

梭式止回阀的流固耦合性能研究 *

李贺军, 蔡 勇, 向北平, 程国栋

(西南科技大学 制造科学与工程学院, 四川 绵阳 621010)

摘 要: 为了研究梭式止回阀内部的流场特性, 采用了数值仿真和对比的方法。利用 ADINA 软件, 分别对梭式止回阀和旋启式止回阀进行流固耦合仿真计算, 得出可视化结果, 通过对比分析, 验证了梭式止回阀在开启过程中具有流速分布均匀, 压力分布对称, 流动状态稳定, 阀芯受力均衡等优势, 有利于其研究和推广。

关键词: 梭式止回阀; ADINA; 旋启式止回阀; 流固耦合

中图分类号: TH137.5 **文献标志码:** A **文章编号:** 1003 - 0794(2012)02 - 0070 - 04

Study on Fluid-structure Interaction Performance of Shuttle Check Valves

LI He-jun, CAI Yong, XIANG Bei-ping, CHENG Guo-dong

(School of Manufacturing Science and Engineering, Southwest University of Science and Technology, Mianyang 621010, China)

Abstract: To research flow field characteristics of shuttle check valves, this paper adopted numerical simulation and contrast method. Based on ADINA, it respectively implemented fluid-structure interaction calculation on shuttle valve and swing check valve and obtained visualization results. By contrast analysis, it derives that shuttle valves have advantages of uniform velocity distribution, symmetrical pressure distribution, steady flow state, equilibrium load on valve core, etc, beneficial to their research and extension.

Key words: shuttle check valve; ADINA; swing check valve; fluid-structure interaction

1 梭式止回阀的结构特点和工作原理

液压阀的使用寿命主要与密封副表面的密封

* 四川省科技厅资助项目(11ZS2022)

缩倾向增大, 同时增大夹渣倾向, 因此宜将孕育剂用量控制在 0.3%~0.4%。

2.4 熔炼工艺的优化

优质的铁液是获得高强度灰铸铁的必要条件, 应从炉料质量、熔炼工艺和铁液处理技术等方面着手。在炉料质量控制上, 一方面要考虑炉料的遗传性和微量元素的影响, 另一方面要严格控制生铁的加入量。在熔炼工艺方面, 在冲天炉熔炼条件下, 采用热风温度高于 350℃的热风冲天炉熔炼是必要的硬件条件; 对于电炉熔炼, 选用优质的增碳剂、增硫剂, 制定合理的增碳、增硫工艺是关键性技术措施。在铁液处理技术方面, 可采用陶瓷过滤器技术减少铁液中气体、夹渣等杂质, 以降低铸件废品率。

3 展望

铸造是制造业的重要基础。灰铸铁件在机械产品中仍占有相当大的比重, 展望 21 世纪, 铸造业必将经历迅速的发展, 积极推进铸铁高强化、薄壁化技术, 是实现绿色集约化铸造的重要组成部分。在高强度灰铸铁生产实践中, 高强度与收缩一直是一对矛盾, 要解决高 CE 条件下灰铸铁收缩倾向增大

性能即泄漏与磨损有关。本文研究的梭式止回阀阀瓣采用双重密封, 除端面密封外, 周向还有 O 形密封, 克服了一般止回阀密封效果差的缺点。图 1 为梭式

的问题, 一是要不断完善熔炼技术、加强原材料质量和生产工艺过程的控制与管理; 二是要注重新的合金元素、新型孕育剂及孕育工艺的研究和开发。

参考文献:

