

旋钮开裂原因分析

赖营章

(兰州长风机器厂, 甘肃 兰州 730070)

摘要: 注塑件的开裂是我们产品开发和后期市场经常遇到的问题, 看似开裂但分析和找到开裂的原因比较复杂, 牵涉到整个产品生命周期的各个环节, 原材料的类型, 原材料的着色过程、配方, 原材料的干燥方式, 温度时间的设定, 产品的结构设计, 是否有尖角导致引力集中, 壁厚是否过渡均匀, 筋位的分布是否合理, 模具结构的选择, 浇口的形式, 位置, 模具的冷却方式, 产品的顶出方式, 注塑机的型号、吨位大小, 螺杆的型号、大小, 注塑参数设定, 温度、速度等方面都会对零件开裂造成影响, 如何从众多因素中抽茧拨丝找到关键因素, 不仅需要专业的知识, 还要科学的方法, 从众多复杂的因素中找到最为关键因素, 并加以验证证实。本文以一款产品的旋钮开裂为例, 从上面提到的各个维度分析、验证, 从而找到关键的因素加以验证, 改进, 不仅解决了产品本身的技术问题, 提高了客户的认可度, 也从过程中学习了如何科学的分析和解决问题, 为今后产品开发, 选材, 模具设计, 工艺设定, 提供借鉴和帮助。

关键词: 注塑; 模具; 开裂; PBT

中图分类号: TQ320.66

文献标识码: B

文章编号: 1009-797X(2025)05-0057-04

DOI:10.13520/j.cnki.rpte.2025.05.012

注塑件开裂是注塑工艺中比较常见的一种失效方式, 而且大多数开裂都不是当时发生, 而是随着时间的推移和环境的变化后期发生, 这对前期分析和采取措施都带来了极大的挑战, 本文结合一款旋钮的开裂从各个维度分析可能的原因, 对我们今后类似问题的分析和新产品的的设计带来一定的借鉴。

笔者所在的企业为医疗设备生产企业, 其中有一款旋钮用于调节机器使用中某项功能温度, 此旋钮在装机半年内市场反馈有不少开裂, 开裂现象如下图 1, 几乎所有的裂纹和形态基本一致, 为什么此旋钮在装机一定时间后开裂? 为什么开裂形态都基本一致? 我们从产品设计到注塑工艺各个环节进行分析, 最终得出结论并提出改进措施。



图 1 开裂图

mm, 算比较小的零件, 中间圆柱外径为 5.58 mm, 通过四条筋与外圆相连, 中间放入卡簧, 与旋转开关轴相连, 如图 3 通过旋转旋钮来调节温度。材料为 SabicValoxPBT357, 这种材料具有良好的机械性能, 强度高, 耐疲劳性, 化学稳定性, 通常在强度要求高, 耐化学性的条件下, 选用这种材料。

