

预置粉末工艺对熔覆层组织和性能的影响

马岳,段祝平,杨治星

(中国科学院力学研究所,北京 100080)

[摘要] 探讨了激光熔覆工艺中涂覆层材料的预置工艺对熔覆层的熔覆工艺、成分、硬度分布及相结构的影响。采用 SEM、EDAX、显微硬度仪、X 射线衍射仪进行测定分析。研究表明:在基体表面采用等离子喷涂预置涂覆粉末,经过激光熔覆能够获得成分、硬度分布均匀,组织、相结构均匀和稳定性好、热疲劳寿命长的熔覆层。

关键词: 预置粉末;组织性能;熔覆

中图分类号: TG174.44 **文献标识码:** B **文章编号:** 1001-3660(2000)-0012-03

激光熔覆作为一种材料表面处理工艺广泛应用于航空、航天和民用结构件的耐热、耐蚀和抗氧化涂层的制造中。激光熔覆是在基体表面熔覆一层具有特殊性能的材料,弥补基体所缺少的高性能,充分发挥熔覆层和基体各自的优点,克服彼此不足^[1~4]。因此,激光熔覆工艺是一种很有发展前景的涂层制备工艺,同时也是一种复杂的工艺。它涵概了热力学、动力学、凝固学等原理知识,所涉及的工艺参数也较多,有激光功率,激光焦斑直径,离焦量,扫描速度,熔覆粉末预置工艺,熔覆层厚度,粉末成分、粒度等,这些工艺参数都对熔覆工艺过程和熔覆层的组织和相结构有一定的影响^[5~7]。本文主要研究熔覆粉末的预置工艺对熔覆工艺过程和熔覆层质量的影响。

目前,熔覆的材料大多以粉末形式为主,粉末的颗粒直径控制在 50 μm 以下。在基体表面预置粉末的方式有三种:(1)常温涂覆法,将粉末熔入粘结剂中,充分混合并用毛刷或用手均匀涂覆在基体表面,经过激光熔覆,形成激光熔覆层。该工艺简单、方便、易行,成本低、无噪音、少污染;(2)高温喷涂法,采用等离子喷涂设备将粉末预先喷涂在基体表面。这种工艺可得到厚度一致、表面平整的预涂层。但须有一套喷涂设备,且喷涂时,噪音严重,工艺较复杂;(3)送粉法,在激光熔覆时将粉末直接送入熔池^[8]。这种工艺可以一次完成激光熔覆工艺。国外研究得较多,国内也开始研究,但仍未在生产中使用。本文针对在实际生产中通常使用的常温涂覆法和高温喷涂法进行研究,探讨两种不同的粉末预置方式对熔覆层组织和性能的影响规律,为激光熔覆涂层的制备,选择粉末的预置方式,提供一定的参数依据。

1 试验材料及方法

本试验的基体材料为镍基高温合金 DZ22,其成分为 C 0.12%~0.16%,Cr 8.0%~10.05%,Co 9.0%~11.0%,W 11.5%~12.5%,Al 4.75%~5.25%,Ti 1.75%~2.25%,Fe<0.35%,Nb 0.75%~1.25%,Hf 1.0%~2.0%,B 0.01%~0.02%,Zr<0.01%,Mn<0.20%,Si<0.2%。熔覆层材料为:颗粒直径 $\phi 30\mu\text{m}$ 的镍粉, $\phi 45\mu\text{m}$ 的(氧化锆粉+6%~8%氧化钇粉),粘结剂为环氧树脂。为了探讨常温涂覆法和喷涂法两种工艺对熔覆层质量和组织的影响,设计了三种粉末预置工艺:(1)用等离子喷涂一层 0.05mm 厚的镍粉,再喷一层 0.05mm 厚的氧化锆粉。(2)用等离子喷涂 50%镍和 50%氧化锆混合粉末在基体表面上。(3)50%镍和 50%氧化锆混合粉末用环氧树脂调匀,均匀涂刷在基体表面。按设计的工艺将粉末预置在 70mm \times 15mm \times 4mm 的基体试样上,成 0.1mm 厚的涂覆层,每一种工艺取 4~5 个试样。然后用 HGL-84 横流电激励 CO₂ 激光器,在氩气保护下,激光功率 800~1150W,扫描速度 1~2m/min,光斑直径 $\phi 3\text{mm}$ 的条件下进行熔覆,制备激光熔覆氧化锆涂层试样。