- [1] 黄志光. 高强度薄壁灰铸件的发展趋势[J]. 中国铸机, 1993(6): 3-8.
- [2] 张文和. 现代铸铁的冶金质量[C]. 扬州: 首届中国铸铁产业沙龙—铸铁熔炼与铁液处理技术论文集, 2010.
- [3] 中国机械工程学会铸造分会. 铸造手册. 铸铁[K]. 北京: 机械工业出版社, 2006.
- [4] 马敬仲. 灰铸铁质量及国内外差距—优质铁液和高效率孕育是保证灰铸铁内在质量的基础[J]. 现代铸铁, 2009, 29(1): 15-20.
- [5] 衣庆军, 李南, 姚正辉. CE、Si/C 值和壁厚对高 Si/C 值灰铸铁性能及组织的影响[J]. 铸造, 2009, 58(8): 823-826.
- [6] 逢伟. 提高 HT300 缸体缸盖铸件材料性能的方法[C]. 杭州: 铸铁缸体缸盖铸造生产技术研究讨论论文集, 2007.
- [7] 陆文华, 李隆盛, 黄良余. 铸造合金及其熔炼[M]. 北京: 机械工业出版社, 2008.
- [8] 杨坤. 正交设计方法在铸铁质量中的应用[J]. 煤矿机械, 2003, 24(12): 73-75.

作者简介: 刘明生(1966-), 重庆人, 副教授/工程师, 工学学士, 主要研究方向: 铸造合金熔炼工艺与控制、机电一体化技术与系统, 电子信箱: lms2108259@163.com.

责任编辑: 卢盛春 收稿日期: 2011-07-25

止回阀的结构简图,可见其具有轴流对称,结构紧凑,双向密封,阀芯行程短,梭式流线型流道等结构特点。

其基本动作原理为:阀芯内部设置有预紧的弹簧,当介质由左端流入阀门时,克服弹簧的预紧力作用,阀芯向右移动,阀门打开;与旋启式止回阀相比,其阀瓣不是靠重力关闭,而是依靠弹簧的预紧力,因此,即使在阀背压很低的情况下也能关闭严密。

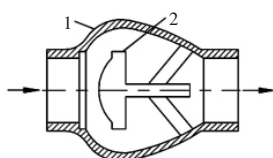


图1 梭式止回阀的结构简图

1. 阀体 2. 阀芯

2 模型建立与控制方程

2.1 几何建模

(1)梭式止回阀内部的流体运动是轴对称的;对于旋起式止回阀,可以取过轴线的竖直剖切面进行研究,采用2D建模;

(2)考虑到 AINDA 建模的复杂程度,本文采用 CATIA 软件建立几何模型,然后通过 IGES 通用数据接口将模型读入 ADINA。

2.2 控制方程

流固耦合力学研究的是两相介质之间的相互作用。模拟阀门的开启无论是阀芯的移动还是阀瓣的旋起,一定会影响流场的形态,因此采用双向流固耦合类型,流体和结构模型之间需要迭代求解,根据应力、位移或者两者的结合来检查迭代的收敛性。其相关控制方程如下

位移的标准

$$r_d = \frac{\|d_f^k - d_f^{k-1}\|}{\max\{\|d_s^k\|, \varepsilon_0\}} \leq \varepsilon_d$$

应力的标准

$$r_\tau = \frac{\|\tau_f^k - \tau_f^{k-1}\|}{\max\{\|\tau_s^k\|, \varepsilon_0\}} \leq \varepsilon_\tau$$

式中 d ——位移;

τ ——应力。

为了防止在检查收敛时应力和位移值太小, $\varepsilon_0 = 10^{-8}$; ε_d 和 ε_τ 分别是位移和应力收敛的容许误差,考虑到迭代的收敛性,分别取其值为 0.01,最大迭代次数取为 200 次。

2.3 定义模型控制参数

(1)假定阀门开启压力为 20 MPa 且在开启过程中保持不变;

(2)假定阀芯(阀瓣)匀速开启,开启时间为 1 s;

(3)采用无滑动边界条件,阀体内壁为 wall,阀芯或阀瓣边界都设为 FSI;

(4)流体材料设为不可压缩常参数模型,压力为 115 000 Pa,密度为 950 kg/m³,黏度为 0.002 Pa·s,体积模量为 2.56×10⁹;阀芯或阀瓣为各向同性线弹性材料,弹性模量 2×10¹¹ Pa,泊松比为 0.3,密度为 7 800 kg/m³;

