

复杂壳体制件开裂破坏的 CAE 分析

周皇卫 严 正

(四川大学高分子科学与工程学院,成都 610065)

摘要 以某液体输送部件为例,对复杂塑料壳体制件开裂破坏的原因进行分析,通过 CAE 技术从制品使用过程和加工工艺两方面找出产生缺陷的原因,并提出优化方案。结果表明,优化工艺后成型的复杂壳体制件的残余应力明显减小,体积收缩也比较均匀,缺陷明显减轻。

关键词 复杂壳体制件 开裂破坏 CAE 技术

塑料性能好并能简易地制成各种形状复杂的制品,这类料制品已越来越多地进入到生产、生活中。但是塑料制品由于其独特的粘弹性能会在加工过程中留下一些缺陷,有些缺陷在后期的使用过程中不可避免地成为引发破坏的关键点。笔者利用 CAE 软件(Moldflow) 对复杂塑料壳体制件的注塑加工过程进行分析,并使用 ANSYS 软件对制品使用过程的应力进行分析,找出导致破坏的原因,对制品的加工工艺提出优化方案。

1 CAE 分析过程

以图 1 所示的复杂壳体为例,其使用 ABS 注射成型。它是液体输送设备的一部分,工作在酸性环境中,工作一段时间后,管道连接处出现开裂破坏,破坏位置如图 1 中标示位置。

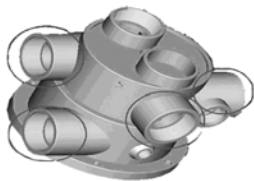


图 1 复杂壳体制件实体造型图

ANSYS 分析过程如下:

(1) 使用 Pro/E 软件对制品进行实体造型。

(2) 将 Pro/E 中的制品实体图直接导入 ANSYS 中,对于不适合进行网格划分的部位进行修复,使用 FREE 自动生成网格^[1]。

(3) 加载。将材料性能参数(见表 1)和载荷输入 ANSYS。

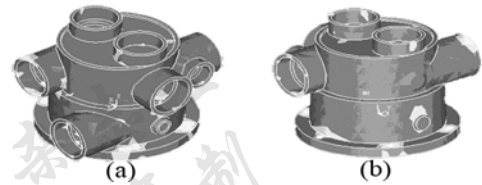
表 1 ABS 在室温下的力学性能

项 目	数 据
拉伸强度 /MPa	42 ~62
拉伸弹性模量 /GPa	2.3 ~3.0
弯曲弹性模量 / GPa	2.1 ~3.1
压缩弹性模量 / GPa	1.9

壳体内腔的工作压力为 0.4 MPa,设管道旋紧

时对管道内壁的压力为 0.65 MPa。

(4) 求解,并绘出等效力图,如图 2 所示。



a—正面; b—反面

图 2 等效力图

Moldflow 分析过程如下:

(1) 模型的导入和网格的划分。将在 Pro/E 中建立的模型保存为 STL 格式,然后导入到 Moldflow,进行 Fusion 网格划分,并对网格进行修复^[2]。

(2) 选定材料。本例采用的成型材料为 Lustran ABS Elite HH 1891,属于非结晶 ABS。

(3) 设定分析模式。选择 fill + warp 分析模式。

(4) 选定浇口位置并设定工艺参数。模具温度 50℃,熔体温度 230℃,充模压力 140 MPa,最大注射速率 764 cm³/s。填充控制/速度控制/压力控制转换均为自动。

2 结果与讨论

2.1 聚合物损伤断裂的几个阶段

(1) 亚结构和显微结构发生变化,从而永久损伤形核。在外载作用下,大分子网络上应力分布和形变也不均匀,有些链由于解缠而强烈取向,承受高应力,发生应力激发的热活化断链过程。这些链断裂后,应力在其附近分子链上重新分布,使分子链的断裂集中在局部区域,并累积形成微空洞。

(2) 产生微观裂纹。银纹引发、生长,由于银纹微纤的存在,银纹有一定的承载能力。当银纹增长到一定程度后,局部区域的银纹微纤断裂,形成直径达几个银纹微纤间距的空洞。

(3) 微观裂纹长大和合并, 形成“主导”裂纹。它可能最终导致突然破坏(实际上这是裂纹萌生与扩展之间的分界线)。

(4) 主导宏观裂纹的稳定扩展。

(5) 结构失去稳定性或完全断裂。

从上述断裂机理可以看出, 塑料制品早期存在的内部缺陷是破坏发生的起源。在塑料制品承受工作外力作用时, 其内部应力集中的区域就会很容易发生破坏, 成为永久损伤形核, 裂纹从这点开始发展, 所以解决塑料制品的开裂问题应从塑料成型过程着手。针对复杂壳体制件在管道连接处的开裂, 通过 Moldflow 的模拟, 现作以下分析。

