

PA66 /GF 汽车进气歧管工艺模拟及优化

赵建华 吴春艳 彭晓东

(重庆大学机械工程学院,重庆 400044)

摘要 运用相关理论和塑料充型凝固有限元模拟软件 Moldflow 对玻璃纤维增强尼龙 66 进气歧管的熔模型芯法成型工艺进行充填流动过程数值模拟,在分析、比较了多组工艺参数方案(即不同的注射温度、模具温度和充填时间)的数值模拟结果后,得到了优化的成型工艺参数,即注射温度为 290℃、充填时间为 3.9 s、模具温度为 80℃。

关键词 进气歧管 尼龙 玻璃纤维 熔模型芯法 数值模拟 Moldflow

随着汽车工业的发展和节能、环保的要求,汽车零部件的轻量化成为目前汽车设计者的重要目标,而增加树脂及其复合材料的使用量则是解决问题的有效途径之一。汽车内外装饰件已经基本实现了塑料化,人们目前的注意力集中在金属结构件的塑料件替代上,尤其是发动机周围部件更是成为塑料化的攻关目标。

进气歧管是发动机周边的重要零件,国外早在 20 世纪 70 年代就开始研究树脂基复合材料汽车进气歧管。与传统的金属进气歧管相比,树脂基复合材料进气歧管的优点为:①轻量化,可以减轻 40%~60%;②零件数量减少,易于实现多零件的集成和整体成型;③提高发动机性能,由于复合材料管内表面的平滑性和低的传热系数而使吸入空气的温度降低^[1]。因此用树脂基复合材料进气歧管代替传统的金属进气歧管已成为新的发展趋势。在欧洲、美国和日本等国已经基本实现普通用车(主要是轿车)采用塑料进气歧管^[2]。我国的汽车进气歧管仍然以传统的铸铁或铸铝材料为主,部分汽车使用的塑料进气歧管也主要依靠进口。因此,发展生产具有自主知识产权的塑料进气歧管及其生产工艺具有重要产业价值和广阔的市场前景。

1 塑料进气歧管工艺发展现状

目前塑料进气歧管的材料主要使用尼龙(PA)/玻璃纤维(GF)复合材料。这种材料不仅具有较好的力学性能、自润滑性、耐磨性、耐化学药品性、气体阻隔性和耐油性,而且还具有无毒、易着色等优点。

塑料进气歧管的成型工艺较为复杂,这是因为一般的注射成型技术难以加工如此形状复杂的较大中空部件。国外在这方面进行了大量的研究工作,已开发出熔模型芯法、模具滑合注射成型法、模具旋转注射成型法、振动焊接法,以及注射-模型复合成型法等成型加工方法^[2,3],但目前主要采用熔

模型芯工艺和振动焊接工艺^[1]。

振动焊接工艺基本上是一种简单的摩擦焊,将两种分开的热塑性零件压合后沿同一轴线以一定振动频率做相对运动,使接触部分摩擦受热并熔化,振动停止后形成焊缝,将两个零件焊接在一起。振动焊接工艺投资少、成本低,但由于存在气道部分内壁未焊透等问题,焊缝仍为薄弱点,现阶段仅在柴油机的进气歧管上得到应用。

熔模型芯法也称熔芯注射成型技术,其工艺示意图见图 1。该工艺是用低熔点的金属(多用锡铋合金)制作注塑模具的型芯,作为嵌件安放在模腔中,经注射成型、脱模后,再把制品放入特殊的热浴中,使型芯熔化回收再利用^[4,5]。该技术的优点是较快的整体成型与生产率、较高的成品率,能成型形状非常复杂的中空零件,且产品质量稳定可靠^[6]。

