

Ni基WC合金的激光熔敷

顾洪武

(天津市机械涂层研究所,天津,300012)

摘要:应用2kW CO₂激光器在45#钢上进行Ni基WC合金的熔敷处理。试验结果表明,激光熔敷层具有较高的硬度和良好的耐磨抗蚀性能。并对合金中WC含量变化对激光熔敷层耐磨性能的影响进行了研究。

Laser cladding of Ni based -WC alloy

Gu Hongwu

(Tianjin Institute of Machinery Coating)

Abstract: Laser cladding of Ni based -WC alloy coatings on steel 45 has been performed with a 2kW CO₂ laser. The experimental results show that the laser clad layer of the specimen possesses higher hardness, wear and corrosion resistance. The effects of WC content variation in alloys on wear resistance of laser clad layer are also discussed in this paper.

一、引言

激光熔敷是一门新兴的金属表面强化技术,利用高功率激光的快速熔凝效应,可以在低成本钢材上根据熔敷材料、工艺的不同制取不同性能的表面,成为提高金属表面耐磨抗蚀性能的重要手段。

用于激光熔敷的材料主要有Fe基、Ni基、Co基三大系列合金粉末,其中Ni基合金的综合性能俱佳,但其耐磨性能有待于进一步提高。为解决电力设备中高耐磨抗蚀课题,我们开展了Ni基WC合金的激光熔敷试验,并对合金中WC含量对熔敷层耐磨性能的影响进行了研究。

二、试验条件和方法

1. 试样及合金粉末材料

试样材料为45#钢(调质态),试样尺寸为58mm×25mm×6mm和∅15mm×20mm两种。前者用作磨粒磨损、金相、显微硬度等试验;后者用作腐蚀试验。Ni基WC合金粉末成分见表。

Table Chemical composition of Ni based -WC alloy powder

Cr	B	Si	Fe	C	WC	Ni
12.2	3.1	2.6	9.4	0.7	25	rest

2. 激光熔敷工艺

用氧-乙炔喷枪将合金粉末均匀喷涂到试样上,涂层厚4mm。用GJ-I型横向流动CO₂激光器对喷涂层进行熔敷处理。激光输出功率1400W,光斑直径∅3mm,扫描速度6~20mm/s。

3. 测试方法

用金相显微镜及 X 射线衍射仪对熔敷层进行组织和物相分析,用显微硬度计测量硬度分布,用电子探针测量熔敷层的元素分布,用磨损试验机测试耐磨损性能,用静态腐蚀法测量抗腐蚀性能。

三、试验结果和分析

1. 激光熔敷层的显微组织

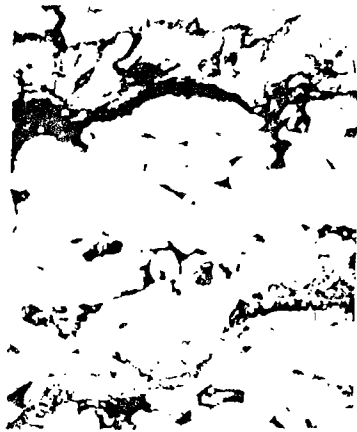


Fig. 1 Microstructure of flame-spraying layer $\times 200$



Fig. 2 Microstructure of laser clad layer $\times 400$
A—the melted region B—the transition region C—the substrate

图 1 是火焰喷涂层的金相照片。层内粉末粒子熔化不充分,含有大量气孔及氧化物,涂层与基体结合处有一黑色氧化物带。火焰喷涂的结合强度比较低,仅为 $40\sim 50\text{MPa}^{[1]}$ 。

图 2 是激光熔敷层横断面的金相照片,可分为熔化区、互溶区和基体三部分。熔化区呈现均匀微细的枝晶形貌,基体是 $\gamma\text{-NiCr}$ 固溶体,枝晶间弥散分布着碳化物、硼化物及多元共晶体。这种复杂的共晶组织具有很强的耐磨抗蚀性能^[2]。

在激光作用下,涂层熔化,同时也使基体微熔。45 钢呈 $\gamma\text{-Fe}$ 相,与熔敷层中的 $\gamma\text{-NiCr}$ 固溶体互溶,产生稀释效应,在涂层与基体间形成扩散带。扩散带是通过基体表层的微熔和涂层材料向基体的扩散而形成的冶金结合^[3]。