2.2 ANSYS 分析结果讨论

通过 ANSYS 分析的等效力图(图 2)可以直观地看出, 制品在工作受压状态下, 管道连接处会出现应力集中的现象, 应力集中的部位会加速导致制品受力不均匀, 造成制品性能下降, 出现破坏。因此对于应力集中的部位应通过结构优化, 使这些部位的强度适当增强。利用 Moldflow 的分析结果, 分析制品在使用过程中出现应力集中的部位, 是否在加工过程中出现缺陷, 这些缺陷在后期使用过程中受到集中应力的影响, 就会导致制品内部出现损伤形核, 从而开裂破坏。

2.3 Moldflow 分析结果讨论

(1) 注射时产生的体积收缩及制品内部的残余应力

图 3、图 4 示出注射时产生的体积收缩及制品内部的残余应力。注射过程中体积收缩较大的部位在制品成型后会产生较大的残余应力, 这些力的存

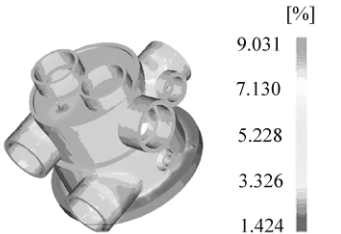


图 3 注射时的体积收缩

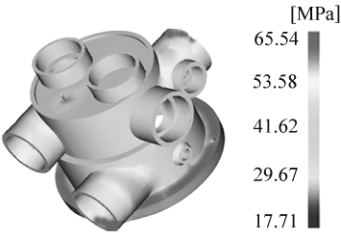


图 4 残余应力(第一主要方向)

在会影响制品的力学性能, 导致制品在使用过程中出现破坏。

(2) 分子取向

塑料熔体在流动过程中受剪切力的作用发生分子取向。当分子取向程度较大时, 如果这种分子取向保留到料温降低到塑料软化点以下, 则制品中冻结的定向分子将使制品具有各向异性。这种制品在温度变化较大的使用过程中会出现裂纹, 裂纹的方向与分子取向方向一致, 制品的热稳定性及垂直于取向方向的力学性能也比较差。

冷却过程中, 制品在取向方向和非取向方向表现出各向异性, 其收缩是不同的。复杂壳体由于模具和制品形状的约束, 这种收缩的不均匀性会保留在制品中, 产生残余应力, 这也是后期破坏的引发点。

图 5 示出复杂壳体制件的分子取向。由图 5 可以看出, 在壳体和管道的连接处分子出现沿水平方向的取向。结合图 3、图 4 可以看出, 这些位置是收缩和残余应力出现的部位, 在使用过程中这些部位会出现开裂。

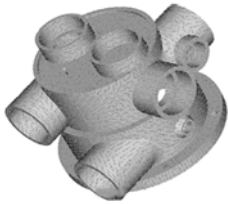


图 5 分子取向(内部)

(3) 熔接痕

由于各个方向上型芯的存在, 会使料流形成两个或多个流动前沿, 融合在一起就会形成熔接痕(熔接线), 熔接痕位置上的分子取向变化强烈, 因此该位置的力学强度明显减弱。由 Moldflow 模拟的熔接痕位置见图 6。由图 6 可以看出, 在壳体和管道的连接处, 会形成较长的熔接痕, 此处强度明显降低, 易发生开裂。

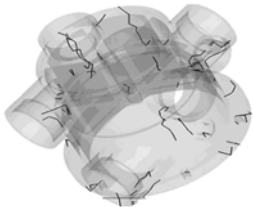


图 6 熔接痕

(4) 翘曲变形

注塑制品由于其本身在各个方向上的收缩不均

匀而易产生翘曲变形^[3],具体表现在:制品不同部位的收缩不均匀;壁厚方向的收缩不均匀;材料取向不同造成的收缩不均匀。影响注塑制品收缩的因素从本质上可以归结为3个:残余应力、冷却过程、材料的取向。从模具设计的角度,则要考虑模具型腔的预变形、模具冷却系统的设计及浇口的数量和位置的安排。换句话说,制品发生翘曲的部位应该有3个方面的原因:这些部位存在残余应力,冷却过程不合理,分子在这些部位发生了取向。图7示出复杂壳体铸件的翘曲变形。

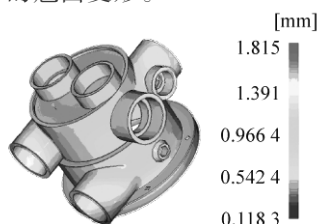


图7 翘曲变形

从图7可以看出,壳体和管道连接处的翘曲变形量是比较大的,对比图3、图4、图5也可以发现,这些部位确实存在着残余应力或取向上的缺陷。这种缺陷在后期的使用过程中不可避免地成为破坏的关键点。

