采用超音速火焰喷涂技术修复风机叶轮

徐均平
（广东塔牌集团股份有限公司，广东 蕉岭 514100）

中图分类号：TU834　文献标识码：B　文章编号：1002-9877(2011)12-0056-02

我公司惠州龙门分公司水泥预粉磨系统采用辊压机+V 型选粉机的方式，系统所用的循环风机叶轮在叶片头部和焊缝部位受到严重的磨料磨损和冲蚀磨损。我们曾采用手工堆焊耐磨焊条、粘贴陶瓷片和氧乙炔火焰喷焊等常用的修复工艺修复风机叶轮叶片，虽有一定的效果，但并不理想。为提高设备运转效率，降低工人的劳动强度，我们又采用了超音速火焰喷涂技术，对风机叶轮叶片进行强化处理，效果很好，解决了叶轮磨损的问题。

1　超音速火焰喷涂原理及工艺特点

燃气（丙烷、丙烯或氢气）和氧气分别在 700kPa 压力下输入燃烧室，同时从喷枪喷管的轴向同心圆处由载气（氮气或压缩空气）送入涂层粉末。燃气和氧气在燃烧室混合燃烧形成高压气流，由喷嘴将热气流通入长管时受到水冷壁的压缩，在出口处燃烧的高温射流迅速膨胀，产生焰流速度可达 3 倍音速以上的超音速火焰，其焰流速度是普通火焰喷涂的 4~5 倍，也明显高于一般的等离子焰流速度。

由于超音速火焰喷涂的焰流速度高，所以用这种方法制备的涂层致密，结合强度高，孔隙率小，涂层的残余应力小，可喷涂厚涂层，且由于火焰温度低，粒子飞行速度快，所以被氧化的程度低。

2　风机叶轮叶片涂层性能要求及设计

风机在工作过程中转速很高，固体颗粒从叶轮进口向出口运动。质量大的粗颗粒由于惯性力的作用，在叶片进口易向叶片头部靠拢，并与头部相撞，造成严重冲击磨损。质量小的细颗粒由于惯性小，在叶片进口不会集中向叶片头部运动，但在流道中运动时不断偏向叶片工作面，使叶片出口处颗粒浓度增大，造成叶片出口严重磨损。由于风机转速很高，颗粒易趋向叶片工作面，从而增大叶片磨损。所以叶片表面涂层不但需要有较大的硬度、良好的耐磨性，而且还要求表面涂层与基体有较高的结合强度。在耐磨材料中，金属陶瓷具有优良的耐磨耐蚀性能。采用超音速火焰喷涂技术在整个叶片表面喷涂 WC-17Co 粉末，形成耐磨耐蚀涂层，可满足叶片的工作要求。

3　涂层性能试验与分析

3.1　试验制备

试样材料为 16Mn 钢，尺寸为 35mm×45mm×3.5mm，涂层材料为 WC-17Co，喷涂涂层厚度为 0.25mm。超音速火焰喷涂的主要工艺参数：氧气 1000SCFH，丙烯 72%~74%，送粉氮气 20SCFH，喷涂距离 200mm。

3.2　涂层的微观结构和力学性能

采用 JSM-5910 型扫描电镜（SEM）分析涂层的微观结构，通过金相法测定涂层的孔隙率小于 1%，涂层中的孔洞、未熔颗粒、碳化钨分布等均满足要求。图 1 为 WC-17Co 粉末形貌和涂层微观结构，表 1 为涂层与基体的结合强度，表 2 为涂层的显微硬度。从中可知涂层致密，与基体结合强度高，显微硬度高。

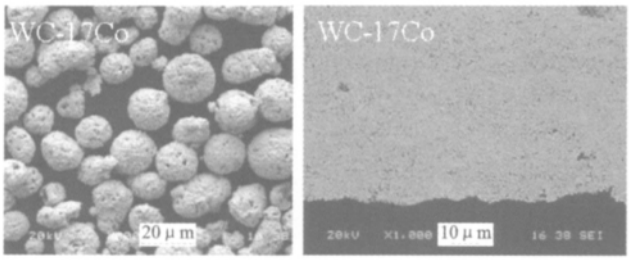
为了确保磨机筒体的热补偿，进料漏斗端面与螺旋叶片端头要留有 20mm 的间隙，所以进料漏斗伸入螺旋叶片 50mm 处。接料舌头伸入螺旋叶片 80mm 处，与螺旋叶片顶端要留有 20mm 的间隙，接料舌头于水平面夹角必须大于 45°。螺旋筒与进料漏斗管回转部分采用毛毡密封，为了保证密封，进料漏斗管 Φ750mm 尺寸表面必须金加工。

