

基于 CAE 耦合分析的注塑件熔接痕性能优化

孙寿云, 王辉

(合肥工业大学 材料科学与工程学院, 合肥 230009)

摘要: 采用 Moldflow 对注塑件的熔接痕进行 CAE 模拟, 将 Moldflow 模拟注射成形后的结果数据导入到 Algor 中对制件做特征值屈曲分析, 并将屈曲载荷因子作为注塑件熔接痕性能的评价指标。通过正交试验, 分析了熔体温度、模具温度、保压压力、保压时间对制件屈曲载荷因子的影响。结果表明: 熔体温度对熔接痕力学性能的影响最为显著, 保压时间和模具温度次之, 保压压力的影响最小。

关键词: CAE; 注射成形; 耦合分析; 熔接痕; 正交试验

中图分类号: TQ320.66⁺2

文献标识码: A

文章编号: 1674-6457(2012)04-0053-04

Optimization Design of Weld Line of Plastic Parts Based on Coupling Analysis of CAE

SUN Shou-yun, WANG Hui

(School of Materials Science and Engineering, Hefei University of Technology, Hefei 230009, China)

Abstract: Weld line defects were simulated by the technology of Moldflow simulation analysis, then the results of Moldflow were put into the Algor software to make eigenvalue buckling analysis via the CAE interface. Buckling load factor was used as evaluation index of weld line property. The effects of process parameters about melt temperature, mold temperature, packing pressure, packing time on buckling load factor can be found via orthogonal experiment. Finally, the results indicate that the melt temperature has the biggest influence on mechanical property of weld line, followed by the packing time and mold temperature, but the packing pressure has the smallest effect.

Key words: CAE; injection molding; coupling analysis; weld line; orthogonal experiment

在注塑成形过程中, 当型腔中存在孔洞、嵌件或采用多浇口进胶以及制品肉厚变化较大(容易发生迟滞现象或者“跑道效应”的地方)区域, 塑胶熔体在模具内会产生 2 个以上的料流分支。当 2 股熔体相遇时, 就会在制品中形成对接痕(weld-line)或者并合痕(meld-line)。熔接痕不仅严重影响着制品的力学性能, 还会引起制品的表面缺陷, 如缩痕、色泽差异^[1-2]。

由于熔接痕的存在会大大削弱注塑制件的力学

性能, 因此对熔接痕的力学性能进行研究具有实际意义^[3-4]。

为了研究工艺参数对制件熔接痕性能的影响, 由于实验条件的限制, 文中采用 Algor 有限元软件对制件进行特征值屈曲分析^[5], 并将制件的第 1 阶屈曲载荷因子作为熔接痕性能的评价标准, 按照正交试验设计方法找出各个工艺参数因子的影响程度, 通过优化工艺条件使制品的屈曲载荷因子达到最大。

收稿日期: 2012-01-10

作者简介: 孙寿云(1986—), 男, 江苏淮安人, 硕士, 主要从事注塑成形 CAD/CAE 优化方面的研究。

1 注塑件 Moldflow 与 Algor 耦合模拟分析

Moldflow 与 Algor 耦合模拟分析的实质就是将 Moldflow 模拟注射成形后的残余应力数据与材料各向异性数据等导入到 Algor 中进一步做制品结构分析,以获得更全面更精确的力学性能分析结果。它们的耦合关系如图 1 所示^[6]。

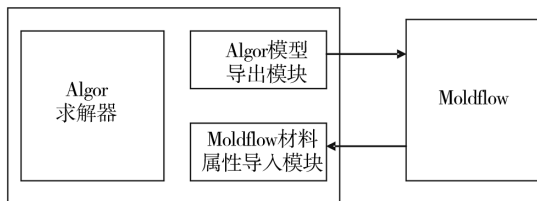


图 1 Moldflow 与 Algor 软件 CAE 接口

Fig. 1 CAE interface of Moldflow and Algor

注塑件 Moldflow 有限元模型如图 2 所示,制件尺寸为 300 mm×50 mm×3 mm,壁厚均匀为 3 mm,选用的材料为 PA6(加入质量分数为 50% 的玻璃纤维)。

