

文章编号: 1002-5855 (2006) 04-0031-03

复合陶瓷控制阀的研制

李小明¹, 张德友², 林 东²

(1. 上海工业自动化仪表研究所, 上海 200233; 2. 温州海米特阀门厂, 浙江 温州 325055)

摘要 分析了传统控制阀在多相流冲蚀腐蚀下失效机理, 探讨了应用传统陶瓷的控制阀失效原因, 对比了传统陶瓷与复合陶瓷的性能; 给出了复合陶瓷控制阀的研制过程。

关键词 复合陶瓷; 阀门; 多相流; 冲蚀腐蚀

中图分类号: TH134 **文献标识码**: A

Research and manufacture of composite ceramic matrix control valve

LI Xiao-ming¹, ZHANG De-you², LIN Dong²

(1. Shanghai Institute of Process Automation Instrumentation, Shanghai 200233, China;

2. Wenzhou Hightech Meter Valve Factory, Wenzhou 325055, China)

Abstract: Analyze why the traditional control valve is invalidation under the mixed phase flow erosion; Analyze why the application of the traditional ceramic material to control valve is invalidation, compared the performance between the traditional ceramic material and the composite ceramic matrix; the composite ceramic matrix control valve resolve the defect that the traditional control valve can't bear erosion.

Key words: composite ceramic matrix; valve; mixed phase flow; erosion corrosion

1 引言

在煤粉化工、煤制油、矿浆萃取等工业控制流程中, 传统控制阀在多相流的冲蚀腐蚀下使用寿命极短, 已不再适应工况的要求。上个世纪末复合陶瓷的研制和工业应用取得了突破性进展, 国外各控制阀公司先后开发出复合陶瓷控制阀。应用我国自主研制的复合陶瓷开发的复合陶瓷控制阀, 在工业现场取得了良好的抗冲蚀腐蚀的效果。

2 传统控制阀失效的机理

2.1 多相流的冲蚀腐蚀

含固体粒子的多相流中, 在粒子和流体交互作用下, 控制阀发生冲蚀腐蚀破坏。控制阀的破坏与流体的腐蚀性、流速、粒子的大小和硬度, 材料的成分、耐腐蚀性和硬度, 以及工况等因素有关。

非腐蚀性多相流对阀门的破坏是由粒子造成的, 与介质流速成正向关系。当流速低于临界速度时, 阀门破坏率低。当流速超过临界速度时, 破坏率快速上升, 与流速成指数函数关系, 即破坏率为

$$v^h$$

式中 v ——介质流速, m/s

h ——与流速相关的函数 (取 $h = 2 \sim 5$)

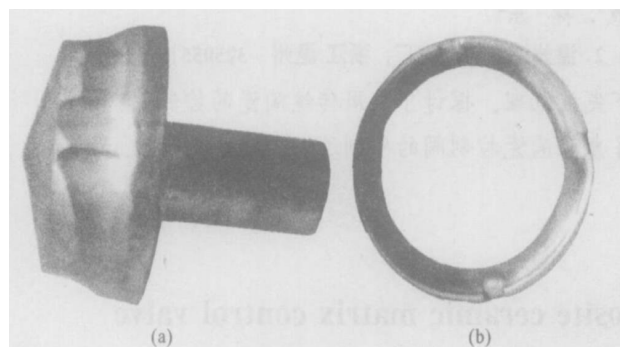
其原因是低于临界流速时壁面上呈层流状态, 粒子的冲蚀有序而缓慢。高于临界速度时, 壁面上呈湍流状态, 粒子的冲蚀呈涡旋无序而剧烈。如果下游压力低于上游压力的 1/2 时, 气固双相流中的粒子以音速冲蚀的破坏率最为严重^[1]。

腐蚀性多相流, 在离子的电化学的作用下临界速度大幅下降, 阀门的破坏率急剧上升。冲蚀与腐蚀交互产生的破坏率远高于非腐蚀性多相流的粒子的冲蚀破坏率与单相腐蚀性介质流的腐蚀破坏率的简单相互叠加。图 1 为堆焊 316L 的阀瓣和阀座被石灰乳冲蚀腐蚀的状况。

