

激光熔覆镍基和钴基自熔合金的研究

尚丽娟 朱荆璞
(沈阳工业大学, 110021)

谭朝鑫
(沈阳鼓风机厂)

摘要: 本文采用镍基、钴基自熔合金通过激光熔覆获得性能优良的合金覆层, 改善了叶片的耐磨性、耐蚀性, 达到了提高使用寿命达10倍以上的目的。

关键词: 激光熔覆, 镍与钴, 自熔合金

Investigation on laser-deposition and the self-melted Co-base and Ni-base alloys

Shang Lijuan, Zhu Jingpu
(Shenyang Polytechnic University, Shenyang)

Tang Chaixin
(Shenyang Air Blast Machine Plant, Shenyang)

Abstract: This paper reports that the high quality coated layers of self-melted Ni-base and Co-base alloys can be obtained by laser-deposition, and the wear and corrosion resistance of the blade can be improved so that their lifetime can be increased over a factor of 10.

Key words: laser deposition, Ni and Co, self-melted alloys

一、前 言

目前电站用的煤粉通风机、排烟通风机、烧结用离心鼓风机、水泥厂排尘风机等都工作在恶劣环境下, 其叶片承受着低应力磨料的磨损。叶片是风机的主要部件, 改善叶片的性能是提高风机设备质量的关键。对此, 我们用镍基和钴基自熔合金通过激光将其熔覆到叶片的表面。初步试验结果表明, 利用这种办法可以达到提高使用的目的。

二、试 验 条 件

2.1 试验用材

基材采用15MnV(热轧状态)。试样按磨料磨损。试验机的规格为 $15 \times 50 \times 4.5$ 。处理面积为 15×50 。涂层厚度为 $300 \sim 400 \mu\text{m}$ 。覆层材料为镍基和钴基自熔合金粉末(300目), 其具体成份见表1。

表 1 涂层合金的化学成份

化 学 成 份										
	Ni	W	Cr	Mo	B	Si	Fe	C	WC	Co
合 金										
镍合金	余	—	16	—	3.5	4.5	1.5	0.8	3.5	—
钴合金	13	3	14	4	2	2.5	3	0.3	3.5	余

2.2 试验方法

采用 8pH-4/h 型喷焊炬喷涂, QJJ-2 型 2 kw 激光加工机重熔, 其预热及后热处理均利用箱式电炉, 处理过程如下:

火焰喷涂 → 预热(400°C, 20 min) → 激光重熔 → 后热(400°C, 20 min)

激光熔覆工艺见表 2。

表 2 激光熔覆参数

合 金	输出功率 (W)	光斑直径 (mm)	作用时间 (s)
镍合金	1150	3.5	0.5
钴合金	1250	3.5	0.6

2.3 检测

根据失重法, 用 MLD-10 型动载磨料磨损实验机和分析天平测试耐磨性, 用 D/MAX-YA12kw X 射线衍射仪对试样测定涂层相结构, 用国产 71 型显微硬度计测其硬度, 并用形貌观察比较各种材料抗酸蚀性能。其它则借助于普通金相显微镜、JSM-84 型电子扫描显微镜及电子探针等作金相分析。

三、试验结果与讨论

喷涂首先是用火焰将金属粉末加热至半熔态, 然后通过压缩空气的雾化使之强粘附于基体表面^[1]。由于粉末颗粒表面及基体表面上有氧化膜因而影响到彼此间的结合, 故这种涂敷



图 1 火焰喷涂形貌(400×)



图 2 激光熔覆的宏观态(40×)

结合强度是很低的,其组织形貌如图 1 所示。经过激光重熔后,情况有了很大的改变,图 2 是激光处理后试样截面的低倍形貌,可见覆层已无裂纹产生。

3.1 涂层与基体的结合

图 3 示出了镍基和钴基自熔合金覆层与基体的结合情况, (a) 为镍基合金, (b) 为钴基合金。由图可见,在涂层与基体之间形成了扩散带,它是通过基体表层的微量熔解和涂层材料向基体的扩散而形成的冶金结合^[2],具有较高的硬度和抗蚀性。本试验工艺比较合理,扩散带的宽度也很适中(约 $5\sim 8\mu\text{m}$)。根据截面元素的分布(如图 4 所示),该扩散带以 Fe 为基,其中固溶着一定量的 Co (或 Ni)。及少量的 Cr、W,故可推断为 $\alpha\text{-Fe}$ (或 $\gamma\text{-Fe}$) 结构。

