

Influence of Y_2O_3 on the Laser Cladding Layer for Semi-Steel Rolls

Houquan Liu

Shougang Guiyang Special Steel Co., Ltd., Guiyang
Email: liuhouquan8050@163.com

Received: Oct. 13th, 2014; revised: Oct. 30th, 2014; accepted: Nov. 11th, 2014

Copyright © 2014 by author and Hans Publishers Inc.
This work is licensed under the Creative Commons Attribution International License (CC BY).
<http://creativecommons.org/licenses/by/4.0/>



Open Access

Abstract

When adding 1.0 wt% rare earth oxide Y_2O_3 to laser cladding alloy powder on the surface of semi-steel rolls, it made a significant effect on solid fusion strengthening and dispersion strengthening, the microstructure of cladding layer was highly refined, and had a significant role in grain refinement and toughness. In addition, the dispersion of carbide and its uniform distribution could prevent grain growth effectively, avoided the dramatical increasing of lamellar martensite in the heat affected zone, thus prevented the generation of cracks effectively. It largely improved the semi-steel rolls wear resistance, hardness, resistance to cold and hot fatigue strength, so it obtained good using effect.

Keywords

Y_2O_3 , Rolls, Laser Cladding, Hardness, Wear Resistance

Y_2O_3 对半钢轧辊激光熔覆层的影响

刘厚权

首钢贵阳特殊钢有限责任公司, 贵阳
Email: liuhouquan8050@163.com

收稿日期: 2014年10月13日; 修回日期: 2014年10月30日; 录用日期: 2014年11月11日

摘要

在半钢轧辊表面激光熔覆的合金粉末中添加1.0 wt%含量的稀土氧化物 Y_2O_3 , 产生了显著的固溶强化和

弥散强化作用，熔覆组织高度细化，产生显著的晶粒细化和强韧性作用，且碳化物的弥散和均匀分布可以有效地阻止晶粒长大，避免热影响区片状马氏体的急剧增加，从而有效的防止裂纹的产生。可以在很大程度上提高半钢轧辊的耐磨性、硬度、抗冷热疲劳强度等各项性能，取得了良好的使用效果。

关键词

Y₂O₃，轧辊，激光熔覆，硬度，耐磨性

1. 引言

轧辊是轧钢厂消耗量最大的配件之一，轧辊在使用后常见修复方法有重车法和堆焊法来达到修复孔型，但重车和堆焊都有一定的缺憾：重车以牺牲轧辊外径为代价，直至使用到最小辊径为止；而堆焊则易出现裂纹或表面硬度不均等缺陷。现提出采用激光熔覆修复轧辊的方法，提高轧辊的重复使用率，以达到降低生产成本的目的。

2. 材料的准备及实验方法

2.1. 基材准备

利用线切割切取 20 × 40 mm 的半钢轧辊小样 8 件，其半钢轧辊的成分见表 1。

2.2. 金属陶瓷超细复合粉末的准备

为了改善轧辊表面涂层与基材之间的结合强度，选用金属陶瓷超细复合粉末，以获得高耐磨性的复合涂层，金属陶瓷超细复合粉末的配比见表 2。

2.3. 实验方法

按照 Y₂O₃ 的含量：0 wt%、0.5 wt%、1.0 wt%、1.5 wt%、2.0 wt%、2.5 wt%、3.0 wt% 配制复合粉末，按配备好的合金粉末成分，在玛瑙研钵中碾磨 2 h 以上，使之充分均匀混合。将试样用打磨机打磨以除去表面的氧化膜，然后用丙酮清洗。在常温下将配制好的熔覆层粉末均匀涂敷于表面，厚度约 1.2 mm 左右。

采用高功率密度(10⁴~10⁵ W/cm²)的激光，在极短的时间内(10⁻²~10⁻³ s)合金粉末与基体表层金属快速交互作用，使金属表面局部区域在瞬间被加热到相当高的温度使之熔化后，借助冷态金属基体的吸热和传导作用，使得已熔化的表层金属快速凝固。熔凝得到细小的铸态组织，从而构成一种新的复合材料。熔覆层具有抗氧化性、抗热裂性、高硬度和耐磨性，充分发挥基体与合金粉末的优势，弥补相互间的不足[1]-[3]，获得了较好的合金熔覆层。

