

HT20-40 铸铁激光硬化组织特点的研究

刘要武

(中国科学院长春光学精密机械与物理研究所, 吉林 长春 130021)

摘要:采用 CO₂ 激光器对 HT 20-40 灰铸铁进行了熔-凝硬化处理, 重点探讨了其组织特征及形成机理。结果表明, HT 20-40 灰铸铁激光硬化带具有三层不同的显微组织: (1) 与快速熔凝对应的白口化组织-微细莱氏体; (2) 局部熔化区, 具有铸态特点的岛状组织和马氏体, 石墨部分消失; (3) 相变区主要为隐晶马氏体, 片状石墨基本保持原状。而且, 通过适当的工艺控制, 可使局部熔化区消失, 仅存在熔-凝区和相变区。

关键词:激光硬化; 显微组织; 铸铁

中图分类号: TG 156. 99 文献标识码: A

1 引言

近年来, 随着大功率激光器的研制成功, 国内外技术人员已将激光硬化处理应用于各种铸铁, 并可显著地提高其硬度, 这方面已有不少报导。但由于激光快速加热和自身快速冷却的特点, 对激光处理后获得显微组织特征的报导不多。本文研究采用目前较为先进的 CO₂ 激光器, 对汽车、火车等制造业上常用材料 HT 20-40 灰铸铁进行了激光表面硬化处理, 然后对处理样品进行了金相观察、分析探讨其组织及形成原因。

2 试验方法介绍

试验用的材料为 HT 20-40 灰铸铁, 硬度为 HB210 左右, 化学成分见表 1。

Table 1 Chemical composition of HT20-40(WT%)

C	Si	Mn	P	S
2.95 ~ 3.86	1.16 ~ 1.18	0.86 ~ 0.92	0.24 ~ 0.25	0.078 ~ 0.092

试样尺寸: 10 × 10 × 20mm

试验设备采用 ZJ518 型 CO₂ 激光器, 额定输出功率为 500W, 功率可调, 输出波长 10.6 μm, 环形光斑, 功率不稳定性 2%。为增加材料表面对激光的吸收率, 采用自制的碳素混合涂料。处理工艺为: 功率 400-500W, 扫描速度 0.6-1m/min, 离焦量约为透镜焦长的 1/3 ± 8mm 处。



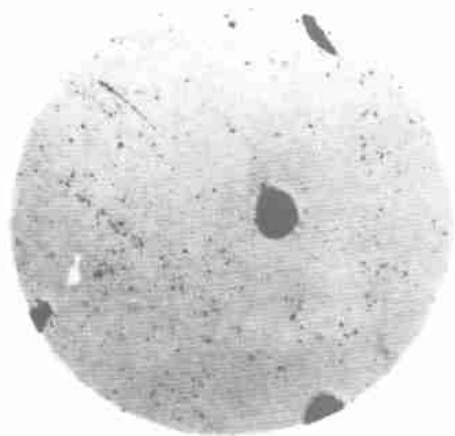
100×

Fig. 1 Microscopic structures of cross-section of laser hardening zone

3 结果与讨论

在本试验条件下, HT20-40 灰铸铁的激光处理带可分成三层, 如图 1 所示: (1) 快速熔化凝固层; (2) 局部熔化层; (3) 固态相变层。

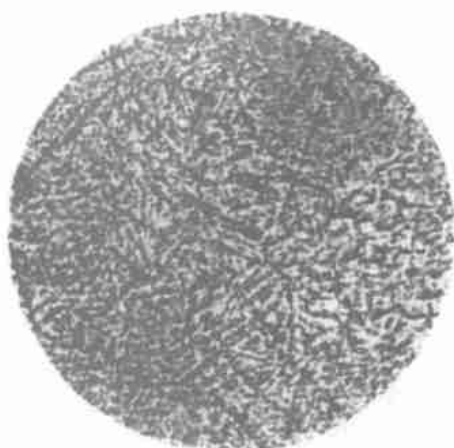
在第(1)层内, 石墨已完全消失, 仅可见到细微的孔洞(图 2)。显微组织主要为细小的莱氏体与先共晶相。一般说来, 凝固过程中的先共晶在石墨附近为 Fe₃C, 而在远离石墨处则为奥氏体的室温转变产物。因此同一基材上形成了过共晶和亚共晶两类凝固组织(图 3)。这是由于激光束照射下的快速熔化及随后激冷, 使溶入的片状石墨来不及充分扩散所至。



