

莱钢高炉鼓风机叶片磨损分析

汤楚贵

(莱芜钢铁集团有限公司设计院, 山东 莱芜 271104)

摘要: 莱钢4#风机因吸入口环境含粉尘浓度过高, 除尘器除尘效率太低, 导致风机叶片磨损严重, 无法运行, 甚至导致整个动静叶片报废。为了减轻风机叶片的磨损程度, 应该在风机的吸入口处更换除尘效率更高的除尘器。

关键词: 风机; 叶片; 磨损

中图分类号: TF321.8 文献标识码: B 文章编号: 1004-4620(2000)05-0013-03

Analysis on Abrasion of Fan Blade Used in Blast Fan

TANG Chu-gui

(The Design Institute of Laiwu Iron and Steel Group Co., Ltd., Laiwu 271104, China)

Abstract: Because of high dust concentration around inlet of 4[#] blast fan and low deduster yield the fan blades are abraded severely. In order to lighten abrasion of blast fan, it is necessary to change into high efficient duster at inlet of blast fan.

Key words: blast fan; fan blade; abrasion

莱芜钢铁集团有限公司(简称莱钢)改扩建一期工程利用亚行贷款于1992年从日本三菱公司引进了2台MT53-10VP全静叶可调轴流式高炉鼓风机, 为两座高炉供风。这种轴流风机可以作定风压操作, 也可以作定风量操作, 操作灵活方便, 对高炉的适应性很强。1993年5月份试运行, 1993年6月份在2[#]高炉投入生产时正式投入运行。运行初期, 风机运行状况基本良好, 基本上达到设计能力。后来, 由于风机叶片磨损严重, 风机的出力有所下降, 满足不了高炉正常生产的需要。下面就4#风机的磨损情况进行分析。

1 4[#]风机叶片磨损情况

1.1 叶片在轴流风机中的作用

MT53-10VP型高炉鼓风机有两大基本组成部分: 转子和静子。固定在转子上的叶片为动叶; 固定静子上的叶片叫静叶。在第一排动叶之前有一排导流叶片; 在最后一排静叶之后有一排整流叶片。

在4[#]风机基元级中叶栅所构成的通道是扩张的。当气流流过扩张形的静止叶栅通道时, 气体先在动叶中得到外加能量。这种能量一方面加大了气流的动能, 同时又提高了气体的压力, 而所获得的动能又有一部分在后面的静叶栅中, 进一步转化成压力能, 于是通过一个基元级气体的压力提高了。随着气流向后流动, 气流压力一级一级地升高, 最终达到设计所需要的压力, 向高炉供风。

气流在风机中的能量转化全部是在叶片中完成的,叶片是MT53-10VP型轴流式高炉鼓风机的主要工作部分,因此说叶片是此风机的心脏。叶片的叶型改变将直接影响轴流风机的性能。

1.2 叶片磨损情况

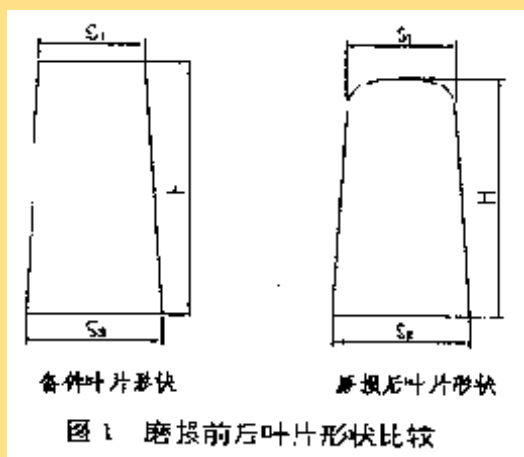
1997年6月11日,对4[#]风机进行了部分叶片外形尺寸的测量和径向间隙的测量。实测参数位置见图1,记录结果见表1、表2。

表1 叶片各参数实测值 mm

级数	备件 弦长		磨损后 弦长		备件高度	磨损后高度	备件厚度	磨损后厚度
	S ₁	S ₂	S ₁	S ₂	H	H	δ	δ
1	64.3	64.5	60	65	126.5	126	3.1	3.0
6	32.1	38.5	15	38	86.3	78	1.8	1.5

