

生产实践

提高烧结抽风机转子叶片寿命的研究

林剑东¹, 唐银生², 刘洪明³, 王以全², 张中江²

(1. 攀枝花钢铁研究院, 四川 攀枝花 617000; 2. 攀钢炼铁厂, 四川 攀枝花 617062; 3. 攀钢自动化公司, 四川 攀枝花 617062)

摘 要: 针对烧结抽风机转子叶片耐磨性较低、易磨穿的现状, 采用高铬铸铁合金块和喷熔合金粉, 选择合理的碳弧堆焊电流和喷熔工艺参数联合进行表面强化, 使表面强化后的叶片使用寿命较原来提高 0.75 倍以上。

关键词: 叶片; 喷熔; 堆焊; 表面强化

中图分类号: TG455, TG442 **文献标识码:** A **文章编号:** 1004-7638(2001)02-0046-06

IMPROVEMENT OF SERVICE LIFE OF ROTOR BLADES IN SINTERING EXHAUST FAN

LIN Jian-dong¹, TANG Yin-sheng², LIU Hong-min³, WANG Yi-quan², ZHANG Zhong-jiang²

(1. Panzhihua Iron & Steel Research Institute, Panzhihua 617000, Sichuan, China; 2. Ironmaking Works of PZH Steel, Panzhihua 617062, Sichuan, China; 3. Automation Company of PZH Steel, Panzhihua 617062, Sichuan, China)

Abstract: According to lower wear resistance and easier wear abrasion of rotor blade in sintering exhaust fan, proper electric current of carbon arc build-up welding and the technological parameters of injection welding are altogether selected for surface hardening by use of high chromium cast iron and injection welding alloy powders. Service life of blades after surface hardening is increased by 0.75 times compared with original ones.

Key Words: blade; injection welding; build-up welding; surface hardening

1 引言

抽风机是烧结生产除尘系统的重要设备,其作用是将烧结机尾除尘后的废气抽出,排入大气。经过除尘后的废气中仍含有一定量的粉尘,对抽风机转子叶片进行冲蚀磨损,近年来,随着烧结矿产量的提高,废气中粉尘的密度有所提高,加重了对叶片的磨损,叶片寿命呈下降趋势,不利于烧结生产作业率的提高。因此,要提高烧结抽风机转子叶片的寿命,必须提高其耐冲蚀磨损的能力。

本研究选择制造好的 142—2 抽风机转子的新叶片作为研究试验对象,采用对叶片非焊缝处进行碳弧堆焊和对焊缝进行喷熔的联合表面强化方法,使强化后的叶片寿命较原来的普通叶片有了较大幅

度的提高。

2 表面强化方法及材料的选择

2.1 抽风机转子现状

142—2 抽风机转子的型号为 Y4—73—11N20D,直径 2 m,转速为 960 r/min,抽风量为 28 300 m³/h,进气温度的 200 ℃。每个转子共装有 12 支叶片(每支叶片的尺寸为 700 mm×400 mm×8 mm),叶片的材质为 Q235 钢,形状见图 1。叶片是两块钢板经焊缝 B、E 连接而成,磨损最重的部位是迎风处的 A 区域(呈三角状,150 mm×150 mm 见图 2(a))及焊缝 B 上的一段 B₁ 处(350 mm×20 mm,见图 2(b)),B₁ 处的外端和叶片与轮盘间的连接焊缝相接,抽风机转子下线基本上都是 A 或 B₁ 处被磨

穿所致。以前是用 E5015(J507)焊条在 A 处堆焊一层 2.0~3.0mm 厚、耐磨性较差的保护层,其成分和 16Mn 相当。B₁ 是连接焊缝,所用焊条也是 E5015,未对焊缝进行表面强化处理。

