

发动机链条正时系统用塑料件高品质控制策略^{*}

徐戊矫 王凯庆 周杰

(重庆大学材料科学与工程学院,重庆 400044)

摘要 采用注射成型数值模拟仿真和工艺实验相结合的方法,对发动机链条正时系统用塑料件使用的注塑工艺方案和注塑工艺参数进行了优化。结果表明,为避免塑料件在与链条啮合的接触面出现熔接痕,应选择单浇口,且浇口位置选择在塑料件的顶端以使该塑料件的变形量最小;同时确定了优化的注塑工艺参数,以保证该塑料件的高尺寸精度,从而满足其使用要求。

关键词 发动机链条正时系统 塑料件 熔接痕 浇口位置 数值模拟 工艺

汽车发动机的链条正时传动系统以其结构紧凑、传递功率高、可靠性好、耐磨性强和终身免维护等显著优点,克服了齿轮传动和皮带传动性能上的不足,日益显示出其广阔的市场应用前景^[1-3]。为了降低链条正时传动系统的噪音,提高耐磨性和降低其成本,在该传动系统中采用了少量的工程塑料件。由于这类塑料件工作时温度区间跨度大、与链条进行啮合传动尺寸精度要求高、零件传动的线速度高,以及在整车寿命范围内免维护的需求,因而对其品质提出了高要求。笔者对发动机链条正时系统用塑料件的注射成型工艺进行了数值模拟仿真和工艺实验研究,确定了浇口的数目与位置,以避免出现熔接痕,使塑料件变形量最小化,得出了优化的注塑工艺参数,从而确保获得高尺寸精度的塑料件。

1 链条正时系统塑料件的应用要求

图1所示为发动机链条正时传动系统。对应用于其中的工程塑料件要求如下:

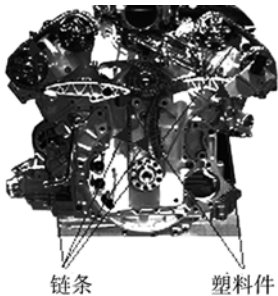


图1 发动机链条正时传动系统

(1) 由于该类塑料件工作于发动机内部,其工作温度区间为 $-40\sim 150^{\circ}\text{C}$;

(2) 如图1所示,发动机链条正时传动系统中的大部分塑料件要与链条进行啮合接触传动,因此对塑料件的尺寸精度要求高;

(3) 要求该类塑料件在整车寿命范围内免维

护,而该类塑料件是在高接触线速度的条件下工作,因此要求其具有很好的耐磨性。

2 注塑工艺方案及其模拟仿真

2.1 原材料的选用

根据链条正时系统塑料件的上述应用需求,对该塑料件所用的原材料也有严格要求,选料时需重点考察其力学性能和热变形温度。普通塑料材料不能满足其大跨度工作温度区间、高耐磨性和高寿命要求。故最终选用了尼龙(PA)46,并根据其使用条件对原材料进行如下处理:

(1) 凡是要与链条进行接触啮合传动的塑料件,为不降低材料的耐磨性,在原料中不添加玻璃纤维(GF);

(2) 少量不与链条接触的塑料件,为增加其使用强度,在原料中添加了30%~50%不等的GF。

2.2 浇口数目与位置的确定及模拟仿真

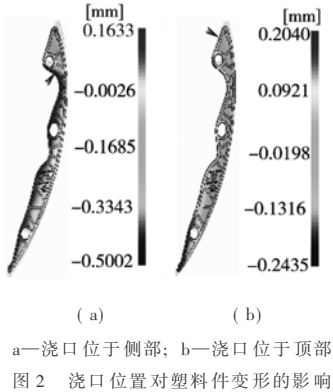
由于发动机链条正时系统使用的大部分塑料件要与链条进行啮合接触传动,使得这类塑料件的啮合接触面上不允许出现任何熔接痕。因此,适当地选择浇口数目和确定浇口位置显得至关重要。

