

磁流体研磨技术在安全阀研磨修复中的应用研究

杨波*, 王晓, 李茂东

(广州特种承压设备检测研究院, 广东 广州 510663)

摘要:介绍了磁流体研磨液的组成及其制备方法。磁流体研磨液由表面活性剂、载液、纳米磁性微粒以及非磁性磨料颗粒组成。分析了磁流体研磨加工技术在安全阀修复中的原理及优点。简要介绍了安全阀研磨修复中磁流体研磨抛光技术的现状及发展趋势。

关键词:磁流体; 安全阀; 研磨抛光

中图分类号: TK223.62

文献标志码: A

文章编号: 0253-4320(2016)12-0115-03

DOI: 10.16606/j.cnki.issn.0253-4320.2016.12.029

Application of magnetic fluid grinding technology in grinding and repairing of safety valve

YANG Bo*, WANG Xiao, LI Mao-dong

(Guangzhou Special Pressure Equipment Inspection and Research Institute, Guangzhou 510663, China)

Abstract: The composition and the preparation methods of magnetic fluid are introduced. The magnetic fluid consists of surfactant, carrier liquid, nano-magnetic particles and non-magnetic abrasive particles. The principle and advantages of magnetic fluid grinding technology in the repairing of safety valve are analyzed. The current status and development of magnetic fluid grinding technology are also reviewed.

Key words: magnetic fluid; safety valve; grinding and polishing

安全阀是各类压力容器、压力管道及锅炉等特种设备上不可缺少的安全附件,承压设备能否正常运行与其密封性好坏密切相关^[1-2]。安全阀的常见故障之一是密封面损伤,磁流体研磨抛光技术是修复安全阀密封面损伤的新兴工艺^[3]。

磁流体研磨抛光的原理是借助一种磁场辅助的流体动力对加工件进行研磨抛光。与传统的研磨技术相比,其优点为:适合复杂表面加工、效率高、不产生亚表面破坏、磨头硬度可调及加工过程磨损量小等^[4-7]。因此磁流体抛光技术是目前国内外学者研究的一个热点。

1 国内、外研究现状

由于磁流体研磨抛光技术具有诸多传统研磨抛光技术不具备的特点,近年来,磁流体研磨抛光技术得到了广泛的关注和发展。Kordonski等^[8]对磁流体研磨抛光的微观机理做了实验研究,分析了这种工艺的优点,就多种磁流体研磨抛光装置和方法申请了专利。Hayakawa等^[1]研制开发了多种磁粒光

整加工装置,可加工铁磁性工件和非铁磁性工件;并研究了平面、圆柱内外表面、球面等磁粒加工装置的光整加工特性。永久磁体产生的恒定磁场、电磁体形成的强度可控磁场都可作为这些工具的磁场来源。磁粒光整加工不仅可以依靠磁场强度和方向改变来实现,还可依靠对工件施加一定幅度和频率的振动来实现。Hayakawa等^[1]研制了不同形式的磁粒加工设备,对磁场强度、磨料与工件的相对移动速度、加工间隙、磁性磨料的成分和磨料粒度等因素对加工质量和效率的影响进行了深入研究。Itamura等^[9]研究了磁性磨料的制备技术,并成功开发了几种比较有应用价值的磁性磨料,其制备方法为:①等离子粉末熔融法(PPM);②金属材料(铁磁性)与磨料纤维混合法;③液体磁性磨料。这些磁粒的制备方法与高温烧结法相比的优点是成本低、方法简单、有较高的实用价值。韩国近几年来在磁粒光整加工方面也做了不少研究。

从20世纪80年代中期开始我国开始对磁流体研磨抛光加工技术进行研究,由于起步晚,投入有

限,无论是研究深度还是广度均与国外有较大的差距^[10]。目前,国内对磁流体研磨抛光加工技术进行研究的单位主要有大连理工大学、哈尔滨科技大学、哈尔滨工业大学、太原理工大学等科研院所,虽然已经得到了一些有价值的成果,但研究仍局限于较简单的平面、内外圆柱表面的磁加工,研究不够深入,在磁流体研磨液的加工机理和液制备方面的研究几乎是空白。

2 磁流体研磨液的组成

磁流体又称磁性液体或磁液,通常由磁性颗粒、表面活性剂和载液组成,三者关系如图1所示,是一种纳米功能材料。磁流体既具有磁性材料的磁性又具有液体的流动性,因此具有异于一般液体的磁控特性。作为磁流体重要部分,磁性颗粒种类较多。目前应用较多的一种磁性粒子是 Fe_3O_4 颗粒。北京交通大学李德才^[10]以水基、机油基、煤油基、双酯基等为基液制备了具有多种实用价值的 Fe_3O_4 磁流体,其性能稳定、优良,与国际上先进国家相媲美。