100×

Fig. 2 Tiny gas hole in melting and chilling layer, graphite have vanished

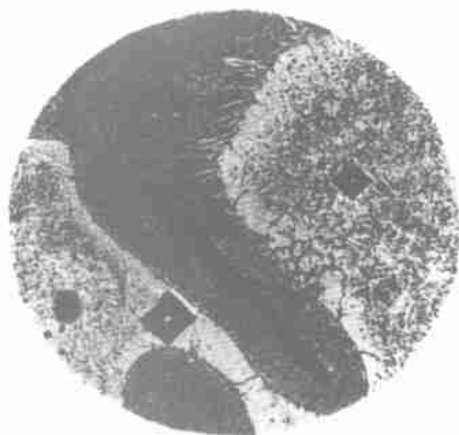
在第二层内除了部分马氏体转变外,片状石墨的周围往往形成白色带所环绕的岛状组织,如图4所示,从形态看,类似铸态组织。据此分析,由于石墨本身吸收的能量较多,致使其周围的珠光体产生了熔化,并因碳量溶入岛状熔池中而使石墨片宽度明显变小。在随后的结晶中“岛内”形成了铸态组织。其周围,则因碳在液、固相内扩散速度的不同而形成了贫碳的白亮铁素体带。这种分析与图中的硬度分布基本相符。此层内的片状石墨不能完全溶入,而是形成了保持原片状形态的断续的碎块状(图5)。这种碎化的原因是由于片状石墨本身各部位曲率半径不同,因而溶解速度也不同所造成的。



