缩,当两者收缩率不一致时,容易发生膜片与基材分离的现象。

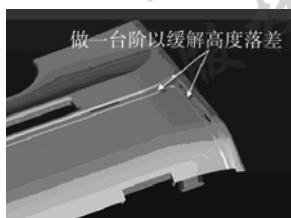


图5 用台阶降低高度落差的制品设计

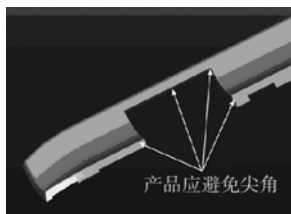


图6 避免出现尖锐角的制品设计

3.4 气泡

气泡是IMD制品在注塑阶段产生的一种缺陷。存在该缺陷的制品表面会有大小不一的凸起,使膜片与基材脱离,造成制品报废。产生该缺陷的主要原因及改善措施有:①在印刷膜片阶段,油墨未得到充分干燥,存在残留溶剂。应根据所用油墨的品种和牌号选择合适的干燥方式进行充分干燥。②注塑料有水分。若注塑料未得到充分的干燥,则在注塑

阶段由于高温高压的作用,水分扩散将会导致气泡的产生,因此注塑料应提前得到充分干燥^[23]。③注塑模具排气系统设计不合理。若注塑模具的排气系统设计不当,气体无法及时排出,将会导致熔体前沿与膜片夹气,产生气泡。因此,合理设计注塑模具的排气系统对消除气泡的产生十分必要^[15]。

4 结语

由于IMD制品制作工艺过程比较复杂,涉及的领域较多,不仅是设备设计制造水平的问题,而且还取决于材料性能和印刷、模压、注射成型技术等工艺参数的合理性,故现阶段,在实际生产中制品的不良率还相对较高,但如前所述,IMD技术因拥有众多的优势,所以其发展前景十分广阔。未来的发展趋势主要表现在如下几个方面:①新型薄膜及油墨的开发;②制品向大型化、复杂化方向发展;③与其它成型工艺的紧密结合。IMD技术已经超越了注射成型,开始应用在吹塑成型、发泡成型、气辅成型及热成型工艺上;④提高IMD制品的良品率;⑤开发和利用相应的CAE软件,优化IMD成型模具结构和成型工艺参数。

参考文献

- [1] 王崇高.注射成型表面装饰技术的研究和应用[J].塑料工业,2004,32(5):50-52.
- [2] 徐春龙,殷兵,李耀辉.IMR成型工艺研究及在塑料模具中的应用[J].现代制造工程,2010(1):92-93.
- [3] Leong Y W, Kotaki M, Hamada H. Effects of the molecular orientation and crystallization on film-substrate interfacial adhesion in poly(ethylene terephthalate) film-insert moldings[J]. Journal of Applied Polymer Science, 2007, 104: 2100-2107.
- [4] Toensmeier P A. Aesthetics, economics drive growth of in-mold decoration[J]. Plastic Engineering, 2004(12):12-13.
- [5] 陈刚.模内装饰技术[J].丝印工业,2010(2):23-24.
- [6] 龚玉宏.塑料产品表面装饰新工艺——模内复膜[J].塑料工业,2005,33(11):1-2.
- [7] 张伟国,李世国,郇洪源.手机表面典型装饰技术分析比较[J].工程塑料应用,2006,34(2):40-42.
- [8] 智川,兀旦晖.IMD产品质量的工艺控制[J].特种印刷,2005(6):43-46.
- [9] 陈德山,任凤霞.IMD技术及IMD过程中油墨、水性粘接胶(剂)的应用技巧[J].网印工业,2002(6):14-17.
- [10] 陈德山.IMD技术及IMD技术专用油墨的应用要求[J].网印工业,2006(3):20-21.
- [11] 陈德山,任凤霞.IMD技术及IMD技术专用油墨的推广应用[J].丝网印刷,2000(4):15-17.
- [12] 吴锦铺,李毓洲,陈佑任,等.防止模内装饰工艺浇口冲刷的方法:中国,01104330X[P].2004-02-11.
- [13] 边彬辉.聚碳酸酯热拉深工艺在IMD的应用研究[D].广州:

华南理工大学,2009.

[14] 陈松茂. IMD 膜片力学性能及拉胀复合热压成型研究[D] . 广州: 华南理工大学,2008.

