

doi:10.3969/j.issn.1001-3539.2013.02.008

# 低温环境下注塑件工艺质量变化的研究及对策

钟明生<sup>1</sup>, 陈国强<sup>1</sup>, 孙贤初<sup>2</sup>

(1. 珠海格力电器股份有限公司, 广东珠海 519070; 2. 格力电器(石家庄)有限公司, 石家庄 050035)

**摘要:** 针对注塑行业普遍存在的同一模具、同一注塑机、相同工艺参数, 分别在常温和低温条件下生产的注塑件质量差异问题, 通过实验进行了分析和对比。相对于常温, 在低温环境下生产的注塑件普遍存在尺寸缩短、冲击强度下降、表面静电吸附及翘曲增大等常见现象, 给出了预防控制措施和解决办法, 为保证注塑件在不同季节的生产质量一致性提供了参考。

**关键词:** 低温环境; 注塑件; 质量变化; 尺寸稳定性; 冲击强度; 翘曲; 表面静电吸附

**中图分类号:** TQ320.6 **文献标识码:** A **文章编号:** 1001-3539(2013)02-0039-04

## Research and Strategy on the Process Quality Changes of Injection Molded Parts in Low Temperature Environment

Zhong Mingsheng<sup>1</sup>, Chen Guoqiang<sup>1</sup>, Sun Xianchu<sup>2</sup>

(1. Gree Electric Appliances, Inc. of Zhuhai, Zhuhai 519070, China; 2. Gree Electric Appliances (Shijiazhuang) Co. Ltd., Shijiazhuang 050035, China)

**Abstract:** According to the common problems existing in the injection industry, which the injection molding parts prepared respectively under the conditions of normal temperature and low temperature with the same plastic injection mold, the same injection molding machine and the same processing parameters have different qualities, the analysis and contrast were done through the experiments. The results show that the phenomenons such as the dimension decreasing, the impact strength reducing, the surface electrostatic adsorption enhancing and the warp deformation increasing generally exist in the injection molding parts prepared under low temperature compared with those under normal temperature. As so, the preventive control measures and solving methods are given, which can provide reference for maintaining the manufacturing quality consistency of injection molding parts in different seasons.

**Keywords:** low temperature environment; injection molding part; quality change; dimensional stability; impact strength; warp; surface electrostatic adsorption

长期以来,很多注塑生产企业,尤其是北方注塑生产企业,都会碰到一个问题,就是相同产品在夏季和冬季生产时其质量变化很大。当南方注塑企业北迁或在北方开设分公司时,会在生产控制中遭遇此技术难题。而以往有关注塑件各种质量缺陷分析的文章虽然很多,但较少针对气候环境或温度变化对注塑件带来的工艺、质量差异进行研究和分析。基于此,笔者通过相关理论分析和部分实验对比,同时结合已有的实践经验,重点针对注塑件在常温、室温、低温环境下的质量变化进行研究分析,并给出部分实用对策,谨供广大同仁参考。

### 1 定义与说明

由于不同地区、不同季节之间的温度并不便以简单的春、夏、秋、冬来区分,为了方便理解,故先作以下定义:

常温——温度为  $(25 \pm 10)^\circ\text{C}$ 。

室温——温度为  $(23 \pm 5)^\circ\text{C}$  [1]。

低温——温度低于  $0^\circ\text{C}$ 。

以上温度范围的定义均只限于在本文中作实验参考。另外从原则上说,在低温和常温环境下的工艺及质量差异点很多,笔者仅对主要几个较为突出的方面进行分析阐述。

### 2 注塑件冲击强度降低

在低温环境下,所有高分子聚合物的刚度会增大、韧性减小 [2],最直观的表现就是注塑件“变脆”,常温下注塑件跌落无异常,天气变冷后却极易破损。根据成型理论,注塑件变脆的主要原因是内部分子定向排列、残余内应力过大等因素所致,当注塑件有熔接纹存在时情况会更严重。

塑料大分子的特点是温度低时运动慢,温度高时运动快。当注塑件受到外力作用时会变形,由于

联系人: 陈国强, 工艺组组长, 工程师, 主要从事注塑工艺基础研究工作

收稿日期: 2012-12-15

分子运动慢,外力不容易传递(均分内应力)或消耗(分子链摩擦),所以容易产生内应力集中,当内应力大到一定程度时,大分子断裂,引发裂纹,裂纹会因内应力集中而加剧,从而使注塑件发生脆断。