(5)阀芯位移为 0.1 m,阀瓣旋起角度为 90°。

3 仿真结果对比分析

3.1 旋启式止回阀的流场分析

(1)图2为阀瓣旋起45°时作出的速度矢量图。由图可知,阀瓣下端的流速很大,最大流速为 148.9 m/s;阀瓣后端出现了一个漩涡,这是由于阀门在开启过程中,阀瓣推动流体向后上方流动,引起流体回旋运动;阀瓣的中下部出现了速度空白区域,是由于液体回流与向右运动的流体相撞,能量相互抵消,产生了局部流体静止现象;从整体上看,由于流速分布集中而不均匀,回流现象和漩涡使得速度矢量方向不一致,阀门中的流体呈湍流状态;

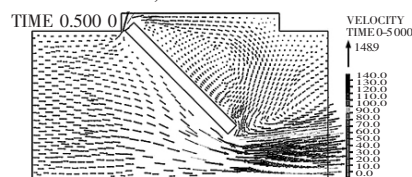


图2 速度矢量图

(2)图3为0.5 s时刻作出的压力云图。由图可知,流体的最大压力出现在节点2处,其值为 2.11×10⁷ Pa,最小压力为 -2 570 908 Pa,在节点433处;流体压力分布从左端到右端总体呈阶梯形式递减,但局部产生较大或较小的压力,特别是中间下侧的压力变化尤为明显,出现了突变区域;阀瓣的左侧压力很大,而右侧则很小,可见阀瓣在开启过程中受力极不平衡,容易产生振动;

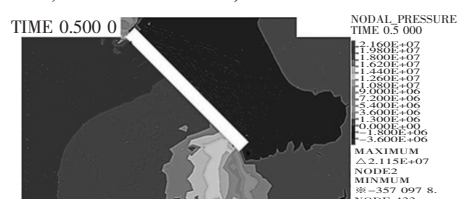


图3 压力云图

(3)为了进一步研究阀门开启过程中的流速变化情况,取节点498作为具体研究对象,作出其速度曲线如图4所示,该曲线波折起伏,整体呈上升趋势,中间出现了3次斜率突然增大又突然减小的突变情况,因此,阀门在开启过程中,节点的速度不断增大,但是整个变化过程很不平稳,波动曲折;

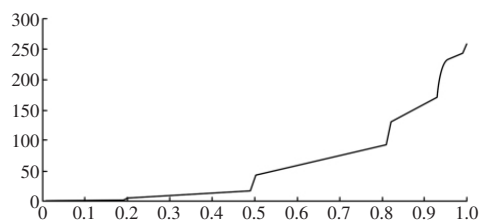


图4 498节点速度曲线

(4)为了进一步研究阀门开启过程中的压力变化情况,取受冲击较大的阀瓣最末端节点21作为具体研究对象,由图5可知,该曲线变化趋势复杂,波折起伏,在阀门刚开启瞬间,流体冲击节点,使节点压力迅速变为最大值,随着阀瓣旋起角度不断增大,以及回流的产生,压力逐渐减小;另外,由此曲线也可以得出,作用在阀瓣上的载荷变化情况也很复杂,容易引起阀瓣的振动。总之,在阀门开启过程中,节点压力不平稳,变化情况复杂。

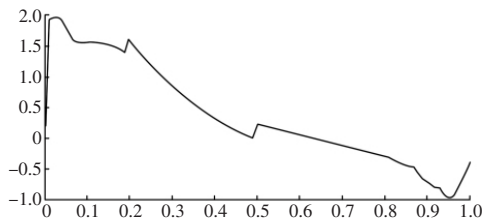


图5 21节点压力曲线

3.2 梭式止回阀的流场分析

(1)图6为速度矢量图,最大流速为91.88 m/s;流速呈轴对称分布,整体分布较均匀,左右两端流速大小较接近,可见流体从左端运动到右端,其能量损失较小;除了阀芯开口两侧的流速方向较倾斜外,整体流动方向一致,无涡流现象和流速空白区域,流动状态稳定,流速分布均匀,因此流场的流动状态主要以层流为主;

