

# 基于 Solidworks Simulation 的压铸机头板疲劳分析

李秋生<sup>1</sup>, 国亮杰<sup>1</sup>, 王文彬<sup>1</sup>, 范进桢<sup>2</sup>, 苏茹茹<sup>1</sup>

(1. 河北工程大学 机电工程学院, 河北 邯郸 056038; 2. 宁波职业技术学院, 浙江 宁波 315000)

**摘要:** 压铸机头板是压铸机核心部件之一, 为研究其结构的优劣对压铸机使用寿命的影响, 首先建立三维实体模型; 然后在定义设计疲劳曲线(S-N 曲线)的基础上, 利用 Solidworks Simulation 软件对压铸机头板进行疲劳分析, 从中得出头板的对等应力以及生命周期等相关数据, 得知头板凸台处为薄弱区; 最后对其结构优化改进, 重新进行有限元分析, 提高了头板的生命周期。研究结果表明, 该研究为预测压铸机的疲劳寿命提供了理论依据。

**关键词:** 压铸机; 头板; 疲劳分析; Solidworks Simulation

中图分类号: TH122; TP354

文献标识码: A

文章编号: 1001-4551(2010)10-0047-04

## Fatigue analysis of head board of die casting machine based on Solidworks Simulation

LI Qiu-sheng<sup>1</sup>, GUO Liang-jie<sup>1</sup>, WANG Wen-bin<sup>1</sup>, FAN Jin-zhen<sup>2</sup>, SU Ru-ru<sup>1</sup>

(1. College of Mechanical and Electrical Engineering, Hebei University of Engineering, Handan 056038, China;  
2. Ningbo Polytechnic, Ningbo 315000, China)

**Abstract:** Head board is one of the core components of die casting machine, for the numerical study of the structure affecting service life of die casting machine, first, the three-dimensional entity model was established. On the basis of the definition of the design fatigue curves(S-N curves), the fatigue property of die head plate using Solidworks Simulation software was analysed, and the equivalent stress and the life cycle and other relevant data of the head board were obtained. From this it can be learned that the vulnerable spot of die head plate is the flange. Finally, optimized to improve its structure and reconducted the FEA to improve the life cycle of the first board. The research results show that the analysis can predict the fatigue life of die casting machine to provide a theoretical basis.

**Key words:** die casting machine; head board; fatigue analysis; Solidworks Simulation

## 0 引 言

近年来,随着压铸工业不断快速发展,国内压铸企业在引进国外先进技术的同时,也在不断地进行技术创新,提高压铸机的工作性能。机器和结构部件的失效大多数是由于发生疲劳造成的<sup>[1-3]</sup>,而压铸机为动载工况下的加工机械,其零部件 80% 以上为疲劳破坏<sup>[4]</sup>,因此,对于压铸机的疲劳分析及寿命估计是至关重要的。

头板是压铸机最重要的零件之一,在工作中受到交变载荷的作用,在开合模运动过程中不断产生冲击,经过一定的循环次数以后容易产生疲劳破坏<sup>[5]</sup>。

本研究基于 Solidworks Simulation 软件对头板进行疲劳分析,预测头板的疲劳寿命并改进头板结构,实现头板的优化设计。

## 1 理论基础

Solidworks Simulation 是一款基于有限元(即 FEA 数值)技术的设计分析软件,它能直接在二维建模界面里完成其设计方案的分析工作,为用户得到高质量分析结果提供简单而高效的方法,同时满足高端用户在简单的 FEA 软件中实现完全的分析控制的需求<sup>[6]</sup>。Simulation 一般包括前处理,求解和后处理 3 个部分,即几何模型的建立、定义材料属性、加载、网格的划分、

求解和结果分析<sup>[7]</sup>。它基于应力-寿命(S-N)的方法进行疲劳分析,其中含有一些有限元基本理论:

(1) 单轴应力-寿命:

$$\Delta\sigma/2 = \sigma_f'(2N_f)^b \quad (1)$$

(2) 单轴应变-寿命曲线:

$$\Delta\varepsilon/2 = \sigma_f'(2N_f)^b/E + \varepsilon_f'(2N_f)^c \quad (2)$$

式中  $\sigma_f'$ —疲劳强度系数; $\varepsilon_f'$ —疲劳延展系数; $b$ —疲劳强度指数; $c$ —疲劳延展指数; $E$ —弹性模量。

(3) 单轴应力的应变-寿命:

$$\Delta\sigma/2 = \sigma_f'(2N_f)^b/E + \varepsilon_f'(2N_f)^c \quad (3)$$

(4) Von Mises 应变:

$$\Delta\varepsilon_{eff}/2 = \sigma_f'(2N_f)^b/E + \varepsilon_f'(2N_f)^c \quad (4)$$

