

飞机起落架轴颈模拟试样的激光熔覆

朱海红 唐霞辉 朱国富 李家镛

(华中理工大学激光技术与工程研究院, 武汉, 430074)

李光霞 戴淑娟 邹鸿承 魏志德

(华中理工大学力学系, 武汉, 430074)

摘要: 采用三种不同的合金粉末对制造飞机起落架的常用材料 30CrMnSiNi2A 进行了激光熔覆处理。并与对磨的高频淬火试样进行了环与环的接触疲劳磨损试验, 用失重法比较了三种粉末激光熔覆后的耐磨性。并且对其中 Ni 基试样的熔覆层及过渡层进行了硬度分析、金相组织及性能分析。结果表明: 采用激光熔覆工艺能显著提高试样的耐磨性, 其中又以含有 30% WC 的 Ni 基粉末为最好。

关键词: 飞机起落架 激光熔覆 耐磨性

Laser cladding of simulating sample used in plane landing gear neck

Zhu Haihong, Tang Xiahui, Zhu Guofu, Li Jiarong

(Institute of Laser Technology & Engineering, HUST)

Li Guangxia, Dai Shujuan, Zhou Hongcheng, Guo Zhide

(Department of Mechanics, HUST)

Abstract: A laser cladding has been processed on the 30CrMnSiNi2A which is often used in making plane landing gear by using three kinds of alloy powder, and the contact fatigue erosion test is done with the high-frequency queching sample, then the wearing resistance is compared by using the method of weight loss. The microhardness distribution, microstructure and properties of cladding and transition layer of nickel-based alloysample are analysed. The results show: the wearing resistance can be greater improved by laser cladding process, among these three kinds of alloy powder, the wearability of Ni + 30% WC is the best.

Key words: plane landing gear laser cladding wearing resistance

一、引 言

飞机起落架在运行过程中要承受强大的冲击载荷, 所以磨损较快。特别是支柱外筒轴颈处, 它的磨损常导致起落架收放故障。如何提高其使用寿命或对已磨损件进行修复, 是人们长期试图解决的问题。

在国外, 常采用激光熔覆、喷丸、高频淬火等表面强化技术对起落架进行处理^[1], 以提高它的使用寿命。由于激光熔覆技术具有操作简单、节省贵重金属、厚薄易控制等优点, 所以越来越受人们的青睐。本文旨在探索飞机起落架常用材料 30CrMnSiNi2A 的最佳熔覆工艺, 以提高其耐磨性及接触疲劳寿命。

二、试验材料和实验方法

1. 试样的制备

试样为圆环状, 外径 $\varnothing 39.5\text{mm}$, 轴向长 10mm。试样材料 30CrMnSiNi2A 经调质处理, 其

化学成分见表 1。

选用 Ni + 30% WC, Fe 基, Ni 基三种合金粉末作激光熔覆, 其成分见表 2。采用冷喷工艺将粉末涂覆于试样外圆表面。粉末的粒度为 300 μ m, 喷涂厚度为 0.7mm。

Table 1 Chemical composition of 30CrMnSiNi2A

element	Cr	Mn	Si	Ni	Cu	C	S	P
wt%	1.17	1.15	1.08	1.65	0.074	0.28	0.03	0.017

Table 2 Major composition of alloy powder (wt%)

sample number	alloy powder	W	Cr	Fe	Ni	other elements
1	Ni + WC(30%)	11.60	7.05	54.40	26.94	B, Si, C et
2	Fe-based powder	1.67	20.13	64.77	13.44	B, Si, C et
3	Ni-based powder	3.85	17.53	24.12	54.50	B, Si, C et

2. 实验条件

本实验是在 5kW 横流 CO₂ 激光器上进行的。采用 $f = 375\text{mm}$ 的聚焦透镜, 扫描光斑直径 $d = 3\text{mm}$ 。熔覆后分析了金相组织和硬度。耐磨实验在 MM200 磨损试验机上进行。对磨环材料为高频淬火的 30CrMnSiNi2A, 磨损失重用十万分之一克型的分析天平称重。

三、激光熔覆工艺参数的选择

影响激光熔覆质量的主要工艺参数有激光功率、扫描速度、光斑直径。

1. 激光功率 P

激光功率密度是影响熔覆质量最主要的参数。当光斑直径一定时, 功率密度取决于激光输出功率 P 。 P 太低, 熔覆层所吸收的能量不足, 未达到粉末材料熔点, 熔覆层难以形成或者仅表面熔覆材料本身熔化, 母材未熔。此时熔覆表面出现局部起球、孔洞等外观, 不能形成冶金结合。当 P 过大时, 熔覆材料产生过热现象。融熔金属出现蒸发或烧穿, 表面呈散裂状, 熔覆层不平度增加。且基材对熔覆层的稀释率将大大提高, 熔覆层的组织成分发生较大改变, 硬度显著下降, 表现在抗磨性能下降。所以存在一最佳功率^[2]。本实验经过多次摸索, 当激光功率为 2.3~2.6kW 时, 能形成比较好的熔覆层。