2.2 表面强化方法的选择

抽风机转子叶片的表面强化方法较适用的主要

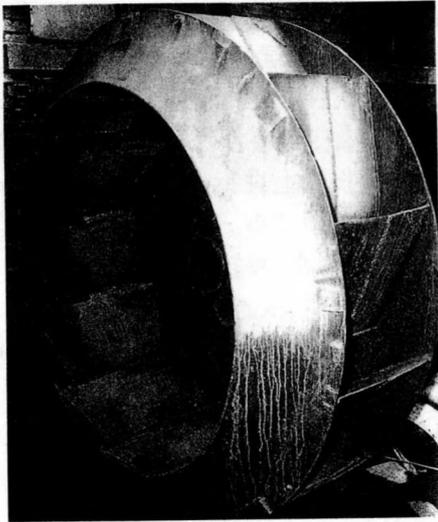


图 1 抽风机转子形状

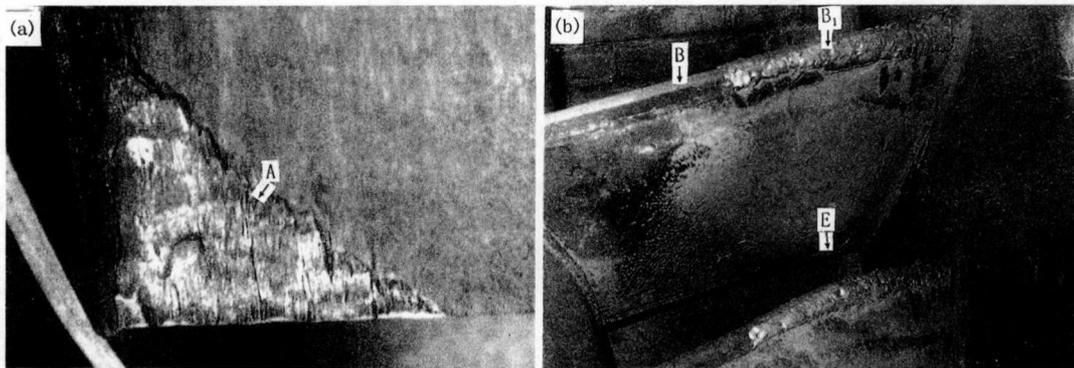


图 2 叶片磨损示意图

左右,碳化物体积分数等于 30%,此时的耐磨性较好^[2]。抽风机转子叶片,选择该类合金作为表面强化材料较为适合。

从经济指标看,高铬铸铁合金块同焊条相比,其最大的优点是综合经济成本低,故 A 区域堆焊采用高铬铸铁合金块。考虑到稀释率的因素,高铬铸铁合金块的主要成分 C 和 Cr 应比堆焊后合金的实际含量高 1 倍左右,故选择 Fe60 高铬铸铁作为堆焊合金。其成分见表 1。

有堆焊和喷熔。堆焊比喷熔操作简单,更易获得耐磨性很好而成本较低的表面强化层。对 A 区域,选用手工堆焊;B 区域由于是连接焊缝,堆焊耐磨合金易导致其开裂,故选择喷熔。

2.3 表面强化材料的选择

2.3.1 高铬铸铁合金块

高铬白口铸铁是一种价廉物美的材料,当 Cr 含量高于 11%,Cr、C 含量比值超过 3.5 时,其中的碳化物主要是 M₇C₃ 和 M₂₃C₆ 型碳化物,M₇C₃ 和 M₂₃C₆ 型碳化物不仅硬度比 M₃C 型碳化物高(M₇C₃:HV1 200~1 800,M₂₃C₆:HV1 000~1 100),而且基本上是以孤立的条状形态存在,与呈网状连续分布的 M₃C 型碳化物相比,大大增强了基体的连续性,因而整体材料的韧性显著提高,抗冲蚀磨损的能力大为增强。在抽风机转子叶片这类受冲蚀磨损的地方,高铬白口铸铁是一种比较理想的抗磨材料,其具体成分的确定主要参照碳化物体积分数,可按下式进行计算^[1]:

$$\text{碳化物}(\%) = 12.33(\% \text{C}) + 0.55(\% \text{Cr}) - 15.2$$

合金中的 C 含量在 3.0% 左右,Cr 含量在 25%

表 1 Fe60 高铬铸铁合金块成分 %

C	Si	Mn	Cr	Ni	S	P
5.35	4.33	5.78	45.6	0.22	≤0.030	≤0.030

2.3.2 喷熔合金粉

喷熔常用的耐磨自熔合金粉有铁基合金粉 Fe50、镍基合金粉 Ni60 和钴基合金粉 Co55,其硬度为 HRC55~60,成分见表 2。Ni60 含有较多的镍,Co55 中含有较多的钴和钨,具有良好的红硬性,故 Ni60 合金在 500℃ 以下、Co55 合金在 700℃ 以下都

