

·新材料新技术·

激光处理对 9Cr2 钢组织的影响

李文学¹ 张风云¹ 陈宏杰² 赵能怀² 刘 凯²

(1 内蒙古科技大学材料与冶金学院, 包头 014010; 2 包头市光通激光技术有限公司, 包头 014010)

摘 要 用 3 kW 连续 CO₂ 横流激光器对成分 (%) 为 0.80 ~ 0.95C, 0.40Si, 0.40Mn, 1.30 ~ 1.70Cr 的 9Cr2 钢进行激光表面热处理, 分析了在激光功率 1.8 ~ 2.4 kW、激光束扫描速度 500 ~ 1 000 mm/min 的激光处理后该钢的表面组织和硬化层深度。试验结果表明, 当激光束功率较大、扫描速度较小时处理后组织区域为熔化区、相变区、热影响区和基体, 硬化层厚度 0.4 ~ 0.8 mm; 当激光束功率较小、扫描速度较大时处理后组织区域为相变区、热影响区和基体, 硬化层深度 0.2 ~ 0.6 mm。

关键词 9Cr2 钢 激光热处理 硬化层 组织

Effect of Laser Quenching Treatment on Structure of Steel 9Cr2

Li Wenxue¹, Zhang Fengyun¹, Chen Hongjie², Zhao Nenghuai² and Liu Kai²

(1 Material and Metallurgical School, Inner Mongolia University of Science and Technology, Baotou 014010;

2 Baotou Guangtong Laser Technological Co Ltd, Baotou 014010)

Abstract The steel 9Cr2 - 0.80 ~ 0.95C, 0.40Si, 0.40Mn, 1.30 ~ 1.70Cr was laser quenched surface heat treatment by a 3 kW continuous CO₂ cross current laser with laser power 1.8 ~ 2.4 kW and laser beam scan velocity 500 ~ 1 000 mm/min, and the surface structure and the case hardening depth were analyzed and tested. The test results showed that with higher laser power and lower beam scan velocity the case structure consisted of melting zone, phase transformation zone, heat influence zone and matrix and the case hardening depth was 0.4 ~ 0.8 mm; and with lower laser power and higher beam velocity the case structure consisted of phase transformation zone, heat influence zone and matrix and the case hardening depth was 0.2 ~ 0.6 mm.

Material Index Steel 9Cr2, Laser Heat Treatment, Hardening Depth, Structure

激光表面强化处理技术就是利用高能激光束照射到金属表层通过激光和金属的交互作用达到改善表面性能的目的。激光表面淬火工艺参数在连续输出的条件下主要为激光器输出功率 P 、光斑直径 D 和扫描速度 V 等^[1]。此外, 表面黑化状况等对激光表面淬火质量有一定的影响。

本实验研究了激光工艺参数对用于制造矫直圈的 9Cr2 钢组织的影响。

1 实验材料与方法

实验材料为包头市光通激光技术有限公司处理的矫直圈用钢 9Cr2, 成分 (%) 为: 0.80 ~ 0.95C, 0.40Si, 0.40Mn, 1.30 ~ 1.70Cr。将实验材料加工成 30 mm × 30 mm × 230 mm 的试样, 进行 820 °C 加热, 保温 1 h, 油淬, 600 °C, 1 h 高温回火的调质处理。淬火后试样的硬度为 HRC52 ~ 58, 高温回火后的硬度为 HRC35。

调质后试样经表面磨平后涂以吸光黑涂料, 进行激光表面热处理。激光表面热处理在 3 kW

连续 CO₂ 横流激光器上进行。激光处理的主要参数: 功率 $P = 1.8, 2.0, 2.2, 2.4$ kW, 扫描速度 $V = 500, 600, 800, 1 000$ mm/min, 光斑直径 $D = 10 \times 1$ mm, 进行激光束单道实验。

经过激光热处理后的实验材料, 用电火花切割机制备成金相试样, 从试样表面每隔 0.1 mm 测硬度值直至基体, 然后经过磨样抛光腐蚀后用 QUANTA400 型扫描电镜观察其侧面的显微组织。

2 实验结果及分析

2.1 激光束的扫描速度对硬化层深度的影响

当激光功率一定时, 随着激光束扫描速度的增加, 试样硬化层的深度越小 (图 1a)。因为, 当激光功率一定时, 激光束的扫描速度增加, 激光束在金属表面单位面积上的作用时间就越短, 激光处理时金属表面吸收的能量就越少, 因而硬化层的深度就越小^[2]; 而当激光束的扫描速度减慢的时候, 激光和金属表层作用的时间增加, 表层的温度分布趋于变缓, 将导致硬化层的深度增加。