表2 实际检测叶片磨损后其间隙值 mm

级数	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
间隙	1.0	1.2	0.8	1.0	3.0	5.0	8.0	10.0	9.0	11.0



根据日本三菱公司提供的资料显示,动叶的径向间隙设计值为0.8~1.2mm。从高炉鼓风机的叶片的外形尺寸及动叶径向间隙的实测值来看,前四级叶片磨损不是很严重,从第五级到第十级的磨损是越来越严重。

2 磨损分析

2.1 定量分析

莱钢4[#]风机吸入口处的空气过滤装置为单级卷帘式空气过滤器。通过对卷帘上尘粒的分析发现,尘粒的主要成分为铁屑。4[#]风机吸入口处空气含尘浓度和粒度分布情况见表3。卷帘式空气过滤器对各种粒径的尘粒效率见表4。含尘空气经过卷帘式空气过滤器后粒度的分布情况见表5。

表3 4[#]风机吸入口处空气含尘浓度和粒度分布情况

粒径 d/μm	百分比/%	含尘量/mg·m ⁻³
0~10	40	0.8

10~20	30	0.6
20~50	15	0.3
50~100	10	0.2
100~1000	5	0.1

表4 卷帘式空气过滤器对各种粒径的尘粒除尘效率

粒径/ μm	0~10	10~20	20~50	50~100	100~1000
效率/%	40	85	92	99	100

表5 含尘空气经过卷帘式空气过滤器后粒度的分布情况

粒度 $d/\mu\text{m}$	百分比/%	含尘量/ $\text{mg} \cdot \text{m}^{-3}$
0~10	80	0.48
10~20	15	0.09
20~50	4	0.0024
50~100	1	0.0006
100~1000	0	0

经过卷帘式空气过滤器除尘后的空气含尘量为 $0.6\text{mg}/\text{m}^3$, 则卷帘式空气过滤器的综合除尘效率为70%。

从前面的分析可知, 经过卷帘式空气过滤器后进入风机的空气中含 $10\sim 100\mu\text{m}$ 的尘粒仍有20%, 即每分钟进入风机的 $10\sim 100\mu\text{m}$ 的尘粒大约有250mg, 这些粉尘足以使做高速(780r/min)离心运动的叶片在作用力比较集中的地方折断。

2.2 定性分析

对4#风机开盖后观察到, 沿气流方向看, 后面叶片比前面叶片磨损更严重, 叶片磨损后的形状呈现出山峦重叠状的波浪型。叶片上这种特征的形成主要与气流运动作用、粉尘粒度大小及粉尘相对打击叶片的撞击速度及角度有关, 且互相牵连。

2.2.1 气流运动作用影响 气流运动作用影响是形成叶片顶部呈山峦重叠的波浪型的主要因素。由于叶片及其径向安装位置所定, 造成其气流的运动阻力加大; 由于粉尘的粒度较小, 重量较轻, 在气流的输送作用下, 部分粉尘通过叶栅后又回流, 与后面的主气流汇合, 继续向前流动, 造成粉尘浓度、速度、撞击角度的不同, 气流运动时形成的涡流和湍流作用会导致宏观上的台阶沟槽的形成; 由于涡流与湍流形成位置是不规则的, 故叶片顶部山峦起伏也不规则。

2.2.2 粉尘粒度大小的影响 不同大小的粉尘在气流输送作用的影响下, 运动形式不同, 所形成的浓度分布、速度及撞击角度也是不同的, 从而形成起伏的波浪型磨损表面。

2.2.3 粉尘相对打击叶片的撞击速度及角度的影响 不同撞击角度及速度, 其磨损不同, 随径向位置尺寸增大, 磨损速度随速度二次方增大, 造成撞击坑也愈大, 金属流失愈严重; 而撞击角随径向位置的增大而减少, 磨损速率随角度的减少而增大, 从而造成了叶片的顶部比根部磨损更为严重。