2.4 解决方法及优化工艺条件后的 CAE 分析结果

减少上述缺陷可采用如下方法:

(1) 提高模具温度和熔体温度,使两个相遇的熔体前沿融合得更好。

(2) 增加螺杆转速,以增加充模速率。

(3) 改进浇注系统设计,在保持熔体流动速率的前提下减小流道尺寸,以产生摩擦热。如果不能消除熔接痕,那么应使其位于制品较不敏感的区域,以防止影响制品的力学性能和表观质量(改变浇口位置或壁厚可以改变熔接痕的位置)。

(4) 高速充模。塑料熔体通过喷嘴、主流道、分流道和浇口时产生较多的摩擦热而使料温升高,这样当压力达到最大值时,塑料熔体的温度就能保持较高的值,可减少分子取向程度,使制品熔接强度提高。

(5) 塑料制品在成型之后,进行热处理,能极好

地缓解制品内部的残余内应力。

工艺调整后熔体温度为 260℃,模具温度为 65℃,充模速率和充模时间分别由原先的 215 cm³/s、4.11 s 变为 260 cm³/s、3.38 s。图8、图9 示出优化工艺条件后的残余应力和体积收缩。

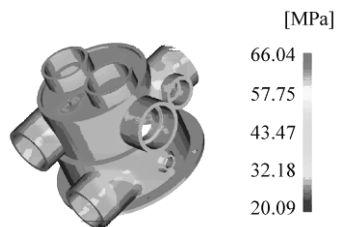


图8 优化工艺条件后的残余应力

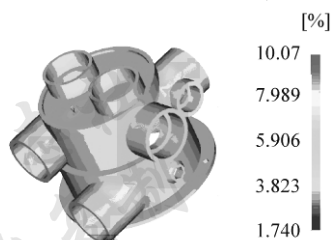


图9 优化工艺条件后的体积收缩

从图8、图9可以看出,在优化了工艺条件后,制品在加工工程中产生的残余应力明显减小,其体积收缩也比较均匀,通过改变加工工艺能够达到优化的效果。但是管道连接处仍然是缺陷出现的地方,还需要进行后期退火,或采用外部加强的方法改进制品的性能。

3 结论

通过 CAE 软件的分析,可以直观地对制品的加工和使用状态进行分析,便于找出设计和使用缺陷,通过优化塑料制品的加工工艺,减小塑料制品内部存在的缺陷,消除破坏的起源,使塑料制品在使用过程中有更好的性能,对于制品进行优化设计有很强的辅助作用。

参考文献

- 1 单岩,王蓓,王刚,等. Moldflow 模具分析技术基础. 北京:清华大学出版社,2005. 6
- 2 宋勇,艾宴清,梁波,等. 精通 ANSYS 有限元分析. 北京:清华大学出版社,2004. 3
- 3 陈戈,陈建. Moldflow 的变形分析及其应用. CAD/CAM 与制造业信息化,2003(2):151

ANALYSIS ON CRACKING BREAKAGE OF COMPLEX SHELLY PRODUCT BY CAE

Zhou Huangwei, Yan Zheng

(College of Polymer Science and Engineering, Sichuan University, Chengdu 610065, China)

ABSTRACT With a liquid transport component as an example, the reasons why complex plastic shelly product broken were ana-

lyzed. The factors caused the defect such as processing technology and working process were analyzed by using CAE technology, and the optimized project was put forward. The result indicated that the residual stress in the product produced by optimized project was decreased obviously, the volumetric shrinkage was homogeneous and the defect became slight.

KEYWORDS complex shelly product, cracking breakage, CAE technology

美国可降解塑料需求量将快速增长

美国 Freedonia 咨询集团的最新研究报告显示, 未来 2 年美国市场对可降解塑料需求的增长速度有望达到年均 13.7%。Freedonia 集团预测, 到 2008 年美国市场对可降解塑料的需求量将达到 168 kt, 总价值 4.9 亿美元。

可降解塑料应用的推广主要来自于以下几方面的原因: 更具竞争力的价格结构, 产品性能的提高, 可降解标准的发展及消费者对这种材料优点的了解。Freedonia 集团在研究报告中指出, 其它环境友好型塑料的需求也将快速增长, 美国市场对生物可降解塑料的需求将以年均 16% 的速度高速增长, 到 2008 年市场对该类塑料的需求总量将超过 132 kt/a。Freedonia 集团预测, 未来 3 年美国市场对聚乳酸的需求增长将最为迅速, 特别是包装和纤维市场。此外, 由于价格更具竞争力和树脂等级的改进, 以淀粉为原料的塑料需求有望以年均 11.6% 的速度增长, 到 2008 年该市场需求量将达到 38 kt。

(欧洲塑新网)

