

面向跌落仿真破坏的注射成型工艺优化

冯权和 查五生 彭必友

(西华大学材料科学与工程学院, 成都 610039)

摘要 针对电子产品在环境测试中出现的塑料外壳破裂现象,借助计算机模拟技术,对数码相机塑料外壳的注射成型过程和跌落冲击过程进行了模拟和仿真。分析了不同注射成型工艺条件下得到的产品质量及缺陷分布状况,结合跌落仿真得到的最大应力应变分布情况,优化出提高产品抗跌落冲击性能的成型工艺方案。结果表明,将仿真结果反馈到注射成型中,可以提高注塑工艺参数选择的准确性,提高制品在跌落碰撞时抗破坏的能力。

关键词 注射成型 跌落仿真 浇口 应力 熔接痕

绝大部分的电子产品外壳采用塑料制作,其质量、尺寸精度、强度等在很大程度上取决于注射成型工艺的好坏。塑料外壳的性能主要是指冲击可靠性,目前其评定方法已发展为通过计算机仿真来代替实物测试,完成整个跌落或冲击的过程^[1]。通过跌落仿真,可以对塑料外壳的安全性进行分析,从而发现可能会出现的质量问题^[2],而注塑工艺则可利用注塑模拟软件来进行调整,最终提高塑料制品质量、缩短开发时间、降低成本^[3]。

尽管目前计算机模拟技术在生产中得到了广泛应用,但分析软件较单一,没有将跌落结果反馈到注塑工艺改进上,而注塑质量的好坏,也未通过跌落测试来评定。在做有限元处理时,网格质量的好坏直接影响分析结果的可靠性。因此,笔者以某款数码相机的前塑料外壳为研究对象,利用 Hypermesh 软件进行有限元网格划分^[4]。将跌落仿真与注射成型模拟相结合,分别找出注塑时不可消除的缺陷位置和跌落碰撞中的应力集中点位置并将两者错开,从而避免出现脆断的现象,最终确定出最佳的注射成型工艺。

1 裂纹对制品破坏的影响

在制品无裂纹的条件下,其安全性只需参考其拉伸强度、压缩强度或屈服应力。但是如果制品中存在裂纹或组织缺陷,有时会在远远低于其应力极限的情况下突然断裂,即为脆断^[5]。制品的这种脆断是由于微裂纹在应力作用下急剧扩展导致的,而注塑工艺参数选择不当导致较大的熔接痕缺陷是产生微裂纹的主要原因。

假设带有裂纹的受拉平板,受轴向拉伸应力作用,穿透平板厚度的裂纹长为 $2a$ 。与裂纹的尺寸相比,平板的长与宽可认为是无限大的,如图 1 所示。

材料的断裂韧性(断裂韧度) K_{Ic} 反映材料抵抗

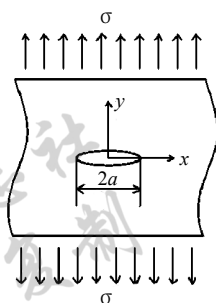


图 1 含有微裂纹的受拉平板

断裂的能力,它与断裂应力 σ_c 、裂纹半长 a 及加载方式参量 Y 的关系可表达为:

$$K_{Ic} = \sigma_c \sqrt{a} Y \quad (1)$$

K_{Ic} 是每种材料固有的特性,与材料成分及加工工艺等有关,其数值越大,材料抵抗断裂的能力越大。当材料含有裂纹时,裂纹尖端附近的应力大小由应力强度因子 K_I 决定, K_I 和裂纹的几何形状因子 α 、外加应力 σ 、裂纹半长 a 的关系为:

$$K_I = \alpha \sigma \sqrt{\pi a} \quad (2)$$

随着外应力增大,裂纹尖端各点的内应力也随着 K_I 增大而增大。当外应力 σ 增大到使 $K_I = K_{Ic}$ 时,构件出现断裂^[6]。实验表明,当构件所受的应力达到裂纹发生失稳扩展的临界值时,裂纹就会快速扩展使整个构件断裂。通常含有微裂纹的构件破坏时所受的外应力 σ 远小于理论断裂应力 σ_c 。

对于电子产品的塑料外壳,除了表面质量及强度韧性等要求较高外,注射成型工艺参数应优先考虑避免可能出现气泡、较大的熔接痕等缺陷,从而防止微裂纹的形成,提高制件的抗冲击破坏能力。

