

ABS 注塑件应力开裂原因及解决措施

张甲敏

刘耀民

邹朝军

(河南科技学院化工系, 新乡 453003) (濮阳职业技术学院, 濮阳 457000) (七五五厂, 新乡 453009)

摘要 针对(丙烯腈/丁二烯/苯乙烯)共聚物(ABS)注塑件在使用中经常出现放射状裂纹,从而造成制件报废的问题。人们在分析原因时往往只考虑成型工艺的影响,而忽视使用环境的影响。通过试验找到了 ABS 注塑件使用中产生的裂纹是因乙酸、油漆稀料等造成的外应力释放所致,并提出了 ABS 注塑件设计、制造、装配及使用的正确操作方法,为 ABS 注塑件的安全使用提供了科学依据。

关键词 ABS 注塑件 应力开裂 原因 措施

(丙烯腈/丁二烯/苯乙烯)共聚物(ABS)树脂经共混改性后,形成了多种不同的牌号,其成型方法有注射、挤出、吸塑等,其中注射成型是主要的成型加工方法。注射成型主要有可成型复杂、尺寸精密的制件,易于实现自动化,操作简单等优点,但也存在注塑件会出现各种各样质量问题的缺点。ABS 注塑件质量分为内部质量和外部质量两方面的内容^[1]。内部质量包括制件内部的材料组织结构形态,制件的密度、强度、应力等;外部质量即为制件表面质量,常见的有欠注(未注满)、分型线明显(跑料)、凹陷(塌坑或缩痕)、变色(分解纹)、暗纹(黑印)、熔接痕(合料纹)、银丝(水纹)、剥层(起皮)、流动痕(水波纹)、喷射流(蛇行纹)、变形(翘曲、扭曲)、光洁程度差(划伤、划痕)、龟裂(裂纹)、无光泽(不亮)、气泡(空洞或中空)、白化(有白印)等。影响 ABS 注塑件质量问题的因素很多,其中应力开裂是常见的致命缺陷之一,严重阻碍了 ABS 注塑件的应用^[2]。

1 ABS 注塑件应力开裂原因分析

1.1 应力分类及产生过程

聚合物受力后,内部会产生与外力相平衡的内力,单位面积上的内力即称为应力。根据形成的原因应力可分为内应力和外应力。内应力包括主动应力和诱发应力两种类型。主动应力是与外力(注塑压力、保压压力等)相平衡的内力,故也称为成型应力。成型应力的大小取决于聚合物的大分子结构、链段的刚性、熔体的流变学性质及制件形状的复杂程度和壁厚大小等许多因素。成型应力值过大,很容易使制件发生应力开裂和熔体破裂等成型缺陷。诱发应力的形成原因很多,诸如塑料熔体或注塑件内部温差或收缩不均匀引起的内力;制件脱模时因为模腔压力和外界压力的差值所引起的内力;塑料

熔体因为流动取向引起的内力等。显然,诱发应力一般都无法与外力平衡,并且很容易保留在冷却后的制件内部,成为残余应力,从而对制件质量产生影响。外应力主要指注塑件使用中因受到外力的作用而产生的应变力。对于塑料结构件,使用中往往与金属固定件连接,为达到紧固、牢靠,从而使制件受到较大的剪切、挤压,制件内部必然产生与外力相平衡的内力^[3,4]。