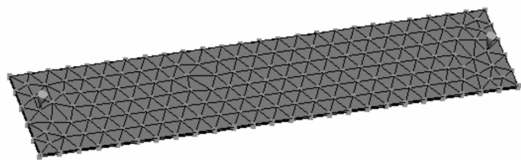


图 2 MPI 有限元网格模型

Fig. 2 MPI finite element mesh model

在 Moldflow 中完成塑件制品的 Fill+Pack 分析后,通过 Moldflow 与 Algor 等 2 种 CAE 软件的接口,将 Moldflow 计算的弹性矩阵传递给 Algor 做结构分析。此时在 Algor 分析的单元定义的材料模型中应选择 Moldflow 材料模型。Algor 特征值屈曲分析的结果如图 3 所示,可以看出第 1 阶屈曲载荷因子为 0.553 797,屈曲载荷因子作为熔接痕性能评价指标是越大越好。

2 正交设计

正交试验设计是用于多因素试验的一种方法,它是从全面试验中挑选出部分有代表的点进行试

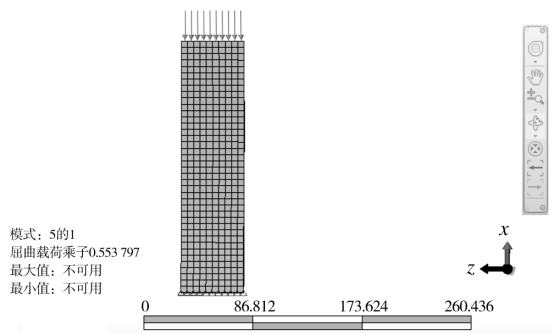


图 3 Algor 特征值屈曲分析结果

Fig. 3 Results of Algor eigenvalue buckling analysis

验,这些点具有“均匀”和“整齐”的特点^[7]。文中就是按照正交试验参数设计方法设计实验矩阵,研究熔体温度、模具温度、保压压力和保压时间等 4 个工艺参数对塑件熔接痕性能的影响,分析各工艺因素的影响趋势和影响程度,并通过优化工艺条件使熔接痕性能达到最优。

2.1 设计变量以及评价指标的确定

将熔体温度、模具温度、保压压力和保压时间作为考察因素,以屈曲载荷因子作为评价指标,研究上述 4 因素工艺参数对屈曲载荷因子的影响。工艺参数取值范围是根据原材料在注塑成形时推荐的工艺范围,具体确定熔体温度为 240~280 ℃,模具温度为 40~80 ℃,保压压力为 80%~120%,保压时间为 4~12 s。相应的试验水平和考察因素见表 1,其中保压压力由充填压力的百分比控制。

表 1 因素和水平设置

Table 1 Setup of factors and levels

因素	A(熔体温度/℃)	B(模具温度/℃)	C(保压压力/%)	D(保压时间/s)
1	240	40	80	4
2	260	60	100	8
3	280	80	120	12

2.2 正交试验设计与耦合模拟分析结果

按照 4 因素 3 水平进行正交试验设计,选用 L_9 正交表进行试验安排,同时根据正交表中的设置进行 Moldflow-Algor 耦合模拟分析,以获得考核指标,及制品的屈曲载荷因子。模拟结果如表 2 所示。

表 2 L₉ 正交试验表与模拟结果

Table 2 L₉ Orthogonal arrays and simulation results

试验号	A(熔体温度/℃)	B(模具温度/℃)	C(保压压力/%)	D(保压时间/s)	屈曲载荷因子 * 1000
1	240	40	80	4	553.797
2	240	60	100	8	551.626
3	240	80	120	12	555.630
4	260	40	100	12	553.911
5	260	60	120	4	553.477
6	260	80	80	8	553.563
7	280	40	120	8	557.489
8	280	60	80	12	558.914
9	280	80	100	4	558.492