2 实验流程

在 Pro/E 中建立数码相机前壳的实体模型,导

入HyperMesh中进行网格划分,将划好网格的有限元模型分别导入MoldFlow和ANSYS中。首先在MoldFlow中进行充填分析,取不同的注射点,得到不同的最大熔接痕位置;然后在ANSYS中调整模型角度,分别以最大熔接痕所在位置作为最低点,与地面碰撞,比较得到的最大应力及应变值,从而比较出较优的注射成型方案。具体实验流程如图2所示。

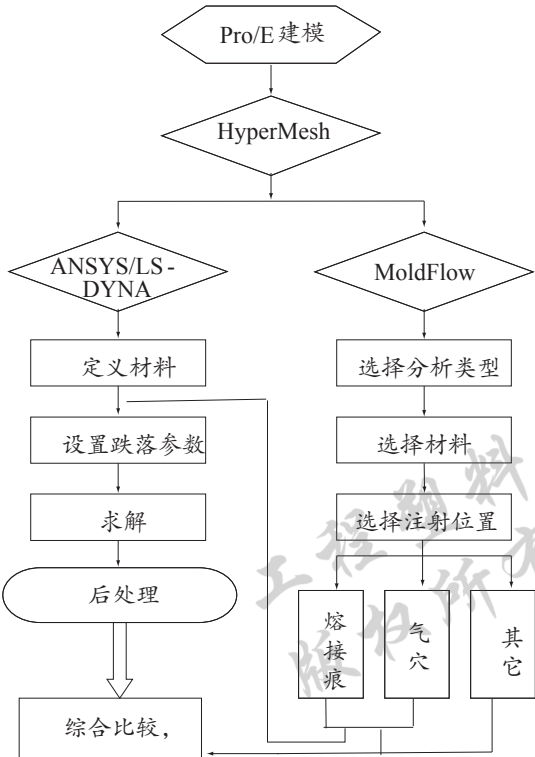
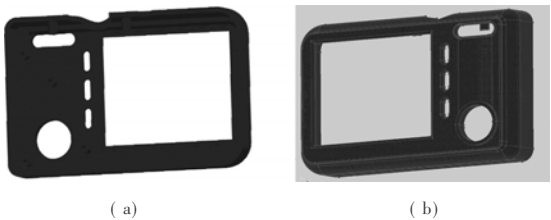


图2 实验流程图

3 实验与分析

3.1 模型的建立

制品模型如图3所示。该制品主体尺寸为97 mm×62 mm×15 mm,壁厚为2 mm,内表面分布有卡扣和加强筋。将实体模型导入HyperMesh进行有限元处理,考虑到有限元模型的复杂程度将影响计算时间,因此在不影响仿真精度的情况下将模型上的小圆角去掉。单元类型选择shell163壳体单元,网格密度设为1 mm。



a—实体模型; b—有限元模型

图3 制品模型

3.2 注射模拟

利用注射成型CAE软件可以模拟出在不同工艺参数下产生的熔接痕、气穴、欠注等缺陷的位置。通过工艺优化,可以避免一些潜在问题,减少试模、修模次数,缩短产品开发时间,降低生产成本。

将划好网格的有限元模型导入MoldFlow,进行浇口位置分析。材料选(丙烯腈/丁二烯/苯乙烯)共聚物(ABS)/聚碳酸酯(PC)合金,其性能参数如表1所示。

表1 ABS/PC材料性能参数

项 目	数值
固体密度 /g·cm ⁻³	1.116
熔体密度 /g·cm ⁻³	0.977
比热 /J·(kg·K) ⁻¹	2160
热传导系数 /W·(m·K) ⁻¹	0.24
最大剪切应力/MPa	0.4
最大剪切速率/s ⁻¹	40000

将分析模块设为“流动、翘曲”,工艺参数设置为:注塑压力80 MPa,物料温度274℃,模具温度77℃,保压时间设10 s。根据浇口开设的位置不同,设置了7组方案,各自的浇口位置如图4所示。前3种方案为单浇口:方案1浇口位置为分析模块给出的参考位置;方案2和方案3浇口分别开在不同的较短边中点。后4种方案为两浇口:方案4浇口开在两较短边中点;方案5浇口开在两较长边中点;方案6和方案7浇口开在屏幕两对角处。