3. 实验结果与分析

3.1. 激光熔覆修复工艺

工艺流程：线切割轧辊基材→打磨基材→丙酮清洗打磨部位→涂敷熔覆层，厚度约 1.2 mm→激光熔覆。

确定激光熔覆工艺参数：宽带，功率 3.0 kw，速度 3 mm/s。

3.2. 熔覆层组织分析

根据激光熔覆工艺得出其熔覆层的形貌如图 1 所示，由里及表依次为基材→结合区→熔覆层底部→

Table 1. The chemical composition of base material semi-steel roller (wt%)
表 1. 基材半钢轧辊的化学成分(质量百分比%)

元素	C	Si	Mn	Cr	Ni	Mo	V	Ti	P	S	Re
含量	1.46	0.44	0.79	0.85	0.88	0.29	微量	微量	0.020	0.021	微量

Table 2. Ultrafine metal ceramic composite powder proportion (wt%)
表 2. 金属陶瓷超细复合粉末配比(质量百分比%)

元素	TiO ₂	Al ₂ O ₃	SiO ₂	Cr ₂ O ₃	Cr	Si	W	Co	Mo	Y ₂ O ₃	Ni	B
含量	17	12	5	7	2	7	2	5	2	1	42	3

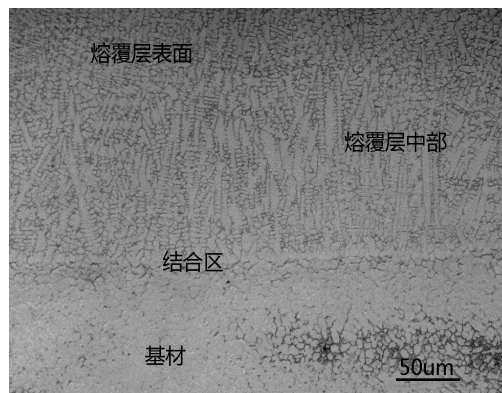


Figure 1. The rupture in the cladding layer 500×
图 1. 熔覆层内的组织形貌 500×

熔覆层中部→熔覆层表面,可以看出结合区为白亮组织,在靠近结合区的熔覆层底部为胞状晶和柱状晶,在熔覆层中部一般为细小的树枝晶,靠近表层为细小等轴晶。

对熔覆层组织观察可以看出,温度梯度与凝固速率决定着凝固组织的形貌[4]-[6],白亮带的形成是在激光熔覆过程中,由于熔池与冷金属接触,冷速很快,凝固首先以无晶核的方式直接在基底上通过晶体外延附生的方式生长出一层平面晶。随着结晶过程的进行,过冷区的存在破坏了平面的稳定性,从而向两侧和前沿排出溶质,不稳定的平坦固/液界面就破裂成一种稳定的胞状晶。随着过冷区变宽,晶粒就转化成了柱状枝晶,在金属溶液内形成大量的晶核,导致晶粒自由生长而形成了等轴晶。