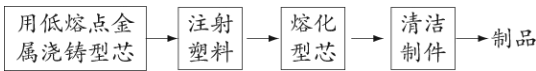


图 1 熔模型芯注射工艺示意图

与振动焊接工艺比较,熔模型芯成型工艺具有操作简单、产品质量稳定可靠等优点,故得到了广泛的应用。

2 熔模型芯工艺设计及优化

笔者采用熔模型芯成型工艺为某汽车厂研制了玻璃纤维增强尼龙 66(PA66/GF)进气歧管,所用的材料为法国 Rhodia 工程塑料公司生产的 PA66/GF(65/35),牌号为 Technyl A218V35,以替代铝制进气歧管,并利用数值模拟软件 Moldflow 对 PA66/GF 进气歧管成型工艺进行了充填流动过程数值模拟及其参数优化。

2.1 浇注系统设计

汽车进气歧管如图 2 所示。为了保证该零件负

载时受到的张力方向与材料纤维分布方向一致, 且各个分支道的质量稳定性、均匀性一致, 要求进料时各分支道同时进料, 且同时充满各支管。因此进料口的拟定设计方案如图 3、图 4 所示。图 3 采用 6 个进料口同时充填; 图 4 则采用 4 个进料口同时充填。利用 Moldflow 的塑件顾问系列模块 (MPA) 进行充填模拟分析发现, 虽然 6 个浇口和 4 个浇口均能充满各支管, 但从流动分析模拟结果来看, 4 个浇口充填时的流动比 6 个浇口时更平稳, 形成的熔接痕和气泡更少(见图 3、图 4), 这表明 4 个浇口的浇注系统要比 6 个浇口的浇注系统更省料、压力损失更小、设计更为简单, 因此选用 4 个进料口的浇注方案。

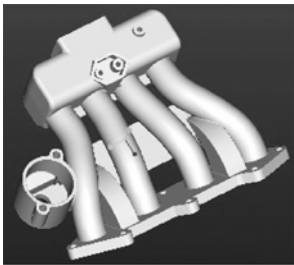


图 2 进气歧管

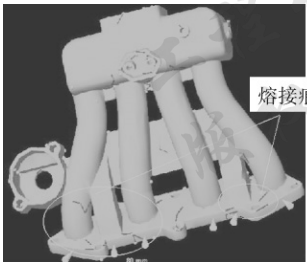


图 3 6 个进料口的熔接痕图

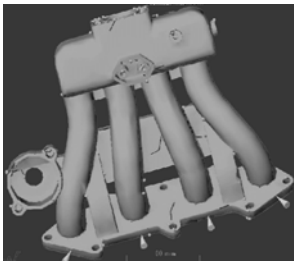


图 4 4 个进料口的熔接痕图

在熔接痕和气泡主要聚集的区域(见图 3) 设置斜抽芯机构, 兼有排气、溢料的功能, 以消除、减少气泡和熔接痕。

2.2 注塑工艺参数的数值模拟优化

2.2.1 注射温度

确定注射成型温度工艺参数时主要考虑的因素有: ①PA66 是典型的结晶性聚合物, 结晶度为 30%~35%, 熔点较高, 其熔体流动性很好, 很容易充模

成型。它的流变特性表现为: 增加剪切速率时, 表观粘度降幅不大, 但熔体表观粘度随温度的升高而下降明显^[7]; PA66 的熔点为 255℃, 在 300℃以上开始分解; PA66 的加工温度范围很窄, 可在 3~10℃范围内调节; 当其靠近熔点时物料的塑化不好, 偏离熔点太多时则引起降解。②由于使用的材料为 35% 玻璃纤维增强 PA66, 其流动性要比纯 PA66 差, 因此加工此种增强 PA66 的料筒温度应高于加工纯 PA66 的温度; 对于结构复杂且薄壁的制件, 由于充模阻力较大, 加之容易冷却凝固, 故需相应适当提高料筒温度。

在综合考虑以上因素后, 确定了下列三组工艺参数, 并利用 Moldflow 进行模拟仿真和优化选择, 物料的注射温度分别设为 285、290、295℃(模具温度定为 80℃, 保压时间 20 s)。数值计算模拟的部分参数如表 1 所示。

