

Cr12MoV 钢渗硼层的组织和成分

苗全生 郝少祥

(河南工程学院机电系, 郑州 450053)

摘要 用光学显微镜、扫描电子显微镜和 X-射线仪分析和研究了 1.72C-11.81Cr-0.40Mo 钢渗硼层组织和元素含量的变化。结果表明, 渗硼层由白亮的硼化区 (FeB 相-Fe₂B 相) 和黑白相间的过渡区组成; 硼化区前端存在大量形状不规则的岛屿状含硼碳化物。渗硼层中存在 B、C、Al、Si、Mo、Cr、Fe 等元素, 硼化物前端的 B、Cr、Fe 含量分别为 11.48%、36.49% 和 32.23%, 过渡区的 B、Cr、Fe 含量分别为 8.07%、7.04% 和 77.21%, 而 Mo 含量几乎没有变化。渗硼层中 Cr、Mo 以碳化物形式存在, Al、Si 存在于缺陷处或高碳区中。

关键词 Cr12MoV 钢 渗硼层 组织 成分

Structure and Composition in Boronizing Layer of Steel Cr12MoV

Miao Quansheng and Hao Shaoxiang

(Department of Mechanical and Electronic Engineering, Henan Engineering Institute, Zhengzhou 450053)

Abstract The change of structure and element content in boronizing layer of steel 1.72C-11.81Cr-0.40Mo has been analyzed and studied by using optical microscope, scanning electron microscopy and X-ray analyzer. Results showed that the boronizing layer consisted of white-bright boronizing zone (phase FeB-phase Fe₂B) and black alternating with white transition zone; there was a lot of irregular island B bearing carbides; and there were the elements such as B, C, Al, Si, Mo, Cr, Fe in boronizing layer, the B, Cr and Fe content at front of boride in boronizing layer was 11.48%, 36.49% and 32.23% respectively while the B, Cr and Fe content in transition zone was 8.07%, 7.04% and 77.21% respectively, but the Mo content was almost no change. The Cr and Mo existed in boronizing layer by carbides form, and Al and Si existed at defect or high carbon area in boronizing layer.

Material Index Steel Cr12MoV, Boronizing Layer, Structure, Composition

文献 [1, 2] 报道了 20、45、40Cr、T8、GCr15、3Cr2W8、H13、CrWMn 等钢渗硼层中元素含量的变化情况, 本文在优化渗硼的条件下, 对渗硼层进行线、点扫描, 测试渗硼层中各种元素含量的变化, 研究了 Cr12MoV 钢渗硼的规律。

1 试验材料及方法

试验材料取自 Cr12MoV 钢 Φ40 mm 的棒材, 主要化学成分 (%) 为 1.72C、11.81Cr、0.40Mo、0.18V、0.15Si、0.21Mn、0.034P、0.032S。试样尺寸为 Φ6 mm × 12 mm, 渗硼试剂为山东安丘市热处理材料有限公司生产的固体粉状渗硼剂。加入的稀土为氯化稀土, 稀土总量 ≥ 98%, 铈含量 ≥ 45%。

以温度、时间和稀土加入量为三因素进行正交试验, 优化渗硼工艺参数。依据渗硼工艺参数 (950 °C × 5 h, 0.3% RE) 对试样进行优化渗硼。

用 OLYMPUS (BH-2) 型金相显微镜观察渗层组织, 依据 JB/T4215-1996《渗硼》标准测量渗层厚度; 用 PW-1710 型 X 射线衍射仪测定渗层的相组成; 用 HV-1000 型显微硬度计测定渗层显微硬度, 并观察渗层脆性; 用三钾试剂浸蚀渗层, 观察渗层颜色, 区

