

基于数值模拟的压铸模表面温度分析

刘绪周¹ 王 斌²

[1.华域皮尔博格有色零部件(上海)有限公司; 2.帕盛博(苏州)软件科技有限公司]

摘 要 基于 FLOW-3D CAST 软件,分别对压铸模在空气冷却、喷涂冷却、水道冷却条件下进行模拟,分析 3 种冷却方式对模温的影响,并且与实际测量模温对比。最后对比分析 FLOW-3D CAST 软件采用喷涂工艺模块模拟与传统喷涂模拟结果,发现喷涂冷却能够更准确模拟模具温度。

关键词 数值模拟;模具表面温度;模温控制;模具冷却;空冷;水冷;喷涂工艺

中图分类号 TG249.2;TP311 **文献标志码** A

DOI:10.15980/j.tzzz.2021.05.025

开放科学(资源服务)标识码(OSID):



Die Surface Temperature Analysis Based on Numerical Simulation

Liu Xuzhou¹, Wang Bin²

[1.HASCO KSPG Nonferrous Components (Shanghai) Co., Ltd.; 2.PSB Engineering(Suzhou) Co., Ltd.]

Abstract: The natural air cooling, spraying cooling and water channel cooling of die casting die were simulated by FLOW-3D CAST software. The effects of cooling methods on the temperature of die casting die were analyzed, which compared with the actual measurement of mold temperature verification. Finally, the simulation results of FLOW-3D CAST using spraying process module were compared with traditional spraying simulation. It is concluded that spray cooling can more accurately simulate die casting die temperature.

Key Words: Numerical Simulation, Die Surface Temperature, Die Temperance Control, Die Cooling, Air Cooling, Water Cooling, Spray Cooling

压铸件的品质和压铸模表面温度的控制密切相关。压铸过程中经常遇到粘模导致压铸件表面拉伤损坏。冷却过慢,压铸件内部易产生缩孔、缩松,导致力学性能和密封性下降,这些和模具温度过高有关^[1~5]。因此,通过数值模拟,对比分析不同的冷却方式对模具温度的影响,对比传统喷涂和运动喷涂的区别并与实际模具温度对比,旨在为解决相关问题提供参考。

1 铸件结构分析

汽车发动机缸体铸件三维模型见图 1,轮廓尺寸为

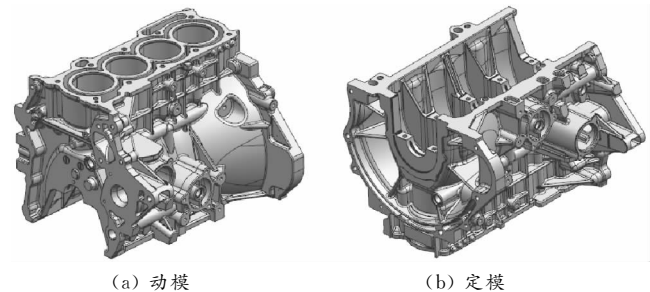


图 1 汽车发动机缸体三维图

Fig.1 Three-dimension diagram of engine cylinder for automobile

395 mm×380 mm×230 mm。质量为 14 kg,属于复杂厚大件,局部厚壁区域较多。因此模具温度的合理控制对压铸件的品质十分重要。

2 铸件与模具的传热过程

压铸件浇注温度为 600~680 ℃,通过热传导将热量传递给模具。铸件在模具型腔内滞留时间越长,模具吸收的热量越多,模具温度越高。模具的传热主要分为内部传热和表面传热。内部传热主要有加热和冷却系统。外部冷却包括空气冷却、高速空气冷却、脱模剂喷涂冷却等。

3 不同传热模式对模具温度的影响模拟

3.1 空气冷却对模具温度的影响

将模具区域大致分为高中低 3 种温度范围,分别在 3 个区域内选取温度监测点 P_1 、 P_2 、 P_3 ,见图 2,模拟输出温度的变化曲线见图 3。

收稿日期:2020-06-18;修改稿收到日期:2020-10-12
第一作者简介:刘绪周,男,1982 年出生,工程师,上海(201815),E-mail: xuzhoul@kpsnc.com
引用格式:刘绪周,王斌. 基于数值模拟的压铸模表面温度分析[J]. 特种铸造及有色合金,2021,41(5):641-643.
LIU X Z, WANG B. Die surface temperature analysis based on numerical simulation[J]. Special Casting & Nonferrous Alloys, 2021, 41(5): 643-643.