有关涂层与基体的结合方面,目前研究得不多。本研究以钴基合金为例,从正面观察交界处的组织情况。如图 5 所示,当中的黑点相为 $\alpha\text{-Co}$,且多为一次枝晶组织。进一步观察其形貌则不难发现,涂层 $\alpha\text{-Co}$ 枝晶相的析出具有一定规律性,即受基体组织形态的影响。

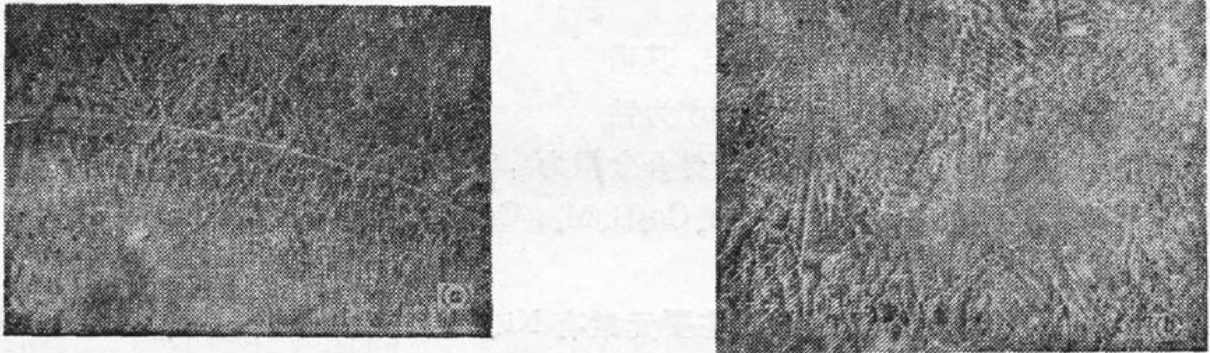


图 3 合金覆层截面组织

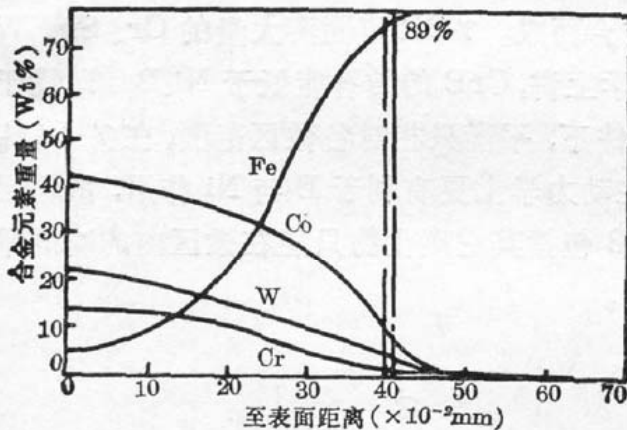


图 4 钴基合金元素分析

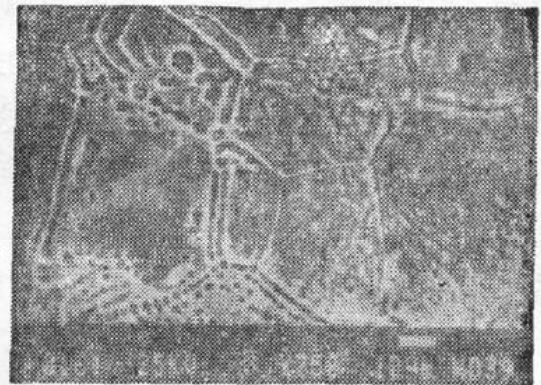


图 5 钴基合金涂层根部组织(400 \times)