材料的抗气蚀能力与材料的硬度成指数关系^[2]。高压差工况中, 多相流的液体将空化, 形成气、液、固多相流, 同时发生气蚀、粒子随气体以音速冲蚀和液体电化学腐蚀。传统控制阀是无法应用于这种极端严酷工况的^[3], 例如在高压差煤

作者简介: 李小明 (1947-), 男, 上海市人, 高级工程师, 曾承担多项控制阀科技攻关课题, 获多项专利。

粉化工装置中 O 形球阀使用寿命极短, 仅 10 多天。在煤粉多相流的冲蚀腐蚀和气蚀作用下, 球体、阀座被损坏, 阀体也被破毁 (图 2)。该球 wsg 经喷涂处理, 硬度达 70HRC。



a. 阀瓣 b. 阀座

图 1 石灰乳冲蚀腐蚀的阀瓣和阀座

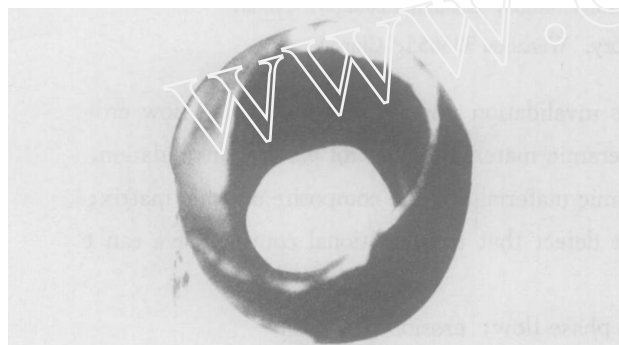


图 2 煤粉介质损坏的球体

2.2 O 形球阀的失效

O 形球阀的直通流道与管径相等, 经常被用于粉料、浆料的工业输送和控制。在启闭和控制过程中, 多相流经过 O 形球阀阀座两次节流, 对球阀产生两次冲蚀腐蚀。特别是经上游阀座节流的高速多相流不仅对球体和阀座而且也对阀体壁产生冲蚀腐蚀破坏, 这就是阀体经常被破毁的原因。两个阀座、球体与阀体间存在间隙, 小开度时间隙中的流速缓慢, 关闭 (或全开) 时间隙中的介质不流动, 多相流中的粒子发生沉淀, 以至“咬死”球体而失效。因此 O 形球阀不适用于含固体颗粒的多相流工业控制流程。

3 耐冲蚀腐蚀材质的选择和结构方案的确定

3.1 材质

传统的 Al_2O_3 陶瓷硬度高, 几乎不受腐蚀, 是理想的抗冲蚀腐蚀材料, 将其应用于控制阀已进行了长期实践。但传统陶瓷脆而易碎, 存在热胀系数低, 抗热震性差等缺陷, 在温度急剧变化、流体高频振荡的工况中, 陶瓷部件极易碎裂^[2], 限制了其在控制阀上的应用。

从我国自主研发成功的多种复合陶瓷中, 可以选出两种适合控制阀的复合陶瓷, 一种是 Cr_7C_3 基复合陶瓷, 主要成份为 Cr_7C_3 、Ni、Mo 等; 另一种是 Al_2O_3 基复合陶瓷, 主要成份为 Al_2O_3 、Ti (N. C) 和 ZrO_2 等。从表 1 可知, 两种复合陶瓷的硬度与 Al_2O_3 陶瓷相当, 而线胀系数、抗弯强度和断裂韧性 Cr_7C_3 基复合陶瓷较好, Al_2O_3 陶瓷较差, 这表明复合陶瓷抗脆裂性远高于 Al_2O_3 陶瓷。 Al_2O_3 基复合陶瓷耐腐蚀性与传统的 Al_2O_3 陶瓷相当, Cr_7C_3 基复合陶瓷次之, 但两种复合陶瓷的耐腐蚀性都数十倍于 Cr-18 系不锈钢。根据力学性能和性价比, 选择了 Cr_7C_3 基复合陶瓷。

