

球头螺母成型工艺的改进及优化

陶永亮

(重庆川仪工程塑料有限公司,重庆 400712)

摘要 用聚酰胺 66(PA66) 制作了球头螺母。为解决产品装配时出现的断裂纹和变软问题,对球头螺母注塑工艺提出一些改进要点,对材料干燥、色母料、模具、调湿、检测作出了相应调整。工艺改进及优化后,解决了产品裂纹和变软问题,稳定了产品质量,得到了用户的认同。

关键词 球头螺母 成型工艺 改进 优化

1 产品概述

球头螺母是多种车型汽车前雾灯中比较通用的重要连接支承件,用量比较大。雾灯中有两个球头螺母和一个调光螺钉连接支承反光镜,球头螺母起到调光转向和连接支承作用,其结构如图 1 所示。调光螺钉产品用料是聚酰胺 66(PA66) 黑料。球头螺母中球头 $7.9^{+0.0}_{-0.1}$ mm 是一个球形,它周边有三等分均布 2.0 mm 宽的槽,球头部位在一定作用力下压入球头金属件,如图 2 所示。球头螺母球头部位包容金属件的包容力(拉脱力)要保证在 110 ~ 120 N。这是该 PA66 产品必须达到的功能要求。球头螺母上宽 3.0 mm、距离 9.6 mm 的两个卡子通过材料弹性压入反光镜中,其装配关系如图 3 所示。产品外观要求是表面光整,不得有气孔、疏松、裂纹等缺陷,整个产品重 0.84 g。

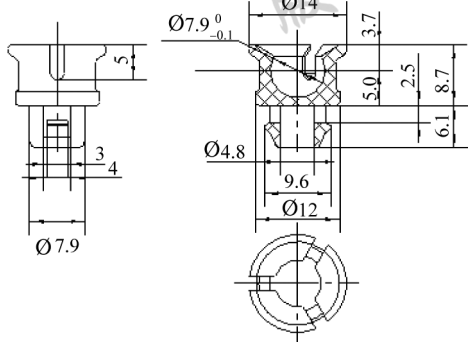


图 1 球头螺母产品示意图

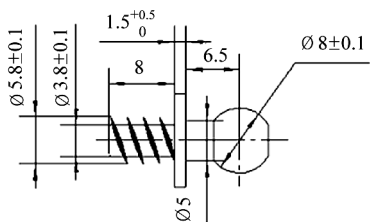
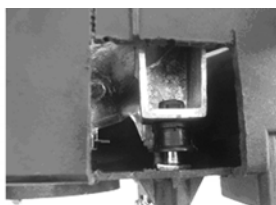


图 2 球头金属件示意图



(a)



(b)

a—灯具外观; b—球头螺母外观

图 3 灯具及球头螺母外观

2 出现情况

球头螺母原材料选用神马尼龙工程塑料有限责任公司 PA66 树脂,牌号 EPR27,产品按照 PA66 常规工艺要求制作(普通烘箱干燥 100 ~ 110℃,温度干燥 4 ~ 8 h,加工前放黑色色母料均匀混和,料筒温度 240 ~ 260℃),产品用调湿方法处理(沸水里煮 30 min,倒出来冷却晾干),产品送到用户处,在 20 d 后进行装灯过程中,发现裂纹缺陷,调光无法进行,造成整灯报废,用户认为产品太脆。但半个月后,球头螺母不脆了,装入球头金属件里用手就能推开,用户用管型测力计(型号:LTE-20;规格:200 N)进行拉力测试,只有 20 ~ 35 N 就可拉开,说明韧性太强,拉脱力大大低于用户使用要求,只能被迫停产,并赔偿用户经济损失。

3 情况分析

经过分析,PA66 成型后,由于 PA66 分子结构中含有亲水性酰胺基,使其不同于聚甲醛、聚碳酸酯、丙烯晴-丁二烯-苯乙烯塑料(ABS),而具有很强的吸水性,并显著影响材料的力学性能。另外,其各项力学性能还因吸水率的不同而不同^[1]。球头螺母初期强度下降,有几方面原因,一是大部分材料均有的材料应力松弛过程;二是 PA66 由于环境湿度导致的吸水,氢键作用力变化导致强度下降,此吸