2.3 正交试验结果分析及验证

先采用直观分析法,即根据各因素在各水平上的平均值和极差得到考察指标随因素变化的规律,

以及各因素的最佳搭档,极差的大小反映了因素对指标的影响程度,极差分析结果见表 3。然后采用方差分析,计算每个因素的离差平方和、平均离差平方和以及 F 值,最后进行显著性判断,方差分析结果见表 4。

表 3 极差分析结果

Table 3 Results of range analysis

因素	A(熔体温度/℃)	B(模具温度/℃)	C(保压压力/%)	D(保压时间/s)
K_1	1 661.053	1 665.197	1 666.274	1 665.766
K_2	1 660.951	1 664.017	1 664.029	1 662.678
K_3	1 674.895	1 667.685	1 666.596	1 668.455
k_1	553.684 3	555.065 7	555.424 7	555.255 3
k_2	553.650 3	554.672 3	554.676 3	554.226 0
k_3	558.298 3	555.895 0	555.532 0	556.151 7
极差	4.648	1.222 667	0.855 667	1.925 667

表 4 方差分析结果

Table 4 Results of variance analysis

因素	离差平方和	自由度	平均离差平方和	F 值	F 临界值	显著性
A(熔体温度/℃)	43	2	21.5	16.125	$F_{0.01}(2,8)=8.65$	* *
B(模具温度/℃)	3	2	1.5	1.125		
C(保压压力/%)	2	2	1	0.75	$F_{0.05}(2,8)=4.46$	
D(保压时间/s)	6	2	3	2.25		

注: * * 表示该因素的影响程度很大。

由极差分析结果可知:各因素的极差分别为 $A=4.648, B=1.222\ 667, C=0.855\ 667, D=1.925\ 667$ 。因素 A(熔体温度)对制品的屈曲载荷因子影响最为显著,因素 C(保压时间)的影响则最小。由方差分析同样可以看出:熔体温度的 $F_{\text{值}}=16.125 > F_{0.01}(2,8)=8.65$,所以熔体温度在 4 个因素中对制品的屈曲载荷因子影响是最大的。为便于直观地观察各因素的变化对指标的影响效果,以工艺因素水平为横坐标,与各工艺水平对应的指标值为纵坐标,各因素对考察指标的影响趋势如图 5 所示。

熔体温度对熔接痕性能具有显著性影响效应,总体上随着熔体温度的升高,制品的屈曲载荷因子越大,熔接痕性能越好。主要原因在于,熔体温度越高,熔体粘度下降,松弛时间缩短,有利于熔体料流前锋充分熔合、扩散和相互缠结,使分子链有较好的缠结,从而提高熔接痕的质量。保压时间的影响次

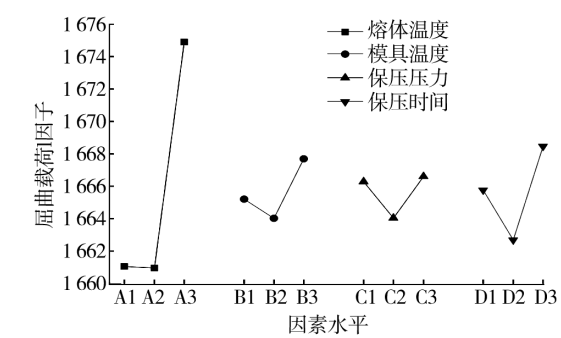


图 5 因素对屈曲载荷因子的影响

Fig. 5 Effects of factors on buckling load factor

之,但这种影响并不是单调的。文中的 PA6 中加入了质量分数为 50% 的玻璃纤维,对于纤维增强聚合物,保压时间增加一方面会引起熔接区的纤维取向混乱而降低熔接痕强度;另一方面也会加强纤维在熔接界面的穿越,从而使熔接痕强度增强^[8]。模拟

实验中可以发现保压时间从 4 s 增加到 8 s 时, 屈曲载荷因子是降低的, 而由 8 s 增加到 12 s 时, 屈曲载荷因子却是增加的。模具温度和保压压力对熔接痕性能的影响较小。按照正交试验, 最佳因素组合为 A3B3C3D3, 即熔体温度为 280 °C, 模具温度为 80 °C, 保压压力为 120(百分比), 保压时间为 12 s, 此时屈曲载荷因子最大, 熔接痕的性能最好。