2.1 实验方案

选用 3 种最常用的原材料丙烯腈-丁二烯-苯乙烯塑料(ABS)、高抗冲聚苯乙烯(PS-HI)、聚丙烯(PP),注塑成测试试样,分 3 种情况对其进行性能测试:(1)室温静置 48 h;(2)室温静置 48 h,再于-20℃恒温箱中放置 48 h;(3)室温静置 48 h,再于-20℃恒温箱中放置 48 h,然后在室温下放置 48 h。

测试性能包括:

拉伸强度和断裂伸长率按 GB/T 1040-2006 测试;

弯曲强度按 GB/T 9341-2008 测试;

悬臂梁缺口冲击强度按 GB/T 1843-2008 测试。

2.2 实验分析

3 种试样的力学性能测试结果见表 1。

表 1 3 种试样的力学性能测试结果

| 材料    | 实验条件     | 拉伸强度 /MPa | 断裂伸长率/% | 弯曲强度 /MPa | 缺口冲击强度 / (kJ·m <sup>-2</sup> ) |
|-------|----------|-----------|---------|-----------|--------------------------------|
| ABS   | (企业标准)   | ≥ 42      | ≥ 20    | ≥ 62      | ≥ 18                           |
|       | 室温       | 47.34     | 31.52   | 66.83     | 25.09                          |
|       | 室温-低温    | 52.24     | 26.39   | 74.34     | 14.90                          |
|       | 室温-低温-室温 | 46.28     | 37.86   | 67.76     | 25.43                          |
| PS-HI | (企业标准)   | ≥ 32      | ≥ 25    | ≥ 45      | ≥ 12                           |
|       | 室温       | 38.77     | 29.63   | 53.46     | 14.09                          |
|       | 室温-低温    | 46.94     | 16.52   | 62.09     | 11.38                          |
|       | 室温-低温-室温 | 37.82     | 27.37   | 55.29     | 14.05                          |
| PP    | (企业标准)   | ≥ 30      | ≥ 50    | ≥ 32      | ≥ 4                            |
|       | 室温       | 37.58     | 66.74   | 38.79     | 5.14                           |
|       | 室温-低温    | 45.87     | 22.34   | 46.56     | 3.12                           |
|       | 室温-低温-室温 | 38.66     | 66.23   | 37.69     | 5.21                           |

注:室温表示室温静置 48 h;室温-低温表示室温静置 48 h,再于-20℃恒温箱中放置 48 h;室温-低温-室温表示室温静置 48 h,再于-20℃恒温箱中放置 48 h,然后在室温下放置 48 h。

由表 1 可以看出,3 种试样在实验设置的 3 种条件下,其力学性能有一个共性:相对于室温,试样经过室温-低温后,其拉伸强度和弯曲强度明显改善,而断裂伸长率有所下降,缺口冲击强度显著降低;而试样经过室温-低温-室温后,其力学性能能够达到与室温状态相当的水平。因此在实际生产实际中,注塑件应优选放置于室温环境下,也可以在低温环境下进行储放,但是在使用时须经过室温环境充分时效处理,方可恢复其基本的力学性能;在低温时,注塑件的拉伸强度和弯曲强度较好,但是易脆断(断裂伸长率降低,缺口冲击强度骤降)。

对比 3 种试样,ABS 试样的耐低温综合性能优于 HIPS 和 PP,ABS 试样经室温-低温后,其力学性能虽有所变化,但根据企业标准要求,仅缺口冲击强度达不到要求(较企业标准指标低约 17%),其它 3 项指标都在企业标准要求范围内;而 PS-HI 和 PP 试样对低温较为敏感,其断裂伸长率较室温降低约一半左右,缺口冲击强度也大幅降低(PS-HI 试样下降约 20%,PP 试样降低约 40%)。

3 种原材料的上述性能特点在生产中表现为:

(1) 注塑件易于发生在装配中局部断裂、打螺钉时打裂、遭受冲击时崩断等异常;(2) 相对来说,北方寒冷气候条件下,生产、装配涉及此 3 种注塑件时,PP、PS-HI 材料及注塑件更需要做好环境温度控制。