水过程与环境湿度有关,在 98% 饱和湿度气氛,PA66 强度下降 40%,如果是玻纤增强 PA66 则下降 20%;三是产品在水中煮 30 min 后,强度下降更多,且会出现样品尺寸胀大(水煮时间不同则尺寸变化亦不同)。出现脆裂还有以下原因:材料干燥不良,在注射成型温度下,熔体将因有水分发生水解反应而使分子量降低,导致产品变脆;熔体在机筒里滞留时间太长和熔体温度太高会引起材料的热降解而使产品变脆。

自出现质量问题以来,从注塑机、模具、材料、加工工艺等进行查找,查阅和对照过去的记录,最后查出唯一变化最大的黑色母料是造成这次产品缺陷的主要原因。为此,对整个成型工艺进行改进,寻找产品强度和韧性的最佳结合点。

4 工艺改进

为保证用户使用需求,对材料、模具、注塑成型工艺等作了细致分析后,从各个方面进行调整和改进。

4.1 色母料改进

添加着色剂会使塑料力学性能有一定程度降低,一般降低 5%,有的降低最高可达 30%。研究表明,对未填充任何矿物或玻纤的树脂,其塑料件产生断裂与着色剂的分散度有关^[2]。球头螺母产品用黑色色母料生产,出现问题时用的是 8 元/kg 的黑色母料。色母粒由颜料、载体和添加剂构成。其中载体很重要,一般 8 元/kg 的色母料大多用 PE 料做载体。PE 本身强度较低,极性也较低,PE 结晶过程中因收缩的各向异性,造成内部应力集中,塑料件易变形和开裂。PE 由于结晶度降低,相应的拉伸强度也会降低。抗应力开裂时,PE 表现出的脆性破坏称之为应力开裂,一般时间较长时才能发生,由于破坏方式不同,PE 可形成环境、溶剂、氧化、疲劳破坏。PA66 和 PE 两种材料相容性较差,PE 的溶解度参数为 $7.9 (\text{J}/\text{cm}^3)^{1/2}$,PA66 的溶解度参数为 $12.7 \sim 13.6 (\text{J}/\text{cm}^3)^{1/2}$ ^[3],PE 会使 PA66 的性能变化。PA66 和 PE 混在一起导致分散不均,而出现材料强度大幅下降。由于相容性差,覆盖力差,色散度差,出现产品颜色不能达到要求,就大量加色母料,若 PE 含量加大,更使材料强度下降,外观也没有光泽。

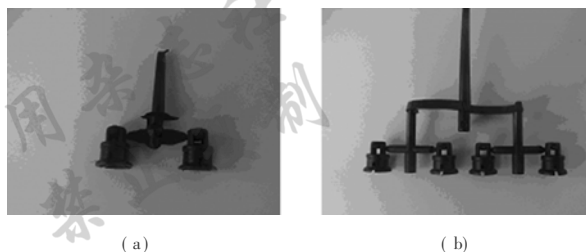
现在改用以 PA 为载体的专用色母料,价格为 37~40 元/kg。由于相容性增强,色母料无需添加很多,只要加 0.5% 就可以,均匀搅拌,产品外观为有光泽的黑色,效果有了很明显改善。专用黑色色

母料满足了色散度、覆盖力、流变性、相容性、稳定性、色彩明暗度等要求,且成本并未提高。

4.2 设备选用和模具改进

由于产品比较小,PA66 在料筒里停留时间不能太长,若太长在料筒高温下容易造成降解,导致产品脆性增加。原来用料筒较大(600 kN 锁模力)的设备加工,相对材料在料筒里停留时间长些,现在用容量比较小(400 kN 锁模力)的设备进行加工。