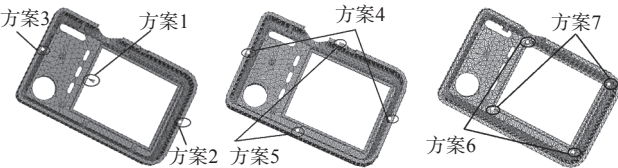


图4 7组方案的浇口位置对比

经分析后,选取各个对注塑质量和跌落仿真最相关的参数做为对比,各种方案的性能参数如表2所示,得到的主要熔接痕和气泡位置分布如图5所示。

从充填时间和最大型腔压力来看,两浇口的方案4、方案5、方案6、方案7更有优势,充填时间短可以提高生产效率,最大型腔压力小可以降低压力机吨位,降低生产成本。但是,从熔接痕比较,单浇口的前3种方案明显比两浇口方案要短得多,在这3组单浇口方案中方案3的熔接痕最大,不可取;在两浇口方案中,方案6和方案7的最大熔接痕出现在转角附近,在跌落碰撞时该处受力较大,因此这两组方案也不可取。从各方案产生的气泡来看,气泡集

项 目	方 案						
	1	2	3	4	5	6	7
充填时间 /s	0.842	0.848	0.853	0.742	0.624	0.837	0.738
最大型腔压力 /MPa	36.72	46.11	44.98	20.51	23.24	26.10	27.10
冻结时间 /s	22.66	24.41	21.91	22.41	24.16	23.41	23.66
最大体积收缩率 /%	8.898	8.605	8.621	9.625	9.726	9.718	9.633
最大体积变形量 /mm	0.7427	0.5788	0.6772	0.6480	0.5671	0.6487	0.5802
残余应力 /MPa	67.27	73.76	65.66	68.32	68.85	68.34	66.57
熔接痕位置	①⑤	⑥	①	③⑨	①⑥	②⑦⑧	④⑤⑩
气泡位置	I	II V	IV	III VI	I VII	I VII	VII

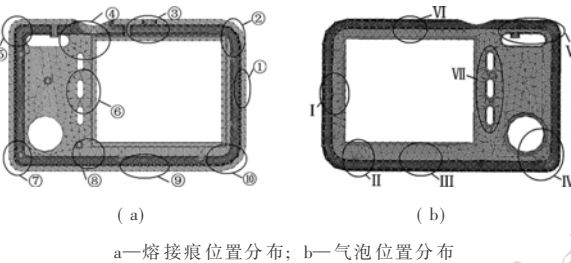


图 5 主要熔接痕和气泡位置

中的地方主要是熔接痕处, 方案 1 与方案 3 相当, 方案 4 与方案 5 相当。综合考虑各因素, 取两浇口的方案 4 或方案 5 较佳, 由于这两组方案各种参数都较近, 因此最佳方案需根据跌落仿真测试结果来定。

3.3 跌落仿真

利用 ANSYS/LS - DYNA 中的跌落模块, 对注塑制品做跌落仿真, 可以模拟出制品在跌落情况下的内部应力、应变的分布情况, 推断出制品可能出现的质量问题, 将仿真结果反馈到注射成型分析中, 有助于注塑工艺参数的选择。

将有限元模型导入 ANSYS, 由于前处理工作已在 HyperMesh 中完成, 因此只需做求解和后处理。根据 MoldFlow 模拟得到的最大熔接痕位置, 调整模型位置, 分别将方案 4 和方案 5 最大熔接痕处作为最低点, 跌落高度设置为 1500 mm, 分析结果分别如图 6、图 7 所示。

从图 6、图 7 可以看出, 方案 4 的最大应力为 39.067 MPa, 最大应变为 0.20507 mm; 方案 5 的最大应力为 33.643 MPa, 最大应变为 0.01728 mm。