基于Moldflow的模拟仿真研究显示,针对这类塑料件,设计单浇口是避免塑料件熔接痕的最优选择。然而对单浇口塑料件而言,塑料件变形难以控制,特别是对工程塑料件更难控制。为将塑料件变形量降到最小,浇口位置的选择非常关键^[4-10]。

图2所示是针对浇口位置的不同选择而开展的对比模拟仿真(塑料件的注塑采用一模两件的工艺)。若从缩短流道系统从而减少物料损失的角度出发,应将浇口位置布置在制品侧部,如图2a所示。

^{*} 重庆市科委自然科学基金资助项目(2007BB3135)、重庆大学自然科学基金青年基金资助项目

但从模拟分析得出的变形云图来看,成型的塑料件翘曲变形量较大,最大变形量为 0.66 mm,这种变形程度使制件无法实际使用。为此,改变浇口位置,经多次对比模拟得出最优的浇口位置是在塑料件顶部,如图 2b 所示。从变形云图可以看出,塑料件的最大翘曲变形已控制在 0.4 mm 以下,这种尺寸精度可满足使用要求。



3 注塑工艺参数的优化

链条正时系统用塑料件要求很高的尺寸精度。现采用工艺实验的方法来讨论注塑工艺参数优化对确保塑料件尺寸稳定性的重要性。

图 3 为用于分析的塑料件的零件图。图 3 中仅保留了决定尺寸稳定性的关键尺寸。在该塑料件中,位置度为 0.3ABC 非常重要,而控制这个位置度的是图 3 中圆圈标出的水平尺寸 45.24 mm 和竖直尺寸 81.36 mm。为讨论这个水平尺寸和竖直尺寸的稳定性,设计的工艺实验分两组进行。第一组实验中变动的工艺参数为注塑过程中的保压压力、保压时间和材料的熔融温度;第二组实验考虑的工艺参数为模具温度和整个注射成型周期的长短。

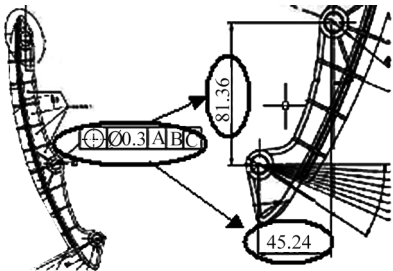


图 3 注塑件的零件图及关键尺寸

3.1 第一组实验

第一组实验中采用的注塑工艺参数列于表 1。采用 CMM 对图 3 中塑料件的水平尺寸和竖直尺寸进行测量。以字母“H”和“V”分别代表水平尺寸和竖直尺寸,测量时间取为塑料件注塑完毕后 2 h、3 d