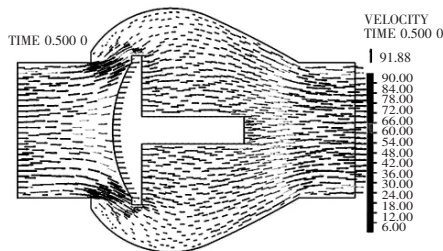


图6 速度矢量图

(2)图7为压力云图,流场的最大压力为 2.023×10^7 Pa,位于节点163处,最小压力为 -2.142×10^7 Pa,位于节点65处;流场压力左端大,右端小,从左到右呈阶梯型分布;另外,压力分布呈轴对称形式,所以作用在阀芯上的载荷也对称分布,阀芯受力均衡,在开启的过程中不易产生振动,这样对流场的影响也很小,开启过程将会比较平稳;

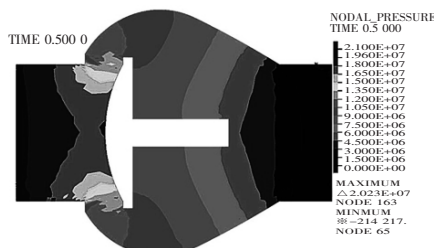


图7 压力云图

(3)为了进一步研究流场的速度变化情况,并

和旋启式止回阀进行对比分析,选取498节点作为具体的研究对象,作出其流速曲线如图8所示。此速度曲线主要由2条曲线构成,阀门在刚开启时,节点受到瞬时冲击,其速度以较大的斜率递增,形成曲线1;随着阀门的开启,流动状态稳定,节点速度以曲线2的形式逐渐稳步增大。总之,节点速度在大部分时间内以较小的斜率逐渐增大。

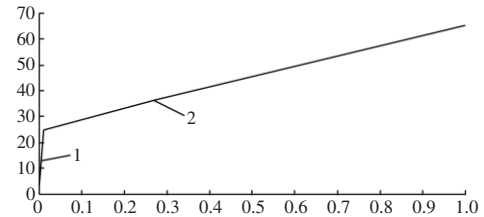


图8 946节点速度曲线

(4)为了和旋启式止回阀进行对比分析,进一步研究流场的压力变化情况,选取受流体冲击较大的阀芯最前端节点198作为具体的研究对象,作出其流速曲线如图9所示,该曲线由3段曲线构成,曲线1是由于阀门开启时,阀芯受流体冲击,突然向右移动,阀芯前端出现了短暂的局部流体缺失,于是形成了一个瞬时背压;当向右运动的流体补充过来后,冲击阀芯,其压力迅速增大,即曲线2;随着阀芯右移,流动状态趋于稳定,节点压力以曲线3的形式,稳定地逼近20 MPa。总之,节点压力在开启瞬间出现抖动,其后大部分时间内非常稳定。

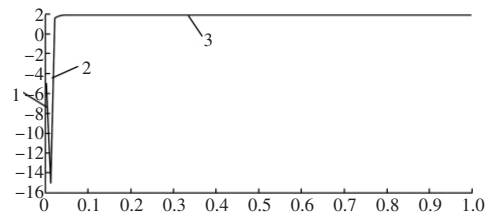


图9 198节点压力曲线

3.3 相同点和不同点

(1)相同点

- ①流场压力均为左端大,右端小,呈阶梯型分布;
- ②流体速度都呈逐渐增大趋势;
- ③阀门在开启过程中均出现了背压现象。

(2)不同点

梭式止回阀和旋启式止回阀的不同点如表1所示。

表1 不同点比较

	旋启式止回阀	梭式止回阀
①流速分布	不均匀	均匀
②速度曲线	波动曲折	平稳递增
③速度空白	有	无
④压力分布	不对称	对称
⑤压力曲线	波动曲折	比较稳定
⑥阀瓣受力	左大右小	对称平衡
⑦流动状态	湍流	层流为主

MoS₂ 对快速镍镀层的影响

李 涛, 刘怀喜

(郑州大学 机械工程学院, 郑州 450001)

摘 要: 以正火态 45 钢为基体, 分别在试件上单一刷镀快速镍和复合电刷镀 MoS₂/快速镍。对镀层的表面进行金相组织观察、能谱分析、结合强度、硬度和耐磨性能等进行对比和分析。结果表明: 2 种刷镀的结合强度都满足要求, 在刷镀液中加入 MoS₂ 后能明显提高镀层的硬度和耐磨性能。