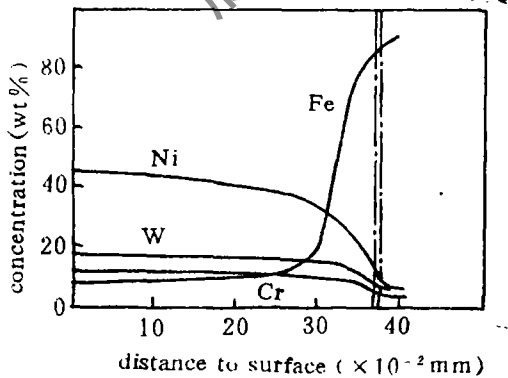


Fig. 3 The elements distribution in Ni based -WC alloy

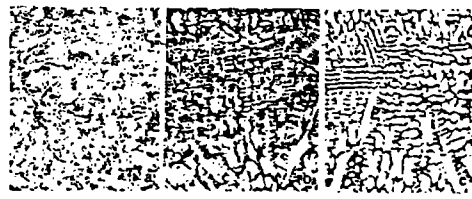


Fig. 4 Effect of scanning velocity on microstructure of clad layer $\times 800$
a— $v=18.3\text{mm/s}$ b— $v=12.5\text{mm/s}$ c— $v=6.7\text{mm/s}$

图3是熔敷层横断面电子探针元素的线扫描分布。从图中看出,该扩散带以Fe为基,其中固溶一定量的Ni及少量的Cr,W。

2. 激光扫描速度对熔敷层组织形状的影响

当激光器输出功率、光斑直径及涂层厚度一定时,激光扫描速度对熔敷层组织形状有明显影响。从图4看出,不同扫描速度下处理的熔敷层组织形状可分为两类。一类是以沿热流方向生长的枝晶为主,另一类是在共晶基体上分布着多角状、棒状多相混合组织。这与文献[4]的结论是一致的。

当熔敷层组织以枝晶形状存在时,枝晶形态和尺寸与冷却速度及温度梯度有关。根据Hall-Petch关系: $\lambda = kR^{1/2}$,冷却速度越大,晶体生长速度 R 越快,则枝晶间距 λ 越小,枝晶组织越细。随着作用时间的延长,冷却速度减慢,显微组织形貌就由枝晶状逐渐变成了胞状,如图4c所示。

此外,共晶合金的屈服强度 σ ,随共晶弥散度的增大进一步提高,枝晶间距越小,则强度越高; $\sigma = \sigma_0 + k\lambda^{1/2}$,式中, σ_0 是与晶体有关的常数, k 是常数。因此微细化的枝晶组织可提高材料强度,从而提高显微硬度。这就是在保证得到完整熔池的临界扫描速度 v_c 以下,增大扫描速度,熔敷层硬度随之提高的原因。

3. 激光熔敷层的相组成

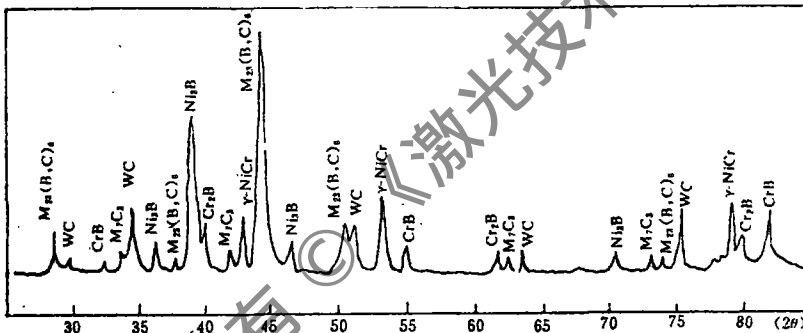


Fig. 5 X-ray diffraction pattern of laser clad layer

图5是X射线衍射图谱,主要合金相为: γ -NiCr, $M_{23}(B,C)_6$, M_7C_3 ($M=Cr, Fe$), Ni_3B , WC, Cr_3B 等。影响本合金组织的主要元素有Ni, Cr, B, W和Si主要固溶于 γ -Ni中,起固溶强化作用。在激光快速熔凝处理中, α 相固溶线扩大,形成过饱和的 α' 相即马氏体。尚有一部分奥氏体转变不完全,形成残留奥氏体。温度越高,C原子在 γ 相中的固溶极限越小。这样,合金中部分碳原子则以碳化物 M_7C_3 和 $M_{23}C_6$ 相析出。 M_7C_3 和 $M_{23}C_6$ 都是优质的硬化相,它们的存在,有助于提高涂层的硬度和耐磨抗蚀性能。

