

doi:10.3969/j.issn.1001-3539.2014.12.014

污水除砂机塑料链条链节注射成型加工工艺研究

别明智^{1,2}, 叶淑英^{1,2}, 张芝铭², 杜靖², 肖利群², 梁全才²

(1. 重庆理工大学材料科学与工程学院, 重庆 400054; 2. 中煤科工集团重庆研究院, 重庆 400037)

摘要:以污水处理厂污水除砂机使用的玻璃纤维增强尼龙6塑料链条的链节为例,对其注射成型加工工艺进行研究。采用正交实验法研究了料筒温度、注塑压力及速度、保压压力及时间等工艺条件对成型链节的外观和质量的影响并对成型工艺参数进行了优化。结果表明,料筒温度对链节质量的影响最大,注塑压力的影响其次,保压压力的影响较小,而注射速度和保压时间对质量几乎没有影响。当料筒温度为250℃,注塑压力为85 MPa、注射速度为55 mm/s,保压压力为70 MPa、保压时间为6 s时,成型链节的质量最大,为275.8 g,其外观光滑,无“浮纤”现象,由其组成的链条在污水处理厂装机实际运行时,达到了设计上要求的4个月的运行时间。拉伸试验结果表明,未优化前成型的272.3 g链节的拉伸断裂力低于优化后成型的275.8 g链节,且272.3 g链节根部拉伸断面有明显缩孔。

关键词:塑料; 链条; 注射成型; 工艺**中图分类号:** TQ320.63 **文献标识码:** A **文章编号:** 1001-3539(2014)12-0062-04

Injection Moulding Technology of Plastic Chain Link of Desanding Machine for Sewage Treatment

Bie Mingzhi^{1,2}, Ye Shuying^{1,2}, Zhang Zhiming², Du Jing², Xiao Liqun², Liang Quancai²

(1. College Materials Science and Engineering of Chongqing University of Technology, Chongqing 400054, China;

2. Chongqing Institute of China Coal Technology & Engineering Group, Chongqing 400037, China)

Abstract: Using the plastic chain link which is made of glass fiber reinforced PA6 of desanding machine for sewage treatment in sewage treatment plant as example, the injection moulding process of the link was investigated. The effects of barrel temperature, injection pressure, injection speed, holding pressure and holding time on the weight and appearance of the link were studied by using the orthogonal analysis method and the injection moulding process parameters were optimized. The results show that the barrel temperature is the largest effect on the link weight, the injection pressure is the second effects, the effect of the holding pressure is small, the injection speed and holding time have little effect on the link weight. When the barrel temperature is 250℃, injection pressure is 85 MPa, injection rate is 55 mm/s, holding pressure is 70 MPa and holding time is 9 s, the molded link has maximum weight which's value is 275.8 g and its appearance is smooth and has no fiber floating phenomenon. When the chain comprised of the links was installed on desanding machine in sewage treatment plant for practical working, it could meet the design requirements of working for four month. The tensile test results show that the tensile fracture strength of the 272.3 g link molded without optimizing the injection moulding is lower than that of the 275.8 g link molded after optimization and the tensile fracture section at the root of the 272.3 g link has obvious hole.

Keywords: plastic; chain; injection moulding; technology

污水处理厂对污水进行化学处理前需对污水中含有的泥沙、固体杂物予以清除,在清除传送时使用了链条型除砂机。除砂机以前使用金属链条,现大多已改用塑料链条,塑料链条具有耐水、耐油、耐酸碱腐蚀,以及更换方便的优点,在污水除砂机方面具有很好的应用优势,国外发达国家已经普遍使用,国内近几年也正在迅速更换采用。

笔者参与了某污水除砂机塑料链条的设计,该除砂机原使用的塑料链条为进口,现更换为国产塑料链条,使用寿命要求为4个月,但在实际应用中出

现过国产塑料链条在使用2个月时即发生断裂的情况,需要污水处理厂停产进行非预期的紧急更换,由此带来污水处理成本的提高和处理效率的降低。因此,有必要对链条的注射成型加工过程进行研究,以避免该情况再次出现。