表 1 3 种陶瓷的主要性能

性能	硬度	密度	线胀	抗弯	耐腐蚀性
	HRA	g/m ³	系数 10^{-6}k^{-1}	强度 MPa	
Cr_7C_3 基复合陶瓷	91.5	7.1	9.5	1300	良好
Al_2O_3 基复合陶瓷	92	4.5	8	700	优
95% Al_2O_3 陶瓷	92.5	3.6	7	300	优

3.2 结构方案

多相介质的流道要求简单、流畅。虽然 O 形球阀、V 形球阀和偏心旋转阀都是直通流道, 但 O 形球阀不适用多相流。与 V 形球阀相比较, 偏心旋转阀具有适用于大压差, 密封要求严密, 高粘度和带有颗粒介质的工况, 以及可调比 R 达 100, 优良的阀瓣阀座启闭特性, 在很多工况中可以替代调节阀^[3]。故偏心旋转阀是最佳的结构方案。

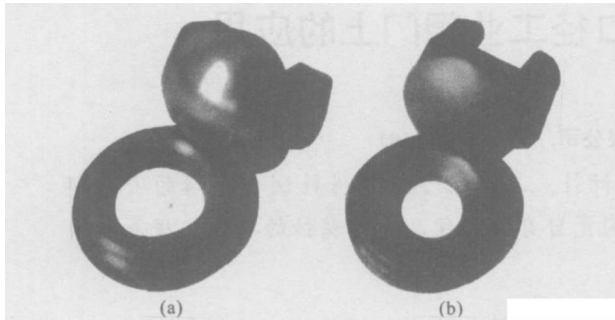
根据多相流不同于单相流的特性, 在设计中优化了流道^[4], 最大限度地降低了多相流的冲蚀腐蚀和避免了气蚀对阀体的破坏。采用了最佳性价比耐冲蚀腐蚀的材料, 并在阀体内壁喷涂复合陶瓷, 硬度高于 70HRC。对于极端恶劣的工况, 可在阀体内镶嵌复合陶瓷内衬。图 3 为复合陶瓷阀瓣与阀座对比, 图 4 为电动复合陶瓷偏心旋转阀。对于特殊要求的工况, 直行程控制阀也可采用复合陶瓷阀瓣和阀座, 阀体内壁喷涂或镶嵌复合陶瓷的结构。

4 应用

4.1 偏心旋转阀

复合陶瓷偏心旋转阀样机已在煤粉化工、煤制油等装置上运行了一年, 至今状况良好 (图 3、图 4), 与国外同类产品性能相当, 而售价低于其 1/3。复合陶瓷偏心旋转阀在重油轻质裂化、结晶制碱和矿浆萃取等行业得到了推广应用, 目前已形成

PN1.6~6.3 MPa 各公称压力等级的 DN25~300 mm 的系列产品。



a. 新阀瓣阀座 b. 使用一年后阀瓣阀座

图3 复合陶瓷阀瓣和阀座



图4 电动复合陶瓷偏心旋转阀

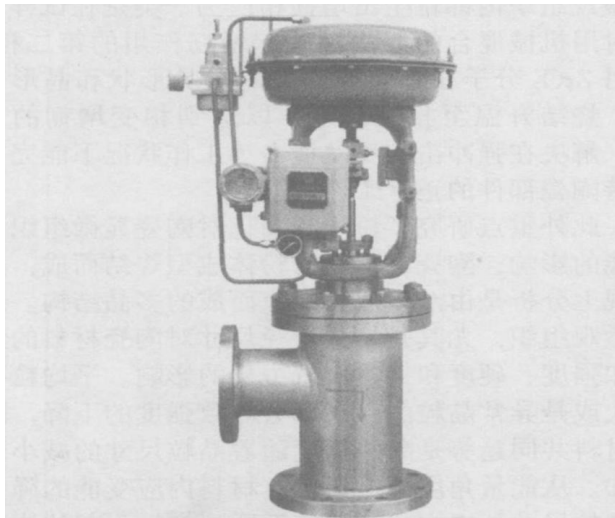


图5 复合陶瓷等百分比角型调节阀

4.2 调节阀

复合陶瓷不仅能应用于直流道角行程控制阀,还可应用于直行程控制阀。为解决图1中石灰乳冲蚀腐蚀阀瓣和阀座问题,设计了复合陶瓷角型调节阀(图5),并成功应用于石灰乳生产线,替代了

