

文章编号: 0258-7025(2002)Supplement-0522-03

稀土对激光熔覆层晶粒度与抗热震性的影响

王玉林¹ 沈德久¹ 刘德健² 申刚强² 谢占武²

(¹ 材料科学与工程学院, ² 激光设备工程中心, 燕山大学, 秦皇岛 066004)

摘要 在3 kW横流CO₂激光器上,对低碳钢表面进行镍基和钴基合金激光熔覆试验研究时发现,加入不同种类适量的稀土氧化物,对熔覆层的结晶组织有明显的粗化作用,同时可使熔覆层的抗热震性提高10倍以上。显然,这对高温或急冷急热工况条件下激光熔覆技术的应用与研究具有重要意义。文中对稀土影响熔覆层晶粒度的原因进行了理论分析,论述了稀土改善熔覆层的抗热震性能的作用机理。

关键词 稀土, 激光熔覆, 组织粗化, 热震性

中图分类号 TN249 **文献标识码** A

Effect of Rare-earth on the Crystallite Size and Thermal Shock Resistance of Laser Cladding Layer

WANG Yu-lin¹ SHEN De-jiu¹ LIU De-jian² SHEN Gang-qiang² XIE Zhan-wu²

(¹ Materials Engineering College, ² Laser Equipment Engineering Center, Yanshan University, Qinhuangdao 066004)

Abstract Laser cladding experiment of nickel base alloy and cobalt base alloy on the Q235 steel was done with a 3 kW transversely flow CO₂ laser. It was discovered that suitable rare-earth oxide additives promoted size of crystallites in the cladding layer to coarsen obviously, and thermal shock resistance of the layer rose by over 10 times, which is quite important to the application and study of laser cladding technology at high temperature or thermal shock situation. Mechanisms about effect of on the laser cladding layer were discussed in this paper.

Key words rare-earth, laser cladding, microstructure coarsen, thermal shock resistance

1 引言

激光熔覆可在量大面广的钢铁材料表面形成一定厚度冶金结合的耐磨、耐蚀、耐高温的保护层,既可延长构件的使用寿命,又可使报废的构件起死回生,符合国家乃至世界的可持续发展战略。激光熔覆层组织对使用性能影响很大,尤其是晶粒度的影响,但这方面的研究很少。本文以低碳钢为基底,以镍基合金和钴基合金粉末为熔覆材料,研究稀土氧化物添加量对晶粒度和抗热震性的影响。

2 试验方法

激光熔覆试验在3 kW横流CO₂激光器上进行。基底材料为15 mm×20 mm×30 mm Q235钢试块,表面粗糙度为Ra2.5。熔覆材料包括镍基合金、钴基合金和稀土氧化物三类粉末。稀土氧化物有氧化钇和氧化铈。预置涂层厚度为0.7 mm,粘

结剂为醇基酚醛树脂,由清华大学激光加工中心提供。输入激光功率为2 kW,光斑直径为2.5 mm,扫描速度为30 mm/s,显微组织在金相显微镜上观察分析,抗热震试验在马氟炉中950℃保温20 min后,立即投入25℃的水中,待水面平静后取出观察,记录开始出现裂纹的冷热循环次数,次数多表示抗热震性好。

3 试验结果与分析

3.1 稀土对熔覆层晶粒尺寸的影响

钴基合金中加入的氧化钇粉末使熔覆层显微组织明显粗化,如图1(c)所示。这与通常的稀土细化组织的概念完全不同。但是当稀土加入量不太高的情况下,也存在对组织的细化作用,如图1(b)所示。系列试验表明,稀土对熔覆层晶粒尺寸的影响是比较复杂的。如图2所示,对于钴基合金,在0.3%