4. 激光熔敷层的性能

图6是Ni基WC合金激光熔敷层的显微硬度曲线,同时给出了Ni基合金的硬度分布。从

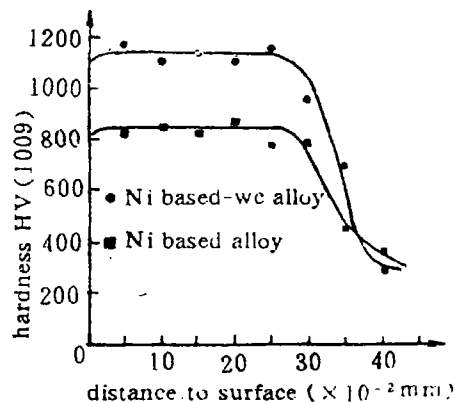


Fig. 6 The hardness curve of laser clad layer

图中看出,熔区硬度较均匀,Ni基WC合金的硬度高达1170HV,比Ni基合金硬度高350HV。WC的加入,使熔敷层硬度明显提高。

采用静腐蚀试验,腐蚀剂为5% H_2SO_4 ,常温100h,然后测失重,计算激光熔敷试样的年腐蚀深度。腐蚀率按下式计算:

$$R=8.67 \times 10^6 \Delta W / S \cdot D \cdot T$$

式中, R 为腐蚀率(mm/a); ΔW 为腐蚀后试样的失重(g); S 为试样表面面积(mm^2); D 为材料密度(g/mm^3); T 为腐蚀时间(h)。

从试验中得出,Ni基合金腐蚀率为0.231/mm/a,Ni基WC合金腐蚀率为0.137 mm/a。

5. WC含量对熔敷层耐磨性能的影响

采用磨粒磨损方法对材料的磨损性能进行测试。试验设备为MLs-23型湿砂橡胶轮式磨损试验机,转速为240r/min,加载2.5kg,正压力7kg,磨损周期1000r,用精密天平测量每一周期失重。试验结果示于图7。从图7看出,Ni基合金的失重最多,随着WC含量的增加,失重量随之减小。该分布规律与文献[5]是一致的。

试验中发现,Ni基WC合金中,Wc含量超过30%时,激光熔敷层质量不稳定。激光扫描速度较慢时,熔敷层出现部分烧蚀现象;扫描速度较快时,合金粉末之间的熔敷情况较好,可得到良好的表面涂层,但涂层与基体之间未达到冶金结合。其原因是由于Ni基粉末与WC粉末之间存在热膨胀系数、弹性模量及导热系数等物理性能间的较大差值。激光的快速加热及冷却特征限制了WC含量的进一步增加。WC含量以25%为宜。而在喷焊工艺中,由于冷却速度低,喷焊材料中的WC含量一般为35%。

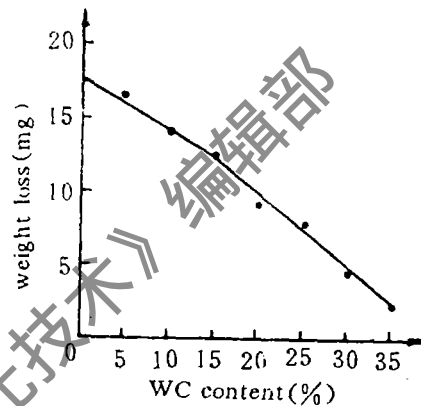


Fig. 7 The wear resistance curve of laser clad layer

四、结 论

1. 激光熔敷Ni基WC合金可获得高耐磨抗蚀涂层。激光熔敷处理产生的过饱和固溶强化、组织细化以及硬质相碳化物的细化,是上述性能提高的原因。

2. 当激光输出功率、光斑直径及涂层厚度一定时,激光熔敷工艺有一个最佳扫描速度范围。只有选择合适的熔敷工艺参数,才能充分发挥合金材料的优良性能。

3. 激光熔敷工艺具有的急热、急冷特点,以及合金粉末间存在的热膨胀系数、弹性模量、导热系数等物理性能的较大差值,限制了合金中WC含量的进一步增加。合金中的WC含量以25%为宜。