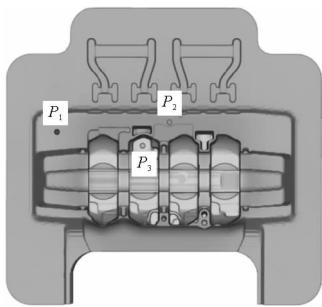
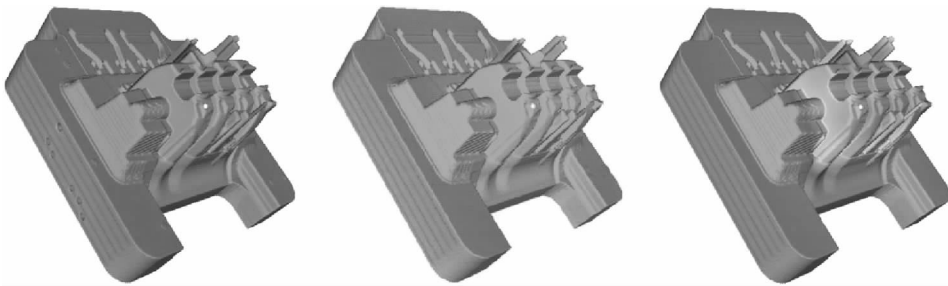


图 2 温度监测点位置示意图

Fig.2 Temperature monitoring position

自然冷却时,高温区域开模前一段时间降温幅度约为 $1.5\text{ }^{\circ}\text{C/s}$,后逐渐降低,再缓慢回升。低温区域,温度变化很小甚至无变化。通过该分析证明,在没有强制喷涂冷却的情况下,自然冷却速度非常缓慢。



(a) 有冷却,有喷涂(A)

(b) 无冷却,有喷涂(B)

(c) 无冷却,无喷涂(C)

图 4 3 种模拟方案模具温度对比

Fig.4 Die temperature comparison in three simulation schemes

从模拟结果可以观察到,有喷涂的模具表面温度很快达到平衡。无喷涂的模具表面温度持续上升,温度明显比有喷涂的高很多。模具内部冷却对模具表面温度略有影响。因为水道距离模具表面距离不均等,所以影响力也不同。

3.2 模具内部冷却与表面喷涂对模具温度的影响

设计了 3 种模拟方案,见图 4。A 方案模具内有冷却,有喷涂;B 方案模具内无冷却,有喷涂;C 方案模具内无冷却,无喷涂。

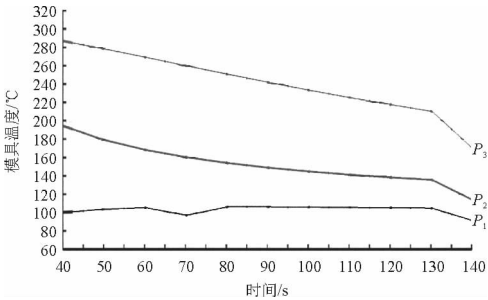
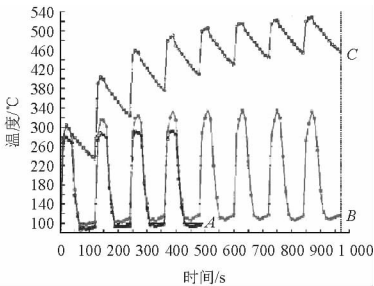