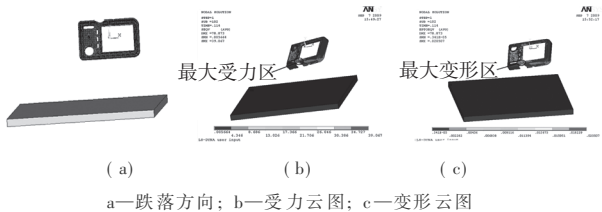


图 6 方案 4 跌落测试结果

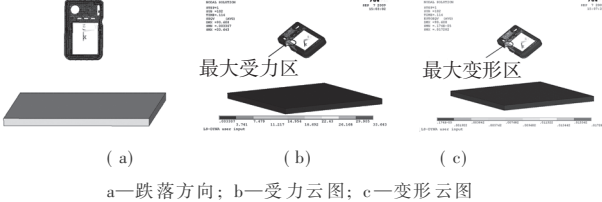


图 7 方案 5 跌落测试结果

而两方案的残余应力分别为 68.32 MPa 和 68.85 MPa, 相差不大。由此可知, 按照方案 5 生产的制品在跌落碰撞时更为安全。综合考虑各参数, 取方案 5 最佳, 即双浇口, 浇口位置在两较长边中间处。

4 结语

借助注射成型模拟技术不仅可以快速得出充填时间、最大型腔压力、最大体积收缩率、最大变形量等参数, 还能得出熔接痕、气泡等缺陷位置; 尽管跌落仿真测试不能直接得到产品是否破坏的结果, 但是可以得到相关参数如最大速度、应力分布、应变分布等, 借助应力、应变分布, 可将注射成型模拟不能比较出的最佳注塑工艺方案判断出来, 提高了计算机模拟的准确度。

参考文献

[1] Wu J, Song G, Yeh C P, et al. Drop/impact simulation aud test validation of telecommunication product[C]. Proceeding of Sixth Intersociety Conference on Thermal and Thermomechanical Phenomena in Electronic System, Itherm'98, IEEE, 1998: 330 - 336.

[2] 熊建友, 辛勇, 揭小平, 等. ANSYS/LS-DYNA 在跌落仿真中的应用[J]. 计算机辅助工程, 2003, 2(6): 46 - 49.

[3] 刘细芬, 黄家广. 基于 MoldFlow 软件的注塑制件浇口优化设计[J]. 塑料工业, 2007, 35(12): 36 - 38.

[4] Wang Y Y, Lu C, Li J, et al. Simulation of drop/impact reliability for electronic devices[J]. Finite Elements in Analysis and Design, 2005, 41: 667 - 680.

[5] 杨卫. 宏观断裂力学[M]. 北京: 国防工业出版社, 1995.

[6] 尹双增. 断裂·损伤理论及应用[M]. 北京: 清华大学出版社, 1992.

cameras are simulated. Combined with the biggest stress and strain distribution occurred in drop simulation, the product quality and their defect distribution in different injection molding process conditions are analyzed. The optimal molding process to improve the anti-impact performances is obtained. Based on the feedback of the falling simulated test result to the injection molding, the accuracy of molding process selection in injection can be improved, and resistance capacity of the product rupture can be enhanced under drop impact conditions.

KEYWORDS injection molding, drop simulation, gate, stress, weld-line

成都新都再建一个“中国塑料城”

由中国塑料城管理委员会投资的中国塑料城(成都)国际贸易中心日前在新都区木兰镇正式开工,这一被誉为“在新的经济条件下东部产业转移、东西部产业合作的典型”项目,将建设成为立足成都、依托四川、辐射西南、面向全国的国际塑料采购中心、中国塑料产业孵化基地、中国品牌成长特区以及西部地区最大的现代化塑料产业综合商贸物流和工业生产服务基地。

这是成都市规划确定世界现代田园城市示范线后,国际物流及现代制造业示范线上开工的最大项目。(中塑)

巴陵石化水性环氧树脂新产品技术国内领先

巴陵石化环氧树脂事业部的“水性环氧树脂开发及其在混凝土改性中的应用”项目,通过省级技术鉴定。专家鉴定该项目整体技术居国内领先水平,建议进一步加大绿色环保型产品水性环氧树脂的推广应用力度。

巴陵石化科研人员从树脂的分子结构入手,以环氧树脂、双酚 A 等为原料,研究了各种因素对产品性能的影响,合成了嵌段型自乳化水性环氧树脂,并在中试装置上进行验证和进一步优化。中试结果及工业性试验表明,产品配方新颖,工艺路线合理可行。