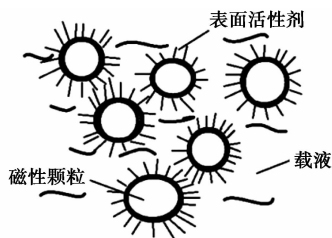


图1 磁流体的组成

将非磁性磨料颗粒(如金刚石、碳化硅、刚玉等)分散于磁流体中,即可制备得到磁流体研磨液。利用外磁场作用使得非磁性磨料粒子固定在磁流体中,在高速运动的工件表面形成微切削,从而达到研磨的目的^[11-12]。

3 磁流体的制备方法

目前最常用的制备磁流体的方法有研磨法、解胶法、热分解法、蒸灼法、放电法等^[10]。

(1) 碾磨法是制备磁流体最直接的方法,即用离心法或磁分离法将已研磨的磁性材料、活性剂及载液的极细颗粒中的大颗粒分离出来,从而得到所需的磁流体。但该方法对直径小于300 nm磁流体颗粒很难制得。

(2) 解胶法可得到直径较小的磁流体颗粒,即将载体和分散剂加入到由铁盐或亚铁盐经化学反应生成的 Fe_3O_4 或 $\gamma\text{-Fe}_2\text{O}_3$ 中,并加以搅拌,使磁性颗

粒充分吸附到载体中,将加热后的溶液和胶体分离,制得磁流体。该方法虽然成本较低,但只适用于制作非水系载体的磁流体。

(3) 热分解法是将制备磁性材料的原料加入到相应的有机溶剂形成溶液或乳液,然后对其进行加热,分解出游离金属后,将分散剂加入到溶液中进行搅拌,使其均匀分散,最后将载体加入其中得到磁流体。

(4) 蒸灼法可得到粒径在2~10 nm的磁流体微粒。在真空条件下将具有高纯度的磁性材料加热,使其蒸发,蒸发出来的磁性微粒遇到由载体和分散剂组成的地下液膜后凝固,混合均匀即可得到磁流体。

(5) 放电法原理与电火花法相似,是将磁性材料粗大颗粒放在装满工作液的容器中的2个电极之间,然后施加脉冲电压,对其进行电火花放电腐蚀,磁性材料就会在工作液中凝固成微小颗粒,过滤去除大颗粒后加分散剂便制得磁流体。

4 磁流体研磨加工技术在安全阀中的应用原理

磁流体研磨加工技术利用磁性流体本身所具有的液体流动性和分散在磁流体中的磨料,在外加磁场的作用下,使得磨料颗粒与安全阀表面接触,借助于安全阀表面和磁流体的相对运动达到研磨工件表面的精加工^[9],其操作的原理简图如图2所示。

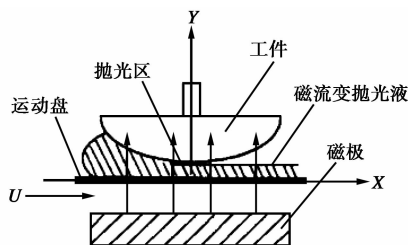


图2 磁流体研磨抛光原理

磁流体研磨加工不仅具有高表面质量、研磨效率和精度可控的特点,而且对于平面、球面、圆柱面和其他复杂形状表面均可加工,因此其对安全阀密封面修复是一种有效的表面光整加工方法^[2]。若将加工中心、数控机床及机器人与磁性研磨加工技术相结合,便可实现光整加工的自动化,是安全阀研磨修复的新方法。

在磁流体研磨加工中,对磁流体施加强磁场时,磁性粒子将沿着磁力线的方向排列成链(如图3所示),使得磁流体的黏度急剧增大,由于表面活性剂

的存在,磁性颗粒不会聚集,磁场撤消后磁性粒子仍可保持悬浮状态^[2]。

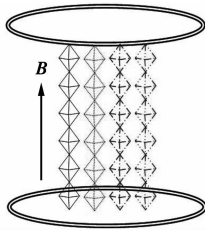


图3 磁流体在磁场作用下的微观形式

5 磁流体研磨加工技术在安全阀修复中的优点

与传统的研磨方法相比,磁流体研磨加工的研磨工具是分散于磁流体中的非磁性磨粒,在外加电场作用下,磁流体的外形可随工件形状的变化而变化,因此可以加工传统研磨工具无法伸入的内壁曲面及内圆面等。此外,磁流体研磨加工还具有以下特点^[12]。

