

[研究·设计]

DOI:10.3969/j.issn.1005-2895.2015.05.004

高脚椅子气辅成型的设计优化

滕淑珍^{1,2}, 陈硕¹, 金海军³, 张子园¹, 姚明奇¹

(1. 福州大学 机械工程及自动化学院, 福建 福州 350116;
2. 浙江工贸职业技术学院 汽车与机械工程学院, 浙江 温州 325000;
3. 中国陶氏模具集团, 浙江 台州 318020)

摘要:针对目前高脚椅子类塑料制品在设计气辅模具时,存在强度不够、表面质量差、成型困难等缺陷,利用 CAE 技术进行进气系统优化,并用正交试验进行成型工艺优化,最终得到最优的气辅成型设计方案和成型工艺参数。应用结果表明在制品明显需要进气部位直接开设进气口最有利于气辅成型,且对此类不规则制品,成型工艺参数对气道影响程度依次为:预注射量 > 气体注射压力 > 气体延迟时间 > 熔体温度。

关键词:注塑模;气辅成型;进气系统优化;正交试验;CAE 技术

中图分类号:TQ320.66 文献标志码:A 文章编号:1005-2895(2015)05-0015-05

Design Optimization of GAIM for Long Legs Chair

TENG Shuzhen^{1,2}, CHEN Shuo¹, JIN Haijun³, ZHANG Ziyuan¹, YAO Mingqi¹

(1. School of Mechanical Engineering and Automation, Fuzhou University, Fuzhou 350116, China;
2. Automotive and Mechanical Engineering, Zhejiang Industry and Trade Vocational College, Wenzhou, Zhejiang, 325000, China;
3. China Taoshi Mould Group, Taizhou, Zhejiang 318020, China)

Abstract: The plastic part of chair with long legs has the defects of low strength, poor surface quality and filling difficulty. The CAE technology was applied to make optimization of gas injection system and apply orthogonal design to adjust the injection parameter to get the best gas injection design and injection parameter. The results of the mold manufacture show that the gas nozzle opening in the necessary position helps the gas injection. The injection parameters that effect the gas injection is following, the melt filled volume > gas pressure > gas delay time > melt injection temperature.

Key words: injection mold; gas assisted injection molding (GAIM); optimization of gas runner system; orthogonal experiment; computer aided engineering (CAE) technology

气体辅助注射成型技术简称气辅成型 (gas assisted injection molding, GAIM), 起源于注射成型, 它是为解决所有注射模固有的一个主要问题——缩痕缺陷而发展起来的^[1], 其原理是利用高压气体在塑料件内部产生中空截面, 并利用气体保压代替塑料注射保压, 消除制品缩痕, 完成注射成型过程^[2]。气辅成型技术有许多优点, 但进气系统设计和工艺参数确定是一个相当复杂而又重要的过程^[3], 采用传统试模的方法存在费时又不经济的缺点, 因而引进 CAE 技术及正交试验法来确定合理的进气系统和最优的工艺参数。牟一楠^[4]、陈崇辉^[5]、李漠树^[6]、沈俭^[7]、何文^[8]、欧荔苹^[9]、王泽^[10]等分别以塑料刀叉、洗衣机泵盖、整体式

手柄、汽车手柄、电视机前壳、汽车内饰件、汽车零件为研究对象, 研究气辅成型模具浇注系统的设计和优化工艺参数。这些制品使用时都没有很高的强度要求, 而对于有特定强度要求的制品如高脚椅子, 其进气系统设计和工艺参数确定都会增加很大困难, 有必要借助 Moldflow 软件和正交试验法对其进行研究。

1 塑件分析和要求

高脚椅子制品外形如图 1 所示, 中间座椅位置是大平面, 其他位置呈细长型柱状。分析本制品的结构特征: 壁厚不均匀、形状不规则、椅脚处壁厚过大。若用普通注射成型工艺, 此结构的制品不易成型, 即便成型也需要很大的注射压力, 且成型周期过长, 最终得到