过去,模具是一模出两件,现在换了小料筒设备进行加工,重新制造了模具,改为一模出四件,模具结构仍采用滑块抽芯,顶出板把产品从动模型芯拉出。主要目的是加快材料流动性,缩短材料在料筒里的停留时间,同时也降低了生产成本,增加效益。原来一模两件的质量(含浇口)是 3.1 g。现在一模四件的质量(含浇口)是 8.2 g,是原来的 2.65 倍,减少了材料滞留时间,如图 4 所示。



a—改进前; b—改进后

图 4 改进前后模塑件的对比

4.3 注塑工艺改进

料筒温度是注射成型的重要工艺参数,PA66 为结晶塑料,有明显的熔点且比较高。熔融温度范围比较窄(约 10℃ 左右),对温度变化很敏感,熔体流动性大、热稳定性差、容易降解,导致塑料件力学性能下降。PA66 的熔点为 250~260℃,螺杆式注塑机料筒温度可高出 10℃^[5]。选择了较低的料筒温度:220、240、255℃,喷嘴 245℃,这对产品成型较有利。

注塑压力和注塑速率也是重要的工艺参数。PA66 熔体的黏度低,流动性好,但是冷凝速度较快,在形状复杂和壁厚较薄的制品上易出现不足,故还需要较高的注塑压力。通常压力过高,制品会出现溢边问题;压力过低,制品会产生波纹、气泡、明显的熔结痕或制品不足等缺陷。球头螺母产品小,注塑压力选择了 5.8、4.5、3.8 MPa 为三段射压。对 PA66 而言,注塑速度以快为宜,可以防止因冷却速度过快而造成的波纹、充模不足问题。对小产品注射速度选择 40%、35%、30% 为三段的速率,用中速

就可以。保压压力选择 3.8~4.5 MPa, 保压速度取 35%。考虑到产品的压实情况, 保压时间为 2 s, 产品冷却时间为 4~6 s。

4.4 模具温度调整

模具温度对 PA66 结晶度及成型收缩率有一定的影响, 高模温结晶度高、耐磨性、硬度、弹性模量增加、吸水性下降、制品成型收缩率增加; 低模温结晶度低、韧性好、伸长率较高。模具温度将影响 PA66 结晶度, 而结晶度将影响产品的物理特性。对于小型塑料件, 使用 40~50℃ 的模具温度是可以的, 则塑料件的结晶度将随着时间而变化, 为了保持塑料件的几何稳定性, 需要进行调湿处理。

4.5 烘料工艺调整

PA66 分子结构中含有亲水的酰胺基, 容易吸湿, 是一种吸湿性材料, 为了顺利成型, 必须进行干燥, 使水分降到 0.3% 以下。水分过多会引起熔体黏度下降, 塑料件中有气泡、银丝和斑纹等, 导致塑料件的力学性能下降。

酰胺基对氧敏感性强, 抗氧化能力比较弱, 容易发生氧化而降解。采用普通烘箱干燥, 将原来的 100~110℃ 温度干燥 4~8 h, 调整为 80~90℃ 干燥 16~20 h 以上。这样对材料变色有了一定的控制, 比较好地保证材料原有颜色, 很好地防治干燥时期氧化变色。同时, 对过去已经变色的材料不能再继续干燥, 避免多次干燥后给产品带来负面效应。干燥合格的料要注意保存, 以免再次吸湿。

4.6 调湿时间的改进

为了发挥 PA66 的韧性、冲击强度、拉伸强度等, 需要进行调湿处理, 完成 PA66 的结晶, 以获得较好力学性能。PA66 试件处理前后的性能^[1]见表 1。

表 1 PA66 处理前后性能对比

PA66 试件状态	吸水率 / %	弯曲强度 / MPa	弯曲弹性模 量 / GPa	拉伸强度 / MPa
原始不作 处理样	0	83.4	2.63	84.3
水浸泡 24 h	0.1662	84.2	2.65	84.3
水浸泡 48 h	0.5243	75.3	2.32	75.7
沸水煮 30 min	1.6900	36.2	1.18	60.6

产品在沸水里煮 30 min 后吸水率明显提高, 表 1 中各项性能下降很多, 但韧性提高了。分别对产品不作处理和沸水煮 30 min 后, 用管型测力计测拉脱力。不作处理产品为 130~140 N, 沸水煮 30 min