表2 3种喷熔合金粉的成分

品种	成分							W
	C	Si	Ni	Cr	B	Fe	Co	
Fe50	0.9~1.3	3.0~4.0	30~36	8~12	3.0~4.0	余量		
Ni60	0.5~0.6	3.0~4.0	余量	15~20	3.0~4.0	≤5.0		
Co55	0.5~0.6	2.5~3.6		15~20	3.0~4.0	≤5.0	余量	12~14

具有较好的耐磨性。抽风机转子的进气温度为200℃,叶片的温度约100℃左右,属低温区,使用镍基合金粉Ni60和钴基合金粉Co55不经济,故选择铁基合金粉Fe50。

3 试验条件和方法

3.1 碳弧堆焊电流试验

碳弧堆焊时,在堆焊材料相同的情况下,工艺参数中对堆焊层影响最大的是电流,它决定堆焊层的稀释率,从而对堆焊层的组织、性能具有决定性的影响。

试验采用200 mm×100 mm×10 mm的Q235钢板,高铬铸铁合金块Fe60的尺寸为60 mm×30

mm×3 mm,石墨电极的直径为8 mm;采用ZXG—400硅整流焊机,直流正接;选择5种焊接电流范围进行堆焊,测出堆焊层的硬度、稀释率和耐磨性,各指标均测定5次,取其平均值作为最后结果。

受条件限制,耐磨性试验在MLS—23湿砂橡胶轮式磨损试验机上进行。磨损时间90 min,载荷19.6 N,胶轮转速240 r/min,40~60目石英砂,1.5 kg砂+0.9 kg水,胶轮直径为178 mm。

3.2 喷熔工艺参数试验

试验用的母材为Q235钢,尺寸为500 mm×300 mm×10 mm,每次喷熔层的尺寸为350 mm×20 mm×(1.5~2.0) mm,母材先清除表面氧化物,所用设备和部分工艺参数见表3。

表3 喷熔工艺参数试验所用设备和部分工艺参数

工序	设备	气体压力/MPa		气体流量/m ³ ·h ⁻¹		送粉量/kg·h ⁻¹
		氧气	乙炔	氧气	乙炔	
喷熔	QH—2/h	0.35	0.07	0.70~0.80	0.60~0.80	1.6
重熔	SCR—100	0.40	0.08	1.2~1.4	1.4~1.6	

3.2.1 预处理

喷熔时,若工件表面预热温度超过250℃,将出现较严重的氧化,甚至可能超过铁基自熔合金粉的自脱氧能力,从而降低喷熔层与基体的结合力,导致喷熔层开裂或剥落。为防止该现象,喷熔前工件表面应进行预处理。

本项研究中,共进行了两种工艺的对比试验。喷熔完后用蛭石保温至室温,比较喷熔层开裂情况。

工艺1:母材直接预热到250℃,然后喷熔。

工艺2:母材预热至100℃时,先预喷涂0.1~0.2 mm的Fe50铁基合金粉,再预热到250℃进行喷熔。

3.2.2 预热温度

喷熔时,预热温度对喷熔层质量影响很大,太高或太低,都可能导致喷熔层开裂。

预热温度试验从150℃开始,每隔50℃进行一

次,直到400℃止,每一温度试验10个样,喷熔完后用蛭石保温至室温,记录喷熔层开裂试样的比例。每次预热至100℃时,先预喷涂0.1~0.2 mm的Fe50铁基合金粉,防止加热过程中氧化太严重。