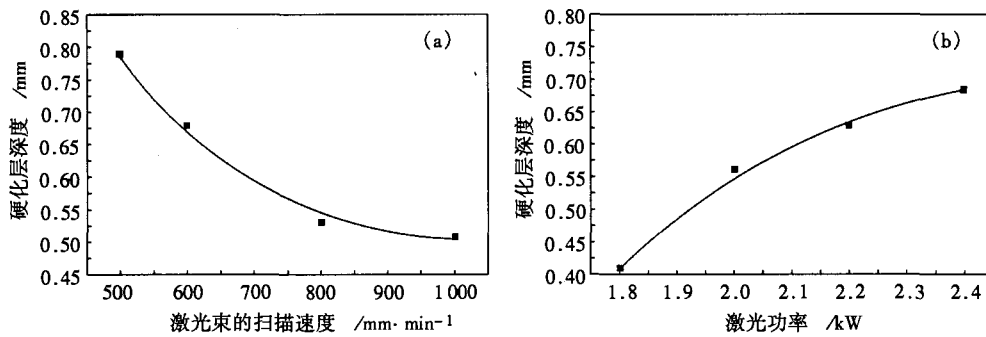


图 1 激光束的扫描速度(a-激光功率 2.4 kW)和激光功率(b-描述速度 600 mm/min)对 9Cr2 钢硬化层深度的影响
Fig.1 Laser beam scan velocity (a- laser power 2.4 kW) and laser power (b- beam scan velocity 600 mm/min) on case hardening depth of steel 9Cr2

2.2 激光功率对硬化层的影响

在激光束的扫描速度一定时,随着激光功率的增加,硬化层的深度就越大(图 1b)。原因是在扫描速度一定时,虽然激光与试样相互作用时间一定,但是激光功率大时,激光输出的能量增加,金属表层吸收的能量相应就增加,试样在单位时间内获得的能量就增加,温度就越高,相应地试样的硬化层的深度就增加。

2.3 扫描速度对熔化区深度的影响

在激光功率为 2.4 kW 时,熔化区深度随扫描速度变化的关系如表 1 所示。由表 1 可见,熔化区深度随扫描速度的增加而减小。

表 1 激光扫描速度对 9Cr2 钢激光处理层熔化区深度的影响

Table 1 Effect of beam scan velocity on depth of melting zone of laser treated steel 9Cr2

扫描速度/mm·min ⁻¹	熔化区深度/ μ m
500	19.6
600	13.1
800	12.3
1 000	10.0

当扫描速度为 500 mm/min 时,试样的显微组织如图 2(a)所示,熔化区深度较大。当激光的扫描速度减小时,激光束在表面停留的时间较长,表面吸收的热量较多,在相同的传热情况下,温升较大,熔化区深度增加,合金碳化物能充分地溶解和扩散,并且熔池中因对流搅拌作用,成分比较均匀,冷却速度相对较慢,晶粒生长的时间长,因而组织较粗大。在其下部由于加热温度高,奥氏体晶粒粗大,碳和合金元素含量较高,在随后的冷却中形成粗大的片状马氏体、少量的板条马氏体和大量的残余奥氏体。

扫描速度 800 mm/min 的组织如图 2(b),熔化区深度较小。当激光扫描速度增大时,激光束在表面停留的时间较短,表面吸收的热量较少,在相同的传热情况下,温升较小,熔化区深度变浅。

当激光的扫描速度比 600 mm/min 快并且激光的功率小于 2.0 kW 时,试样的剖面并没有熔化区域,而是只有相变区、热影响区和基体 3 个部分。

2.4 相变区的显微组织

由于激光束照射工件表面时,工件表层的温

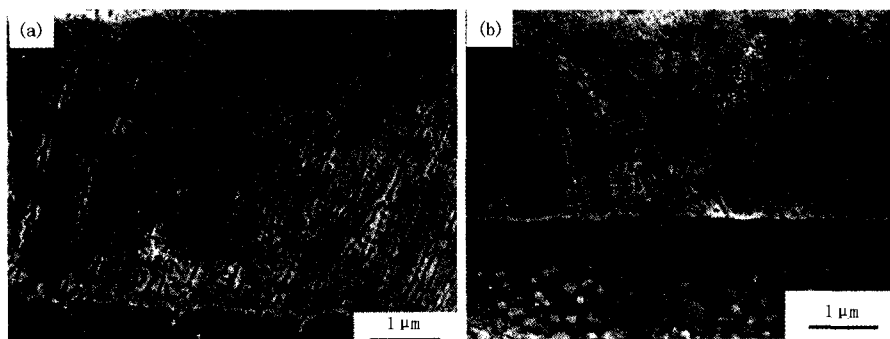


图 2 9Cr2 钢激光处理组织,SEM:扫描速度 500 mm/min (a)和 800 mm/min (b)
Fig.2 Structure of laser treated steel 9Cr2, SEM: beam scan velocity 500 mm/min (a) and 800 mm/min (b)