后测为 90~100 N, 用户能让步接受。如果随时间的增长和环境、湿度的影响, 会出现 80~90 N, 明显低于用户使用要求。现在对产品在沸水里煮 15 min 后测为 110~120 N, 放两个月后为 100~110 N。经过与用户交流, 确定沸水煮 15 min 为调湿时间。

4.7 尽量不用脱模剂

脱模剂是分布于模具与有机高分子制品或其他制品之间的功能性物质, 为防止高聚物或其他材料模制品粘到模具上, 起到易脱模的一类加工助剂。由于浇口等原因, 浇口料经常断在定模上, 采用了外喷脱模剂方法解决断浇口。虽然脱模剂使 PA66 力学性能有所提高, 但是断裂伸长率和缺口冲击强度的提高意味着产品韧性的提高, 这不是想达到的效果^[6], 所以应尽量不用脱模剂。

4.8 球头螺母产品拉脱力试验

极性材料如尼龙等分子间氢键与环境中水分相互作用, 对材料的力学性能有较大影响^[7]。重庆气候属亚热带季风性湿润气候, 相对湿度全年平均 80%, 最高达 90% 以上, PA66 拉伸强度由初期的 80 MPa, 到一个月后下降到 42~45 MPa, 到三个月时为最低点, 只有 35~38 MPa。随时间增加, 后期结晶度的增加, 会有一定程度回升, 但不会回到当初的拉伸强度, 拉伸强度对拉脱力有影响。

笔者对调湿后的产品在不同时间后进行测力试验(测试方法: 球头螺母装入金属件上, 将金属件固定, 用测力器连接在塑料件上, 拉动测力器看拉开的瞬间数值) 分别进行记录, 观察在两个月里随时间和环境、湿度的影响, 球头螺母与球头金属件间的拉脱力, 这与组织生产和送货时间都有联系。

4.9 球头螺母产品破坏性试验

在进行测力试验的同时, 增加破坏试验, 用重物敲坏球头螺母, 看破坏截面的颜色和光泽度, 从而判定脆性好坏。用没有作任何处理的球头螺母进行装灯试验, 在装配中球头螺母出现较多断裂。从断裂截面看, 断裂线很整齐, 截面很光亮, 产品太脆, 用户不敢用。经过水煮后的截面, 断裂线不整齐, 截面粗糙, 黑中带白, 产品脆性得到改善。通过这项试验检查调湿的效果。

5 结语

PA66 是尼龙系列产品中开发较早、产量较大、应用较广的品种之一。PA66 的力学性能、耐磨性、自润滑性、耐腐蚀性优良, 成型加工性较好。但是分子主链上含有重复酰胺基团, 导致吸水率大、尺寸稳

定性和电性能较差。只有在了解材料性能的基础上,做好相应对策,吸水率大导致材料性能的下降才能够控制,球头螺母产品才能做好。经过生产实践验证,螺母产品成型工艺的改进,符合功能性需要,产品质量得到了用户的认同。

参考文献

- [1] 李晖,魏莉萍,王湘明,等.吸水率对尼龙 66 力学性能的影响研究[J].工程塑料应用,2008,36(8):64-67.
- [2] 王文强,赵铁光.应用于工程塑料的无机颜料着色技术[C].济南:2010 中国工程塑料复合材料技术研讨会论文集.
- [3] 史连国.尼龙/聚乙烯合金的性能与制备[J].工程塑料应用,1993,21(2):22-24.
- [4] 成都科技大学.塑料成型工艺学[M].北京:轻工业出版社,1985.
- [5] 何素芹,吕励耘,李晓辉等.脱模剂对尼龙 66 结构与性能的影响[J].工程塑料应用,2004,32(7):22-25.
- [6] 朱本玮,朱华,吕桂英,等.环境湿度对尼龙 66 性能的影响及其时效效应[J].现代塑料加工应用,2008,20(5):5-7.

BALL HEAD NUT MOLDING PROCESS IMPROVMENT AND OPTIMIZATION

Tao Yongliang

(Chongqing Sichuan Instrument Engineering Plastic Co. Ltd., Chongqing 400712, China)

ABSTRACT Ball head nuts were made of PA66. Ball head nuts appeared broken crack and became soft when they were assembled. In order to solve quality issue, some improvement points for injection molding were put forward in this paper. Corresponding adjustments of material drying, color masterbatch, mold, wet and some tests were made. And the molding process was introduced. After improvement and optimization, the cracks and becoming soft problems of products were solved, stable product quality and customer's identification were acquired.