图 3 温度变化曲线

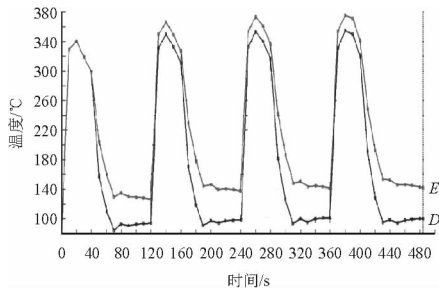
Fig.3 Temperature change curves



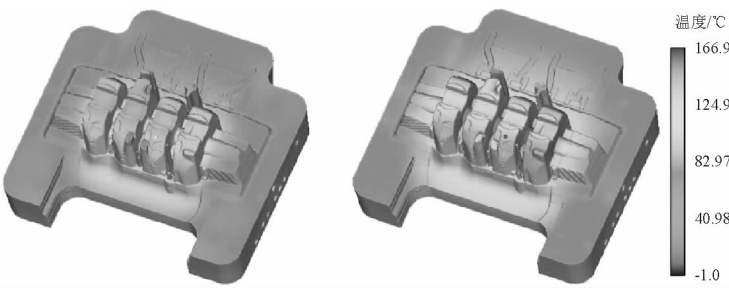
(d) 模拟结果

3.3 喷涂流量对模具表面温度的影响

传统模拟通过控制传热系数的大小来模拟喷涂流量的大小。将喷涂传热系数由 $2\,000\text{ W}/(\text{m}^2 \cdot ^{\circ}\text{C})$ 降到 $1\,000\text{ W}/(\text{m}^2 \cdot ^{\circ}\text{C})$,并分别监测模具温度变化(D、E 曲线),可见合模前的模具表面温度上升 $40\text{ }^{\circ}\text{C}$,对模具



(a) 不同流量对温度的影响



(b) $2\,000\text{ W}/(\text{m}^2 \cdot ^{\circ}\text{C})$ (D)

(c) $1\,000\text{ W}/(\text{m}^2 \cdot ^{\circ}\text{C})$ (E)

图 5 不同流量的喷涂对模具温度的影响

Fig.5 Effects of spraying with different flow volume on die temperature

温度影响明显。

4 传统喷涂模拟与运动喷涂模拟的区别

4.1 运动喷涂原理介绍

对于热模循环仿真,为了准确预测模具中的温度分

布,应考虑喷雾冷却中的空间变化。为此开发了运动喷涂冷却模型。该模型显示计算每次喷雾的冷却量,而传统喷涂模拟是定义整个模具型腔的恒定传热系数,模具所有的表面都进行喷涂。然而实际喷涂中发现,复杂模具中部分深筋结构处无法喷涂。软件计算喷嘴的运动,模具表面的喷涂面积将不断地计算和更新,还考虑了由