Y₂O₃ 以前随稀土加入量增加晶粒尺寸逐渐减小, 到 0.3% Y₂O₃ 时达极小值。随后稀土加入量增加反而使晶粒尺寸逐渐变大。

钴基合金中加入 CeO₂, 以及镍基合金中加入

Y₂O₃, CeO₂ 所获得的结果与图 2 类似, 只是最小晶粒尺寸以及达到最小尺寸时的稀土加入量有所不同, 如表 1 所示。

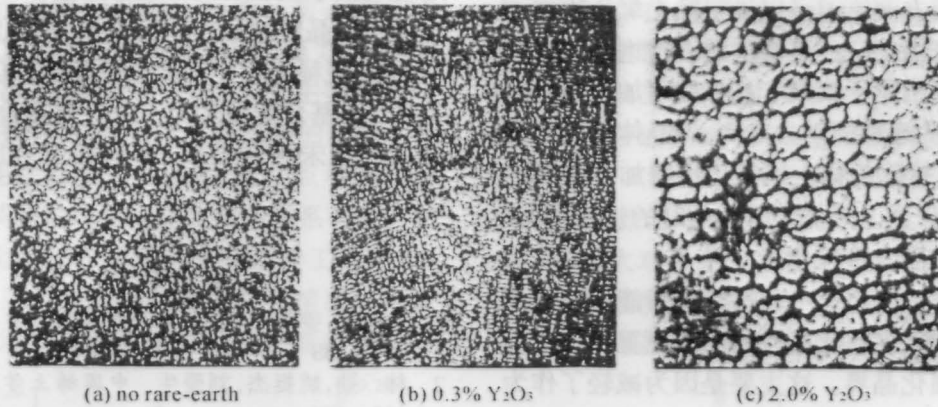


图 1 钴基合金激光熔覆层显微组织(400×)

Fig. 1 Micrographs for laser cladding layer of cobalt base alloy (400×)

表 1 加入不同稀土时熔覆层晶粒短轴直径

Table 1 Short axis diameter of laser cladding layer crystallite vs rare-earth additives

alloy	rareearth	Y ₂ O ₃ /wt.-%						CeO ₂ /wt.-%							
		0	0.1	0.3	0.5	1.0	2.0	3.0	0	0.1	0.3	0.5	1.0	2.0	3.0
nickel base alloy		4.0	2.5	1.8	2.2	3.0	6.0	7.2	4.0	2.8	2.6	3.2	4.0	7.0	7.8
cobalt base alloy		6.0	3.8	2.5	3.0	4.0	9.2	10.0	6.0	4.3	4.0	4.5	6.0	9.5	10.5

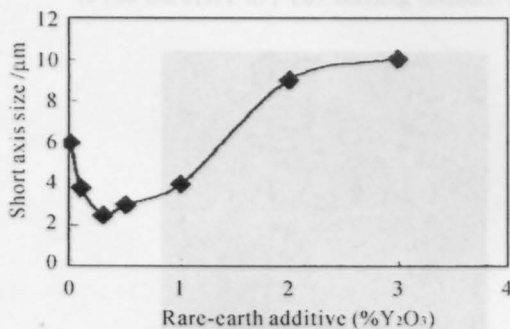


图 2 钴基合金晶粒尺寸与稀土加入量的关系曲线

Fig. 2 Relationship curve of crystallite size cobalt base alloy vs rare-earth additive

3.2 稀土对熔覆层抗热震性的影响

稀土对熔覆层抗热震性的影响与对晶粒尺寸的影响有一定的相关性。在 Y₂O₃ 加入量低于 0.5% 时, 稀土对熔覆层抗热震性的影响不大, 但是当 Y₂O₃ 加入量达到 2.0% 时, 有效热循环次数则显著升高。对于镍基合金层, 有效热循环次数由未加稀土时的 4 次升高到 54 次; 对于钴基合金层, 未加稀土时有效热循环次数仅有 19 次, 加入 2.0% Y₂O₃

的试样, 冷热循环次数竟高达 208 次仍未出现裂纹。

4 讨 论

稀土对金属材料显微组织的影响已有很多报道, 一般结果都是稀土使显微组织细化^[1-3]。原因多是稀土促进非均质形核, 即变质作用。但也有使组织粗化的情况, 例如, 电工纯铁冶炼时加入 1.0% 的氧化钇, 其铸态组织发生显著粗化^[4]。本试验工作结果表明, 稀土对镍基合金与钴基合金激光熔覆层组织的影响既不是单纯的细化, 也不是单纯的粗化, 而是按稀土加入量从小到大, 先细化后粗化的规律变化的。稀土的这种影响可以用结晶成核-长大理论来理解。在稀土加入量比较低的范围内, 由于激光熔覆温度很高, 稀土氧化物熔化分解后与杂质原子结合形成新的弥散分布的细小化合物成为非自发成核核心, 提高成核率而细化晶粒。在稀土加入量比较高的范围内, 有一定量的稀土氧化物未能充分转变而与钢中的硫化物结合成多相的较大的稀土氧化物型包裹体^[4], 易于上浮排除更多的硫化物等夹杂。与炼钢相比, 激光熔覆时金属熔体保持熔融