分别采用扫描电镜(SEM)、能谱分析仪(EDAX)、显微硬度仪和 X 射线衍射仪分析工艺的可行性,试样的熔覆层中成分分布规律,显微硬度分布和相结构变化。

2 结果与分析

2.1 粉末预置工艺的可行性

采用三种粉末预置工艺的试样,经过激光熔覆后,

获得熔覆层的表面形貌如图 1。

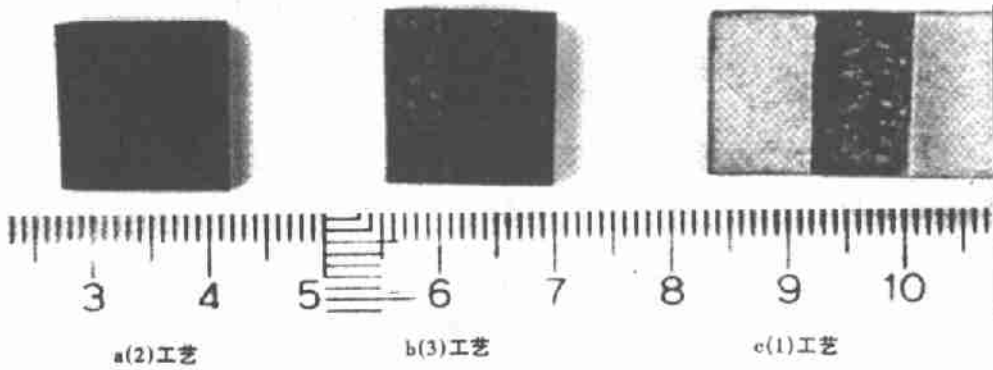


图 1 熔覆层的表面形貌

由图 1 可以看出,采用第一种预置粉末工艺,经激光熔覆后,涂覆层翘曲、张开与基体脱离,不能形成激光熔覆层。采用第二种工艺和第三种工艺预置粉末,经过激光熔覆后能够形成激光熔覆层。第三种用粘结剂调制、手工涂刷工艺预置粉末,在激光熔覆过程中,由于环氧树脂燃烧,烟雾大、污染严重,形成的熔覆层致密度低、均匀性差。第二种用等离子喷涂镍和氧化锆混合粉形成的熔覆层致密、均匀。

对以上结果分析可知,先喷涂的镍层与氧化锆层的热障系数不同(镍的 $\alpha=12 \times 10^{-6}/\text{C}$ 而氧化锆的 $\alpha=9.72 \times 10^{-6}/\text{C}$)。在激光加热过程中,膨胀量不同,镍层会产生较大的膨胀,受到氧化锆层限制时,产生较大的应力,即发生翘曲、裂开、失效。镍粉和氧化锆粉充分混合后,在激光加热过程中,两种膨胀量互补,达到协调变形,而形成完好的熔覆层。

2.2 熔覆层中元素和显微硬度的分布

借助于 SEM 和能谱分析仪对第二种和第三种预置粉末工艺所获得的熔覆层中元素的分布测定、分析,其结果如图 2。

由图 2 测定分析的结果可以看出:采用等离子喷涂混合粉末,经激光熔覆形成的激光熔覆层中,从熔覆层表面向基体过渡,锆元素呈缓慢、连续减少的变化趋势。采用环氧树脂作粘结剂,涂刷预置粉末,经激光熔覆后形成的熔覆层中的锆元素分布不均匀,从熔覆层表面向基体过渡,总的趋势是锆元素含量减少,但层中的元素的分布较大的突变,非均匀的变化。

熔覆层中显微硬度的分布规律和元素分布相同,采用等离子喷涂预置粉末的熔覆层显微硬度呈连续变化趋势。同样,采用涂刷预置粉末的熔覆层中显微硬度的变化有突变、不均匀连续。

2.3 熔覆层中的相结构

采用 X 射线衍射仪测定两种预置粉末工艺试样,

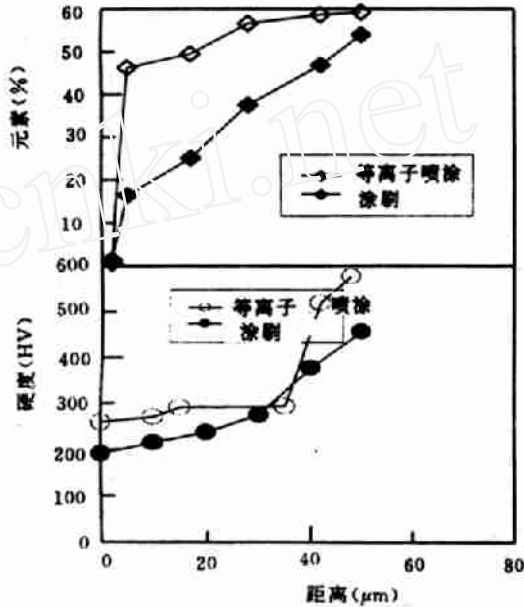


图 2 在激光熔覆层中硬度和锆元素的分布
经激光熔覆后形成的熔覆层中的相结构,其结果如图 3。

图 3 为 X 射线衍射的结果:采用等离子喷涂预置粉末,激光熔覆形成的熔覆层中,Ni 为 41%,亚稳相 $t'-\text{ZrO}_2$ 为 20%,稳定相 $m-\text{ZrO}_2$ 为 83%;而环氧树脂作粘结剂,涂刷粉末激光熔覆形成的熔覆层中,Ni 为 20.83%,亚稳相 $t'-\text{ZrO}_2$ 为 64.35%,稳定相 $m-\text{ZrO}_2$ 为 14.81。显然,采用后一种预置粉末工艺形成熔覆层中有较多的亚稳相 $t'-\text{ZrO}_2$ 相;在工作过程中,性能不稳定,会产生相变及较大的相变应力,使涂层过早失效,大大降低了它热疲劳寿命。而采用前一种粉末预置工艺的熔覆层中,亚稳相含量较少,在工作过程中,熔覆层性能稳定,产生的相变应力小,可以大大提高熔覆层