2.3 处理对策

注塑件的储放及使用环境应尽可能保证在常温条件下,即在低温时通过空调、暖气等设施来提高环境温度,以防止脆裂情况发生。若温度不可调,则注塑件变脆属必然现象,只能从结构改进上进行加强,在模具浇口与流道上进行调整及在工艺上进行优化,以减小残余内应力等。

在工艺参数优化方面,保持较高的模具温度和熔胶温度对减小注塑件的脆性是很有必要的。它既可以减小分子定向排列的程度,同时还能减小因冷却速度太快而造成的温差内应力以及显微裂纹。为确保稳定合格的注塑件质量,刚开始生产时,在模温尚未稳定阶段,根据经验,前 20 模注塑件最好报废,因为这些注塑件都表现得比较脆,尤其是加有阻燃剂等脆性稍大的注塑件,要等到 30 模以后才可作为合格品使用。

为了消除残余内应力过大和分子定向排列严重对注塑件脆性造成的影响,将注塑件进行热处理是比较有效的防脆措施。另外避免注塑件接触和接近腐蚀性溶剂或环境,也是防止注塑件变脆的重要措施。

对于尼龙(PA)类吸水性材料,浸水是该类材料防脆裂的一种有效方式。在注塑完成后,其注塑件应浸水 30 min 以上,以增强韧性。

3 注塑件尺寸缩短

物体都会因加热和冷却,按它固有的热膨胀系数而产生膨胀和收缩,塑料也不例外,塑料制品的热胀冷缩<sup>[3]</sup>与模具温度、环境温度变化有关。

表 2 为 3 种原材料的收缩率、吸水率和热膨胀系数,注塑件的尺寸和表 2 所示的 3 个参数有直接

关联。排除吸水率较大的 PA 等材料外,多数注塑件的尺寸主要受收缩率及热膨胀系数的影响,相对于常温,低温环境直接受热膨胀系数的影响,温度越低、其尺寸变化越大。

表 2 3 种塑料的收缩率、吸水率和热膨胀系数<sup>[4]</sup>

| 材料   | 收缩率 / %   | 吸水率 / %     | 热膨胀系数 / $K^{-1}$                          |
|------|-----------|-------------|-------------------------------------------|
| PP   | 1.2 ~ 1.8 | 0.01 ~ 0.03 | $8 \times 10^{-5} \sim 10 \times 10^{-5}$ |
| PA66 | 1.0 ~ 1.5 | 0.9 ~ 1.6   | $7 \times 10^{-5} \sim 12 \times 10^{-5}$ |
| ABS  | 0.3 ~ 0.6 | 0.35        | $6 \times 10^{-5} \sim 9 \times 10^{-5}$  |

### 3.1 实验方案

选定某理论长度为 864.7 mm 的 ABS 注塑件,随机抽取相同工艺条件生产的 12 件,先将其放入 30℃ 的恒温箱中,静置 12 h,逐一取出测量其长度,测量完成后,将温度调整为恒温 20℃,再将其全部放入恒温箱,静置 12 h 后,再逐一取出测量其长度。

### 3.2 实验分析

在不同温度下,测试 ABS 注塑件的长度,结果如表 3 所示。

表 3 不同温度下 ABS 注塑件长度测试结果

| 序号 | 温度 / $^{\circ}C$ |        | 收缩尺寸 | 尺寸收缩率 / % |
|----|------------------|--------|------|-----------|
|    | 30               | 20     |      |           |
| 1  | 865.00           | 864.54 | 0.46 | 0.053     |
| 2  | 865.18           | 864.66 | 0.52 | 0.060     |
| 3  | 865.08           | 864.72 | 0.36 | 0.041     |
| 4  | 865.10           | 864.38 | 0.72 | 0.083     |
| 5  | 865.08           | 864.64 | 0.44 | 0.050     |
| 6  | 865.08           | 864.60 | 0.48 | 0.055     |
| 7  | 865.10           | 864.68 | 0.42 | 0.048     |
| 8  | 864.90           | 864.44 | 0.46 | 0.053     |
| 9  | 865.10           | 864.60 | 0.50 | 0.057     |
| 10 | 865.08           | 864.72 | 0.36 | 0.041     |
| 11 | 865.00           | 864.44 | 0.56 | 0.064     |
| 12 | 865.10           | 864.66 | 0.44 | 0.050     |