收稿日期: 2015-01-29; 修回日期: 2015-07-06

作者简介: 滕淑珍 (1975), 女, 浙江温州人, 硕士, 工程师, 主要研究方向为模具设计与制造。E-mail: 390618945@qq.com

的制品表面质量不理想,因此,本结构适合选用气辅成型工艺。此制品需要有足够强度,能承受来自座椅的正面载荷。并且,由于人们习惯于坐下来后双脚搁置在椅子脚的横档处,因此,横档处也必须有一定的强度,不至于人们在使用过程中断裂。所以,客户要求:椅脚处要求穿透,但是座椅中央、椅背、四条横档及横档下方的椅脚处不允许进气。塑件材料为PP加30%玻纤,要求型腔材质为718,型芯材质为P20,模架采用45优质碳素结构钢,并使用一个针阀式YUDO热流道。

2 气辅成型设计

2.1 建立模型

利用UG建立高脚椅子的三维实体模型,根据制品结构对称的特点,先造型一半,再镜像处理。该产品的总尺寸约为505 mm×660 mm×1 175 mm,壁厚为3~6 mm。

2.2 网格处理

将用UG建立高脚椅子的三维实体模型输出成.X_T格式,再用CAD doctor进行处理,转成.UDM格式,然后导入Moldflow 2012软件中,再将模型设置为3D类型网格,全局网格边长设置为8 mm,网格单元数为834 565个,最终的网格模型如图2所示。

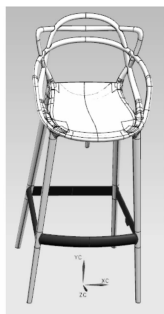


图1 产品造型



图2 网格模型

Figure 1 Part of chair

Figure 2 Grid model

2.3 制品材料确定

根据客户要求,从软件提供的材料库中选择:塑料为某公司牌号Hostacom G3 R11加30%玻纤填充物的改性聚丙烯;模具材料为模具钢P20。

2.4 浇注系统设计

普通浇注系统的设计包括:主流道的设计、分流道截面形状及尺寸的确定、浇口类型、位置的选择及尺寸的确定、冷料穴位置及形式的确定。设计原则:物料通过浇注系统时,压力损失要小;热量损失要小;便于模具加工、脱模和清除凝料;塑件的工艺缺陷要少^[11]。本例的高脚椅子结构特点是:制品总面积小,流动行程长,截面尺寸小。因此,考虑使用热流道系统,保证了

熔体在生产过程中始终处于熔融状态,浇注系统畅通,压力损失小,还可降低注射压力,避免缩孔或凹陷等缺陷。热流道采用针阀系统,外径22 mm,内径10 mm,针阀浇口直径为7 mm。产品浇口截面尺寸为25 mm×2 mm,一点式浇口,设置在座位的背面正中偏后位置。浇注系统的设计结果如图3所示。

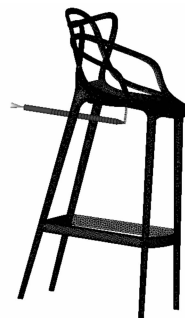


图3 浇注系统的设计

Figure 3 Design of injection runner system

2.5 进气系统设计

气体辅助注射成型的设计即为进气系统设计。进气系统包括气道设计、气道布置、进气口数量和进气位置。本例中采用制品内引入气体,借助椅脚等制品的壁厚处作为气道,不需要另外设置气道,而这项技术成败的关键是气体注射与树脂的流动时间控制,因此必须综合考虑树脂流动、气体流动和浇口布置。