1 塑料链条分析

链条是由每19个链节连接成一组,根据除砂机

联系人: 别明智, 工程师, 工程硕士, 主要从事改性工程塑料及制品研究

收稿日期: 2014-10-13

大小每 10~20 组为一条安装在污水处理池内,过滤污水中的泥沙及残留的固体废弃物。链节材料为质量分数 50% 的玻璃纤维 (GF) 增强尼龙 (PA)6 复合材料,在 PA6 中加入 GF 可大幅提高材料的模量、强度等力学性能^[1-2],其制备方法为在同向双螺杆挤出机中,将连续的无碱 GF 经剪切进入熔融的 PA6 树脂中,然后经机头挤出、牵条、冷却、切粒成颗粒。将挤出的粒料加入注塑机中,经闭模→熔胶→注射→保压→开模→取件过程,得到链节制品。链节的注射成型模具采用一模一腔布置,主浇口位于链节前端中心位置,再分流进入链节两端,充填结束于链节根部,完整的链节如图 1 所示。

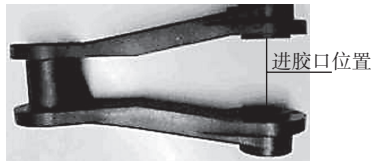


图 1 完整链节图片

链节的质量规定为 275 ± 2 g,但在不同工艺条件下发现实际注射成型的链节质量在 272 g 到 276 g 范围内。通过调查发现,在使用 2 个月时即发生断裂的链节中,以质量为 272 和 273 g 的较多,存在靠近规定质量下偏差甚至不合格的情况。由于不同成型工艺导致链节质量有所差异,而低质量的链节更容易断裂,所以需要对链节的注射成型工艺进行调整。

根据有关 GF 增强 PA 复合材料成型工艺研究报道^[3],为保证 GF 增强 PA 复合材料制品良好的外观光泽度,减少“浮纤”现象,在成型时采用的注塑压力及速度、保压压力会比普通 PA 材料的高,保压时间更长。同时,由于 GF 增强 PA 材料的熔融温度会比普通 PA 材料更高,注射成型时设定的工艺温

度也要稍高。

2 链节成型加工工艺优化设计

调查发现使用 2 个月后即断裂的不合格链条的链节原始注塑工艺参数如表 1、表 2 所示。经实际验证按照此注塑工艺制得的链节质量多在 272~273 g 之间,存在靠近规定质量要求下限甚至不合格情况。由于注塑链节的模具结构、进胶口位置已经确定,故根据链节的外观和质量的技术规定要求需对注射成型工艺进行调整并优化。

表 1 原始注塑工艺中注塑机各段温度设定 $^{\circ}\text{C}$

项 目	一区温度(喷嘴温度)	二区温度	三区温度	四区温度
设定值	230 ± 5	240 ± 5	240 ± 5	230 ± 5
实测值	233	242	241	232

表 2 原始注塑工艺中注塑机注射、熔胶、保压工艺设定

工艺过程	压力 /MPa	速度 / $(\text{mm} \cdot \text{s}^{-1})$	时间 /s
注射	70	55	
熔胶	70	65	
保压	50		6

为研究成型工艺对链节外观、内部缺陷和强度的影响,应用正交实验设计方法对链节注射成型工艺进行设计^[4]。以料筒温度(A)、注塑压力(B)、注射速度(C)、保压压力(D)、保压时间(E) 5 个因素为影响因子,考察了它们对链节外观和质量的影响。由于在原始注射成型工艺条件下制得的链节质量在 272~273 g 之间,需调高工艺条件,实验设计时每个因素考虑中、高两个不同水平,如表 3 所示。不考虑各因子间的交互作用,选用 $L_8(2^7)$ 正交表,实验设计和结果如表 4 所示。

表 3 正交实验的因素和水平

水 平	因 素				
	A / $^{\circ}\text{C}$	B /MPa	C / $(\text{mm} \cdot \text{s}^{-1})$	D /MPa	E /s
1	240	70	55	50	6
2	250	85	65	70	9