由表 3 可以看出,温度降低 10℃,ABS 注塑件的长度缩短。按照表 2 给出的 ABS 的热膨胀系数,取热膨胀系数的中间值  $7.5 \times 10^{-5} K^{-1}$ ,当温度降低 10℃ 时,ABS 注塑件的长度应缩短:  $864.7 \times 10 \times 7.5 \times 10^{-5} \approx 0.649 \text{ mm}$ ,两者虽然受产品结构、模具与工艺状况、测量误差等不同而有所差异,但它反映了热膨胀系数的客观存在及影响,温度降低,尺寸必然缩短。

### 3.3 处理对策

对于热膨胀系数较大的大尺寸注塑件,若环境温度变化太大,其尺寸波动肯定大。以 1 m 长的 PP 注塑件为例,很多企业给定的公差范围都小于  $\pm 1 \text{ mm}$ ,若温度变化 10℃,则由于温度变化的影响,PP 注塑件的长度变化理论值上限为  $1000 \times 10 \times 10 \times 10^{-5} = 1 \text{ mm}$ ,这还不包括成型收缩

率、后收缩的影响。材料的成型收缩率本身是一个范围,ABS 成型收缩率的上下限差达千分之三,开模取值与实际收缩后肯定存在差异;后收缩则随材料、存放时间、环境温度等不同而有所差异,有些材料 24 h 后收缩基本完成,有些材料甚至要一个月才能完成。低温条件下后收缩过程会加快。

基于以上实验分析,热胀冷缩既然是塑料的固有特性,那么对于有尺寸精度要求的注塑件,保持或控制其生产、储存及使用环境温度的稳定性,是保证注塑件尺寸稳定性较为有效的方式之一。

当环境温度无法有效控制(应该是多数注塑生产企业的状况)时,一方面,设计给定的公差范围不能过窄,另一方面,在其它质量要求能同时满足时,注意调整成型参数,在冬季生产时尺寸应能达到下差,夏季生产时尺寸应能达到上差。这是因为若冬季尺寸只能达到中上差,到夏季温度高时,其尺寸必然超出上差;若夏季只能达到中下差,到冬季时尺寸很可能短于下差,即使尺寸在公差范围内,其可调工艺范围肯定很窄,生产难度会很大。

## 4 其它变化

### 4.1 翘曲增大

#### (1) 问题描述与原因分析。

在冬季,注塑件出现的翘曲变形大多是因为内应力释放导致分子链排布发生变化<sup>[5]</sup>,进而使注塑件外部的形状发生变形。在冬季低温与平时常温生产中,注塑件都会有残余内应力存在,但在低温条件下,内应力因低温时分子链的冻结而更为强大,随着库存时间的延长,分子链慢慢舒展(内应力释放过程一般在 1 周到 3 个月),导致其翘曲变形。

#### (2) 处理对策。

改善注塑件翘曲的措施主要有以下几点:①调整成型工艺参数,避免过大的注射压力,保持合适的模温,防止产生大的内应力;②针对特定产品,更改注塑件结构(尤其是内应力集中的部位),增加加强筋或过渡圆角,避免内应力集中;③必要时对注塑件采取后处理工序,如退火、浸水等工艺,释放内应力;④减少不必要的库存量及库存时间,尤其是 PP、聚乙烯(PE)等制品,其变形严重,应避免过长的库存期;⑤对部分注塑件可以采取整形的方法,利用橡皮筋等固定其形状,避免产生变形。

### 4.2 静电吸附

#### (1) 问题描述与原因分析。

塑料的表面电阻都大于  $10^{12} \Omega$  级,因此赋予

塑料良好的绝缘性能,而正是由于这种原因,使它极易产生静电。冬季温度低,气候干燥,空气中水分少,注塑件表面易聚集电荷且不易分散,形成较高的静电电压,注塑件容易吸附空气中游离的粉尘及注塑件本身脱落的毛刺或碎屑,影响其使用及表面质量。

#### (2) 处理对策。

减少静电吸附影响的措施主要有3个方面:①在注塑车间内多拖地,增加空气湿度;②在注塑机旁边配备离子风机吹拂注塑件,直接中和注塑件表面电荷;③在塑料中添加抗静电剂,甚至改用导电级塑料。

### 4.3 模具漏水

#### (1) 问题描述与原因分析。

模具漏水较常见于南模北用的情况,即在南方开制或生产的模具运到北方后,在冬季生产时间不长就出现漏水现象。其原因很简单,这是由于模具的冷却水路所用密封圈在低温下变脆、老化,最终导致密封不良而漏水。