3.2.3 后处理

为防止喷熔后工件因热应力而开裂,通常须缓冷。在前面的试验中,喷熔后的试样都是用蛭石保温至室温,考虑到叶片上需喷熔的B₁区域面积不大,若通过试验证明可以取消该工序,将大大方便操作。

共试验10个样,喷熔完后空冷至室温,记录喷熔层开裂试样的比例。

4 试验结果

4.1 碳弧堆焊电流试验和理化性能检验

碳弧堆焊电流试验和喷熔层的硬度及耐磨性试验的结果见表4,Fe60碳弧堆焊层和Fe50喷熔层化

学成分检测结果见表 5, Fe60 合金块碳弧堆焊层金相检验的结果见图 3, Fe50 合金粉喷熔层金相检验

的结果见图 4。

4.2 喷熔工艺参数

表 4 碳弧堆焊电流试验和喷熔层硬度及耐磨性检测结果

试样	电流/A	稀释率/%	硬度/HRC	磨损失重/mg
Fe60	200~230	49	62	8.0
Fe60	230~260	49	61	8.2
Fe60	260~290	52	62	8.8
Fe60	290~320	62	58	30.5
Fe60	320~350	70	56	53.8
16Mn			23	386.8
Fe50 合金粉			56	50.6

表 5 Fe60 碳弧堆焊层和 Fe50 喷熔层化学成分

	C	Si	Ni	Cr	B	Fe	Mn	S	P
Fe50	1.1	3.3	33	10	3.5	余量		≤0.030	≤0.030
Fe60	2.70	2.17	0.11	22.8		余量	2.88	≤0.030	≤0.030

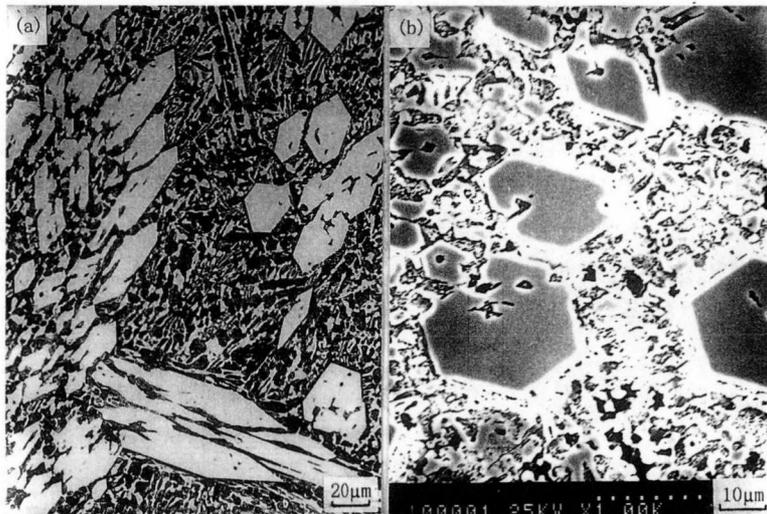


图 3 Fe60 合金块碳弧堆焊层金相组织检验结果
马氏体+碳化物+共晶组织+残余奥氏体
(a)金相; (b)SEM

喷熔预热温度试验的结果见表 6。预处理试验中, 工艺 1 试样的开裂率为 60%, 工艺 2 试样的开裂率为 0; 后处理试验中, 喷熔后空冷的 10 个试样经表面渗透探伤检查, 喷熔层均未发现裂纹。

表 6 预热温度试验结果

温度/℃	开裂率/%
150	100
200	60
250	0
300	0
350	30
400	80

5 分析和讨论

5.1 碳弧堆焊电流的确定

由表 4 看出, 当堆焊电流小于 290 A 时, 堆焊层的硬度、稀释率和磨损失重变化不大; 当堆焊电流大于 290 A 时, 随着电流的增大, 稀释率和磨损失重明显增加, 硬度明显减少。这是由于 Fe60 合金块堆焊后的合金层属亚共合金, 而亚共合金碳化物体积的分数在不超过 30% 时, 随着稀释率增加, 合金内的碳化物体积分数减小, 耐磨性降低; 30% 时, 耐磨性最好; 超过 30%, 随碳化物体积分数增加, 耐磨性降低^[1]。考虑到电流增大, 叶片的变形也会增加, 故