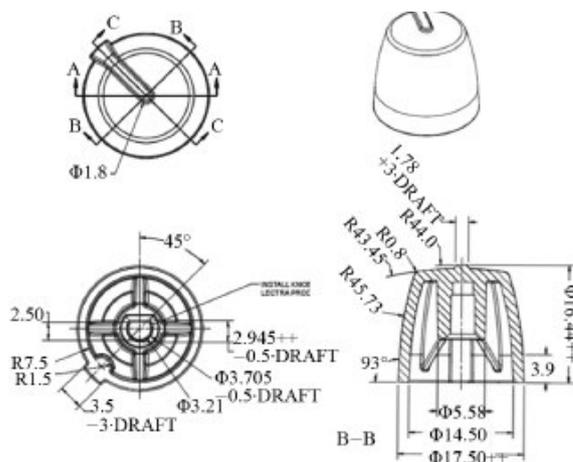


图 2 产品图

分析数模 3D, 中间固定柱经过拔模斜度后, 口部壁厚只有 0.97 mm, 这个壁厚还是显得比较单薄, 在

1 产品设计

产品设计如图 2 所示, 外形尺寸为 17.5 mm×16.4

作者简介: 赖营章 (1972-), 男, 本科, 高级工程师, 主要从事模具设计开发及相关质量管理工作。

保证外观不出现缩印的情况下,可适当增加筋位厚度来保证强度,同时如图4考虑增加更多四条筋位来增加强度,中间圆柱壁厚也厚,这样首先从产品设计角度来保证强度。



图3 配对零件图



图4 筋位布置图

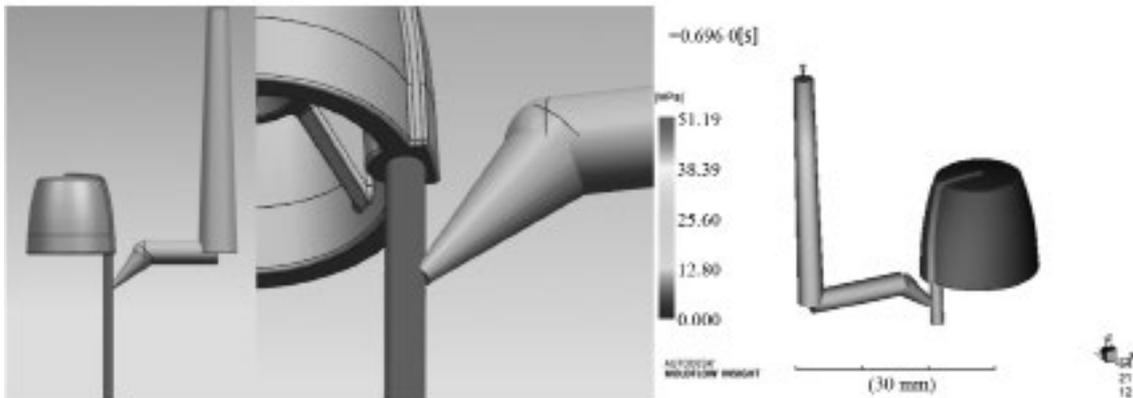


图5 模具浇口图

材料流出的多少,材料流出的少说明材料粘度大,没有降解,反之说明材料性能有变化,原材料厂家推荐的标准为 9.6 g/10min,测试没有染色的本色料和加入钛白粉的染色料,熔融指数分别为 7.71 g/10min 和 21.9 g/10min,可见原材料添加钛白粉后熔融指数明显升高,材料的性能发生了大的变化,由此可见这一染色过程对产品后期开裂有大的贡献,为了降低旋钮开裂风险,后期改进措施为改为原材料厂家配色原料。

2 模具设计及模流分析

模具设计采用传统二板模结构,一模四穴,考虑外观问题,选择潜伏浇口进胶,这样在产品外观面不会留下浇口痕迹,而且潜伏浇口脱模顶出时浇口自动切断,不用人工修剪浇口,节约成本和时间。顶出采用产品外圆端面均匀布置的四个顶杆顶出,这样顶出平稳可靠,为保证模具温度平衡和成型周期,在产品周围均匀布置冷却水路,这样的模具设计在量产中模具运动平稳可靠,顶出一切顺利。模流分析如图5,潜伏浇口填充无明显填充缺陷,无困气和熔接线影响产品强度,分析证明模具结构设计对此产品后期开裂没有影响,模具结构不是开裂的因素。

3 材料着色

本产品颜色定义为某种白色,注塑厂家一开始采用本色料,通过染色厂家添加钛白粉进行配色,钛白粉配色有自身缺陷,钛白粉是金属粉与塑料相容不好,钛白粉的添加会引起塑料性能下降、发脆,尤其熔接线的地方,而目前讨论的旋钮几乎所有裂开的位置都在熔接线位置。为证明钛白粉的添加是否对产品的性能有影响,做了熔融指数(MFR)分析,所谓的熔融指数,简单来说就是在一定的温度,压力,时间下看