应力在注射过程中对制件质量的影响从理论上讲,当聚合物注射充模后,如能在保压压力作用下以极其缓慢的冷却速率固化,则聚合物大分子在模腔内就有充分的时间进行变形和重排,从而可使变形量逐渐与注塑压力和保压压力的作用达到平衡,脱模后制件中无残余应力,尺寸和形状稳定。然而,在实际生产中,出于对生产率的要求,上述方法几乎是不可能的。即使生产中采用缓冷措施,所得到的冷却速率对于大分子的变形和重排来讲,仍然非常剧烈。故充模后的聚合物在保压压力作用下冷却固化时,大分子只能简单地按照模腔形状堆积在一起,而没有时间进行趋向于稳定状态的排列。所以,变形量与注塑压力和保压压力的作用不相适应,脱模后制件内仍将存在较大的残余应力。大分子还将随时间的延长继续进行变形和重排,以便和成型时的应力作用结果相适应(消除残余应力)。带有较大残余应力的制件经常会在不大的外力或溶剂作用下脆化开裂,即应力开裂。应力开裂是注塑件常出现的质量问题之一,尤其是在气候温差变化较大的北方地区,应力开裂现象更为突出。裂纹多出现在制件的浇口、棱边、熔接痕等应力较集中的部位。另外,由于应力的作用,制件还常出现变形、翘曲、扭曲等

缺陷。内应力从成型工艺上采取相应的措施,一般都可以使之降低到较低的限度。外应力往往容易被人们忽略,以致于把注塑件的开裂完全归结于成型过程中产生的应力,使质量问题无法从根本上得到解决。

1.2 影响 ABS 注塑件应力的因素分析

影响 ABS 注塑件应力的因素主要有树脂的质量、成型条件、制件和模具设计的合理性、制件的使用环境和过程等。

树脂的质量对制件的应力影响很大。挥发物多,分子量分布宽,制件应力就大。

成型条件的影响因素主要有材料中的水分、料筒温度、注塑压力、保压时间、模具温度等。ABS 树脂成型前必须干燥,干燥程度越高,对降低内应力越明显。提高料筒温度,可以降低熔体粘度,有利于解除分子取向,降低应力,但过高的料筒温度易使树脂分解,反而增大了制件应力,所以料筒温度应适宜。提高注塑压力或延长保压时间,会增加分子取向应力,但有利于降低收缩应力。模具温度提高会降低应力,但会使成型周期延长,增加了树脂分解的可能。

制件和模具结构主要包括制件厚度、转角过渡、进料方式等。如浇口位置、冷却管道的位置会对制件的成型质量有较大影响。增加制件壁厚会降低分子取向应力,但使收缩应力增加。制件转角处用圆弧过渡,可避免应力集中。

制件的使用环境主要包括受力情况、是否接触溶剂等。制件装配中与金属组合,应控制装配扭矩,过大的扭矩易使 ABS 注塑件在组合处产生较大应力。易使 ABS 注塑件应力开裂的溶剂或溶剂气体环境应避免接触。

2 典型事例

2.1 原材料

ABS: H-08,粒料,兰州化学工业公司合成橡胶厂;
丙酮:分析纯,新乡福利化工厂;
乙酸:分析纯,新乡福利化工厂;
稀料:工业纯,新乡福利化工厂。

2.2 仪器与设备

注塑机: XS-ZY500,柳州塑料机械厂;
注塑机: XS-ZY125,上海塑料机械厂;
扭力扳手: 8 N·m, 16 N·m, 市售;
料斗烘干机: SDG75, 张家港轻工机械厂;

GN400-(3) 电池盖、极柱套管模具: 新乡七五五厂。

2.3 注塑件的制备及环境试验

(1) 将 ABS 粒料于 80℃ 烘 4 h, 然后按成型工艺注射成型电池盖。电池盖成型后用胎具在钻床上钻出直径 23 mm 的极柱孔。电池盖成型工艺见表 1。

表 1 电池盖注射成型工艺

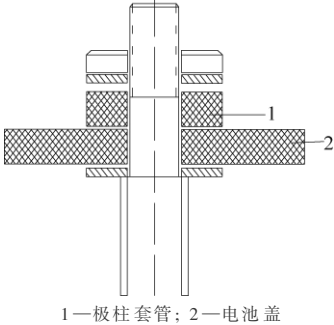
工艺参数	设定	工艺参数	设定
喷嘴电压 /V	150	冷却时间 /s	60
料筒温度 /℃ (前段)	210	注塑压力 /MPa	5
(中段)	200	保压压力 /MPa	4
(后段)	180	背压 /MPa	1
模具温度 /℃	60	小泵压力 /MPa	7
注射时间 /s	30	大泵压力 /MPa	6
保压时间 /s	45	加料量 /mm	170