表 4 链节的正交试验设计及结果

试验编号	A	B	C	D	E	F	G	链节外观	链节质量 /g
1 [#]	1	1	1	1	1	1	1	粗糙,有浮纤	272.3
2 [#]	1	1	1	2	2	2	2	粗糙,有浮纤	272.9
3 [#]	1	2	2	1	1	2	2	较光滑,无浮纤	273.6
4 [#]	1	2	2	2	2	1	1	较光滑,无浮纤	274.5
5 [#]	2	1	2	1	2	1	2	较光滑,有浮纤	274.1
6 [#]	2	1	2	2	1	2	1	较光滑,有浮纤	274.7
7 [#]	2	2	1	1	2	2	1	光滑,无浮纤	275.4
8 [#]	2	2	1	2	1	1	2	光滑,无浮纤	275.8

注:表中 F 列和 G 列为随机误差列。

对表 4 得到的链节质量进行均值分析,得到各因素下两个水平的质量平均值 k_1 , k_2 和两者的极差值 R,如表 5 所示。

通过表 4 和表 5 的结果可以看出,选择料筒温

度 250 $^{\circ}\text{C}$ 、注塑压力 85 MPa、注射速度 55 mm/s,保压压力 70 MPa、保压时间 6 s 的工艺条件得到的链节质量最大,为 275.8 g,其外观光滑,无“浮纤”现象。从计算的 R 值可以发现料筒温度对链节质量

表5 链节质量的极差分析结果

因素	k_1/g	k_2/g	R
A	273.33	275.00	1.67
B	273.50	274.83	1.32
C	274.10	274.23	0.13
D	273.85	274.48	0.62
E	274.10	274.23	0.13

的影响最大,250℃温度下成型的链节质量明显较240℃温度下的更大,注塑压力对质量的影响其次,保压压力对质量的影响较小,而注射速度和保压时间对质量几乎没有影响。传统认识上提高注射速度和保压时间对降低 GF 增强塑料制品的表面粗糙度更好,但对于链节来说,注射速度和保压时间的影响很小,在高的料筒温度和注塑压力条件下,相比 7[#] 实验条件,在 8[#] 实验条件下即使选择了相对较低的注射速度和保压时间也能得到光滑、无浮纤的链节。另外,从表 4 可以看出,在相同的料筒温度下,选择更高的注塑压力可使链节的外观更光滑,“浮纤”现象更少。但也有报道 GF 增强材料中 GF 长度、分布和工艺对翘曲性有一定影响^[5],成型时压力、速度工艺条件也不是越高越好。所以注塑压力也不能调节的过高,以免出现翘曲等缺陷。

链节作为污水除砂机塑料链条的基本结构单元,需要很高的强度,由于其采用了质量分数为 50% 的 GF 增强 PA6 复合材料,其熔融温度较常用的质量分数为 30% 的 GF 增强 PA6 复合材料更高,因而料筒上所设的温度对其成型质量会产生很大的影响。同时,由于 GF 含量更高,材料的熔体流动性将相对更差,也需要更高的注塑压力等工艺条件,以保证链节的成型质量。

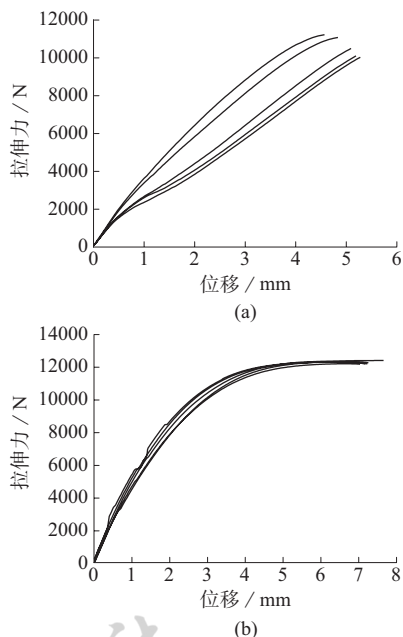
3 不同质量下链节使用效果产生差异的原因分析

为了获得不同质量下链节使用效果产生差异的原因,将正交试验中质量最小(272.3 g)和最大(275.8 g)的两个链节进行了拉伸试验和断面宏观分析。

3.1 拉伸试验分析

为验证链节实际承受的最大断裂力,各取 5 件质量为 272.3 g 和 275.8 g 的链节进行静态拉伸试验。将链节置于万能试验机上进行拉伸直至链节断裂,记录下拉伸力-位移曲线如图 2 所示。