4 注塑工艺

注塑工艺是材料成型的关键环节,从原材料的烘干,注塑的工艺参数,都需进行细致的观察和分析,对任何可疑的环节都可以进行重复模拟,尽可能复现问题。

4.1 注塑前原材料烘干参数

在检查注塑厂商原材料烘干参数时发现厂商用的热风烘干机 80 °C, 4 h 的烘干,这引起了警觉,因

为 PBT 是对含水率比较敏感的材料，参照原材料厂家 SABIC 推荐的材料物性表 1, PBT 的烘干建议 120 °C, 3~4 h 的烘干，含水率在 0.02% 以下，PBT 在高温下对水分敏感，如果含水率过高，可发生水解，导致材料机械性能下降，甚至注塑后产品发脆。所以 PBT 注塑前材料的烘干非常关键，最好用除湿干燥机 120 °C, 干燥 4 h, 保证原材料干燥后含水率小于 0.02%, 这样注塑后零件才能达到良好的机械性能，为证明两种烘干方式注塑后零件的差别，取样 80 °C, 4 h 的热风干燥机和 120 °C, 4 h 的除湿干燥

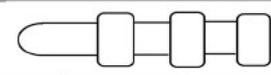
两种样品注塑产品后测试产品机械性能，测试表明后者生产的产品强度明显好于前者，由此证明 PBT 的干燥是非常关键的参数，必须满足干燥后的 0.02% 含水率的要求，这样才能保证注塑后产品的强度，不发脆，本案例经分析后改进干燥参数、方式对后续产品防止开裂有显著改善。

表 1 材料推荐参数

注塑相关参数			
	推荐值	单位	测试方法
干燥温度	120	°C	
干燥时间	3~4	Hrs	
干燥时间(累计)	12	Hrs	
最大含水率	0.02	%	
融化温度	250~265	°C	
喷嘴温度	245~260	°C	
螺杆前断温度	250~265	°C	
螺杆中断温度	245~260	°C	
螺杆后断温度	240~255	°C	
模具温度	50~75	°C	
背压	0.3~0.7	MPa	
螺杆转速	50~100	Rpm	

4.2 注塑参数

PBT 不光对水分敏感，对温度同样敏感，PBT 注塑时当温度超过 280 °C 就会发生材料降解，降解的结果就是材料发黄，发脆，其注塑温度范围比较窄，原材料厂家推荐的温度范围为 240~265 °C，注塑厂家设定温度为四段，如图 6，温度分别为喷嘴 270 °C，一段 257 °C，二段 256 °C，三段 235 °C，数据显示注塑厂家设定的温度跟原材料厂家推荐的温度稍有偏差，不过注塑厂家往往是基于经验，这跟注塑机的能力，产品的大小、特征都有关系，理想的状态是根据实验设计来设定参数，但这需要大量的资源，还要有这方面的专业人员，算是比较精细化的方式，目前很多厂家还做不到这一点。所以注塑温度的设定要依据原材料厂家推荐的范围内依据产品的特点、大小适当调节，不能超过降解温度。



	喷嘴	一段	二段	三段
实际设定温度 / °C	270	257	256	235
厂家推荐温度 / °C	245-260	250-265	245-260	240-255

图 6 注塑参数

4.3 注塑机型号

注塑机的选型同样很关键，受高温加热的材料如果在螺杆内停留时间过长会引起材料降解，材料性能下降、发脆，本产品采用伊之密 90 吨注塑机，如图 7，螺杆容量为 30 mm³116.6 cm³，结合此模具为一模四穴，产品加料头的重量为 13.86 g，每模的周期为 36 s，这样算下来大概 13 模次约 8 分钟螺杆里停留融化的料基本注塑完，螺杆里融化的材料最长停留时间为 8 min，参照如下图 8，PBT357 为防火料，在 230 多度时候停留的最长时间为 8 min，本产品刚好 8 min，这样的时间比较接近极限，材料有降解风险，为了降低材料在螺杆里停留时间太长，后期改进措施为注塑机螺杆改为更小的螺杆减少材料在螺杆里停留的时间，降低材料降解风险，改进后的产品性能表明，此措施明显的减少了产品后期开裂的风险。