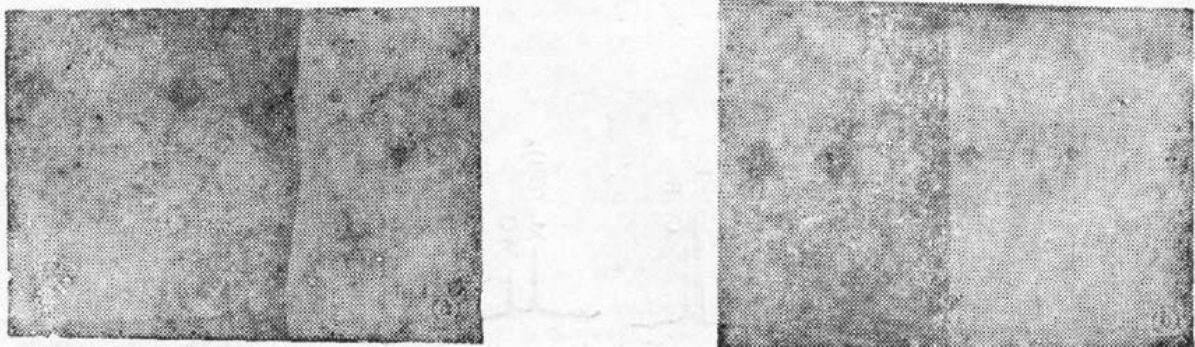


图 6 合金覆层硬度分布(200 \times)

(a) 镍基合金; (b) 钴基合金

3.2 性能

1) 硬度 经重熔处理的镍基和钴基合金覆层硬度分布见图6。镍基合金覆层的最高硬度达 $H_V 1250$, 钴基合金覆层最高硬度达 $H_V 1450$ 。基体心部硬度为 $H_V 270$ 。

2) 耐磨性 磨料磨损实验结果示于图7。可见, 激光熔覆镍基与钴基自熔合金可显著提高材料表面的耐磨性, 但钴基合金的耐磨性更好。

3) 耐蚀性 观察经 15% HNO_3 水溶液浸泡(持续4小时)的试样, 比较腐蚀情况表明, 原材料试样已出现许多蚀孔, 而经激光重熔后的试样则只有轻微的腐蚀, 同时钴基合金的抗蚀性亦最佳。

3.3 组成相

对刻蚀后的试样作 X 射线衍射测定, 其谱线如图8所示, 图8(a)为镍基合金, 8(b)为钴基合金。可见, 在镍基合金覆层中的主要合金相为: $\gamma-Ni$, Ni_3B , $M_{23}(CB)_6$, CrB 及 WC , Cr_2B ; 在钴基合金覆层中合金相由 $\alpha-Co$, Co_2B , $M_{23}(CB)_6$, CrB , M_6C 及 WC 组成。

3.4 分析

1) 镍基合金 影响该合金组织的主要元素有 Ni 、 Cr 、 B 。W 和 Si 基本固溶于 $\gamma-Ni$ 中, 故可参考 $Ni-Cr-B$ 三元合金相图^[3], 从合金组成上看大致落在 $\gamma-Ni$ 、 CrB 、 Ni_3B 三相区内, 因此覆层中出现了大量的 $\gamma-Ni$ 及一定量的 Ni_3B 和 CrB 。而其中的 Cr_2B 可以认为是在快速冷凝过程中, 由基体中过饱和的 B 和固溶态的 Cr 结合而成。 $\gamma-Ni$ 可固溶大量的 Cr 、 Si 、 W 等元素这是本合金的主要相, 其次是 Ni_3B 。从热力学上讲, CrB 的结合能低于 Ni_3B , 即优于 Ni_3B 的形成, 但在激光加热和快速冷却这种特殊条件下, 平衡只相对各微区范围, 在 $\gamma-Ni$ 相前沿富集着大量的 B 和一定量的 Cr 、 W 等, 因此在动力学上更有利于 B 与 Ni 作用, 故覆层中出现了大量的 Ni_3B 相。正因为如此, Ni_3B 、 CrB 包括其它碳化物只能在微区内的瞬间平衡中形成与长大。图10为 $Ni-B$ 二元系合金状态图。