3　改造后的效果

螺旋进料属于强制式进料方式，适合于粉状物料，筒体旋转时，给物料一定的轴向推力，而粉料颗粒之间能够连续传递，在轴向推力的作用下均匀地喂入磨内，而不会外泄。使磨头漏料问题得到了根本解决，改善了环境，从根本解决了进料装置对中空轴的疲劳破坏问题，保护了设备，增加了效益。

（编辑　王艳丽）

© 1994-2012 China Academic Journal Electronic Publishing House. All rights reserved.　http://www.cnki.net



粉末形貌　　涂层微观结构

图 1　粉末形貌和涂层微观结构

表 1　WC–17Co 涂层的结合强度

涂层厚度/μm	结合强度/MPa			
	1	2	3	平均
200~300	74.8	80.6	78.8	78.1(胶断)

表 2　WC–17Co 涂层的显微硬度　　HV_{300}

1	2	3	4	5	平均
1 085	1 195	1 130	1 115	1 150	1 135

3.3　磨损试验及其分析

根据风机叶轮的磨损特性,设计了销盘式磨粒磨损试验机做磨损试验。磨损试验参数为:转速 10 000r/min,载荷 12.8N,磨料为 89~110 目石英砂。用电子计数器控制时间,试验时间为 8h。该试验对比叶轮叶片本体材料 16Mn 和超音速火焰喷涂 WC–17Co 涂层材料的耐磨性,磨损试验见表 3。

表 3　叶片本体和喷涂后耐磨性试验结果

试样材料	工艺方法	失重/mg	平均失重/mg	相对耐磨性	硬度/HV_{300}
16Mn	未喷涂	0.201 9	0.203 4	1	
		0.202 8			
		0.205 6			
WC–17Co	超音速火焰喷涂	0.029 6	0.030 5	6.67	1 135
		0.030 8			
		0.031 2			

耐磨性的优劣采用相对耐磨性来评价,同时还测试硬度指标,以衡量涂层的耐磨性。结果表明,与 16Mn 钢相比,WC–17Co 喷涂涂层的耐磨性有了大幅提高,是 16Mn 的 6 倍以上。在没有显著腐蚀时,硬度常作为涂层耐磨性应用的首要指标,WC–17Co 涂层的显微硬度(HV_{300})高达 1 135,这说明超音速火焰喷涂 WC–17Co 涂层具有优良的耐磨性,满足了叶轮叶片涂层的设计要求。

4　生产实际应用

喷涂涂层的制备主要包括基体表面的预处理和喷涂两个过程。

1)基体表面的预处理

由于现场使用的两台循环风机叶轮磨损严重,因此,将叶轮每个叶片进口处全部重新局部更换,并用 J507 焊条补焊,恢复其原始尺寸。对修复完毕的叶轮表面进行喷砂处理,除去表面油和锈,使其表面呈现金属本色,达到 ISO8501–1《喷砂后表面清洁度标准》的"Sa3.0"级,即最彻底清理级。

喷砂工艺参数:河砂粒度 10~60 目,喷砂距离 100~300mm,喷砂角度 60°~75°,空气压力 0.5MPa。

2)喷涂工艺参数

为了保证涂层质量,采用优化后的工艺参数进行喷涂。

①各种气体的参数见表 4。

表 4　喷涂气体的参数

项目	点火程序		主火焰程序		送粉程序
	H_2	O_2	C_3H_6	O_2	N_2
压力/MPa	0.4	0.9	0.7	0.9	0.8
流量	3~6SCFH	3~6SCFH	70%~85%	850~1100SCFH	20~30SCFH

②送粉电动机转速:2.0~3.0r/min。

③喷涂距离:170~250mm。

3)喷涂注意事项

①喷涂前要确保基体表面无气孔、裂纹和焊渣等缺陷,而且要圆滑过渡。

②喷涂过程中要确保工件基体温度小于 150℃,以防涂层开裂和剥落等缺陷。

③根据我们以往的经验,要确定严重磨损区域,在该区域涂层相应加厚 0.1mm,这样能相应延长工件的使用寿命;表面平整是减少风阻和冲刷的关键,这也是超音速喷涂和堆焊的区别之一。

5　结束语

超音速火焰喷涂技术在风机叶轮上的应用,不但解决了由于结合强度不好而使粘贴的陶瓷块容易脱落及风机叶轮质量增加的问题,同时还有效弥补了单一堆焊耐磨焊条防磨效果不够理想的不足。自采用该技术后,我公司的两台循环风机叶轮自 2008 年 8 月份喷涂后,一直状况良好,不仅延长了风机使用寿命,而且质量稳定可靠。

(编辑　王艳丽)

© 1994-2012 China Academic Journal Electronic Publishing House. All rights reserved.　http://www.cnki.net