本结构的进气系统设计见图4,CAE气体穿透情况见图5。其中图4(a)为模具气辅成型设计的最初方案,有3个气体入口,气道借助产品壁厚处且进气口三点分布在座位的正下方。一般生产中,用这种气辅成型的技术能够得到较好的制品表面质量,从图5(a)可看到4条椅脚上的穿透比较理想,但是座椅前部边沿进气太多,且4条横档均有较多进气,不能满足客户的使用要求。为此,设计出方案二见图4(b),即在原始方案基础上增加溢料井。利用CAE分析这种方案,结果显示见图5(b):穿透情况改善效果并不明显,而且溢料井模具加工麻烦,脱模结构复杂,并且会增加很多塑件废料。因此,又设计了方案三,见图4(c),取消溢料井,并改成2个气体入口。再次分析方案,结果显示见图5(c):比第1种方案,气体穿透有所改善,但仍旧不理想,座椅中央及椅背处都进气了,尤其在座椅前部边沿进气,直接影响承载强度。因此,又改进了设计见图4(d)的方案四,改成4个气体入口。从图5(d)可知,4条椅脚处气体穿透较多,座椅中央、椅背及4条横档处穿透较少,因此满足用户的使用要求。

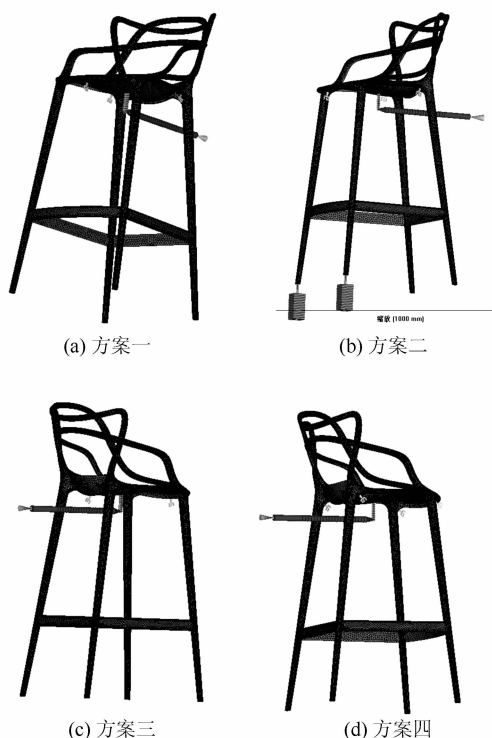


图4 塑件的进气系统

Figure 4 Design of gas runner system

3 工艺参数优化

3.1 正交试验方案设计

正交试验设计包括2方面:一是评价指标和关键因素的确定;二是对试验结果进行分析。评价气辅塑件的质量好坏主要是气体渗透的程度、气体穿透程度、是否产生短射、气穴、气体吹穿、迟滞线、熔接痕等缺陷。根据本例高脚椅子的结构特点,选取气体渗透程度作为评价指标。气辅成型工艺是:树脂填充→气体充模→气体保压→气体排出。每个步骤中的参数都会影响塑件的成型质量。在整个气辅注射成型中,主要的工艺参数是:熔体注射温度、模具温度、熔体注射时间、熔体注射量、进气延迟时间、气体注射压力、气体保压时间等。根据气辅工艺参数对制品的综合质量影响程度,本试验选取熔体预射量、熔体温度、进气延迟时间和气体注射压力4个参数作为试验分析因素。每个因素选取3种水平,具体数据见表1。根据正交试验表的选择原则,尽量选取小号的正交表,以减少试验次数,因此,选用四因素三水平 $L_9(3^4)$ 正交试验,其中气体注射压力采用的是多段变压力,具体值见表2。

3.2 试验结果

通过9次四因素三水平的正交试验得出熔体预射量、熔体温度、进气延迟时间和气体注射压力4个工艺



图5 CAE 气体穿透情况

Figure 5 Results of gas core

参数对气体穿透的影响。本次模拟试验在 Moldflow 2012 软件上进行,结果见表3。

表1 四因素三水平设置

Table 1 Process factors and their levels

水平	熔体预 射量 A/%	熔体 温度 B/℃	进气延迟 时间 C/s	气体注射 压力 D/MPa
1	80	240	1	10
2	85	245	3	15
3	90	250	5	20