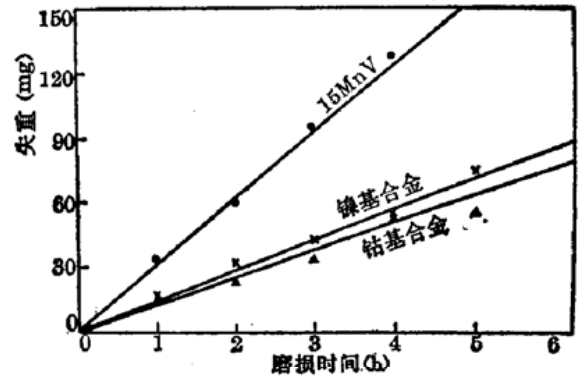


图7 磨损量-磨损时间关系
(条件: $\phi 1$ mm 石英砂, 200 rpm)

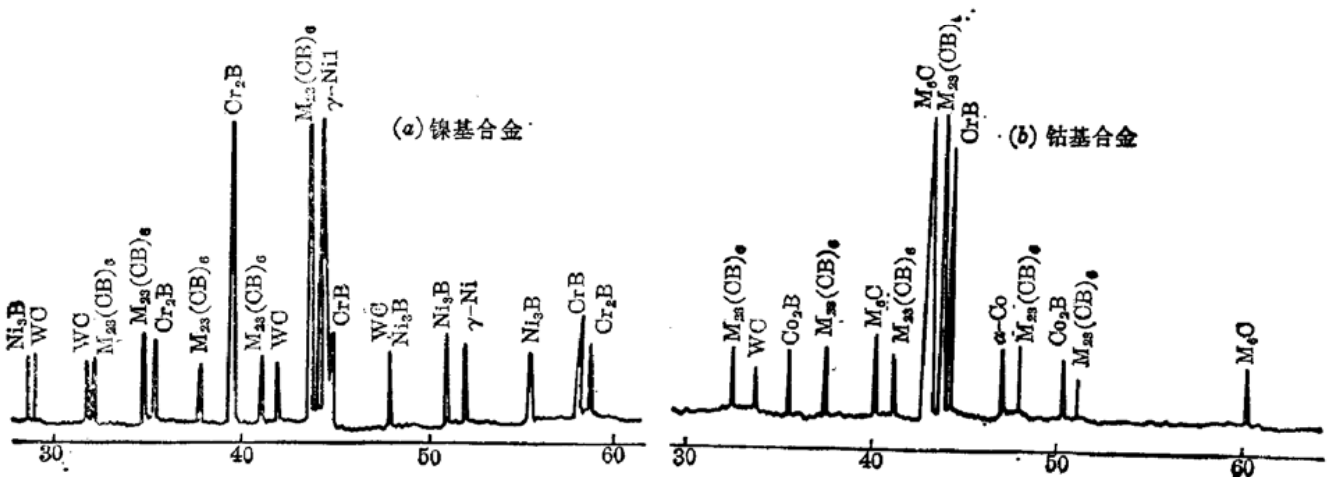


图8 合金覆层 X 射线衍射谱线

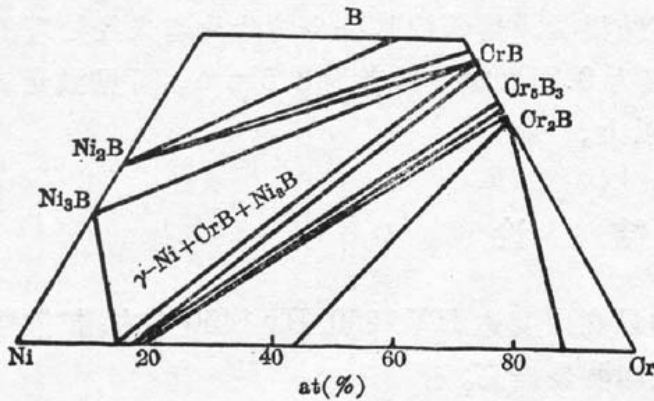


图 9 Ni-Cr-B 三元系等温截面图(1000°C)