KEYWORDS ball head nut, molding process, improvement, optimization

国际“管制”逼增塑剂产业谋升级

尽管“台湾塑化剂事件”出在增塑剂的违法使用上,但也给内地增塑剂生产行业敲响警钟。

我国已经进入世界增塑剂行业大国行列,然而在进军世界强国的道路上,整个行业遇到一些亟待解决的问题。全国增塑剂行业协作组专家委员会委员刘正在表示,近年来,增塑剂行业中一部分企业无序发展,行业产能增长过快,产品品种单一,环保型、功能性强的增塑剂产品研发进展缓慢。

增塑剂行业协作组组长司俊杰也指出,目前增塑剂行业现状是:单个企业规模小、生产成本低,市场竞争能力差;原材料消耗高、能耗高,“三废”排放量大;原材料资源紧缺,主要依赖进口解决,受上游石化企业和国际贸易商的垄断,市场价格常年倒挂,行业效益极差;国家无相关产业政策,进入门槛低,重复建设严重,产能严重过剩,市场恶性竞争,行业步履维艰;进口量居高不下,严重冲击了国内市场,出口量较少,制约了行业的健康发展。

“十二五”开局之年,增塑剂行业面临着加快推进“调结构、转方式”的压力。增塑剂行业协作组专家委员会委员隋昭德表示,产品结构需要进一步调整,尤其是邻苯二甲酸二丁酯(DBP)、邻苯二甲酸二辛酯(DOP)所占产量比例太大,要加快增加环保型增塑剂。另外,有关部门应建立市场准入制度,控制DBP、DOP的再投资、再建设,以免产生更大的问题。刘正认为,国家一方面应明确产业政策,积极引导行业发展;另一方面应给予资金资助,鼓励企业开发新产品。

据了解,在增塑剂产能结构中,苯甲酸类品种占到总产能的80%以上,环保型增塑剂品种产能不足20%。在我国市场消费结构中,苯甲酸类占到市场消费总量的85%左右,

而环保型增塑剂的市场消费量不足15%,且大部分用在出口塑料制品中。全球目前已商品化的增塑剂品种达500多个,而我国商品化的品种不足50个,且高端产品以进口为主,严重影响了我国相关行业的正常发展。增塑剂行业协作组专家委员会委员夏巨敏表示,我国增塑剂行业应加大科研力度,增强行业话语权。

司俊杰预计,今后几年我国环保型增塑剂将会得到快速的发展。目前发展前景比较好的绿色环保型增塑剂有以下几大类:高碳醇酯类增塑剂、柠檬酸酯类增塑剂、环氧类增塑剂、聚酯类增塑剂、生物降解类增塑剂。江南大学化学与材料工程学院蒋平平教授也谈到,随着全球对环境保护意识增强,对塑料助剂提出了更高的卫生要求,近年来对植物油基增塑剂新应用领域及新的氧化技术成为研究热点。

河北日化工业有限公司原总工程师石万聪认为,国际上目前对邻苯二甲酸酯类增塑剂的“管制”,对我们也是一个良好的契机。在“被管制”的时代,我们已开始起步研发能部分代替“被管制”的邻苯二甲酸酯的环保增塑剂。

(工程塑料网)

同煤年产24万t聚甲醛项目开工

日前,同煤集团年产24万t聚甲醛项目开工,该项目建成后,将成为世界产能最大的聚甲醛生产基地。项目投资336亿元,规划建设世界一流的煤化工循环经济园区,包括年产300万t甲醇、24万t聚甲醛、60万t烯烃、聚甲醛加工项目,建设聚甲醛、聚乙烯、聚丙烯三大塑料生产基地。2015年建成后,可就地转化煤炭777万t,年产值184亿元,该项目建成后,预计年销售收入可达34.38亿元,年可实现利润8.35亿元。

(工程塑料网)