## 2 三维模型的建立

本研究建立了 160t 型号压铸机头板的三维几何模型,如图 1 所示,并忽略头板上一些对整体受力影响不大的小孔,对其进行简化<sup>[8,9]</sup>。

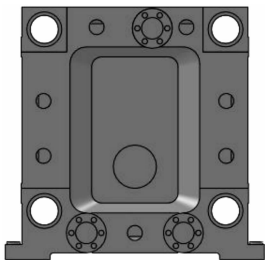


图 1 头板三维几何模型

## 3 静态分析

在进行结构疲劳分析前,必须对头板进行静态有限元分析。

(1) 定义头板材料为 45 钢,其中弹性模量  $E = 205 \text{ GPa}$ ,泊松比为 0.29,屈服强度和张力强度分别为 355 MPa 和 600 MPa,选取材料的疲劳 S-N 曲线(如图 2 所示),插值选择双对数,应力比率  $R = -1$ ;

(2) 设置边界条件:对底板螺栓处进行完全固定约束,对 4 个台阶孔  $X$  和  $Y$  方向固定,限制其  $X$  和  $Y$  方向的自由度,而  $Z$  方向的自由度由头板的 4 个圆孔限制,对 3 个支撑杆凸台完全固定约束;

(3) 加载条件:头板受到模具施加的反作用力大小为 1 600 kN,模具受力面积为  $1\,344 \text{ cm}^2$ ,4 个哥林柱拉杆由于变形而产生锁模力,故对每个台阶孔施加 400 kN 的作用力;

(4) 网格划分:模型使用高品质单元创建网格,网格整体单元大小为 44.993 mm,单元数为 31 724 个,

节数为 49 272 个(如图 3 所示);解码器采用 FFEPlus 算法,对模型进行静态分析。求解结果如图 4(应力图解)和图 5 所示(合位移图解)。

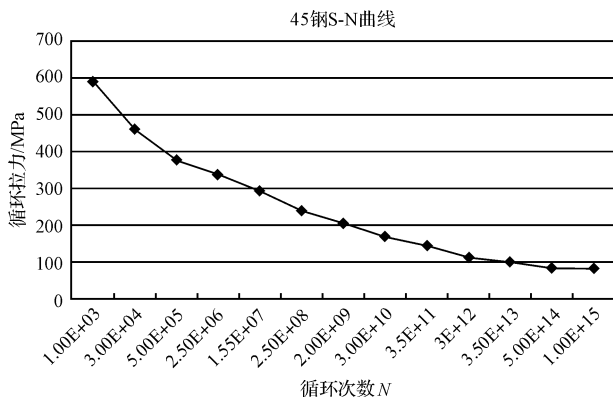


图 2 45 钢材的 S-N 曲线

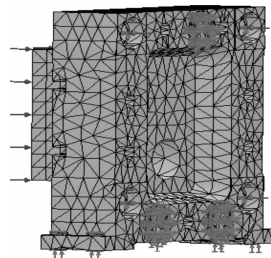


图 3 划分网格后的模型

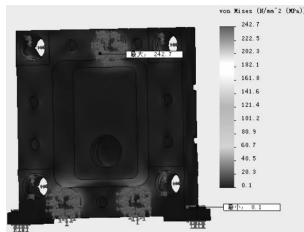


图 4 应力(von Mises)图解

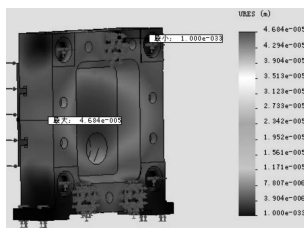


图 5 位移(合位移)图解

从图 4 中可以看出,压铸机最大的等效应力 Von Mises<sup>[10]</sup>为 242.7 MPa,发生在支撑杆凸台处,小于材料的屈服强度 355 MPa,有一定的安全系数,故模型是安全的。

## 4 疲劳分析

疲劳寿命是指疲劳失效以前所经历的应力或应变循环次数。疲劳破坏的过程是:零部件在循环载荷作

用下,在局部的最高应力处,最弱及应力最大的晶粒上形成微裂纹,然后发展成宏观裂纹,裂纹继续扩展,最终导致疲劳断裂。目前,疲劳分析的方法主要有 3 种:名义应力法、局部应力应变法和损伤容限设计法<sup>[11]</sup>。名义应力法以名义应力为设计参数,从材料的 S-N 曲线出发,考虑各种因素影响,得出零件的 S-N 曲线,并根据零件的 S-N 曲线进行疲劳设计,主要用于对弹性变形居主导地位的高周疲劳。局部应力应变法是一种高/低周疲劳都适用的用于估算疲劳寿命的方法。损伤容限设计是以断裂力学理论为基础,以无损伤检测技术和断裂韧性与疲劳裂纹扩展速率的测定技术为手段,以有初始缺陷或裂纹零件的剩余寿命估算为中心,以断裂控制为保证,确保零件在使用期内能够安全使用的一种疲劳设计方法<sup>[5]</sup>。