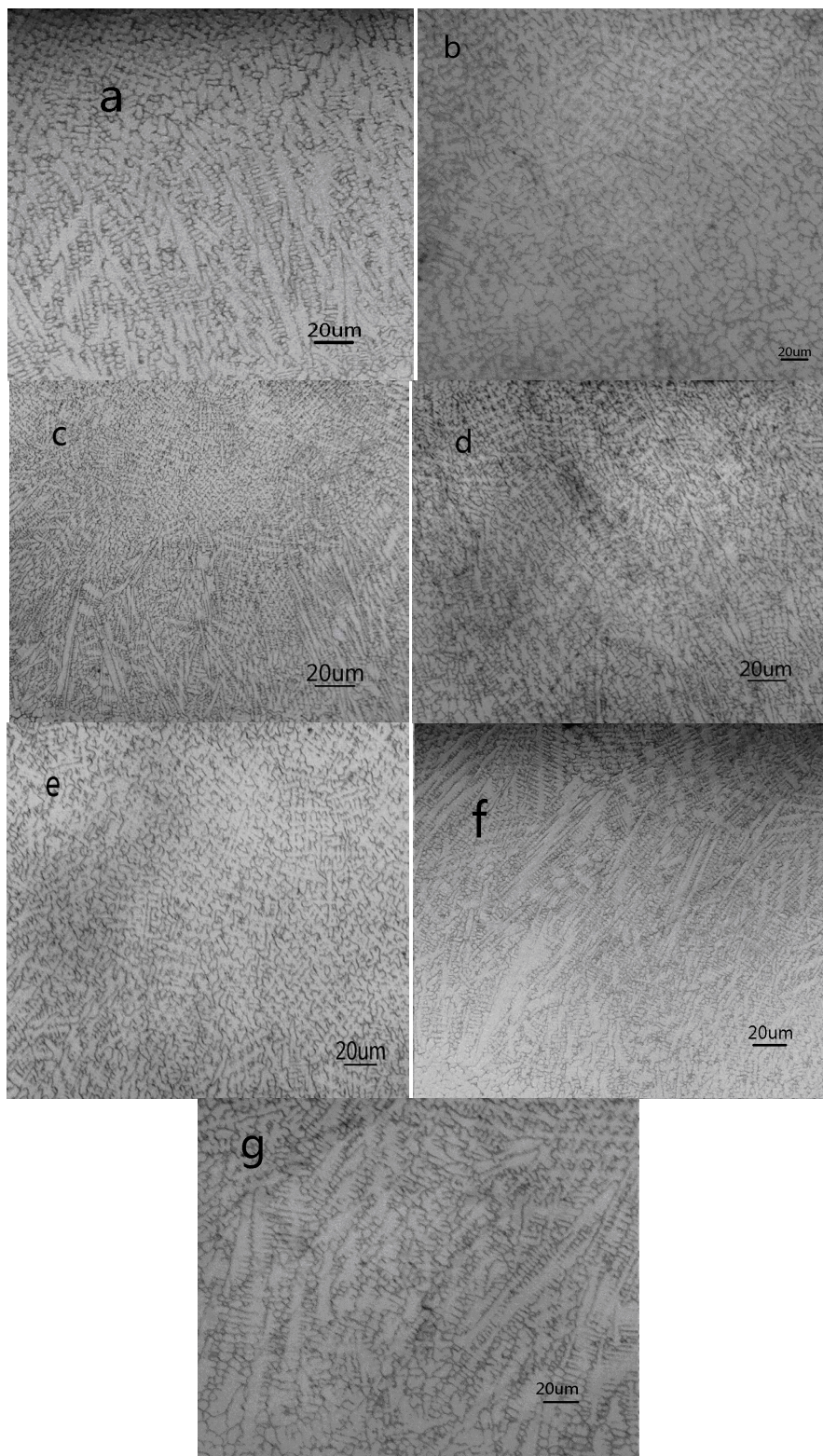
3.3. 稀土氧化物 Y₂O₃ 的含量对熔覆层组织的影响

图 2 分别为 a~g 号试样熔覆层中部的显微组织,由图可知:添加稀土氧化物的熔覆层组织(b~g)均比未添加稀土氧化物的熔覆层组织(a)细小。由图 2 进一步看出,(c)相对于(b、d、e、f、g)而言,晶粒更细化一些;(e、f)相对而言,组织又变得略粗大。总体而言,当 Y₂O₃ 含量在 1.0 wt%时,熔覆层组织最细小。

Y₂O₃ 的微量活性 Y³⁺离子易吸附于晶核表面,阻碍晶粒的长大,细化枝晶组织,抑制结合区的柱状晶。但过量的 Y³⁺离子会降低熔池中液态合金的流动性,Y³⁺离子与杂质元素形成的难熔化合物不易从熔池中上浮,在熔覆层的晶界处发生偏聚,使得熔覆层晶粒变得较粗大。