表2 气体压力

Table 2 Gas pressure

时间/s	压力/MPa	作用
0	5	保证气体能穿透熔体
2	5	
2	10(15,20)	推动熔体并保压
5	10(15,20)	
5	0	

表3 L₉(3⁴) 正交试验结果

Table 3 Results of orthogonal experiment

试验号	A	B	C	D	气道 长度/mm	备注
1	1	1	1	1	565	气体从熔体前沿吹穿
2	1	2	2	2	540	
3	1	3	3	3	550	
4	2	1	2	3	640	无吹穿,横档处严重进气
5	2	2	3	1	650	
6	2	3	1	2	645	
7	3	1	3	2	580	横档处轻微进气
8	3	2	1	3	573	
9	3	3	2	1	578	

3.3 结果分析

从表3的试验结果进行计算分析,求得各列的极差各不相等,其中 K_i 为对应因素中 i 水平下的气道长度之和, $k_i = K_i/3$,表明各因素的水平改变对试验结果的影响各不相同,极差越大说明该列因素在试验范围内的变化对试验评价指标影响更大,详见表4。所以极差最大的那一列就是评价指标影响最大的因素,也就是那一列因素是关键因素。本例中,影响高脚椅子气体穿透的工艺参数及其重要程度为: $A > D > C > B$ 。经过上述讨论分析得出最优的工艺参数组合为 $A_2B_1C_1D_1$ 。但是考虑本例中气道太长时气体穿透到椅脚横档以下部位和横档处也进气的情况,因此,本例中应取符合实际使用要求的气道长度,约 570 mm。在此气道长度下,气体穿透效果最好的工艺参数是 $A_3B_2C_2D_3$,即当熔体预注射量 90%,熔体温度 245℃,进气延迟时间 3 s,气体压力 20 MPa 时,制品的穿透长度达到了较好的效果。

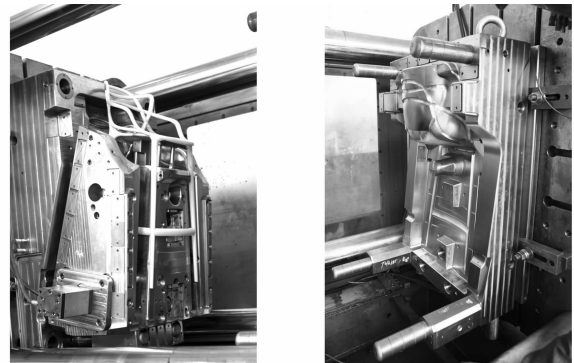
表4 试验结果分析

Table 4 Analysis of results

因素	K_1	K_2	K_3	k_1	k_2	k_3	极差
A	1 655	1 935	1 731	552	645	577	93
B	1 785	1 763	1 773	595	588	591	7
C	1 783	1 758	1 780	594	586	593	8
D	1 793	1 765	1 763	598	588	588	10

4 试模

高脚椅子模具实物如图6所示,模具尺寸为 1 520 mm × 960 mm × 996 mm,加上油缸及模具底部的垫块则总尺寸为 1 845 mm × 1 006 mm × 1 414 mm。试模使用注塑机型号东华塑机 1500Se,螺杆直径 135 mm,注射容量 7 730 cm³,最大注射速率 1 151 cm³/s。现场设置工艺参数与上述 CAE 分析结果中最优工艺参数一致,进行实际试模验证,结果表明试模效果良好。经验证,CAE 分析结果对现场试模的指导作用非常明显,使得气体穿透效果良好,保证了一次试模成功,节约了人力、财力和物力。图7中的样品显示气道穿透均匀,塑件表面质量良好,无缩痕和熔接痕等缺陷,力学性能良好,满足实际的使用要求。



(a) 动模部分

(b) 定模部分

图6 试模图片

Figure 6 Test photos



图7 试模件

Figure 7 Test samples

(下转第 24 页)