SolidWorks Simulation 软件对于单个零件疲劳分析是基于名义应力法的,其分析过程首先根据载荷谱确定零件危险部位的应力谱;而后采用材料的 S-N 曲线,经过计算结构危险部位的应力集中系数,结合材料的疲劳极限图,通过插值将材料的 S-N 曲线转化为零件的 S-N 曲线;最后再由载荷谱确定的应力谱根据 Miner 线性损伤累积规则计算零件的寿命<sup>[11-13]</sup>。

创建疲劳算例,添加事件中循环周期输入 150 000,相关联事件为上述已经分析过的静态分析,比例为 1。在疲劳属性窗口中,确定恒定振幅事件交互作用为随意交互作用,计算交替应力的手段设定为对等应力(von Mises),平均应力纠正为无,最后运行疲劳分析,损坏图解和生命总数图解分别如图 6、图 7 所示。

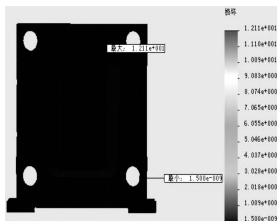


图 6 损坏图解

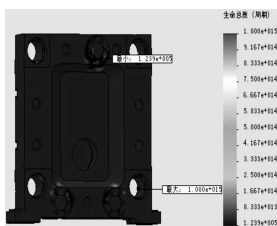


图 7 生命总数图解

由图 7 可以看出,头板经过 1 500 000 次承载循环后,其最大生命周期为  $1.000 \times 10^{15}$ ,而最小生命周期为  $1.239 \times 10^5$ ,发生在支撑杆凸台处。

## 5 有限元分析

利用 Solidworks Simulation 软件对压铸机头板进行疲劳分析,头板上支撑杆凸台在频繁的开/合模过程中产生应力集中,最容易发生疲劳破坏。故在设计中应当考虑降低应力集中问题,对其结构优化改进,在头板上侧对称分布两个凸台,与中线距离为 186 mm,使用圆角过渡,用来减小应力,重新进行有限元分析,以提高其疲劳寿命。改进后的三维实体模型,如图 8 所示。

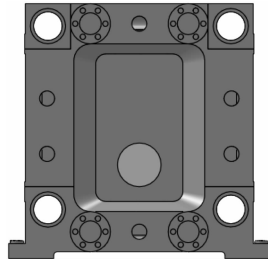


图 8 改进后的三维模型

对模型进行静力结构分析和疲劳分析,得出损坏图解(如图 9 所示)和生命图解(如图 10 所示)。



图 9 损坏图解

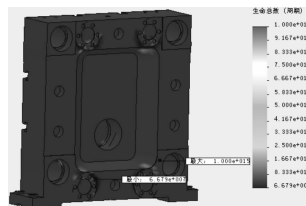


图 10 生命图解

由图 10 可知,头板的最小生命图解为  $6.679 \times 10^7$ ,可以看出通过结构优化后头板寿命显著增加了。

## 6 结束语

本研究通过有限元软件 Solidworks Simulation 对压铸机头板进行疲劳分析,得出头板的对等应力以及生命周期等相关数据,得知头板凸台处为薄弱区,对其进行结构改进后,重新进行有限元分析,提高了头板的生命周期。

研究表明,该研究为压铸机头板的优化设计及安全评估提供了一定的理论依据,在实际工程应用上具有一定的指导意义。

参考文献 (References) :

[1] LIM B S, KIM B J. Influence of hold time on creep-fatigue life and metallurgical degradation at high temperature [J]. **Fracture and Strength of Solids Vi, Pts 1 and 2**, 2006 (306 - 308) :1013 - 1018.

[2] PARK Y B, MONIG R, VOLKERT C A. The mal fatigue as a possible failure mechanism in copper interconnects [J]. **Thin Solid Films**, 2006, 504 (1 - 2) :321 - 324.

[3] QUISPITUPA A, SHAFIQ B, SUAREZ O M, et al. Corrosion fatigue of highstrength aircraft structural alloys [J]. **Journal of Aircraft**, 2006, 43(3) :787 - 792.

[4] 结构疲劳强度设计. 中国机械工程手册 [M]. 2 版. 北京: 机械工业出版社, 1996.

[5] 李舜酌. 机械疲劳与可靠性设计 [M]. 1 版. 北京: 科学出版社, 2006.

[6] 周华俊, 周 龙, 栾振辉. 基于 Solidworks Cosmos 的同步齿轮泵轴疲劳分析 [J]. **煤矿机械**, 2007(11) :73 - 75.