表 1 模具温度 80℃、保压时间 20 s 的熔体流动参数

注射温度 /℃	熔体温度 /℃	最大注塑压力 /MPa	充填时间 /s	最大成型收缩率 /%	最大锁模力 /kN
285	296.0 ~274.0	42.0	3.6	9.7	3 010
290	293.5 ~276.0	48.5	3.9	9.6	3 140
295	298.0 ~281.0	46.5	3.8	9.8	3 040

由表 1 可以看到, 当注射温度从 295℃降低到 290℃再降至 285℃时, 最大注塑压力和最大锁模力略有增减; 在 285℃注射时, 熔体温差为 22℃; 在 290℃和 295℃注射时, 熔体温差较小且基本相同; 充填时间和最大成型收缩率大致相同。但 295℃和 285℃注射时熔体的最高熔体温度均较接近 300℃, 物料开始降解; 而 290℃注射时熔体的最高熔体温度偏低, 故此注射温度较为适宜。

2.2.2 模具温度

模具温度对制品的充填和质量也有很大影响。由于 PA66 为结晶性聚合物, 熔体在模腔中冷却时伴随着结晶而产生较大的收缩。加入 35% 的玻璃纤维后有效地减小了成型收缩率, 但却增强了材料的流动取向, 使成型收缩率和力学性能等产生方向性。另外, 模具温度还应根据制件形状的复杂程度和壁厚来进行调整。

选定物料的注射温度为 290℃, 模具温度分别设定为 60、80、90℃, 保压时间 20 s, 其数值计算模拟结果如表 2 所示。从表 2 可知, 模具温度从 60℃上升至 80℃再升至 90℃时, 最大注塑压力和最大锁模力减小, 而充填时间和最大成型收缩率增加, 熔体温度大致相同。由此可见, 在不考虑整个制品生产周

表2 注射温度 290℃、保压时间 20 s 的熔体流动参数

模具温度 /℃	熔体温度 /℃	最大注塑压力 /MPa	充填时间 /s	最大成型收缩率 /%	最大锁模力 /kN
60	293.7 ~277.8	50.0	3.6	9.2	3 240
80	293.5 ~276.0	48.5	3.9	9.6	3 140
90	293.4 ~275.8	47.5	4.1	9.8	3 070

期的情况下,模具温度采用 80℃ 或 90℃ 均可,但采用后者的生产周期明显增加。

2.2.3 注射压力与注射速率

注射压力的大小与制品收缩、翘曲、取向等现象的发生有直接关系。注射压力过低,物料进入模腔缓慢,由于紧贴金属面的物料温度急剧下降而使粘度大增,在很短时间内物料流动通道变得十分狭窄,严重削弱了进入模腔的压力,致使制品表面产生波纹、缺料和气泡;若注塑压力过高,熔料充模过快,夹带空气进入制件,使制件表面呈云雾斑,且造成残余压力大,易发生翘曲、变形^[7]。对于流程长、形状复杂的制品,也可用多级注射成型工艺充模,即对制品的不同部位、不同形状采用不同的注塑压力与注射速率。

由于玻璃纤维增强 PA66 的流动性减弱,提高注射压力有利于物料的成型。另外,提高注射压力和模具温度有利于减少熔合部分,而该部分因玻璃纤维含量较少,一般强度较低。

基于对制品几何形状的分析可知,制品的 4 个进气支管的模腔较深而壁又薄,使模腔形成长而窄的流道,熔体流经该部位时必须很快地通过,否则会冷却凝固而导致型芯充不满,所以一般将充填熔体在 4 个长支管处设为高速注射,但是当熔体流到底部时,高速注射会产生很大的惯性冲击,导致能量损失和产生溢边现象,因此在接近底部时需使熔体减缓流速,降低充模压力。

选定注射温度 290℃,模具温度 80℃,充填时间为 3.0、3.9、5.0 s,保压时间 20 s,数值计算模拟工艺参数如表 3 所示。

表3 注射温度 290℃、模具温度 80℃、保压 20 s 的熔体流动参数

充填时间 /s	熔体温度 /℃	最大注塑压力 /MPa	最大成型收缩率 /%	最大锁模力 /kN
3.0	296.5 ~280.0	44.7	10.3	2 895
3.9	293.5 ~276.0	48.5	9.6	3 140
5.0	294.5 ~268.0	45.5	10.2	2 966