(下转第 16 页)

电镜照片上不再出现皱褶(见图 4)。

4 结论

(1) 高分子涂层的洁净度、溅射功率是影响镀层附着力的两个主要因素。不洁净的涂层表面和低的溅射功率致使镀层的附着力低至不干胶带一次拉剥产生脱落,而洁净涂层表面和一定的溅射功率可以使镀层的附着力大于 $17.3 \pm 2.4 \text{MPa}$ 。

(2) 镀层厚度随溅射时间呈较好的线性关系。在特定条件下,对于 H62 镀层,镀层厚度的增加速度约为 $0.10 \mu\text{m}/\text{min}$,LY12 镀层约为 $0.06 \mu\text{m}/\text{min}$ 。

(3) 在通 Ar 前,镀室内的真空度是影响镀层的外观重要的因素。对于 H62,真空度不能小于 0.05Pa ,对于 LY12,真空度不能小于 0.03Pa 。否则,镀层表面发黑。

(上接第 13 页)
的热疲劳寿命。

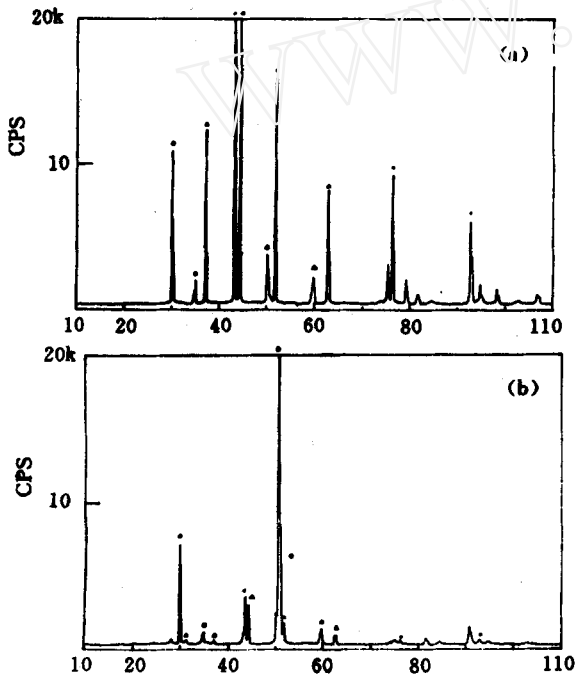


图 3 X 射线衍射仪测定熔覆层的相结构
(a) 等离子喷涂预置粉末 (b) 涂刷预置粉末

3 结论

(4) 涂层的固化程度直接影响镀层的外观,固化程度不足时,涂层产生收缩,致使镀层失去金属光泽。延长涂层的固化时间和固化温度,可以消除这种现象。

参 考 文 献

- [1] 罗广南,李文治,李恒德. 离子能量对薄膜附着力及界面原子混合的影响[J]. 薄膜科学与技术,1994,7(1),3
- [2] 汪泓宏著. 离子束表面强化[M]. 北京:机械工业出版社,1992.
- [3] Berry R W. 薄膜工艺. 薄膜工艺编译组译[M]. 北京:科学出版社,1972.
- [4] 李云奇. 真空镀膜技术与设备[M]. 沈阳:东北工学院出版社,1972.
- [5] 杨邦朝,王文生. 成都:成都科技大学出版社,1994.

(收稿日期: 1999-12-20)

(1) 采用等离子喷涂镍和氧化钙混合粉末和环氧树脂作粘剂涂刷预置粉末,经激光熔覆能够形成完好的熔覆层。

(2) 用等离子喷涂预置粉末的熔覆层中钴元素分布及显微硬度分布比涂刷的熔覆层,更加均匀、连续和缓慢变化。

(3) 用等离子喷涂预置粉末的熔覆层中组织和相结构均匀,工作过程中性能稳定,热疲劳寿命长。

参 考 文 献

- [1] Jasim K M, Rawlings R D and West D R F. Surf. Coat. Technol[J]., 1992, 53, 75~86
- [2] Gravanis G, Tsetsekou A et al. Surf. Coat. Technol[J]., 1991, 45, 145~253
- [3] Pekshev P Yu and Murzin I G. Surf. Coat. Technol[J]., 1993, 56, 199~208
- [4] Petitbon A and Guignot D. Mater. Sci. Eng[J]., 1989, A121, 545~548
- [5] Wu B C, Chang E, Chang S F and Tu D. Am. J. Ceram. Soc[J]., 1989, 72, 212~218
- [6] Bennett A. Mater. Sci. Technol[J]., 1986, 2, 257~261
- [7] Jasim K M, Rawlings R D and West D R F. Mater. Sci. Technol[J]., 1992, 8, 83~91
- [8] Tsai H L, Tsai P C and Tu D C. Mater. Sci. Eng[J]., 1993, A(6)161, 145, 155

(收稿日期: 1999-12-13)