进口产品。复合陶瓷还能应用于传统合金材料无法适应的恶劣工况,根据用户要求,开发的ANSI 2500磅级高压复合陶瓷角型调节阀(图6、图7)已成功地应用到高压合成氨等装置上。

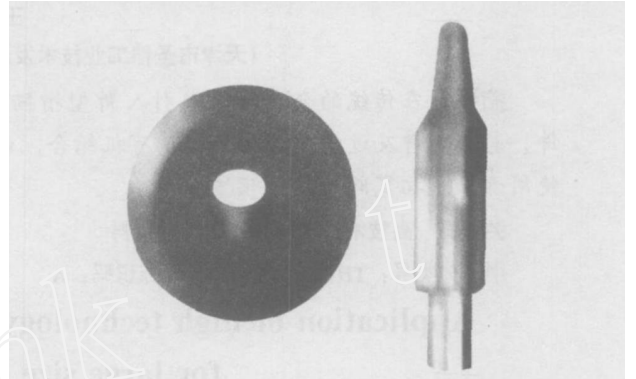


图6 复合陶瓷等百分比调节阀阀瓣和阀座

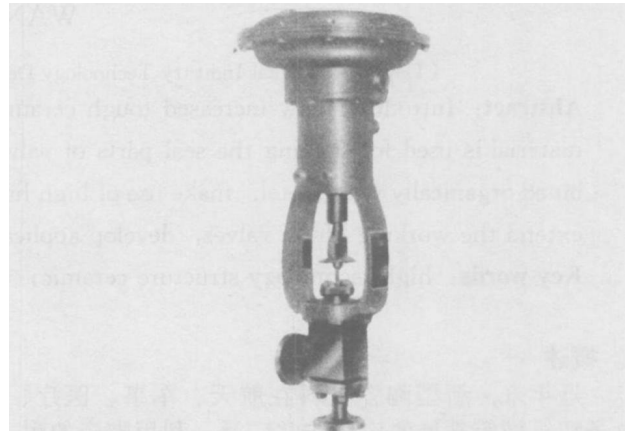


图7 高压复合陶瓷角型调节阀

5 结语

传统控制阀不适用于带固体粒子多相流冲蚀腐蚀工况。应用耐冲蚀腐蚀的复合陶瓷研制的系列控制阀,基本解决了长期困扰粉料和浆料工业控制程序的难题。

参 考 文 献

- [1] 姜晓霞,李诗卓,李曙. 金属的腐蚀磨损 [M]. 北京: 化学工业出版社, 2003.
- [2] 刘银水,唐群国,李壮云. 工程陶瓷在水压控制阀中的应用 [J]. 阀门, 2005, (2).
- [3] 吴国熙. 调节阀使用与维修 [M]. 北京: 化学工业出版社, 2003.
- [4] 郑大琼,李书横,王念慎. 火电厂用新型灰渣阀的水力计算 [J]. 阀门, 2005, (4).
- [5] 李荣久. 陶瓷—金属复合材料 [M]. 北京: 冶金工业出版社, 2004.
- [6] 孙康宁,严衍升,李爱民. 金属间化合物/陶瓷基复合材料 [M]. 北京: 机械工业出版社, 2003.
- [7] 李江亚. 特殊及难焊材料的焊接 [M]. 北京: 化学工业出版社, 2003.
- [8] 管蓉,鲁德平,杨世芳. 玻璃与陶瓷用胶黏剂及粘接技术 [M]. 北京: 化学工业出版社, 2004.

(收稿日期: 2006.05.08)