该事业部还通过树脂改性水泥砂浆的原材料类型、配比和性能试验研究,确定了树脂改性水泥砂浆和半刚性面层复合材料的优化配方,成功开发出“灌水性环氧砂浆沥青混凝土路面施工”的新技术,并首次应用“半刚性面层复合材料”铺设了路面,路面经一年的实际行车应用,使用效果良好。巴陵石化环氧树脂事业部制备的乳液经湖南省基本有机原料产品质量监督检验授权站检测,符合企业标准要求,稳定性明显优于国内同类产品,经多家用户应用表明,产品质量稳定,使用性能优良,经济效益显著。产品生产过程不新增污染,符合环保要求。

作为一种新型“刚柔相济”的半刚性面层复合材料,水性环氧树脂具有充分发挥柔性路面和刚性路面材料的特点。随着我国高速公路的发展,对水性环氧树脂用于路面改性的研究,也成为业界开辟环氧树脂新应用领域的主攻点之一。

2009 年以来,巴陵石化环氧树脂事业部瞄准水性环氧树脂在混凝土改性上的巨大市场展开研究,取得技术上的突破,产品成功应用于混凝土改性路面,并建成了水性环氧树脂工业试验装置。经国内多家用户试用后表明,该树脂在涂料行业、混凝土改性及重防腐行业具有良好的应用前景。通过国道 G321 线肇庆市西段项目、河南开封高速服务区项目

工程等应用表明,水性环氧树脂改性混凝土路面材料可有效减少高等级公路路面的早期损害,延长路面的使用寿命,市场应用前景广阔。到目前,巴陵石化环氧树脂事业部已销售水性环氧树脂 600 多 t,经济效益显著。(工程塑料网)

美国推出两款提高 PET 瓶阻隔性的功能母料

美国弗吉尼亚州 Winchester 的 Clariant Additive 公司推出 2 个提高 PET 瓶对氧和二氧化碳长期阻隔性的母料新产品。商品名为 CESA-absorb,其中所含组分在运输和加工时保持稳定,避免了其它同类产品需要采取氮气氛围保护的方法。

CESA-absorb OCA0050134-ZN 是种多功能母料,其内含具有被动阻隔性的尼龙聚合物,阻止 PET 瓶中碳酸类饮料和啤酒中的二氧化碳逸散,而母料配方中的主动活性组分启动尼龙氧化反应,从而吸收氧和阻止瓶内易丢失组分损失。CESA-absorb NTA0050139-ZN 母料中不含尼龙,加工厂可以自己控制尼龙加入量。

尼龙氧化反应推迟在 PET 加工成型后 3~4 周进行,并进一步持续反应 1~2 周,因此不需要把母料保存在密封的 PET 瓶内或者靠附加冷却设备提供的氮气“覆盖”预成型瓶坯和瓶子。CESA-absorb 母料对着色 PET 瓶的透明性几乎没有影响。(工程塑料网)

PET 和 PA 用无卤阻燃母料应对新阻燃标准

美国加州 Rancho Dominguez 的 Techmer PM 公司开发出了聚酯和聚酰胺(PA)纤维用无卤阻燃母料新产品。新产品开发的部分原因是应对美国消费者产品安全委员会(CPSC)关于发泡垫子和软垫器具新的阻燃标准及关于禁止某些含溴阻燃剂用于塑料制品的法规。

CPSC 标准将促使许多垫子和软垫生产厂(可能还有汽车 OEM 厂商)探求更高阻燃性的织物外套,这意味着阻燃剂的需求将增加,新的无卤阻燃剂产品将有助于 Techmer PM 公司的挤出纤维客户抓住这个商机。另外,新无卤阻燃产品中的 2 个(PBM13396 和 PBM12635)将用于 PET 薄膜和注塑制品,而第 3 个产品 PNM13649 的目标应用是 PA 纤维和薄膜。该公司还推出专用于 PA 注射成型和挤出成型用的改性无卤阻燃剂产品 PNM13319。

按照美国联邦汽车安全标准(MV55)320 关于汽车、货车、轿车和其它机动车辆的织物的试验,PBM13396 和 PBM12635 按 10% 的比例加入的阻燃纤维可顺利通过试验,这两个阻燃剂也符合美国消防协会(NFPA)关于纤维的标准。(中色网)