(1) 研磨加工精度高。传统的机械研磨对工件表面的加工是以压力切入方式进行的,工件表面的加工精度受工具精度影响,且容易使工件表面产生变形及微观裂纹。而对于磁流体研磨加工,在外加磁场的作用下,被固定在磁流体中的研磨工具非磁性磨粒在加工表面上产生滑动和滚动,从而缩短了每个磨粒的磨削时间,降低了对工件表面的切削深度,因此工件表面温度不会过高,晶相组织结构不会受到破坏,也不易产生变形和微裂纹。

(2) 易实现自动化。在磁流体研磨过程中,磁极与被抛光面间存在一定的间隙,因此磁极与工件表面的相对位置不需要严格控制。电磁线产生的磁场可以用来作外加磁场,磁场的强度和运动方式可以通过控制线圈的激励电流来实现。改变磁场强度可有效地控制研磨压力,调节磨料与加工面间的保持力,能够实现加工过程的自动控制。

磁流体研磨的关键点就是制备合适的磁流体研磨液。磁流体研磨液的选择和效果受到磁性粒子的形貌和浓度、磨料的粒度及浓度的影响,因此,本研究中通过采用不同形貌的纳米 Fe_3O_4 粒子,制备磁流体和磁流体研磨液,并通过设计安全阀阀瓣磁流体研磨机,对磁流体研磨液的效果进行评价,确定合适的安全阀阀瓣磁流体研磨修复工艺。

6 发展前景

磁流体研磨抛光技术作为一种具有效率高、能

耗低、不产生表面破坏层且易于实现自动化等优点的新兴零件加工工艺,具有极大的应用价值和广阔的市场前景。根据目前我国对磁流体抛光技术的研究应用,可做如下方面的深入研究。

(1) 对磁流变液的流变特性进行研究,制备出具有优良性能的磁流体抛光液。

(2) 建立磁流体抛光性能与各种工艺参数之间的关系模型。

(3) 在保证优良性能的前提下,开发经济的商品化的磁流体抛光设备。

(4) 对磁流体抛光技术加工陶瓷、金属元件的原理进行研究。

参考文献

- [1] Hayakawa K, Yokobaba C, Ichiki N, *et al.* Utilization of floating materials coated with TiO_2 film for photodegradation of organic compounds[J]. *Research Journal of Chemistry & Environment*, 2016, 5(4): 368-379.
- [2] Hös C J, Champneys A R, Paul K, *et al.* Dynamic behaviour of direct spring loaded pressure relief valves: III valves in liquid service [J]. *Journal of Loss Prevention in the Process Industries*, 2016, 43: 1-9.
- [3] 曹建武. 锅炉安全阀的常见故障分析与处理[J]. *工程技术*, 2016, 18: 208.
- [4] 徐海霞, 孙玉坤, 李冬云, 等. 锰锌铁氧体纳米粉体及其制备方法研究进展[J]. *磁性材料及器件*, 2016, 47(2): 67-71.
- [5] 邓曼, 辛洪兵, 郭瑞君, 等. 一种利用磁流体对柔轮进行磨齿的方法[J]. *科技创新与应用*, 2016, (6): 48-48.
- [6] Wang D, Liu X, Wang L, *et al.* Study on the saturation properties of silicone oil-based magnetorheological fluids in mechanical engineering[J]. *Open Mechanical Engineering Journal*, 2015, 9(1): 682-686.
- [7] 张继松, 何虹, 杨仁富. 磁流体及其应用[J]. *磁性元件与电源*, 2015, (4): 133-138.
- [8] Kordonski W I, Jacobs S D. Magnetorheological finishing[J]. *International Journal of Modern Physics B*, 1996, 10(23): 2837-2848.
- [9] Itamura M, Kikuchi M, Maeda T, *et al.* Development of generation technology of semi-solid slurry with low-cost and high quality in very short production time[J]. *Journal of the Japan Foundrymen Society*, 2010, 82: 812-818.
- [10] 李德才. 磁性液体理论及应用[M]. 北京: 科学出版社, 2003.
- [11] 马连湘, 常强, 侯晓旭, 等. Fe_3O_4 包覆碳纳米管磁流体制备及其在磁场中热导率的研究[J]. *功能材料*, 2015, (24): 24114-24117.
- [12] 张琳, 赵吉宾, 李论. 复杂曲面磁力研磨加工方法研究[J]. *组合机床与自动化加工技术*, 2014, (1): 129-131. ■