[7] 汲方林, 王有杰, 李 渊, 等. 基于 Solidworks Simulation 对

高压容器的静态及疲劳分析 [J]. **制造业信息化**, 2009 (5) :128 - 129.

[8] 张小明, 瞿金平, 赵良知. 注射机定模板的疲劳失效研究 [J]. **现代制造工程**, 2007(5) :24 - 27.

[9] 张小明, 赵良知. 基于 ANSYS 的疲劳分析在注塑机定模板中的应用 [J]. **塑料工业**, 2006, 34(1) :12 - 14.

[10] REESE G M, FIELD R V, SEGALMAN D J. A tutorial on design analysis using vonMises stress in random vibration environments [J]. **The Shock and Vibration Digest**, 2000, 32(6) :466 - 474.

[11] 郭志刚, 高东强. 新型陶瓷快速成型机的仿真设计 [J]. **轻工机械**, 2009(6) :16 - 19.

[12] 高红俐, 陈育萌, 姚兴威, 等. 基于虚拟仪器的高频疲劳试验数据采集及处理系统 [J]. **轻工机械**, 2009(6) :69 - 72.

[13] 张一心, 徐必勇. 基于 SolidWorks Simulation 的液压破碎锤钎杆优化及疲劳分析 [J]. **CAE 仿真**, 2009(12) :66 - 67.

[编辑: 罗向阳]

(上接第 46 页)

5 结束语

本研究针对在对气体浓度监测仪器进行校准时需要多种不同浓度值标准气体的需求<sup>[12]</sup>, 设计实现了一台多参数动态气体校准仪。通过将臭氧发生器及光度计嵌入在仪器内部, 组织不同模块按照预定的不同类型的工作流程来进行工作。另外, 本研究所设计的采用两个不同量程的质量流量计, 最大可以实现 1 : 10 000 的样气配比, 实现 4 路标气输入分时进行配比, 配置的标气浓度可达 10<sup>-9</sup> 级。系统不受环境温度与压力变化的影响, 对高配置、低浓度的标气都适合, 具有很好的应用价值。该校准仪大大减轻了操作人员的劳动强度, 减少了人工校准过程中的失误, 增强了环境监测设备的准确性, 加快了气体校准的自动化进程。

本研究下一步将在迁安空气质量在线监测系统中进行试用, 根据现场试用情况和需求对产品进行改进、升级, 以达到产业化的目的, 同时, 打破国外动态校准仪形成的技术和市场垄断, 为客户提供更为宽广的选择。

参考文献 (References) :

[1] 陈向辉, 刘教民. 动态气体校准仪的研究和应用 [J]. **天津理工学院学报**, 2002, 18(1) :54 - 56.

[2] 崔九斯, 忘欣源, 王汉平. 大气污染监测方法 [M]. 北京: 人民邮电出版社, 1995.

[3] SAVADKOUHI J. Reliability considerations for gas delivery components [C] // **Advanced Semiconductor Manufacturing**

Conference and WoAshop. IEEE/SEMI, USA, 2003 :255 - 261.

[4] 徐锦昌, 吴汉冲. 大气自动监测校准中气体流量对仪器示值误差的影响及控制 [J]. **中国环境监测**, 2008, 24(4) :42 - 45.

[5] 刘献辉, 周兵利, 崔芳云. 环境空气自动监测子站的日常维护和管理 [J]. **安全与环境工程**, 2009, 16(1) :31 - 33.

[6] US EPA. Quality assurance handbook for air pollution measurement systems volume II : Part I Ambient air quality monitoring program quality system development [M] // Office of Air Quality Planning and Standards Research Triangle Park. Washington D C : NC 27711, 1998 :3 - 7.

[7] 赵建华, 兰华永, 陈滋健, 等. 基于质量流量控制器的多组分动态配气系统研究 [J]. **自动化仪表**, 2008, 29(2) :44 - 48.

[8] 黄一祥, 曾周末, 靳世久, 等. 多元气体配气仪设计及精度分析 [J]. **现代科学仪器**, 2009(3) :19 - 22.

[9] DE V A, VAN C O, GOOSSENA A. Calibration of a multi-point sampling system connected to a photoacoustic detector [J]. **International Journal of Environmental Analytical Chemistry**, 2000(10) :115 - 133.

[10] 赵 澜, 张涤新, 冯 焱, 等. 气体质量流量计的校准研究 [J]. **液压与气动**, 2009(11) :66 - 68.

[11] KRUPA S U, LEGGE A H. Passive sampling of ambient gaseous air pollutants: an assessment from an ecological perspective [J]. **Environmental Pollution**, 2000, 107(31) :31 - 45.

[12] 华陈权, 张朝晖, 郑金吾, 等. 气体流量计自动检定装置 [J]. **工业仪表与自动化装置**, 2002(3) :58 - 60.

[编辑: 柴福莉]