从图 2 链节的拉伸力-位移曲线可以得出,5 件质量为 275.8 g 的链节拉伸断裂力平均值为 1.22 kN,5 件质量为 272.3 g 的链节拉伸断裂力平均值为 1.06 kN,且 272.3 g 链节的 5 段拉伸力-位移曲线呈现分散状态的不稳定情形。同时,从拉伸力-位



a—272.3 g 链节; b—275.8 g 链节

图2 不同质量链节的拉伸力-位移曲线

移曲线也可以看出,发生拉伸断裂时,275.8 g 链节需要的位移更大,表明该链节相对更难变形。以上分析表明在同样的成型模具、设备及原材料的条件下,不同成型工艺所导致的质量不同,会使链节的强度有所差异。

3.2 断面宏观分析

将拉伸试验断裂后的链节取下,发现链节断裂位置位于根部,如图 3 所示。仔细观察断面后发现 272.3 g 链节根部断面有较明显空洞,275.8 g 链节则没有明显空洞。研究表明空洞的形成一般是由于注射成型中的缩孔造成^[6],质量最低的 272.3 g 链节断裂根部出现空洞表明质量较低时会带来内部结构缺陷,而这种缺陷必然会导致强度的下降。

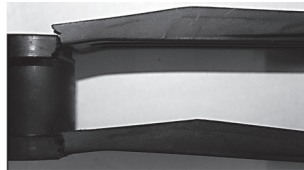


图3 链节断裂位置图

将 272.3 g 链节的断裂部分打开进一步了解断裂面情况,得到断面形态,如图 4 所示。从图 4 可以看出,断裂源产生于微小空洞处,断面上有连续的断裂疲劳痕迹。从图 3、图 4 可以看出,由于制品设计要求,在链节根部两端位置最厚,在注射成型加工时采用较低温度和较低压力会使成型的链节容易出现欠注,造成链节内部空洞不良缺陷的形成。而通过优化注塑工艺,可防止链条在实际使用中受到长期

动态载荷时,链节因疲劳力反复作用而从根部空洞处产生裂纹并进一步出现断裂的现象,从而避免了因为链条的非预期性断裂而需进行紧急更换的情况。由经过注射工艺优化后成型的链节所组成的链条在污水处理厂装机实际运行时,达到了4个月的运行时间,满足了设计上的要求。

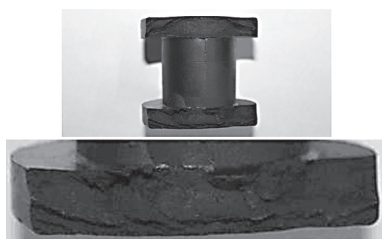


图4 断裂位置剖面宏观特征

4 结论

(1) 料筒温度对链节质量的影响最大,注塑压力对质量的影响其次,保压压力的影响较小,而注射速度和保压时间对质量几乎没有影响。

(2) 当料筒温度为 250℃,注塑压力为 85 MPa、注射速度为 55 mm/s,保压压力为 70 MPa、保压时间为 9 s 时,成型的链节质量最大,为 275.8 g,其外观光滑,无“浮纤”现象,由其组成的链条在污水处理厂装机实际运行时,达到了设计上要求的4个月的运行时间。

(3) 质量为 272.3 g 的链节的拉伸断裂力低于质量为 275.8 g 的链节,且其拉伸力-位移曲线呈现分散状态的不稳定情形,相应根部的拉伸断面有明显空洞。