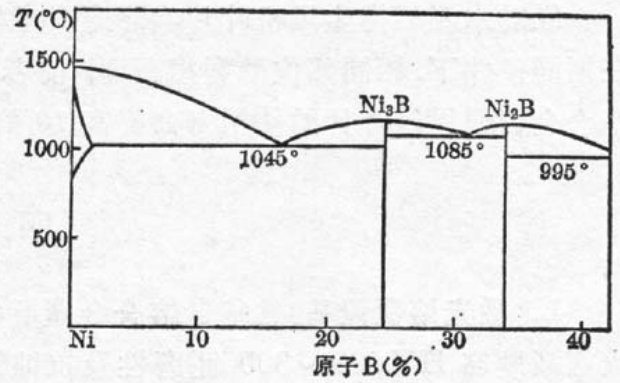


图 10 Ni-B 三元系合金相图

从正面观察镍基合金的覆层组织(如图 11 所示),其中已被腐蚀的部分为 γ -Ni 枝晶,枝晶间主要为 γ -Ni+Ni₃B 共晶及 CrB 和各种碳化物等多元共晶混合物。这种复杂的共晶组织具有高硬度、高耐磨性和高的抗蚀性能^[4]。

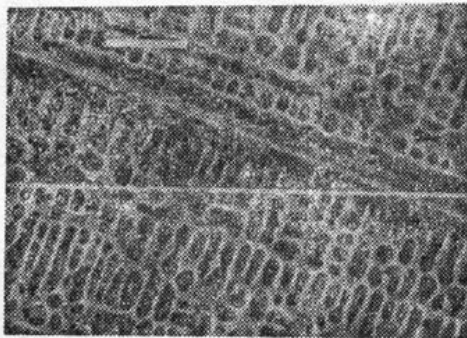


图 11 镍基合金

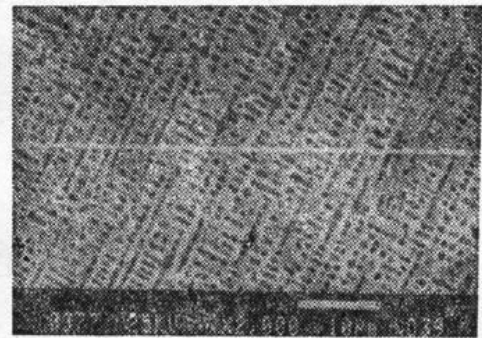


图 12 钴基合金

2) 钴基合金 钴基合金的组织形貌与镍基合金很相似(如图 12 所示),其晶粒更细小。主要相为 α -Co(CHP)。此不赘述。

在性能方面,钴基合金较镍基合金有更高的硬度、耐磨性和耐蚀性。这除与 Ni、Co 本身的特性有关外,在钴基合金中尚有一定量的 W、Mo,这两种合金元素对基体都起着固溶强化的作用,并形成坚硬的碳化物,且能顶替部分碳、硼化合物中的 Cr 而相对提高 Cr 在 α -Co 中的固溶量。因此,钴基合金较镍基合金的性能更佳,且两者均远优于基材。

3.5 存在的问题

试验中发现存在以下两个问题:(1)镍基合金中 WC 的数量明显减少,且颗粒尺寸分布不均。这可能是由于在火焰喷涂过程中 WC 保持很高的弹性而被溅射掉。同时因为激光熔区温差很大,高温区 WC 基本熔化,而低温区仍有尚未熔尽的 WC 粒子,它们在 γ -Ni 析出或析出以前已长大并促进其它相的析出。(2)在一些试样激光扫描带的边缘区发现其截面组织不均(如图 13 所示),在根部和近表面区均为枝晶组织,且沿相对方向生长。可能是由于受横向涡流作用而造成表面异质形核所致。

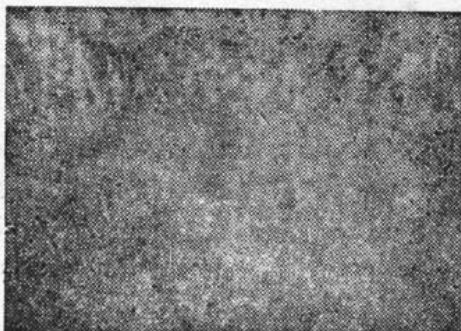


图 13 覆层中的不均匀组织(500×)

在根部和近表面区均为枝晶组织,且沿相对方向生长。可能是由于受横向涡流作用而造成表面异质形核所致。

3.6 生产应用效果

经对水泥厂排尘风机叶片实际寿命考核结果为, 熔覆镍基合金的叶片与未经处理的叶片在相同条件下, 相同部位的磨损深度, 前者仅为 0.31 mm, 后者为 3.5 mm。可见激光熔覆镍基合金可使风机叶片的使用寿命提高 10 倍以上。