关键词: 电刷镀; 二硫化钼; 结合强度; 耐磨性能

中图分类号: TQ153.1 **文献标志码:** A **文章编号:** 1003 - 0794(2012)02 - 0073 - 03

MoS₂ Impacts on Fast Nickel Brush Plating Layer

LI Tao, LIU Huai-xi

(School of Mechanical Engineering, Zhengzhou University, Zhengzhou 450001, China)

Abstract: This paper is made fire 45 steel as a substrate, brushing plating fast nickel and composite brush plating MoS₂/fast nickel on a single specimen respectively, doing microstructure observation, EDS analysis, comparing and analyzing bonding strength, hardness and wear resistance. The results have showed that: the bond strength of two kinds of brush plating both can meet requirements, and hardness and wear resistance of layer can be significantly improved by adding MoS₂ in brush liquid.

Key words: brush plating; molybdenum disulfide; bonding strength; wear resistance

0 引言

电刷镀作为一种表面技术工程, 近年来发展迅速。首先是单一的电刷镀修复, 就是用一种电刷镀液进行零部件的修复。其次是复合电刷镀进行修复, 复合电刷镀技术具有操作简单、工艺灵活、刷镀迅速的特点, 被广泛应用到机械零件表面的修复和强化。

目前关于镍基刷镀中加入 MoS₂ 的报道比较少, 本文主要是在实验的基础上, 以复合电刷镀 MoS₂/快速镍的镀层为研究对象, 与单一刷镀快速镍的镀层在性能上做了比较, 确定了复合刷镀 MoS₂/快速镍对镀层的影响。

1 MoS₂ 的性能

MoS₂ 是一种铅灰色有光泽粉末, 人工合成的为黑色。它是一种良好的固体润滑剂, 微颗粒硬度 1~

1.5, 摩擦系数 0.05~0.1。具有良好的化学稳定性和热稳定性。用于摩擦材料中, 可以起到减磨的作用。

2 实验

(1) 试验材料

以正火态 45 钢为基体材料, 尺寸为 $\phi 50$ mm $\times$ 200 mm 的圆柱作为试件。表面经打磨处理后粗糙度为 0.8 μ m, 在圆柱的一端进行单一刷镀快速镍, 在另外一端进行 MoS₂/快速镍的复合刷镀, MoS₂ 的浓度为 20 g/L。

(2) 试验方法

用 JLT-100 电刷镀机对钢柱试样两端进行快速刷镀, 刷镀的工艺流程为: 表面准备-电解去油-自来水冲洗-2# 活化液强活化-自来水冲洗-3# 活化液弱活化-自来水冲洗-特殊镍打底-自来水冲洗-

(3) 综合分析

①对于旋启式止回阀, 阀瓣受力不平衡, 导致整个阀体振动, 产生冲击、发热和气蚀, 将会降低阀门的使用寿命; 流场的湍流状态, 流速分布不均匀, 流场压力不稳定, 都将会引起管道输送能量的损失;

②梭式止回阀的轴流对称结构, 使阀芯受力均衡, 两侧流体呈层流状态, 流速分布均匀, 流场压力稳定, 这些保证了阀芯的平稳移动, 减少了振动现象, 降低能量损失, 维持了管道输送的稳定性和安全性, 提高了阀门的使用寿命。

参考文献:

- [1] 曾祥伟, 黄守一, 高树藩, 等. 梭式止回阀的特性试验研究[J]. 阀门, 1998(4): 10-13.
- [2] 熊学慧, 白虹. 高水基液压系统元件性能的分析与应用[J]. 煤矿机械, 2011, 32(3): 196-200.
- [3] 曾祥伟, 黄守一, 高树藩, 等. 梭式止回阀在流体输送中的应用[J]. 炼油设计, 2000(4): 26-29.
- [4] 岳戈, 梁宇白, 陈晨, 等. ADINA 流体与流固耦合功能的高级应用[M]. 北京: 人民交通出版社, 2010.

作者简介: 李贺军(1986-), 四川绵阳人, 西南科技大学制造科学与工程学院在读硕士研究生, 主要从事梭式非能动控制技术等方面的研究, 电子信箱: armyboy521@163.com.

责任编辑: 卢盛春 收稿日期: 2011-07-25