[15] 杨剑萍, 华丽霞. 模内贴标成型工艺及其产品设计[J] . 塑料工业,2007,35(10) : 29 - 31.

[16] Wong A C Y, Liang K Z. Thermal effects on the behavior of PET films used in the in-mold-decoration process involved in plastics injection molding[J] . Journal of Materials Processing Technology, 1997, 63: 510 - 513.

[17] Chen Shia Chung, Li Haimei, Huang Shih Tsun. 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: 501 - 505.

[18] Bendada A, Derdouri A, Lamontagne M, et al. Analysis of thermal contact resistance between polymer and mold in injection molding[J] . Applied Thermal Engineering, 2004, 24: 2 029 - 2 031.

[19] Masse H, Arquis E, Delaunay D, et al. Heat transfer with mechanically driven thermal contact resistance at the polymer-mold interface in injection molding of polymers[J] . International Journal of Heat and Mass Transfer, 2004, 47: 2 015 - 2 017.

[20] 智川, 赵晓静. IMD 技术油墨附着性的分析与研究[J] . 印刷世界, 2005(7) : 54 - 56.

[21] 郭珊珊. 基于 IMD 技术的印刷质量控制研究[D] . 无锡: 江南大学, 2009.

[22] 蔡考群, 尹高喜, 唐均华. 模内装饰注塑成型方法及薄膜热压成型模具: 中国, 101347988A[P] . 2009-01-21.

[23] 梁伟标. IMD 技术与应用[J] . 丝网印刷, 2008(11) : 16 - 17.

THE SURFACE QUALITY ANALYSIS AND METHODS FOR IMPROVEMENT OF THE INJECTION MOLDING PARTS BASED ON THE IN-MOLD DECORATION TECHNOLOGY

Liu Bin, Yu Lei

(The Key Laboratory of Polymer Processing Engineering of Ministry of Education, South China University of Technology, Guangzhou 510640, China)

ABSTRACT The technology and application of in-mold decoration (IMD) for injection molding are introduced briefly, and the effect factors and technical points of the technology are listed. Meanwhile the defects of IMD of injection molding parts are analyzed and the measures for improvement are given. Finally the development trends of the new technology are clarified.

KEYWORDS injection molding parts, in-mold decoration, quality analysis, defects

塑料色母料消泡剂市场前景广阔

为了消除塑料原料中的水分, 一种新开发成功的功能性塑料色母料消泡色母料为解决塑料原料中的水分问题带来了全新方法。

塑料色母料消泡色母料可根据原料水分的含量多少调节添加比例, 塑料色母料具有添加量少(一般为 2% ~4%),

不改变加工工艺、无毒、无刺激、塑化性好等特点。

塑料色母料能在成型加工时大量吸收塑料的水分, 因此, 塑料色母料可广泛应用于再生料、受潮塑料以及降解塑料的加工。塑料色母料能够在保证产品质量的前提下保证成品率、提高生产效率、减少能耗并最终降低生产成本。

(中国石油和化工网)

鞍山君利工程塑料有限公司

鞍山君利工程塑料有限公司是股份制企业, 生产以工程塑料为主的改性材料。由教授级高级工程师、中国塑料加工工业协会专家委员会专家赵文聘负责生产技术。可为用户提供增强、增韧、复合、阻燃、环保阻燃、抗静电、耐磨、塑料合金类系列改性工程塑料。公司竭诚为用户“量身订做个性化需求的产品, 为客户创造价值”。公司通过 ISO9001: 2000 国际质量管理体系认证。公司宗旨: 信誉第一; 质量第一。

欢迎新老客户前来指导、合作!

- 改性品种: PA66、PA6、PP、PE、ABS、AS、HIPS、POM、PC、PC/ABS、PBT、PET、PVC 等系列改性塑料。
- 适用行业: 家电、汽车、机械、铁路、纺织、石油化工、煤矿、农业等。

经 理: 徐长旭 13604228259, xuchangxu315@ 163. com
总工: 赵文聘 13804910274, zhaowenpin315@ 163. com
地址: 辽宁省鞍山市腾鳌镇黄县 邮编: 114225
电话: 0412 - 8935903 传真: 0412 - 8935803 网址: www. asjls. com