和 7 d,测量的水平尺寸分别对应为 H_1 、 H_2 、 H_3 ,测量的竖直尺寸分别对应为 V_1 、 V_2 、 V_3 。

表 1 第一组实验中采用的注塑工艺参数

条 件	保压压力 /MPa	保压时间 /s	熔融温度 /℃
工况 A	90	10	290
工况 B	108	11	310
工况 C	72	9	270

(1) 水平尺寸的变化

图 4 示出水平尺寸在工况 A、B 和 C 条件下的尺寸变化率。

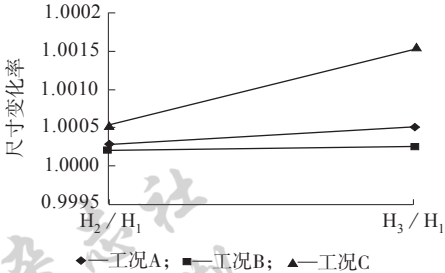


图 4 水平尺寸在工况 A、B 和 C 条件下的尺寸变化率

(2) 竖直尺寸的变化

图 5 示出竖直尺寸在工况 A、B 和 C 条件下的尺寸变化率。

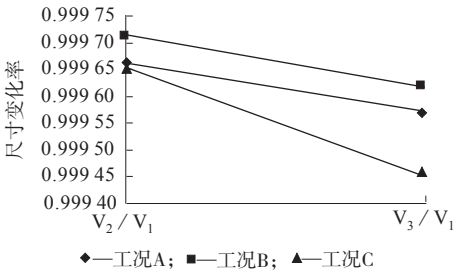


图 5 竖直尺寸在工况 A、B、C 条件下的尺寸变化率

从图 4、图 5 可以看出,塑料件的尺寸随选用工艺参数的不同而不同。从尺寸变化率看,工况 B 选用的这组注塑工艺参数对塑料件的尺寸稳定性效果最好。

3.2 第二组实验

第二组实验中采用的注塑工艺参数见表 2。对塑料件的水平尺寸和竖直尺寸仍采用 CMM 进行测量,测量时间同第一组实验。

表 2 第二组实验中采用的注塑工艺参数

条 件	模具温度 /℃	成型周期 /s
工况 A	70	34.6
工况 D	50	39.6
工况 E	90	29.6

(1) 水平尺寸的变化

图 6 示出水平尺寸在工况 A、D 和 E 条件下的

尺寸变化率。

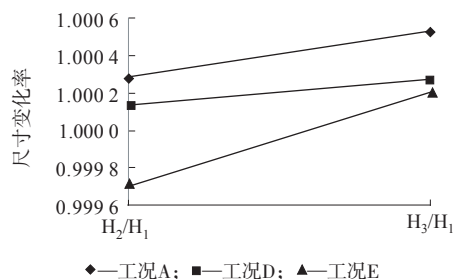


图6 水平尺寸在工况A、D和E条件下的尺寸变化率

(2) 竖直尺寸的变化

图7示出竖直尺寸在工况A、D和E条件下的尺寸变化率。

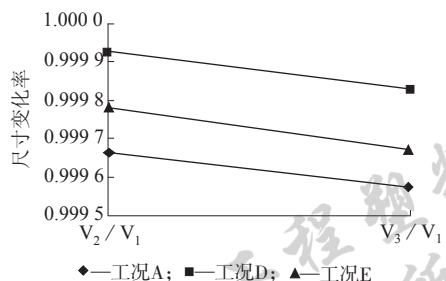


图7 竖直尺寸在工况A、D和E条件下的尺寸变化率

3.3 注塑工艺优化的塑料件

图8是采用优化注塑工艺生产的汽车发动机链条正时系统用塑料件。对其品质进行检测表明,该类塑料件可满足使用要求。



图8 采用优化注塑工艺参数生产的塑料件

4 结论

为确保汽车发动机链条正时系统用塑料件的高品质,经数值模拟仿真和工艺实验,得出以下结论:

(1) 普通塑料材料不能满足该类塑料件大跨度工作温度区间、高耐磨性和高寿命要求,从原材料的力学性能和热变形温度考虑,应选用工程塑料PA46。

(2) 为杜绝该类塑料件的啮合接触面出现熔接痕,应选择单浇口,为使单浇口塑料件的变形量降到最小,经多次模拟分析,最终将浇口位置确定在塑料件的顶部。

(3) 将注射成型过程的工艺参数分为两组,通过对比工艺实验,确定了优化的注塑工艺参数,从而确保了成型的塑料件尺寸稳定性最好。

参考文献

- [1] 冯健璋. 汽车发动机原理与汽车理论[M]. 北京: 机械工业出版社, 2004.
- [2] 蔡兴旺. 汽车构造与原理[M]. 北京: 机械工业出版社, 2004.
- [3] 于洪水. 发动机与汽车原理[M]. 北京: 北京大学出版社, 2005.
- [4] Kennedy P, Zheng R. Polymer injection molding: Moldflow[J]. Encyclopedia of Materials: Science Technology, 2008: 7 375 - 7 378.
- [5] Ozcelik B, Sonat I. Warpage and structural analysis of thin shell plastic in the plastic injection molding[J]. Materials & Design, 2009, 30(2): 367 - 375.
- [6] Zhou Huamin, Yan Bo, Zhang Yun. 3D filling simulation of injection molding based on the PG method[J]. Journal of Materials Processing Technology, 2008, 204(1): 475 - 480.
- [7] Shen Yunkang, Wu Chihwei, Yu Yafeng, et al. Analysis for optimal gate design of thin-walled injection molding[J]. International Communications in Heat and Mass Transfer, 2008, 35(6): 728 - 734.
- [8] Imihezri S S S, Sapuan S M, Sulaiman S M, et al. Mould flow and component design analysis of polymeric based composite automotive clutch pedals[J]. Journal of Materials Processing Technology, 2006, 171(3): 358 - 365.
- [9] Shen Y K, Yeh P H, Wu J S. Numerical simulation for thin wall injection molding of fiber-reinforced thermoplastics[J]. International Communications in Heat and Mass Transfer, 2001, 28(8): 1 035 - 1 042.
- [10] Rahman W A, Sin L T, Rahmat A R. Injection moulding simulation analysis of natural fiber composite window frame[J]. Journal of Materials Processing Technology, 2008, 197(1-3): 22 - 30.

HIGH QUALITY CONTROL STRATEGY FOR PLASTIC PART USED IN ENGINE CHAIN TIME SYSTEM

Xu Wujiao, Wang Kaiqing, Zhou Jie

(College of Material Science and Engineering, Chongqing University, Chongqing 400044, China)

ABSTRACT Utilizing the numerical simulation of injection process and experimentation, the gate location of plastic part used in engine chain time system was decided and the injection process variables were optimized. The results showed that only one gate could be considered in order to avoid any knitted line on the surface contacted with chain. To minimize the deformation especially for glass fi-

ber reinforced engineering plastic material, the gate should be located on the top of part. Meanwhile, the optimized variables of the injection process are decided to ensure the part's high dimension precision and meet its requirement.

KEYWORDS engine chain time system, plastic part, knitted line, gate location, numerical simulation, technology

全球航空复合材料增速惊人

美国著名的增长咨询公司弗若斯特沙利文公司日前发表了全球航空聚合物及复合材料行业的研究报告, 报告认为随着全球航空业的发展, 聚合物及复合材料市场将有望在 2014 年前仍保持两位数的增长。

(1) 市场稳步增长

复合材料主要用于制造航空器的外饰和内饰部件, 包括座椅、肋板、内部装饰、舷窗、引擎罩盖、机翼、机身和导流罩等。随着碳纤维等新型材料的应用, 聚合物及复合材料部件的制造水平进一步提高, 产能也得以提升。总体来看, 2008~2014 年的聚合物及复合材料市场受节能、减重及制造工艺提高等推动因素作用会更大, 因此将保持高速增长。

目前的航空器从种类上主要分为商业航空器、通用航空器、军事航空器和其它航空器四大类。商用航空器是聚合物及复合材料最大的应用领域, 用量占现有应用的 55% 以上; 用量居第二位的是军事航空器, 占市场份额的 25%。2007 年世界航空器聚合物及复合材料总用量为 4.5 kt, 预计 2014 年这一用量将达到 10.16 kt, 年均复合增长率为 12.3%。

波音 787、空客 A380 和 A350 等大型客机的采购将会是聚合物与复合材料市场的主要动力。虽然在金融危机的影响下, 部分波音 787 和空客 A380 订单的推迟甚至取消可能导致材料市场需求量暂时下滑, 但这只会带来短期的影响。乐观估计在 3~5 年内, 以上三种大型客机的建造所需的复合材料将占总体市场需求量的 35% 左右。

(2) 应用逐步扩大

目前热固性塑料等复合材料主要应用在航空器舱内, 由于机舱内壁和行李柜等部位对于材料性能的要求较低, 复合材料就可以胜任。相对来说, 复合材料很少用到航空器舱外。不过, 出于飞机减重和节省燃油的需求, 舱外产品中的复合材料使用率有望在 2008 年至 2014 年中有较大增长。2007 年复合材料占航空器舱外产品采购额的 65.2%, 而 2014 年这一比例有望升至 73.9%。