四、结 论

1. 激光熔覆镍基、钴基自熔合金覆层的最高硬度达 HV 1250, Hv 1450 左右; 扩散层较淬火区硬度高 HV 200~300; 耐磨性及抗蚀性均明显提高。

2. 熔覆层的组织特征基本是树枝晶及枝晶间分布的共晶混合相及析出相。在镍基合金中由 γ -Ni、 Cr_2B 、 Ni_3B 、 $\text{M}_{23}(\text{CB})_6$ 及少量的 Cr_2B 、 W_2C 所组成; 钴基合金由 α -Co、 Co_2B 、 $\text{M}_{23}(\text{CB})_6$ 、 M_6C 、 Cr_2B 及 W_2C 所组成。

参 考 文 献

- 1 四川热喷涂协作组, 氯乙烯焰喷涂技术, 四川科技出版社
- 2 顾德骥, 国外自熔合金喷涂技术, 科技出版社
- 3 侯鲁寿 *et al.*, 实用三元合金相图, 上海科技出版社
- 4 郭可信, 金属学报, 3(14), 1, 78(1978)

Nd:YAG 和 CO_2 激光治疗尖锐湿疣 112 例对照观察

尖锐湿疣是一种由人乳头瘤病毒引起的性传播疾病, 主要发生于外生殖器部位, 又称生殖器疣或性病疣。对本病治疗除有药物足叶草酯、三氯醋酸, 氟脲嘧啶霜、酞丁安霜外, 液氮冷冻疗法、 CO_2 激光治疗等物理疗法也已采用, 其中以 CO_2 激光治疗疗效好。本文操用 Nd³⁺:YAG 激光光纤治疗与 CO_2 激光治疗进行对照比较。

患者: 男 64 例, 女 51 例。年龄 20~40 岁居多, 21~30 岁 71 例; 31~40 岁 40 例; 61 岁 1 例。部位: 外生殖器 64 例, 肛门周围 38 例, 趾蹼 5 例, 尿道外口 4 例, 多发部位 4 例。

Nd³⁺:YAG 激光器波长 1.06 μm , 输出功率 0~80W 可调; 耦合单丝石英导光纤, 直径 500 μm , 长度 3m, 导光率 >80%, 实际使用时石英导光纤输末端输出功率 10~20W。 CO_2 激光器波长 10.6 μm , 输出功率 0~10W 可调, 光束聚焦后直接照射, 作用时可以调节焦点与病变组织距离。

病损区用新洁尔灭常规消毒。2% 利多卡因局麻。充分暴露疣根部后用激光进行切割-炭化-气化。75% 酒精拭除创面, 红汞或龙胆紫消毒, 有的用纱布包扎。1:1000 高锰酸钾坐浴。所有病例均不用抗菌素。

两种激光的疗效都较好, 一次治愈率均在 90% 以上, 个别复发病例经第二次治疗即愈。复发的原因, 主要是病灶残留, 或因病灶范围大, 在治疗过程中稍有遗漏; 或因有的病灶局部有糜烂、感染, 一时分不清正常与异常组织; 有时在病灶周围已经出现针头大小的微小点易被忽略等。为了防止术后继发感染, 治疗前控制感染及病灶严密消毒, 治疗后每天除涂擦汞或龙胆紫。对肛门周围及蹼间进行 He-Ne 激光照射能起到预防治疗、促进创面愈合等作用。

Nd³⁺:YAG 激光治疗的一次成功率比 CO_2 激光治疗的一次成功率高, 约 1/74:3/38。主要原因是 Nd³⁺:YAG 用光纤传导, 操作灵活方便, 对孤立病灶或大面积皮损, 从其根部进行切割-烧灼-气化, 又准又快又好, 对正常组织损伤很小, 加上 Nd³⁺:YAG 有良好的止血作用, 手术视野清晰, 小病灶不易遗漏, 所以复发率更低。另外用 Nd³⁺:YAG 激光光纤还可对阴道, 宫颈、尿道口等微小病灶进行得心应手的有效治疗。

(上海市黄浦区中心医院医疗激光研究室, 200002 龚维振 庄悦祥 程丽征 马美荣
1990 年 10 月 23 日收稿)