度迅速升高,在极短时间内迅速达到奥氏体化温度,而基体仍处于冷态,造成了工件表面被处理区沿深度方向有很大的温度梯度^[3]。在熔凝区以下是相变硬化区,其温度分布在 T_m-Ac_1 之间,扫描速度 600 mm/min 一定,相变区的显微组织如图 3 (a)(功率为 2.0 kW)所示。组织由马氏体、残余奥氏体和合金碳化物组成。但是,马氏体的尺寸

随功率的增加而增大。

2.5 热影响区组织

热影响区(图 3b 所示)是加热温度范围在 Ac_1 以下不太大的区域,该区域范围内存在一个低于基体硬度的凹谷,亦可以称为“高温回火区”,组织保持基体组织的特征,相当于是由高温回火的索氏体和大的碳化物的混合组织组成。

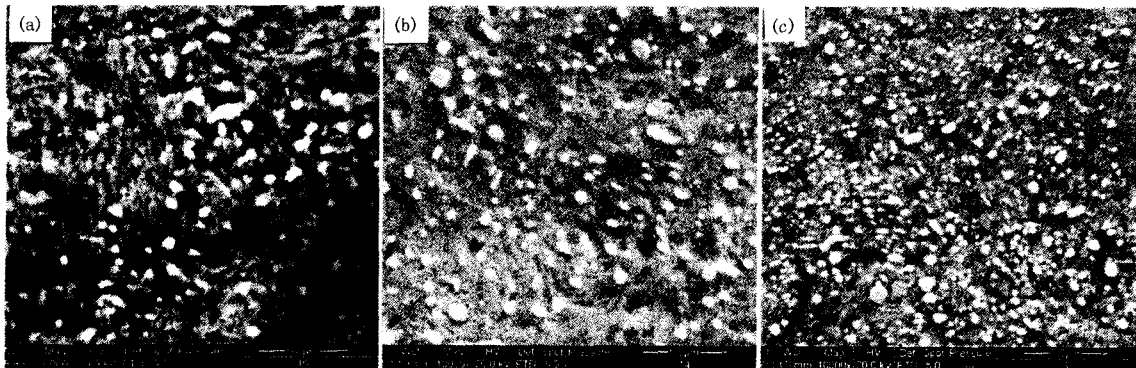


图 3 9Cr2 钢激光处理后相变区(a)、热影响区(b)、基体(c)的组织

Fig.3 Structure of laser treated steel 9Cr2, SEM: (a) phase transformation zone; (b) heat influence zone; (c) matrix

2.6 基体组织

基体组织如图 3(c)所示。基体由于离表面较远,在激光热处理过程中起着传导和吸收表面热量的作用,在传热过程中它本身温度并不高,组织为回火索氏体的调质特征。

3 结论

(1) 9Cr2 钢经激光热处理,当激光功率较大并且激光束的扫描速度比较小的时候,处理后的区域可以划分为:熔化区、相变区、热影响区和基体等几个部分,其硬化层的深度为 0.4~0.8 mm;当激光功率较小且激光束的扫描速度比较大的时候,处理后的试样只有相变区、热影响区和基体,其硬化层的深度为 0.2~0.6 mm。

(2) 随着扫描速度的增加和激光功率的减小,硬化层的深度减小。

(3) 在相同的激光功率的条件下,熔化区深度随扫描速度的增加而减小。在激光功率较小且激光束的扫描速度较快的工艺参数下,试样的表面没有出现熔化层,最靠近表面的即是相变区,得到的组织是马氏体、未熔的碳化物和残余奥氏体。

参考文献

- 1 周尧和,胡状麒,介万奇.凝固技术.北京:机械工业出版社,1998,300
- 2 张春华,李春彦.H13 模具钢激光熔凝层的组织及性能.金属热处理,2004(10):14
- 3 张光钧,吴晓晖,邢琪.45 钢激光相变扫描速度的影响.应用激光,2003,23(5):271

李文学(1955-),女,教授,从事材料组织转变和加工工艺的研究。

收稿日期:2005-09-09

下 期 要 目

- | | |
|-------------------------------------|------|
| HSLA 钢冶金工艺技术的进展 | 王祖滨等 |
| 2.25Cr-1Mo 合金钢回火脆化时效现象的研究 | 周昌玉等 |
| 不锈钢-碳钢复合板多道次小变形轧制温度场的数值模拟 | 庞玉华等 |
| K-OBM-S 转炉冶炼不锈钢过程的数学模拟和应用 | 董艳伍等 |
| 冷轧和固溶处理对改进型 202 不锈钢组织和力学性能的影响 | 范植金等 |
| 1.18Cu 高纯钢等温时效时富铜相的析出行为 | 安治国等 |