用于舱内产品的复合材料要更多地考虑舒适度、美观度。因此一些新型、轻质、性能优良的材料将会得到更多的使用。出于不同的用途考虑, 舱内产品各部位对复合材料的要求也各不相同。其中以肋板对材料的安全性要求最高, 而其它部位大多可以使用耐冲击性能较低的轻型和薄型材料。

热固性塑料是目前应用最多的复合材料, 其中以拥有极高强度的环氧树脂用量最大, 而酚醛树脂凭借其极低的可燃性、发烟性和毒害性, 即火、烟、毒 (FST) 特性在航空器内饰中得到了广泛使用。弗若斯特沙利文公司认为, 耐高温的环氧树脂将会在结构部件中得到更多的使用。其它种类的树脂还有苯并恶 (Benzoxazine) 和帝斯曼 Turane 树脂。帝斯

曼 Turane 树脂具有室温固化、低应用成本的特点, 已被用于两座小型航空器, 将来也有可能用于大型航空器的制造中, 但这还需要时间来验证。另外, 目前双马来酞亚胺树脂已被用于透明雷达罩。

业内普遍采用填充物来改性聚合物的性能。常见的填充物包括碳纤维、玻璃纤维和高性能聚合物纤维等。碳纤维作为目前最为成熟的填充物, 2007 年用作航空器复合材料填充物的量已经达到 7.5 kt, 占全部填充物用量的 3/4 左右, 预计今后的用量还将继续提高。

(3) 挑战仍然存在

聚合物及复合材料市场的发展也面临着挑战: 首先, 由于航空器市场的终端客户高度集中, 客户关系维护是复合材料供应商的巨大挑战, 而材料供应合同的特殊性 (每机型一签) 迫使供应商必须在新机型的研发阶段就积极跟进, 以确保新的订单; 其次, 漫长的研发周期和极高的失败率是供应商面临的第二大挑战, 从新品研发、申请审核到最后产品下线, 航空器新材料开发的每一个环节都要耗费大量的时间和投入, 而新品研发成功与否还与经济发展的景气程度和竞争材料的研发进度息息相关, 这也使得复合材料供应商们时刻关注经济形势以及对手动态, 以期在竞争中取得先机; 最后, 航空行业兴衰的周期性是对中小型复合材料供应商生存能力的重大挑战。

复合材料供应商如果想在市场取得成功, 必须在以下几方面有所突破: 一是同一级舱内产品供应商的研发和销售部门保持密切联系, 实力强劲的合作伙伴更可能确保业务的持续发展; 二是加强新型、美观材料的研发工作; 三是积极满足客户需求, 提供包括电子设备、座椅和结构部件在内的多种产品和保养维护等服务解决方案; 四是审慎地制定市场定位战略, 可以在较偏门的产品市场先取得立足之地, 积累了足够经验之后再进入竞争激烈的产品市场; 五是时时关注经济形势和政策法规走向, 某些航空器复合材料市场受政策法规影响巨大, 密切关注法规变化可能会发现一些潜在的市场机会。

(中化报)

Dexco 生产苯乙烯类嵌段共聚物

Dexco 聚合物公司已开始商业化生产新级别 Vector 苯乙烯类嵌段共聚物, 该产品是专门为非纺织用热熔性胶粘剂设计。这一新商业化产品的牌号为 DPX593, 拥有专利技术, 由 (苯乙烯/异戊二烯/苯乙烯) 嵌段共聚物 (SIS) 和 (苯乙烯/异戊二烯) 双嵌段共聚物组成。

“这一新聚合物的研制成功有利于非纺织行业的应用, Dexco 正在使它具有更广泛的使用性能。”Dexco 聚合物公司总经理介绍, 它可以改善胶粘剂配方的整体成本, 并提供额外的性能优势。

(SpecialChem)