3.4. 激光熔覆涂层组织组成

图 3 为复合涂层中部的 X 射线衍射结果,可以看出,复合涂层相组成为 M₆C、γ-Ni、Ni₃B、M₇C₃、WC 以及 W₂C。



(a) 0 wt% Y₂O₃; (b) 0.5 wt% Y₂O₃; (c) 1.0 wt% Y₂O₃; (d) 1.5 wt% Y₂O₃; (e) 2.0 wt% Y₂O₃; (f) 2.5 wt% Y₂O₃; (g) 3.0 wt% Y₂O₃

Figure 2. Effect of Y₂O₃ on microstructure of coating 200×

图 2. Y₂O₃ 对熔覆层组织的影响 200×

图 4 为复合涂层内组织形貌，可以看出，涂层内主要为基体组织 γ -Ni，基体组织 γ -Ni 上分布着凝固结晶析出的不同尺寸大小的合金碳化物。这些碳化物加强了与周围 Ni 基合金基体组织之间的结合强度，有助于提高复合涂层的综合机械性能。

结合 X 射线衍射分析，能谱分析及显微硬度分析结果，可以确定基体组织为 γ -Ni，不规则的白色块状析出物为 M_7C_3 及 M_6C ，白色三角形析出物为 WC，深灰色析出物为 W_2C 。

3.5. 激光熔覆涂层的显微硬度分析

试样基材及熔覆层的显微硬度值如表 3，其熔覆层显微硬度分布曲线如图 5 所示。

由图可知，当 Y₂O₃ 添加量在 0~3.0 wt% 变化时，随着 Y₂O₃ 含量的增加，熔覆层硬度值逐渐变大，当 Y₂O₃ 含量在 1.0 wt% 时，硬度值最高，然而，当 Y₂O₃ 含量大于 1.0 wt% 时，熔覆层的硬度值随着 Y₂O₃ 含量的增加而降低。