2. 扫描速度 v 与扫描方向

当激光功率一定时, 扫描速度对熔覆层的宏观质量有明显的影响。速度过大, 环熔化不充分, 形成不连续的熔覆层。然而过低的扫描速度易导致合金元素的烧化。不仅影响熔覆层的机械性能, 也易形成褶皱、裂纹。在本实验中选择 50mm/s 的扫描速度时, 能获得表面平整, 与基体结合牢固的熔覆层。

为满足熔覆宽度的要求, 必须进行多道搭接扫描。扫描的方向对熔覆的平整度及热影响区深度产生明显的影响。同方向扫描时, 熔覆层平整度提高, 热影响区减小^[3]。本实验采用同方向扫描, 搭接宽度为 1mm。

四、实验结果及分析

1. 接触疲劳磨损实验

此实验采用失重法来计算。失重越小, 耐磨性能越

Table 3 Average loss weight of each sample($\text{g} \cdot 10^{-4} \cdot \text{h}^{-1}$)

sample number	1-1	1-2	2-1	2-2	3-1	3-2
average loss weight	27.88	7.25	15.17	9.33	69.25	35.50
times of loss weight	3.84		1.64		1.95	

1-1, 2-1, 3-1 are highfrequencying samples. 1-2, 2-2, 3-2 are laser ladding samples.

好,各组试样的平均失重见表3。

由表3可知,经激光熔覆的试样比高频淬火试样的平均失重小得多。其中Ni+30%WC粉末熔覆的试样耐磨性最好。

2. 激光熔覆层断面的金相组织

选取Ni基粉末熔覆的试样作分析,熔覆层断面的金相组织如图1所示。熔覆层由合金层、热影响区及基体三部分组成。由图可见,搭接区呈现明显的界线,靠近界面的基材由板条状马氏体及细小的隐针马氏体组织,其涂层经激光熔覆后组织致密,无疏松及空洞等缺陷存在。

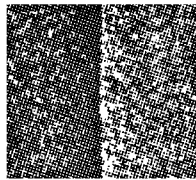


Fig. 1 Sectional microstructure of laddered coating(200×)

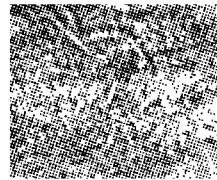


Fig. 2 Microstructure of laddered coating(400×)

图2为合金层的显微组织,可以看到:在细密的过饱和的奥氏体固溶体基体上分布着不同形态和较多数量的复杂碳化物、硼化物的共晶组织。这些组织为粗细不完全均匀,方向比较紊乱的树枝状结晶。

对三种试样进行X衍射结构分析,其微观组织的共同特点是:涂层熔覆后组织主要为 γ -Ni, Ni_3B , CrB , $\text{M}_{23}(\text{CB})_6$, WC 等相组成。细小而高硬度的WC质点,对提高材料的耐磨性能是极有利的。故三种合金粉末熔覆的试样中,以Ni+30%WC的耐磨性能为最好。对Fe基粉而言,由于组织中缺少WC质点颗粒,因而磨损性能相对差一些。但由于其中也含有 Cr_{23}C_6 , CrB , Ni_3B , $\text{M}_7(\text{C})_3$ 等组织,所以其耐磨性仍比基体层好一些。

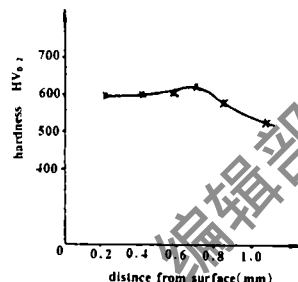


Fig. 3 Microhardness distribution of coating along depth

3. 熔覆层的硬度分布

图3为Ni基试样硬度沿深度方向分布图。由图可见,熔覆层的硬度比基体高得多。热影响区组织由于发生了马氏体相变,所以有比母材甚至熔覆层略高的硬度值。

五、结 论

1. 采用激光熔覆工艺可以显著提高30CrMnSiNi2A的耐磨性。与高频淬火试样比较,其耐磨性最大可提高3.84倍。
2. 在三种合金粉末中,Ni+30%WC的耐磨性能最好。
3. 在本实验条件下,采用激光功率为2.3~2.6kW,扫描速度为50mm/s,光斑直径 $d=3\text{mm}$ 时,可获得组织致密、性能比较好的激光熔覆层。

参 考 文 献

- 1 北京航空材料研究所编. 航空材料学. 上海:上海科学技术出版社,1985
- 2 欧阳家虎,裴宇韬,雷廷权 *et al.* 中国激光,1995;A22(2):144~150
- 3 朱蓓蒂,曾晓雁,胡 项 *et al.* 中国激光,1994;A21(6):526~529