#### (2) 处理对策。

对于可能在低温环境生产的模具,统一配置或更换耐高、低温优质密封圈。

### 5 结论

笔者通过实验对比,分析了环境温度对注塑件

力学性能、尺寸、翘曲及静电吸附等的影响,并给出了预防控制措施和解决办法,对不同环境温度下,注塑生产中的工艺质量过程控制具有参考和借鉴作用。

#### 参考文献

- [1] 杨中文.实用塑料测试技术[M].北京:印刷工业出版社,2011.  
Yang Zhongwen. Test techniques of practical plastics[M]. Beijing: Graphic Communications Press, 2011.
- [2] 吴生绪.塑料成型工艺技术手册[M].北京:机械工业出版社,2007.  
Wu Shengxu. Plastic molding process & technical manual [M]. Beijing: China Machine Press, 2007.
- [3] 洪慎章.塑料收缩性对塑件尺寸精度的影响[J].模具制造,2006(12):44-46.  
Hong Shenzhang. Effect of plastics parts dimension precision for the plastics shrinkage[J]. Die & Mould Manufacture, 2006(12):44-46.
- [4] 张玉龙,石磊.实用通用塑料手册[M].北京:机械工业出版社,2012:434.  
Zhang Yulong, Shi Lei. Practical & general-purpose plastic manual [M]. Beijing: China Machine Press, 2012:434.
- [5] 隋秀梅,王敬艳.塑料成型制品收缩与翘曲分析[J].模具工业,2009,35(8):68-70.  
Sui Xiumei, Wang Jingyan. Analysis on shrinkage and warpage of plastic molding products[J]. Die & Mould Industry, 2009, 35(8):68-70.

### 聚甲氧基二甲醚实现可控聚合

不久前,由中国科学院兰州化学物理研究所完成的“离子液体催化合成聚甲氧基二甲醚”技术通过了由甘肃省科学技术厅组织的科技成果鉴定。鉴定委员会表示,该技术实现了聚甲氧基二甲醚(DMM2~8)的可控合成,为煤基甲醇工业的发展提供了很好的出路。有望改变甲醇的消费结构和保障国家能源安全,实现节能减排目标,对非石油原料路线合成清洁燃料技术有重大战略意义和显著的经济效益。该项研究成果具有原创性和自主知识产权,达到了国际领先水平。

(中化新网)

### 我国将研发第二代航天复合材料

从国资委网站获悉,为满足重型运载火箭用超大型树脂基复合材料结构的高刚度、轻量化、高可靠性要求,中国航天科技集团公司国防基础科研重大项目“结构复合材料关键材料体系的工程化应用技术研究”已成功立项,研究成果将满足未来航天型号发展需求。

项目将集中研究相关的材料及超大型轻质结构件制备工艺技术、复合材料结构设计技术等,形成第二代复合材料及构件制造技术规范、方法、标准及数据库,提高材料技术成熟度,满足未来航天型号发展需求,同时牵引国内高性能碳纤维、高性能树脂等相关基础材料技术领域的发展,推动第

二代复合材料在其它行业的推广和应用。(中化新网)

### 广州力推全降解塑料产业化

为确保完成2013年生产总值增长10%的目标,广州市提出将金发科技全降解塑料产业化等十大产业项目作为重点向前推进。

据了解,金发科技股份有限公司是一家专业从事高性能新材料研发、生产和销售的科技型民营上市公司,是我国制造业500强和民营企业500强企业。该公司拥有国家工程实验室、国家级企业技术中心等众多行业一流研发平台和200多项发明专利。金发科技的产品覆盖了改性塑料、特种工程塑料等自主知识产权产品。此前已成功打通整体生产流程,实现生物降解塑料工业化量产。

广州市工商联主席、金发科技股份有限公司董事长袁志敏表示,随着国家“稳增长”措施的实施,中国经济重新驶入健康发展的轨道。在全降解塑料产业化等项目的带动下,预计到2015年,金发科技将实现销售收入超过100亿美元。

除全降解塑料产业化项目外,十大项目还包括广药集团生物医药产业白云基地项目、亚马逊和阿里巴巴华南运营中心电子商务及物流项目等。预计总投资超过400亿元,分期实施,项目完工后,预计带动产值超过1500亿元、营业收入超过1000亿元。

(中化新网)