当 Y₂O₃ 含量在 1.0 wt% 时，熔覆层组织最细，在激光熔覆层中出现含稀土化合物的硬质相，对提高熔覆层硬度有一定的作用[7]。

3.6. 耐磨性分析

在 MMS-2A 屏显摩擦磨损试验机上进行摩擦磨损试验。表 4 是磨损前后质量的变化。

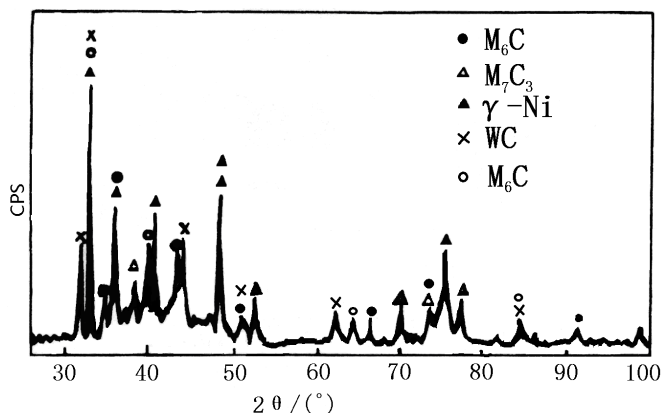


Figure 3. XRD results in central coating

图 3. 涂层中部 X 射线衍射结果

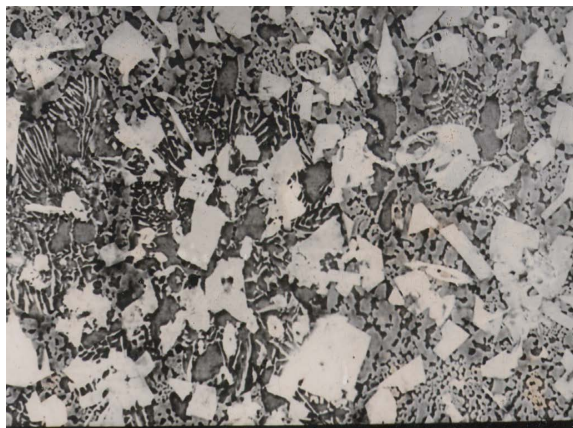


Figure 4. The rupture in the composite coating

图 4. 复合涂层内组织形貌

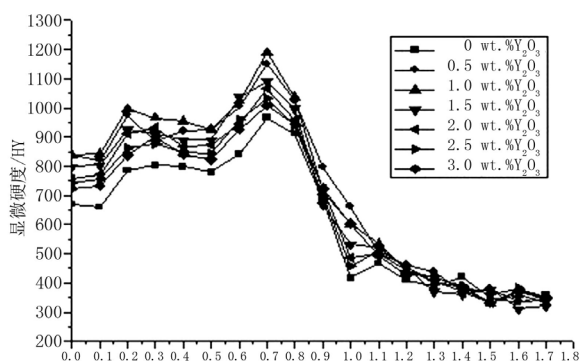


Figure 5. Microhardness distribution of the coating

图 5. 熔覆层显微硬度曲线

Table 3. Substrate and the cladding layer microhardness

表 3. 基材及熔覆层显微硬度(HV)

编号	基材	a	b	c	d	e	f	g
Y ₂ O ₃ 含量		0 wt%	0.5 wt%	1.0 wt%	1.5 wt%	2.0 wt%	2.5 wt%	3.0 wt%
硬度值	320	670	728	843	827	809	776	741

Table 4. Quality changes before and after wear and tear

表 4. 磨损前后质量的变化

试样编号	磨损前的质量/g	磨损后的质量/g	磨损量/mg
a	8.25901	8.25738	1.63
b	8.42492	8.42462	0.30
c	8.49920	8.49900	0.20
d	8.97600	8.97566	0.34
e	8.54391	8.54341	0.50
f	8.69692	8.69630	0.62
g	8.55369	8.55270	0.99

由表可知, 加入 Y₂O₃ 后, 激光熔覆层的耐磨性能得到了显著的改善。a 试样磨损量最大, 耐磨性最低; Y₂O₃ 含量为 1.0 wt% 的 C 试样磨损量最小, 耐磨性最高; 可以看出, 熔覆层的组织、硬度与耐磨性有较好的对应关系。

4. 结论

采用激光熔覆技术, 对磨损轧辊进行熔覆修复, 通过实验研究及应用, 取得了如下的结论:

1) 成功配制激光熔覆修复轧辊的合金粉末材料, 在加入 1.0 wt% 的 Y₂O₃ 合金粉末材料激光熔覆后, 硬度、耐磨性能得到了显著的改善。

2) 激光熔层由里及表依次为基材→结合区→熔覆层底部→熔覆层中部→熔覆层表面, 可以看出结合区为白亮组织, 在靠近结合区的熔覆层底部为胞状晶和柱状晶, 在熔覆层中部一般为细小的树枝晶, 靠近表层为细小等轴晶。

3) 熔覆层由 M₆C、γ-Ni、Ni₃B、M₇C₃、W₂C 以及 WC 组成, 熔覆层中存在的这些物相对提高熔覆层的硬度、耐磨性、抗高温氧化性起到了积极的作用。

参考文献 (References)

- [1] 刘其斌 (2007) 激光加工技术及其应用. 冶金工业出版社, 北京.
- [2] 张永康 (2004) 激光加工技术. 化学工业出版社, 北京.
- [3] 胡传焯 (2004) 表面处理手册. 北京工业大学出版社, 北京.
- [4] 束德林 (2006) 工程材料力学性能. 机械工业出版社, 北京.
- [5] 谢建新 (2004) 材料加工新技术与新工艺学. 冶金工业出版社, 北京.
- [6] 徐洲 (2004) 材料加工原理. 第二版, 科学出版社, 北京.
- [7] 马运哲, 董世运, 徐滨士 (2006) CeO₂ 对激光熔覆 Ni 基合金涂层组织与性能的影响. *中国表面工程*, **19**, 7-11.