2.2.4 气流压力和温度的影响 由于气流在轴流式高炉鼓风机中是作扩压流动,随着气流向后面的流动,压力和温度是逐渐升高的。由于压力的升高,在气流流量一定的情况下,气体的密度会增大,粉尘的浓度也相应地增大,对叶片的磨损也就会更严重;由于温度的升高,叶片的硬度会减弱,更容易发生塑性变形,也就是说,叶片更容易被损坏。由此就会发生后面的叶片比前面的叶片磨损得更严重的现象。

观察发现,虽然叶片经磨损后呈波浪型,但有的部位相对光滑、平整;有的部位出现异峰凸起;有的甚至有沟槽;有的叶片顶部还出现翻皮。叶片的这些宏观特征虽然各不相同,但其主要微观原因是一样的。就是由于粉尘撞击叶片而产生撞击坑,大量的粉尘撞击叶片产生塑性变形而形成大量的翻皮;塑性变形而翻起的金属经粉尘的反复撞击产生裂纹,有大量裂纹的翻皮再经撞击后裂纹扩展形成磨屑,脱离金属表面,造成了叶片被磨短和磨薄的现象。

2.3 叶片磨损后对风机运行带来的不良影响

从对风机的叶片进行实测的外形尺寸及动叶径向间隙的实测值可看出:前四级叶片磨损不是很严重,从第五级到第十级的磨损是越来越严重。叶片磨损后,会对风机正常运行带来以下不良影响:

(1)气流在轴流式高炉鼓风机中的扩压流动,使得叶栅后面的压力高于前面的压力,在这个差压的作用下,有一小部分气体经过径向间隙倒流到叶栅前,然后又和主气流汇合在一起向叶栅后流动,因此会消耗部分能量。风机叶片第一、二级磨损并不是很严重,越往后叶片磨损越严重,叶片变得比原来的短、薄。这样就会形成风机进口流量没有多大的变化,而对后面的叶片来说,其流量就会相对地越来越大,即后面叶栅的负荷越来越大。后面气流由于流量的增大而在叶腹产生分离,这时流道的最小喉截面也减小,使得喉截面处的气流速度增大。又由于原来转速本来很高,喉截面处的气流速度也很高,这时气流速度增大就很容易达到音速,通过叶栅的流量即达到临界流量。此后即使通过调节静叶角度、加大进风量、加大叶栅进口气流速度也不能增大通过叶栅的流量了,相当于叶栅被阻塞了。叶片磨损愈厉害、叶片负荷愈大、叶端截面厚度愈薄、径向间隙愈大,则流动损失就愈严重,气流发生阻塞现象就愈厉害,压力上升的幅度就愈小。风机一旦进入阻塞运行,也象喘振一样会使风机发生强烈振动,使风机损坏。

(2)由于叶片的磨损,叶片的固有频率发生了很大变化,远远地偏移了设计值,这样叶片的固有频率就很有可能与外界气流产生的干扰力频率重合,产生共振,使叶片断裂,破坏风机。

(3)叶片磨损后,叶片变得很薄,强度会大大下降,可能会导致叶片因强度下降,在高速离心力的作用下突然断裂,冲击后面叶片,而使风机损坏。

1998年2月12日晚,4 #风机第四级其中一个叶片由于强度下降,在高速离心力的作用下而突然断裂,冲击后面的叶片,导致第五级有2片叶片被打断,第七级叶片有4片被打断,第十级叶片有8片被打断,整流叶片几乎全部被打断。至此,风机已经完全损坏,无法运行。

3 结论

造成叶片呈波浪型、表面的撞击坑、塑性变形而形成大量的翻皮、裂纹以及叶片被磨损后而发生突然断裂现象的主要原因是由于4 #风机吸入口处环境含尘浓度过高,空气过滤器的除尘效率太差所致。建议在风机的吸入口处更换除尘效率更高的除尘器。在设计莱钢1#、2#高炉鼓风机时,其吸入口处采用了除尘效率高达98%的布袋除尘器,从这几年的运行情况来看,其效果非常良好。