参考文献

- [1] 谭志勇,刘庆辉,李丹,等.玻纤增强尼龙6的挤出工艺及力学性能[J].塑料工业,2012,40(5):68-73.
Tan Zhiyong, Liu Qinghui, Li Dan, et al. Extrusion process and mechanical properties of glass fiber reinforced PA6[J]. Plastics Industry, 2012, 40(5):68-73.
- [2] 苟玉慧,刘志力.增强尼龙中玻纤长度及其分布对性能的影响[J].塑料助剂,2005(5):38-40.
Gou Yuhui, Liu Zhili. The study on effect on the length and its distribution of glass fiber on reinforced nylon 6[J]. Plastic Additives, 2005(5):38-40.
- [3] 严志云,谢鹏程,丁玉梅,等.注射成型典型缺陷形成的原因及解决措施[J].模具制造,2010(3):60-69.
Yan Zhiyun, Xie Pengcheng, Ding Yumei, et al. Analysis of common defects in the injection molding products and the solving measures[J]. Mold Manufacturing, 2010(3):60-69.
- [4] 孙宝寿,邓益民,陈哲,等.基于 Taguchi 和 UDE 试验设计的注塑工艺参数优化[J].工程塑料应用,2009,37(12):26-29.
Sun Baoshou, Deng Yimin, Chen Zhe, et al. Optimization of injection processing parameters based on taguchi and uniform design of experiment[J]. Engineering Plastics Application, 2009, 37(12):26-29.
- [5] 胡严,李吉泉.玻璃纤维对注塑制品翘曲变形的影响[J].轻工机械,2012,30(3):13-16.
Hu Yan, Li Jiquan. Impact of glass fiber on warpage in injection-molded parts[J]. Light Industry Machinery, 2012, 30(3):13-16.
- [6] 项辉宇.塑料制品注塑工艺参数的合理配置[J].中国塑料,1999,13(12):38-41.
Xiang Huiyu. Rational collocation of injection molding parameters of plastic products[J]. China Plastics, 1999, 13(12):38-41.

全球软包装市场复合年增长率将达 4.4%

据报道,至 2019 年,全球软包装需求市场价值将达 991 亿美元。

塑料为包装领域提供的便利无与伦比,使其成为包装市场中的主导材料(2012 年占 70% 市场份额)。但是,未来五年内,因环境意识的提高,市场将转向支持基于如纤维素的软包装。该领域的研发正在不断推进,纳米技术极可能为全球软包装市场带来突破性发展。

医药市场软包装将是需要密切关注的领域,因为新型防拆封包装要求带来了新机会。该报告还指出,至 2020 年,亚太地区将是增长最快的地区。

在软包装市场中,用到的重要材料有 PE, PP, BOPET, EVOH, PA, 纸,铝,纤维素和 PVC。这些原材料被加工成薄膜,随后进一步被用于包装产品。

食品行业是软包装市场的主导行业,同时药品行业也为这一市场的健康快速发展提供了保障。亚太地区占据最高的市场份额,预计至 2019 年将以 7.1% 的年复合增长率上涨。

欧洲地区复合年增长率将达 3.9%,其中主要受到东欧市场的推动。软包装市场发展最具潜力的四个国家是印度、中国、俄罗斯和巴西。(中塑在线)

美国舒尔曼关闭旗下色母粒和添加剂工厂

美国舒尔曼集团正在关闭旗下俄亥俄州的色母粒和添加剂工厂,它在今年早些时候收购 Ferro 公司时获得了这座工厂。这座工厂将在 2015 年 4 月被关闭,其生产业务将迁往舒尔曼在北美的其它工厂。

北美市场对材料的需求仍然强劲,但舒尔曼在过去三年来通过收购增加了七家工厂。因此该公司认为有必要考查这些厂的位置和产能利用率。

“这是一个艰难的决定,但说明了我们的长期承诺,合理精简,更好地服务于我们的全球客户。”集团 CEO Bernard Rzepka 表示。

相关的工厂关闭和裁员将在 2015 财年的第一季度产生 300 万美元的支出。但这些举措预计将每年为公司节省 400 万美元。(慧聪塑料网)