500×

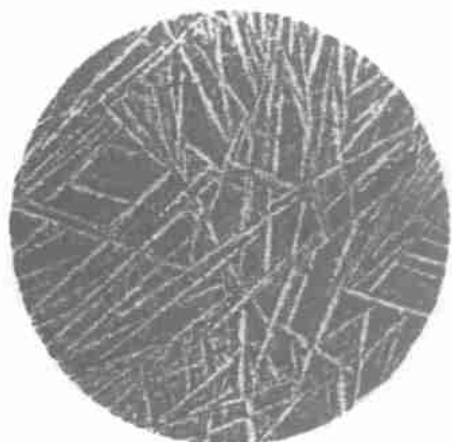
(B) subeutectic

Fig. 3 Microscopic structures of melting and chilling layer



400×

Fig. 4 Microscopic structures of localized melting layer



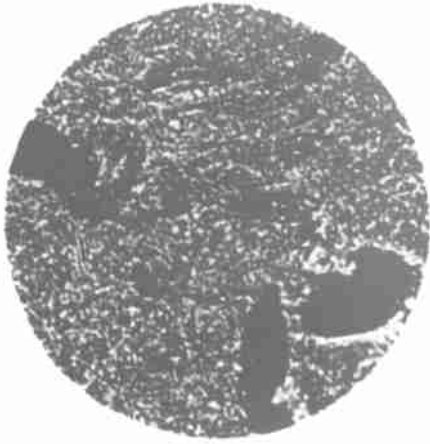
500×

(A) gypereutectic



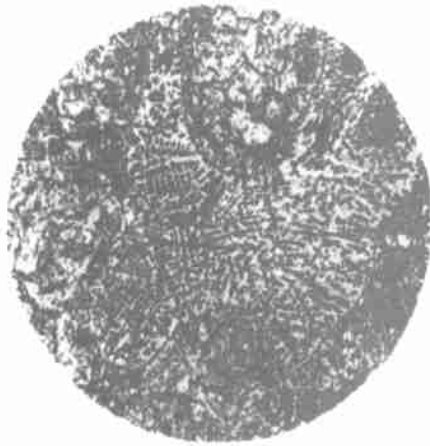
100×

Fig. 5 The graphite pattern of localized melting layer



500×

Fig. 6 Microscopic structures of solid transformation layer



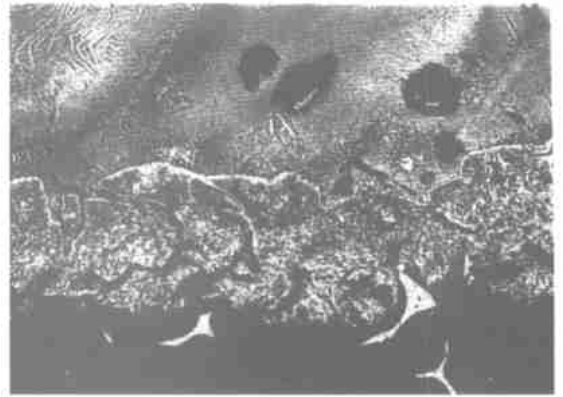
500×

Fig. 7 Remelting phosphoric eutectic in solid transformation layer

第(3)层内的组织主要为隐晶马氏体加未溶碳化物颗粒及残余奥氏体(图6)

同时低熔点共晶也有熔化,重凝成更为细小的共晶组织,并基本保持其原来的形态(图7)。片状石墨也基本保持原状。

通过改变激光处理工艺参数,可控制上述三层组织的相对量,并且也可使局部熔化层消失而仅存熔-凝层和相变层。在这种情况下,熔-凝层和相变层之间存在一条明显的极窄的白亮带,如图8所示。白亮带的成因是由于液固界面处,碳向液相扩散较慢,来不及补充,所以造成贫碳带的缘故。依其形成机理分析,此带应为高温保存下来的 δ -Fe带。



100×

Fig. 8 Microscopic structures of cross-section of laser hardening zone, no localized melting zone is observed

4 结 论

(1) HT 20-40 灰铸铁经激光硬化处理后,典型的显微组织可分为三层:(1)熔-凝区;(2)局部熔化区;(3)相变区。

(2) 熔-凝区的显微结构主要为极细的白口化组织,即莱氏体。

(3) 局部熔化区的显微结构主要为具有铸态特点的岛状组织和马氏体,石墨条部分消失。

(4) 相变区的显微结构主要为隐晶马氏体组织,片状石墨基本保持不变。

(5) 通过适当的工艺控制,可使局部熔化区消失,仅存熔-凝区和相变区。

参考文献:

- [1] 于柏年, 李镇刚, 宋绍琪, 李顺英. 金相图片选集[M]. 北京: 中国标准化协会、国家标准总局标准化综合研究所出版, 1981.
- [2] 黄积荣. 铸造合金金相图谱[M]. 北京: 机械工业出版社, 1980.
- [3] 黄勇, 崔国文. 相图与相变[M]. 北京: 清华大学出版, 1987.
- [4] 王传雅, 敬文礼. 金属的结构分析[M]. 北京: 机械工业出版社, 1989.
- [5] 李根富, 等. 激光熔凝合金中‘白亮带’的组织结构及形成机理的研究[A]. 全国热处理论文集[C]. 北京: 中国机械工程学会热处理专业委员会出版, 1990.
- [6] 纪华青, 等. 铸铁另件的激光热处理工艺及应用[A]. 第三届全国激光加工技术交流会论文集[C]. 武汉: 中国光学学会激光加工专业委员会出版, 1993.
- [7] 吴晗平. 激光束质量的评价与应用分析[J]. 光学 精密工程, 2000, 8(2): 128- 132.

Characteristic of laser hardened structures of HT20-40 cast iron

LIU Yao-wu

(Changchun Institute of Optics, Fine Mechanics and Physics,
Chinese Academy of Sciences, Changchun 130021, China)

Abstract: Hardening HT 20-40 gray cast iron with CO₂ laser, the structures characteristics and forming principle of hardened layer were studied. The results reveal that the laser hardened zone of HT20-40 gray cast iron is consisted of three layers: (1) melting-chilling layer with whitening structure- refined ledeburite; (2) localized melting layer- graphite part is melted, island structure has the characteristics of casting and martensite; (3) solid transformation layer- very fine martensite, the original pattern of lamellar graphite remains basically. Meanwhile, localized melting layer disappears by proper technology control, and there only exists melting-chilling layer and solid transformation layer.

Key words: laser hardening; microscopic structure; cast iron

作者简介: 刘要武(1952-), 女, 江西万安县人, 1975年毕业于东北大学金属物理专业, 主要从事激光加工技术及材料的测试分析工作。获国家“六五”攻关及中科院科技进步奖一项, 长春分院科技进步一等奖二项和国家发明专利一项, 并在国内有关刊物上发表论文十多篇。