(2) 将 ABS 粒料烘干后按成型工艺注射成型极柱套管,极柱套管成型工艺见表 2。

表 2 极柱套管注射成型工艺

工艺参数	设定	工艺参数	设定
喷嘴电压 /V	150	冷却时间 /s	10
料筒温度 /℃ (前段)	200	注塑压力 /MPa	5
(中段)	190	保压压力 /MPa	3
(后段)	180	背压 /MPa	1
模具温度 /℃	60	小泵压力 /MPa	6
注射时间 /s	10	大泵压力 /MPa	4
保压时间 /s	6	加料量 /mm	80

(3) 模拟电池装配。用极柱、电池盖、橡胶密封圈、极柱套管、金属垫圈、螺母组装,见图 1。紧固至 16 N·m, 此时极柱套管已因螺母挤压出现变形。放置 7 d, 极柱套管、电池盖均无进一步变化, 无开裂现象。由此可见, ABS(H-08) 具有良好的力学性能, 可以作为结构件的材料。



1—极柱套管; 2—电池盖

图 1 电池盖与极柱套管装配图

(4) 分别取 5 只装配好的组装件分别浸入丙酮、乙酸、油漆稀料、电解液中观察。其变化如表 3。

从表 3 可以看出, 受外力作用的 ABS 注塑件具有耐碱性, 可以作为碱性物质受力容器的选材, 但不

表 3 受力作用的电池盖、极柱套管遇溶剂的变化情况

溶剂	浸入时间/h		
	0.1	6	24
丙酮	无开裂	部分溶化	完全溶化
乙酸	极柱套管出现放射状裂纹	开裂溶化	完全溶化
油漆稀料	无开裂	部分溶化	完全溶化
电解液(10%的NaOH水溶液)	无开裂	无开裂	无开裂

能接触丙酮、乙酸、油漆稀料等有机溶剂。

(5) 取电池盖 3 只, 其中一只电池盖极柱孔装配极柱, 用 8 N·m 紧固, 另两只不装极柱。在 3 个极柱孔周围都滴两滴乙酸, 可观察到装配极柱的电池盖的极柱孔周围及极柱套管出现放射状裂纹, 未装配极柱的孔处未见裂纹出现。对开裂的盖、极柱套管解剖可观察到电池盖、极柱套管均发生以极柱孔中心轴为圆心的放射状裂纹。该裂纹并非成型中制件的内应力所致, 而应为电池装配中因紧固螺母产生的应力, 当受到乙酸、油漆稀料等溶剂作用造成的应力开裂。

由此可以看出, 受外力作用的 ABS 注塑件在接触有机溶剂时易于发生应力开裂, 未受到外力作用的制件, 接触到有机溶剂未发生开裂。在设计及使用 ABS 注塑件时, 外应力应给予高度的重视。如果仅从成型工艺上采取措施, 虽然可以有效地降低制件内应力, 但无法解决受力制件接触到有机溶剂时产生的开裂。

(6) 取电池盖 4 只, 装上极柱, 用 8 N·m 紧固, 其中两只在极柱上涂凡士林, 另两只除涂凡士林外, 并在极柱套管周围涂抹油漆稀料, 观察变化见表 4。