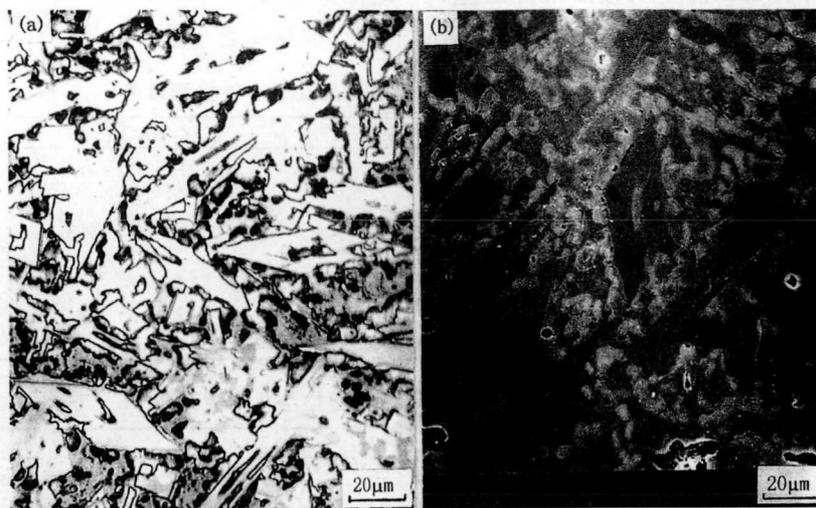


图 4 Fe50 合金粉喷熔层金相组织检验结果
奥氏体 + 碳化物 + 硼化物
(a)金相; (b)SEM

选择电流范围为 200 ~ 230 A, 此时合金的 C 为 2.7%, Cr 为 22.8% (表 5), 碳化物体积分数等于 30.6%, 高铬铸铁的耐磨性较高。由图 3 知, 合金层的组织为马氏体 + 碳化物 + 共晶组织 + 残余奥氏体, 碳化物不仅量多, 且呈孤立的条状, 具有良好的耐磨性和抗冲击韧性。

5.2 喷熔工艺参数的确定

5.2.1 预处理

工艺 1, 由于将母材直接预热到 250℃, 基体表面产生严重氧化, 颜色也由银白色变为兰色, 已超过 Fe50 铁基合金粉的自脱氧能力, 故喷熔时, 基体不能被充分浸润, 影响喷熔层与基体的结合, 导致喷熔层出现开裂。工艺 2, 由于 Fe50 铁基合金粉中含有大量的抗氧化性很强的元素 Ni 和 Cr (见表 5), 其含量分别达到 33% 和 10%, 这样就可保证加热到 250℃ 时, 已预喷保护层的基体氧化很轻, 从而不会超过 Fe50 合金粉的自脱氧能力。故喷熔时, 应采取工艺 2 的预处理工序。

5.2.2 预热温度

由表 6 可知, 当预热温度在 250 ~ 300℃ 时, 喷熔层开裂率为零; 而高于或低于此温度范围, 喷熔层都不同程度地存在开裂现象。高于此温度范围, 温度越高, 开裂越严重; 低于此温度范围, 温度越低, 开裂越严重。这是由于当预热温度低于 250℃ 时, 基体温度偏低, 而喷熔层温度很高, 在重熔后的冷却过

程中, 喷熔层急剧收缩, 基体收缩很少, 喷熔层内部产生拉应力, 导致喷熔层开裂。而预热温度高于 300℃ 时, 则情况正好相反, 喷熔层内部产生压应力, 导致喷熔层开裂。预热温度越高, 叶片的变形也会增加, 所以喷熔的预热温度选择 250℃。