于喷射角度和模具表面形状而导致的喷射冷却阻塞,见图 6。

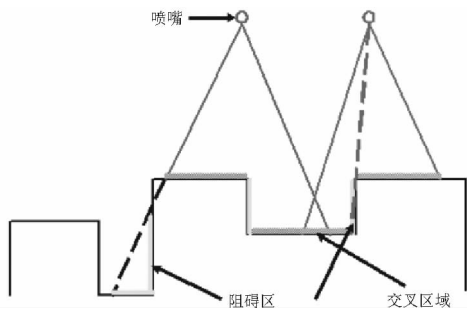


图 6 喷涂区域模拟
Fig.6 Simulation of spraying region

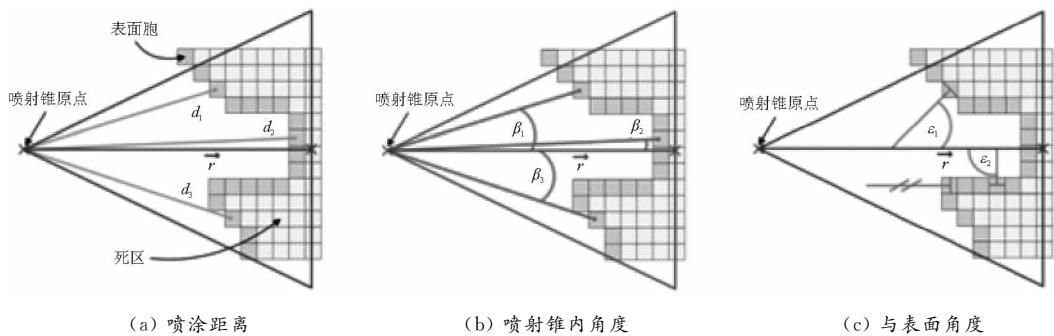


图 7 喷涂参数示意图
Fig.7 Schematic diagram of spraying parameters

因此在该区域会加大流量喷涂以降低模具温度。通过观察喷涂后的热成像仪图片可以看到此区域模具温度已降低。运动喷涂模拟显示此区域温度也降低。然而

如果已知传热系数(h_{TC})的空间变化(通过直接测量或完全 CFD 计算),则 h_{TC} 可以通过空间函数表示。为了简化 h_{TC} 计算,通过将基本 h_{TC} 乘以空间相关因子来计算。

$$h_{TC}=h_{TC0}(T) \cdot f_d(d) \cdot f_b(\beta) \cdot f_e(\epsilon)$$

式中, H_{TC0} 为喷嘴从指定距离喷射到模具上时的基本喷射传热系数; f_d 为喷嘴到网格中心距离的影响因子; f_b 为喷涂角度 β 的影响因子; f_e 为喷涂角度 ϵ 的影响因子(见图 7)。

与实际成像仪测量温度对比(见图 8),此区域实际生产中易产生拉伤缺陷,也是由于模具温度较高所致,

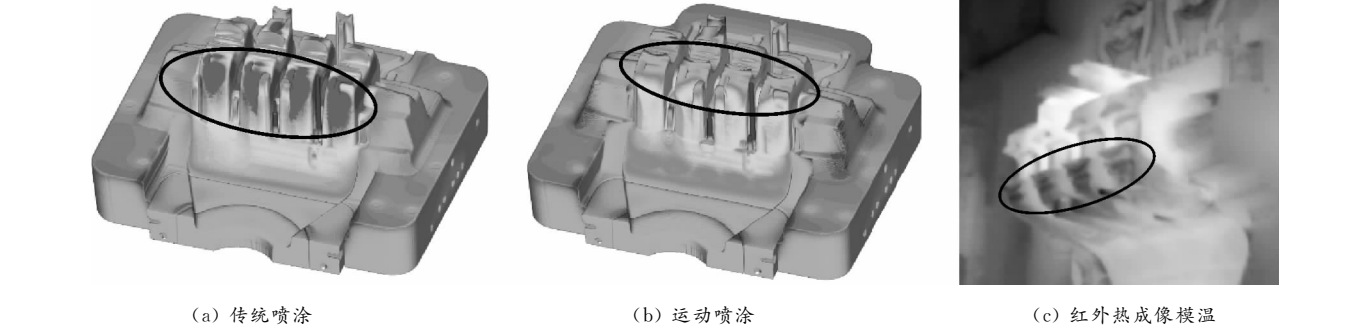


图 8 模拟喷涂与实际对比图
Fig.8 Comparison of simulated spraying and actual spraying effects

5 结 语

压铸模在自然冷却情况下,降温非常缓慢。加热和冷却水道对模具表面温度略有影响。大流量喷涂对模具表面温度有很大影响,降温明显,运动喷涂模拟可以更精确的模拟模具温度。

参 考 文 献
[1] 马广兴,万里,梁振进,等. 轿车底盘铝合金后副车架的压铸工艺及

模具设计[J]. 特种铸造及有色合金,2012,32(1): 55-59.
[2] 潘宪曾. 压铸模具设计手册[M]. 北京:机械工业出版社,2006.
[3] 周玉辉,林荣川,董志颖,等. 模具冷却系统对压铸模具温度场的影响分析[J]. 特种铸造及有色合金,2010, 30(4):412-415.
[4] 张发云. 数值模拟技术在铝合金压铸件成形过程中的应用[J]. 铸造技术,2010,31(2):225-228.
[5] 曹广军,陈立军. 基于 FDM/FEM 联合的铸件凝固过程热应力数值模拟的研究[J]. 铸造技术,2007,28(7):987-990.

(编辑:张正贺)