表 4 受力作用的电池盖与油漆稀料等接触时的变化

溶剂	接触时间/d		
	1	3	7
涂凡士林	无变化	无变化	无变化
涂凡士林、油漆稀料	无变化	无变化	盖、极柱套管出现裂纹

从表 4 可看出, 凡士林对受力制件无影响, 油漆稀料对受力制件有影响, 可以造成受力制件开裂。

3 ABS 注塑件应力的控制措施

3.1 影响内应力的因素及措施

因成型过程而引起的内应力从成型工艺入手, 措施见表 5。

3.2 影响外应力的因素及措施

影响外应力的因素主要有①整机的结构; ②制件的承载; ③外载荷的作用面积大小; ④外载荷缓冲等。

由上述分析可知, 影响制件外应力的因素很多,

表 5 降低 ABS 注塑件内应力的工艺措施

因素	措施
材料	选用冲击强度高的塑料
吸湿	充分烘干
料筒温度	适当提高, 高于粘流态温度 20 ~30℃
注塑压力	调至适中, 保证注满并富裕 20%
保压时间	以制件无凹陷、变形为准
模具温度	50 ~60℃
制件结构	壁厚均匀, 转角处圆弧过渡

相互关系复杂, 要彻底消除外应力十分困难, 但可采取如下措施使其降至最低。

(1) 对于结构制件, 在整体设计中应力求使制件受力较小, 避免制件承载, 增加必要的缓冲材料, 避免金属件直接与制件接触, 增加制件承载面积, 以降低外应力对制件的影响。对于 ABS 注塑件还应避免与溶剂接触, 包括喷漆环境。笔者对电池盖结构进行了改进, 增加了承载及受力部位的面积, 并且与喷漆环境进行隔离。

(2) 合理选择成型材料。从降低制件外应力的角度考虑, 应选择抗应力开裂能力强的材料, 通常平均分子量较高、分子量分布窄和含杂质少的聚合物抗应力开裂能力较强。分子量高的材料, 其大分子链间的作用和缠结数目都增加, 分子量分布窄的材料, 可使制件有较大的刚性。对于玻璃纤维增强材料, 因大分子链与玻璃纤维的相互结合, 其制件的抗应力开裂能力也较高。对结晶性材料, 适当加入成核剂, 可使球晶体积小、数量多, 从而受到外力作用时使制件产生的应力较小且分布均匀。不同牌号的 ABS 应力开裂情况不同, 其中普通级别牌号为 301 的 ABS 电池盖开裂比例大, 而耐寒级别牌号为 H-08 的开裂比例小, 因此确定电池盖及极柱套管均使用牌号为 H-08 的 ABS。

(3) 热处理。对受外力作用的制件可采取适当的热处理来消除应力。热处理的方法是把装配好的制件在加热介质中先将温度升到热处理温度, 使制件在此温度下保持一定的时间, 然后缓慢地冷却到室温。影响热处理效果最重要的工艺因素是热处理温度和热处理时间。热处理的实质是加速制件中的大分子链的松弛, 从而消除或降低制件受力后产生的应力。热处理温度一般都在制件的使用温度以上 10 ~20℃至热变形温度以下 5 ~10℃之间进行选择和控制。热处理时间与塑料品种和制件厚度有关。如无数数据资料, 也可按每毫米厚度约 0.5 h 的原则估算。应注意的是, 退火冷却时, 冷却速率不宜过

快,否则还有可能重新产生温度应力。当然,是否需要进行热处理,应根据制件的性质及其经济性决定,因为热处理将增加辅助生产工序和能耗。对于 ABS 电池盖和极柱套管,在装配好电池后,放至烘箱中 80℃烘 2 h,然后缓慢冷却至室温。

按以上措施实施后收到良好效果。

4 结论

(1) 对 ABS 电池盖、极柱套管的开裂,通过解剖可观察到电池盖、极柱套管均发生以极柱孔中心轴为圆心的放射状裂纹,该裂纹非成型中制件的内应力所致,而应为电池装配中因紧固螺母产生的应力,受到乙酸、油漆稀料等溶剂作用造成的应力开裂。

(2) 受外力作用的 ABS 注塑件在储存、使用中应避免与各种有机溶剂接触,特别是喷漆环境等。

(3) 热处理可以降低 ABS 注塑件因受力而引起的外应力。

参考文献

1 吴利英.影响注塑件内应力的因素.工程塑料应用,2004,32(10):28

2 陈中一.实用塑料成型及故障处理手册.上海:上海科技出版社,1993.