为验证预测结果, 采用优化的工艺参数组合再次进行 Moldflow-Algor 耦合模拟分析, 最后得到优化工艺参数下的屈曲载荷因子为 0.559 234, 这是所有实验数据中最高的, 大于正交试验中的最大屈曲载荷因子 0.558 914。

3 结语

1) 将 Moldflow 分析结果数据(如残余应力与材料各向异性数据等)可以导入到 Algor 中做进一步的结构分析, 文中就是将 Algor 模拟分析中的屈曲载荷因子的大小作为制品熔接痕性能的评价指标。

2) 熔体温度对熔接痕性能具有显著性影响效应, 熔体温度越高, 熔接痕的性能越好。

3) 经过正交试验分析得出最优工艺参数组合: 熔体温度为 280 °C, 模具温度为 80 °C, 保压压力为

120%, 保压时间为 12 s。经过 CAE 耦合分析验证, 具有一定的可行性。

参考文献:

- [1] 肖长江, 刘春太, 申长雨. 注塑制件熔接痕的形成、性能和预测[J]. 工程塑料应用, 2003(3): 12—15.
- [2] 冯良为, 岑运福, 杨军, 等. 塑件熔接缝形成的理论研究[J]. 模具工业, 2001(1): 34—36, 48.
- [3] 游晓红, 曾令琴. 工艺参数对有熔接痕 ABS 注塑制品性能的影响[J]. 现代塑料加工应用, 2010, 22(1): 36—39.
- [4] ZHANG Zu-jun, RUAN Feng. The Effect of Technology Parameters of Sequential-Valve-Injection Molding on Weld Line Position Control[C]. 2009 Second International on Intelligent Computation Technology and Automation, 2009: 940—943.
- [5] 寇晓东, 唐可. Algor 结构分析高级教程[M]. 北京: 清华大学出版社, 2008: 110.
- [6] CAD 教程、在线教程-欧特克 AU 技术社区[EB/OL]. <http://au.autodesk.com.cn>.
- [7] 赵选民. 试验设计方法[M]. 北京: 科学出版社, 2006: 75.
- [8] 刘春太, 申长雨. 利用 TAGUCHI 方法优化纤维增强 PA66 注塑熔接线拉伸性能[J]. 复合材料学报, 2004, 21(5): 68—73.

2012 年中国金属成形机床行业未来发展前景分析

中国金属成形机床行业未来的发展前景

“十二五”期间, 我国金属成形机床行业将面临更大的发展空间, 原因有以下几个方面: 下游行业的快速发展必然带动本行业的增长; 产业的升级换代, 对金属成形机床产品在精度、吨位、冲速等方面提出更高的要求, 这为相关企业创造了广阔的提升空间; 从近年来行业进口产品占比逐渐有所下降的趋势来看, 进口替代也将是促进我国金属成形机床行业增长的重要因素之一。

中商情报网《2013 年中国数控机床行业市场调查及前景咨询报告》

依据《装备制造业调整和振兴规划》和国民经济 GDP 三年增长目标的要求, 我国机床工具行业力争 2009—2011 年全行业销售产值平均年增长率达到 15%。国产机床市场占有率至“十二五”末有望提高到 75% 以上。预计 2015 年机床工具国内市场消费额将达到或超过 7750 亿元, 国内机床工具行业年销售收入预计达到 6200 亿元。随着我国机床工具产业结构调整和产品质量的不断提升, 我国机床工具出口将保持平稳、持续增长, 预计到 2015 年我国机床工具出口额可达 100 亿美元。依据 2010 我国金属成形机床行业规模占机床工具行业规模 6.6% 的比例测算, 预计到 2015 年我国金属成形机床市场消费额将达到 511.5 亿元, 我国金属成形机床行业年销售收入将达到 409.2 亿元, 出口额将达到 6.6 亿美元左右。

(来源: 中华机械网)