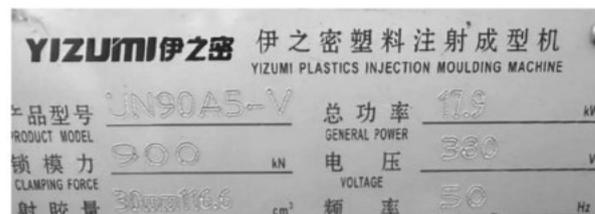


图 7 机器型号

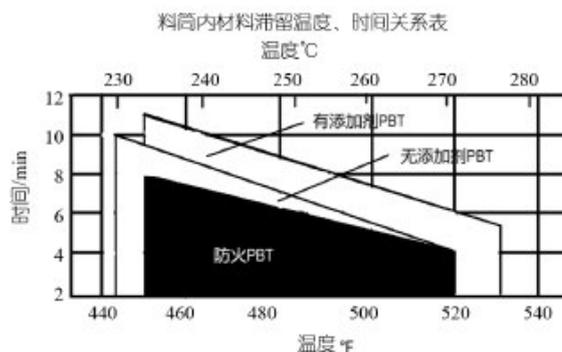


图 8 材料停留时间

5 总结

结合以上分析，塑料件的开裂是比较复杂的问题，要从各个环节分析，材料的种类、后期的染色，产品的结构设计，模具的结构，浇口的类型、位置，原材

料的烘干，注塑机的选型，注塑参数的设定等各个环节结合产品特点都要仔细分析，有时候在短期内找到根本原因是比较困难的，但结合一些现象，推测可能，然后验证推测，用一些有效的分析方法总归能找到一

定的蛛丝马迹，通过这些总结、分析为今后产品开发，工艺开发和预防类似问题发生，遇到注塑件开裂从哪些方面分析提供借鉴。

Knob cracking cause analysis

Lai Yingzhang

(Lanzhou Changfeng Machinery Factory, Lanzhou 730070, Gansu, China)

Abstract: Cracking of injection molded parts is a common problem in product development and after-sales processes. Although the cracking phenomenon is obvious, its causes are relatively complex, involving various stages of the product life cycle, including the type and formula of raw materials, coloring process and drying method, as well as temperature and time settings. In addition, the structural design of the product (such as stress concentration caused by sharp corners, uniform wall thickness transition, and reasonable distribution of reinforcement positions), mold structure (gate form and position, cooling method), ejection method, injection molding machine model and parameters (screw model and size, temperature, speed, etc.) may all have an impact on part cracking. To accurately identify key causes from numerous factors, not only professional knowledge but also scientific methods are required. This article takes the cracking of a certain product knob as an example, analyzes and verifies it from multiple dimensions mentioned above, and finally determines the key factors and makes improvements. This process not only solves technical problems and improves customer satisfaction, but also provides valuable experience and reference for future product development, material selection, mold design, and process setting.

Key words: injection molding; mold; crack; PBT

(R-03)

Oysho 和 Fulgar 合作，推出采用再生聚酰胺 66 纱线制成的运动服系列

Oysho and Fulgar collaborate to launch a sportswear series made from recycled polyamide 66 yarn

Inditex 集团旗下的运动服和休闲服品牌 Oysho 与 Fulgar 合作，推出了一款采用 Q-Cycle 纱线制成的全新环保运动服系列。此次合作标志着运动服在可持续发展方面迈出了重要一步。

该系列采用 Q-Cycle 纱线制成，Q-Cycle 是一种完全由回收原材料制成的聚酰胺 66 纱线。该纱线由废弃或报废轮胎产生的热解油制成，与原生聚酰胺 66 相比，它提供了一种环保替代品，同时又不影响轻便性、耐用性或强度。

Q-Cycle 纱线已获得领先国际组织的认证，包括 Textile Exchange 的 RCS、ISCC PLUS、LCA 和 Oeko-TEX Standard 100 附录 6，确保了可持续性和消费者安全。该材料用途广泛，适用于各种纺织应用，并能够与不同的纤维很好地混合。

Fulgar 营销经理 Daniela Antunes 表示：“我们与 Oysho 的合作是迈向更绿色未来的切实一步。凭借 Q-Cycle 纱线，我们正在证明通过创新可以将废料重新用于高性能纺织品，而不会影响质量或功能。”

摘编自“PUWORLD”

(R-03)