参 考 文 献

- [1] 彭日辉,韩文政.第六届全国焊接学术会议论文集,西安,1990,5:26
- [2] 郭可信.金属学报,1978,3(14):78
- [3] Kear B H, Breinan E M, Greenwald. Metals Technology, 1979, 6:4

非稳腔 $1.06\ \mu\text{m}$ 激光输出喇曼频移实验研究

钟鸣 韩凯

(西南技术物理研究所, 成都, 610041)

摘要: 本文报道了 $1.06\ \mu\text{m}$ 非稳腔激光输出经高压甲烷喇曼频移的实验研究结果。重点比较了喇曼激光和 $1.06\ \mu\text{m}$ 泵浦激光的光束质量。

The Raman shifting experimental research of $1.06\ \mu\text{m}$ unstable-resonator laser

Zhong Ming, Han Kai

(Southwest Institute of Technical Physics)

Abstract: In this paper we report the Raman shifting experimental results of $1.06\ \mu\text{m}$ unstable-resonator laser with a high pressure CH_4 gas. The main work is a comparison of beam quality between the Raman laser and the $1.06\ \mu\text{m}$ pump laser.

一、引言

$1.06\ \mu\text{m}$ Nd:YAG 激光经高压甲烷气体喇曼频移成 $1.54\ \mu\text{m}$ 激光输出, 已进入实用化阶段^[1]。目前人们的工作主要集中在提高转换效率、重复频率以及改进喇曼激光光束质量。

楼祺洪^[2]等研究了氯化氙激光光束质量对氢气受激喇曼散射转换效率的影响, 认为当聚焦区的功率密度大于阈值后, 光束质量的好坏直接影响喇曼频移的转换效率。

本文报道了由凸球面全反射镜及点膜输出片组成的非稳腔 $1.06\ \mu\text{m}$ 激光输出经高压甲烷气体喇曼频移的实验研究结果。在 $25.3\ \text{mJ}$ 的 $1.06\ \mu\text{m}$ 输入下, 获得了 $7.8\ \text{mJ}$ 喇曼输出。喇曼转换效率达32%。采用阈值法测量了 $1.06\ \mu\text{m}$ 泵浦光和喇曼激光的发散角。并且利用高倍显微镜拍摄了 $1.06\ \mu\text{m}$ 泵浦光及 $1.54\ \mu\text{m}$ 喇曼激光的远场模式, 发现喇曼激光远场模式得到明显的改善。

二、实验装置及步骤

实验装置如图1所示, 图中, 1— $R=500\ \text{mm}$ 凸球面全反射镜; 2—BDN染料片; 3—Nd:YAG晶体 $\varnothing 5\ \text{mm} \times 70\ \text{mm}$; 4— $d_0=1.5\ \text{mm}$ 的点膜输出片; 5—准直透镜; 6—聚焦透镜与准直透镜充当喇曼盒封装窗口的一体化喇曼盒, 透镜焦距均

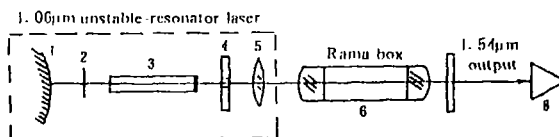


Fig. 1 The Raman shifting experimental setup of unstable resonator laser output

[4] 张松, 朱荆璞, 谭朝鑫. 材料科学进展, 1990, 4(2): 168

[5] 张树生, 王志平, 董晓强. 第六届全国焊接学术会议论文集, 西安, 1990, 5: 21

作者简介: 顾洪武, 男, 1959年6月出生。工程师。现从事激光熔敷工艺的基础研究与应用工作。

收稿日期: 1993年1月4日。