3 于同敏.注塑制件内应力分析及控制对策.模具工业,1998(2):39

4 塑料模具技术手册编委会.塑料模具技术手册.北京:机械工业出版社,2002.

STUDY ON THE REASON AND ITS RESOLVENT OF STRESS CRACKS ON ABS PLASTIC PRODUCT

Zhang Jiamin

(Department of Chemistry & Chemical Engineering, Henan Institute of Science and Technology, Xinxiang 453003, China)

Liu Yaomin

Zou Chaojun

(Puyang Vocational and Technical College, Puyang 457000, China) (Factory No.755, Xinxiang 453009, China)

ABSTRACT ABS plastic product in use often appeared radioactive cracks resulting in the product out of use. The factors of molding technics was often considered, but the factors of operating environment was often overlooked. By experimen, it was found that crack of ABS resin product was resulted from acetic acid and paint diluent. The correct operation methods in the designing, making, assembling and using of ABS resin product were proposed, the scientific reference was provided for the application of ABS resin product in safety.

KEYWORDS ABS, plastic product, stress cracks, reason, solvent

我国挤出设备行业技术现状

挤出技术的先进性代表了塑料工业的发展水平。近几年国际塑料机械制造技术虽然没有出现突破性或革命性的成果,但一直在原有的基础上快速提高和完善,而我国塑料机械制造技术同国外发达国家相比仍有一定的差距。主要表现在设备的成套能力、设备的加工水平和技术应用方面。近年来,我国挤出设备技术进步表现在新产品、新技术开发速度加快,起点较高,主要途径就是通过引进、消化吸收国外先进制造技术。

以管材设备为例,自上个世纪 90 年代中期引进了第一条铝塑复合管生产线起,5 年内生产该设备的厂家就有 50 多家,其关键技术如铝管的焊接、复合都得到了较好的解决,大部分产品的完整性和先进性达到了国际先进水平。

同期内开发成功的还有钢塑复合机组、燃气 PE 管机组等先进设备并解决了一些关键技术,如适用于中高密度 PE 加工的高速高效单螺杆挤出机;混炼效果好,滞留时间短,无熔接线的高精度模头及先进的定型、冷却、牵引、切割、测厚等配置。近年来国产挤出机也朝着大扭矩、高转速、高效率方向发展并取得一定成效,普遍采用了先进的分离型螺杆和开槽机筒及国际流行的适合于聚烯烃类加工的篮式机头和

板式机头,可编程序器和液晶显示触摸屏工控机也得到成熟应用。塑料薄膜加工设备采用螺旋机头逐渐普及,叠加机头也得以推广应用,多层共挤膜已达到 5 层,土工膜都采用了内冷技术等,共挤流延膜的幅宽已达到 2 m。

途径之二就是通过技术创新,加强具有知识产权技术的开发。北京化工大学和北京凤记塑料机械有限公司先后研制了磨盘式混炼挤出机,与传统混炼设备相比,提高了物料的细度、分散度等混炼效果,扩大了加工原料的范围,对于加工磁性、纳米等复合材料具有显著的优势。北京建诚机械有限公司等研制的钢塑复合异型材挤出机生产线同时解决了复合、发泡、共挤、切割等关键技术。上海金纬挤出机制造有限公司开发出 PET/GPET 共挤生产线,宽度可达 2 m。

塑料机械设备水平的提高,还表现在设备的成套性得到了普遍的重视。特别是在挤出成型上,多年来主辅机的观念根深蒂固,多数厂家只提供主机,致使主、辅机比例失调,目前这种状况有了很大的改变,大部分挤出机制造厂都可以提供全套挤出生产线,甚至可以承担交钥匙工程。

国际市场的开拓也是我国塑料机械发展重要标志,已有 1/3 的企业产品出口,出口量已占国内销售量的 30% 左右,出口增长率达 20%。(塑信网)