由表 3 可知,充填时间为 5.0 s 时熔体在注射中产生的熔体温差较大,约 26℃,容易产生质量缺陷;充填时间为 3.0 s 时,虽然最大注塑压力和最大锁模力均比充填时间 3.9 s 时低,但熔体注射时产

生的最高熔体温度较为接近物料的分解温度。因此充填时间为 3.9 s 的综合参数较适宜。图 5、图 6 和图 7 分别为充填时间 3.9 s 时的熔体等压、等时和等温曲线。由图 5 ~图 7 可知,压力均匀平稳分布,且压力降较小;熔体温差小且充填平稳。



图5 充填时间 3.9 s 时的熔体等压曲线

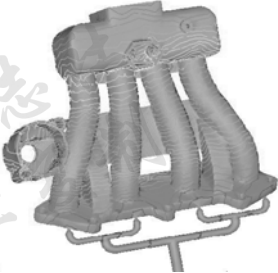


图6 充填时间 3.9 s 时的熔体等时曲线



图7 充填时间 3.9 s 时的熔体等温曲线

3 结论

利用 Moldflow 软件对法国 Rhodia 工程塑料公司生产的 Technyl A218V35 (35% 玻璃纤维增强 PA66) 的熔融型芯法成型工艺进行了充填、流动过程数值模拟,得到了一个较佳的充填流动参数组合,即注射温度 290℃,模具温度 80℃,注射时间 3.9 s。

参考文献

1 汽车发动机周围零部件的树脂化. 许红译. 化工新型材料, 1997 (10): 25
2 朱芝培. 国内外汽车用塑料概况及新的成型方法. 化工新型材料, 2000, 26: 3
3 Tatsuhiko Mukawa, Yoshinaga Goto, Noriaki Sekine, et al. Development of a plastic intake manifold. JSAE Review, 1996, 17: 51
4 朱芝培. 国内外汽车用塑料的现状和展望(3). 化工新型材料, 2001, 29: 11

- 5 Georg Menges, Walter Michaeli, Paul Mohren. 注塑模具制造工程. 闫光荣, 许鹤峰译. 北京: 化学工业出版社, 2003. 76
- 6 Schmachtenberg E., Schroder O. Fusible Core Technology. Kunststoff-

fe, 1999, 89(9): 36

- 7 邓如生, 魏运芳, 陈步宁. 聚酰胺树脂及其应用. 北京: 化学工业出版社, 2002. 81, 550

TECHNOLOGY SIMULATION AND OPTIMIZATION OF PA66/GF AUTOMOBILE INTAKE MANIFOLD

Zhao Jianhua, Wu Chunyan, Peng Xiaodong

(College of Mechanical Engineering, Chongqing University, Chongqing 400044, China)

ABSTRACT The flowing numerical simulation of the lost core injection technology of nylon 66/glass fiber (PA66/GF) intake manifold was done by using relative theory and Moldflow software. The optimum parameters of injection temperature, mould temperature and injection time were obtained by analyzing and contrasting the different simulation results, i. e. injection temperature was 290 °C, injection time was 3.9 s, and mould temperature was 80 °C.

KEYWORDS intake manifold, nylon, glass fiber, lost core injection, numerical simulation, Moldflow

聚丙烯专用料市场有待开拓

据有关资料表明,在全球五大通用塑料中,聚丙烯(PP)的生产能力及需求都占有相当大的份额。预计 2006 年全球 PP 的生产能力将达到 4 878.2 万 t/a; 到 2010 年我国 PP 的消费量将达到 1080 万 t。目前,我国的 PP 产量存在 200 万 t 以上的市场缺口。根据当前的市场情况,一些重点 PP 产品的市场有待进一步开拓。