扬子石化研究院开发出高流动无规 PP 专用料

最近, 扬子石化研究院依托 PP 中试装置成功开发出高流动无规 PP 专用料, 他们在小批量生产的基础上正在进行产品的推广应用工作, 并为工业化大生产做好准备。这一专用料的研制成功不仅可以拓宽该公司 PP 专用料的品种, 提升 PP 专用料产品的档次, 而且填补了国内直接从釜内聚合成高流动 PP 的技术空白。

据了解, 随着国内塑料市场需求量的不断加大, 世界上各大 PP 生产厂家都在力争通过开发不同牌号的 PP 产品来获得竞争优势, 产品的多样化和功能化成为他们追逐的目标。高流动 PP 以其良好的加工性能, 适应快速成型的工艺, 极其广泛的用途受到厂家的一致青睐。其熔体流动速率 (MFR) 的提高有利于缩短成型周期, 降低能耗, 但是由于生产难度大, 国内没有釜内直接合成技术, 消费者只能选用进口产品或者采用过氧化物降解来得到高流动产品, 而过氧化物降解的高流动 PP 存在 MFR 不稳定, 分子量窄、色泽下降及产品成本上升等弊端, 特别是添加物的气味限制了它在食品与环境要求较高的领域使用。而进口产品通过反应器直接聚合得到的高流动 PP, 不仅具有较好的流动性和加工性能, 聚合物的功能也显著提高。因此研究院将目标放在了釜内直接合成高流动 PP 的研究上。

科研人员利用 PP 中试装置对共聚物生产试验进行长期不懈研究, 不断探索反应器内最佳工艺路线, 经过 2 年的技术攻关, 终于取得了成功。采用新的生产工艺条件和相应的催化剂体系, 生产出高流动级无规牌号产品。由于该产品直接从装置聚合获得, 产品性能较好, 没有任何气味, 可以满足

用户缩短生产循环周期和降低能耗的要求, 添加少量成核剂可以显著改善其透明性, 应用领域进一步拓展。据预测, 高流动无规 PP 与通用料相比可新增 500 ~ 1000 元/t 的效益, 按每年生产 5000 t 计算, 可新增效益 250 ~ 500 万元。

(塑助网)

拜耳材料科技将收购台湾优得股份有限公司

以德国为基地的拜耳材料科技股份有限公司近日宣布, 将收购亚太区最大的热塑性聚氨酯 (TPU) 生产商台湾优得股份有限公司, 以进一步巩固拜耳材料科技的领先地位, 使其成为全球最大的 TPU 树脂及薄膜供应商和解决方案提供商。此次交易尚待监管部门批准, 拟于 2007 年第 1 季度完成。

此次与台湾优得建立战略合作伙伴关系将增强拜耳材料科技亚太区的市场地位, 并极大地扩展并巩固公司在大陆、南东盟国家等地区及中国台湾省的市场, 公司将跃身成为亚太区 TPU 树脂的领先供应商。

此举将大大有助拜耳材料科技把握亚太区, 特别是中国 TPU 树脂的庞大增长潜力, 同时加速该公司在全球 TPU 树脂市场的业务发展。2005 年, TPU 树脂和薄膜市场总值约 12 亿欧元。加上台湾优得的生产基地, 拜耳材料科技在北美、欧洲和亚太地区共有 6 家 TPU 树脂工厂和 2 家薄膜工厂, 可为客户提供更贴心的服务。其中亚太区的 4 家工厂分别位于台湾台中、广州深圳、印度古达罗尔及日本大阪 (与 Dainippon Ink & Chemicals 的合资企业)。其它 4 家工厂则位于美国西维吉尼亚的马丁威尔、马萨诸塞州 South Deerfield 市及德国多尔玛根和 Bomlitz 市。拜耳材料科技 TPU 业务全球主管提姆·毕尔飞特表示: “所有的生产基地将形成一个覆盖全球的庞大网络, 从而大大提高我们为 global 客户在产品供应上的灵活性。”

拜耳材料科技将和台湾优得一起为 global 的客户带来无可匹敌的系列产品、应用和解决方案。拜耳材料科技的 Desmopan (r) 和 Texin (r) 品牌享誉世界, 日本合资公司的 Pandex (r) 更是业内顶尖品牌, 台湾优得的 Utechllan (r) 在亚洲客户中也广受赞誉。这些品牌以其稳定的优良质量和创新的应用解决方案均深得客户信赖。拜耳材料科技和台湾优得将继续致力于发展这些品牌的产品和应用服务, 为客户提供更多的选择, 更快更好的解决方案, 以及更为创新的应用。

此次收购并不会对优得公司员工产生任何负面的影响。相反, 这将为两家公司的员工提供更多的发展机会, 从而为实现拜耳公司的蓝图——成为全球 TPU 客户的首选合作伙伴做出贡献。

(工塑)