5.2.3 后处理

后处理试验中, 喷熔后的 10 个样空冷至室温状态, 均未发现裂纹, 这是由于试样和焊缝喷熔处周围的刚度较小, 在空冷条件下, 即使其内应力比用蛭石缓冷时大, 但仍然保持在一个较低的水平, 因而喷熔层不会开裂, 故取消蛭石缓冷的后处理工序可行。

6 工业试验

按照试验结果和所作的分析讨论, 选择最佳的工艺参数对抽风机转子叶片喷熔 Fe50 铁基合金粉和堆焊 Fe60 合金块, 喷熔层和堆焊层的厚度分别为 2.0 ~ 3.0mm 和 1.2 ~ 1.5mm, 经渗透探伤, 喷熔层表面无裂纹。

表面强化后的 142—2 抽风机转子经严格的动平衡检测, 于 1999 年 10 月 12 日装机运行, 2000 年 5 月 13 日下线, 共运行 7 个月, 期间运转平稳, 从未间断过。而在 1998 ~ 1999 年间 142—2 抽风机转子叶片的平均寿命不足 4 个月, 可见, 表面强化后的叶片使用寿命较原来提高 0.75 倍以上。

经下线后检查, 堆焊 Fe60 高铬铸铁合金层的 A

区域尚残留 1.2~1.5 mm 厚的堆焊层,而喷熔 Fe50 铁基合金粉的靠近轮盘一侧的 150 mm×20 mm 长的 B₁ 区域已被磨穿,这说明堆焊层和喷熔层的耐磨性还有差异,对提高喷熔层的耐磨性方面再做工作后,还可进一步提高抽风机转子叶片的寿命。

7 结论

(1) 抽风机转子叶片,采用对叶片焊缝喷熔 Fe50 铁基自熔合金粉和对叶片非焊缝处碳弧堆焊 Fe60 高铬铸铁合金块的联合表面强化方法,并在喷

熔时取消了常规的缓冷后处理工序,使叶片使用寿命较原来提高 0.75 倍以上。

(2) 碳弧堆焊 Fe60 高铬铸铁合金块的主要工艺参数如下:石墨电极的直径为 8 mm,采用对称堆焊法,直流正接,电流为 200~230 A,电压 25~35 V。

(3) 喷熔 Fe50 铁基合金粉的主要工艺参数如下:工件的预热温度为 250 ℃,基体预热至 100 ℃ 时,先预喷涂 0.1~0.2 mm 的 Fe50 铁基合金粉,喷熔完后空冷至室温。

参考文献:

- [1] 郝石坚. 高铬耐磨铸铁[M]. 北京:煤炭工业出版社,1993. 98,216—218.
- [2] 林剑东. 攀钢线材厂热轧复合导卫板的研制[J]. 攀钢技术,1998(4):56.

编辑 雷念慈

收稿日期:2000-12-01

(上接第 45 页)

参考文献:

- [1] 盛世雄,黄有猷. 冶炼钒钛磁铁矿的高炉喷煤技术[A]. 高炉冶炼钒钛磁铁矿理论与实践[C]. 北京:冶金工业出版社,2000. 712.
- [2] 施月循,王文忠. 钒渣与焦炭界面性质的研究[J]. 钢铁钒钛,1989,10(2):16—25.
- [3] 詹星. 小高炉冶炼钒钛磁铁矿解剖研究[J]. 钢铁钒钛,1984,5(2):3—19.
- [4] 汤清华,马树涵,等. 高炉喷吹煤粉知识问答[M]. 北京:冶金工业出版社,1997. 168.
- [5] 首都钢铁公司,冶金部试验组. 首钢 516 米³ 高炉冶炼钒钛磁铁矿模拟试验[A]. 攀枝花钒钛磁铁矿选矿烧结高炉冶炼试验资料汇编[C]. 北京:冶金工业出版社,1978. 397.
- [6] 李永镇,袁进恩,钟利. 冶炼钒钛磁铁矿时不完全燃烧的煤粉对炉渣粘度的影响[A]. 高炉冶炼钒钛磁铁矿理论与实践[C]. 北京:冶金工业出版社,2000. 710.

编辑 余文华

收稿日期:2000-12-26