汽车用改性 PP 2003 年我国汽车产量为 444 万辆,已居世界第 4 位。国外有人预计“2008 年中国汽车产量将超过 600 万辆,2015 年将超过日本,跃居世界第二位”。汽车工业的发展离不开汽车塑料化的进程,而目前我国工程塑料的自给率不足 16%。我国汽车制造业对工程塑料的需求量增长迅速,到 2010 年总用量将达到 94 万 t。PP 用于汽车工业具有较强的竞争力,但因其弹性模量和耐热性较低、冲击强度较差而不能直接用作汽车配件,需使用改性 PP。改性 PP 的耐热性可由 80 °C 提高到 145 ~150 °C,并能承受高温 750 ~1000 h 后不老化、不龟裂。由此看来,改性 PP 用作汽车配件具有十分广阔的发展前景。

家电用 PP 近几年我国家用电器发展迅速,品种多、产量大。各种电冰箱、空调器、洗衣机、微波炉、家庭影院,以及小家电都拥有巨大的潜在市场,这对改性 PP 来说是一个极好的商机。因此在未来几年内应加大开发家电用 PP 专用料的力度,以适应市场变化的需求。

管材用 PP 2003 年全国塑料管材总产量突破 180 万 t。初期 PP 管材主要用作农用输水管,但由于早期产品存在冲击强度低、耐老化性差等问题,未能打开市场。随着上海塑料建材厂引进国外先进技术采用进口无规共聚聚丙烯(PP-R)生产的输送冷、热水用管材得到市场认可后,国内不少厂家都建设了 PP-R 管材生产线。虽然 PP-R 管材的价格不断回落,但此种管材在市场上的占有率仍很低。塑料管材是我国化学建材推广应用的重点产品之一,2001 年建设部曾下发文件要求有关部门共同做好从原料、加工、质量以至管材使用、安装等工作。因此 PP 在管材上大有用武之地。

高透明 PP 随着人们生活水平的不断提高,必然带来在文化、娱乐、食品、医疗、材料、居室装饰等方面不同变化的要求,市场中很多物品越来越多地使用透明材料。因此开发透明 PP 专用料特别是透明性高、流动性好、成型快的 PP 专用料,设计加工人们喜爱的透明 PP 制品具有十分诱人的发展前景。近几年国外的透明 PP 市场增长很快,预计 2005 年国外市场对透明 PP 专用料的需求量为 500 万 ~550 万 t。而目前国内透明 PP 专用料与国外相比差距较大,透明 PP 及其制品的生产、应用有待加强。

双向拉伸 PP 薄膜 我国双向拉伸 PP(BOPP)薄膜是 PP 消费量最大的领域之一,2004 年我国 BOPP 薄膜的总生产能力达到 200 万 t/a,产量突破 100 万 t,每年对 PP 树脂的需求量近 200 万 t。因此应重视开发 BOPP 薄膜用高线速、延伸性、透明性好的 PP 专用料,以适应新引进的 BOPP 薄膜设备。

(家华)

不燃性铝塑复合板问世

由湖南华天铝业有限公司开发生产的一种不燃性铝塑复合板在长沙问世,并通过了湖南省经贸委组织的专家鉴定。经检测,这种铝塑复合板的防火性能达到了不燃性 A 级指标,综合性能居国际先进水平,填补了不燃性铝塑复合板的一项国家空白。

此种防火铝塑复合板以无卤阻燃改性聚乙烯为芯材,在保留了铝塑板功能特点的基础上,使防火性能达到了不燃性 A 级指标,能够满足建筑装饰材料对防火安全及环保方面的要求。华天铝业有限公司已建成年产防火铝塑复合板 200 万 m² 的生产线,可实现销售收入 5 亿元。

(创治)

济源聚芳基硫醚项目获批

河南省济源市重点工业项目聚芳基硫醚工程已获得有关部门批准,并已开工建设。一期工程投资 1.1 亿元,投产后可年产聚芳基硫醚树脂 1000 t。该项目聚芳基硫醚是聚苯硫醚的换代产品,目前国内只有四川一家企业生产。该产品可广泛应用于航天、军工、汽车、石化等领域,是传统产业更新和高、精、尖技术发展不可缺少的新材料之一。(景春)