分渗层相组织。用 QUANTA-200 型扫描电镜观察渗硼层, 并测试渗硼层成分的变化。

2 试验结果与分析

2.1 渗硼层组织

在扫描电镜下, 渗硼层组织如图 1 所示。渗硼层由白亮的硼化物区和黑白相间的过渡区组成。经

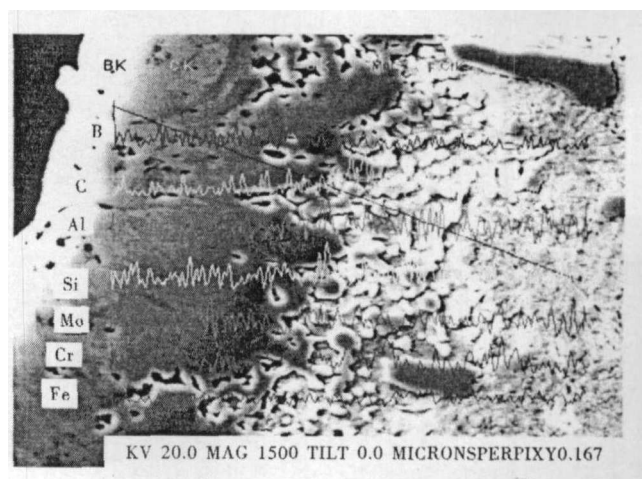


图 1 渗硼层组织及元素能谱 (950 °C 5 h, RE-0.3%)
Fig. 1 Morphology of structure in boronizing layer and curves of energy spectrum of element, 950 °C 5 h, RE-0.3%

三钾试剂浸蚀后,渗硼层出现两种颜色。最外面呈褐色的为 FeB 相,里面呈黄色的为 Fe₂B 相^[3]。经 X 射线衍射分析证明,渗硼层主要由 FeB 相与 Fe₂B 相组成,同时含有 (Cr,Fe)₇C₃ 与 (Fe,Cr)₃C 相^[4]。从图 1 中可以看出,硼化物区尚为致密,仍存有孔洞、疏松和微裂纹等缺陷。硼化物区前端呈不明显梳齿

状,并存在大量形状不规则的岛屿状含硼碳化物。

2.2 渗硼层中各种元素含量的变化

为明确渗硼层中各种元素含量的变化,对渗硼层进行能谱扫描,线扫描结果见图 1 所示。硼化物区前端及过渡区的点扫描结果见图 2、3 所示。

图 1 显示,渗硼层中存在 B、C、Al、Cr、Si、Mo、Fe

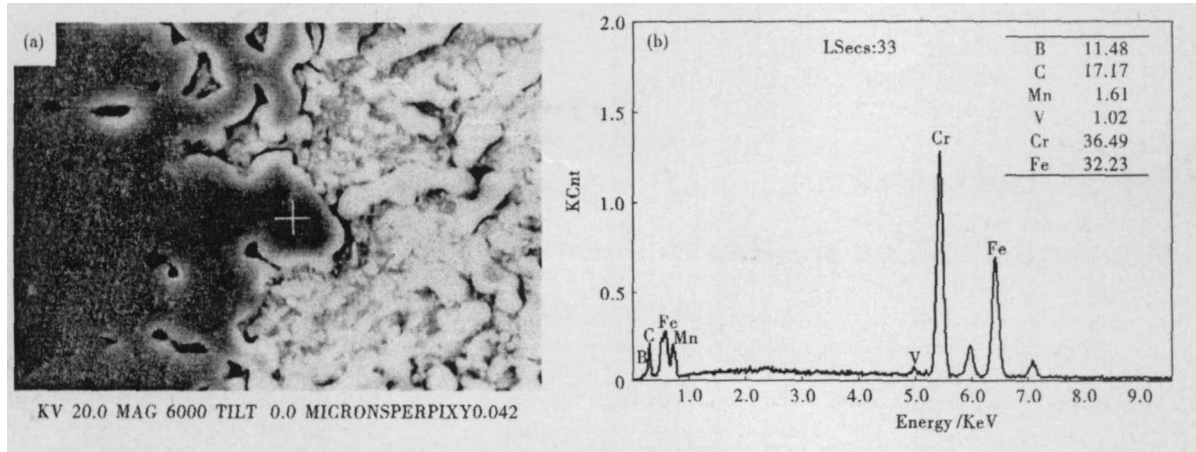


图 2 渗硼层硼化物前端能谱点扫描:(a)点扫描位置;(b)能谱图

Fig.2 Energy spectrum point scanning at front of boride in boronizing layer: (a) point scanning position; (b) curve of energy spectrum

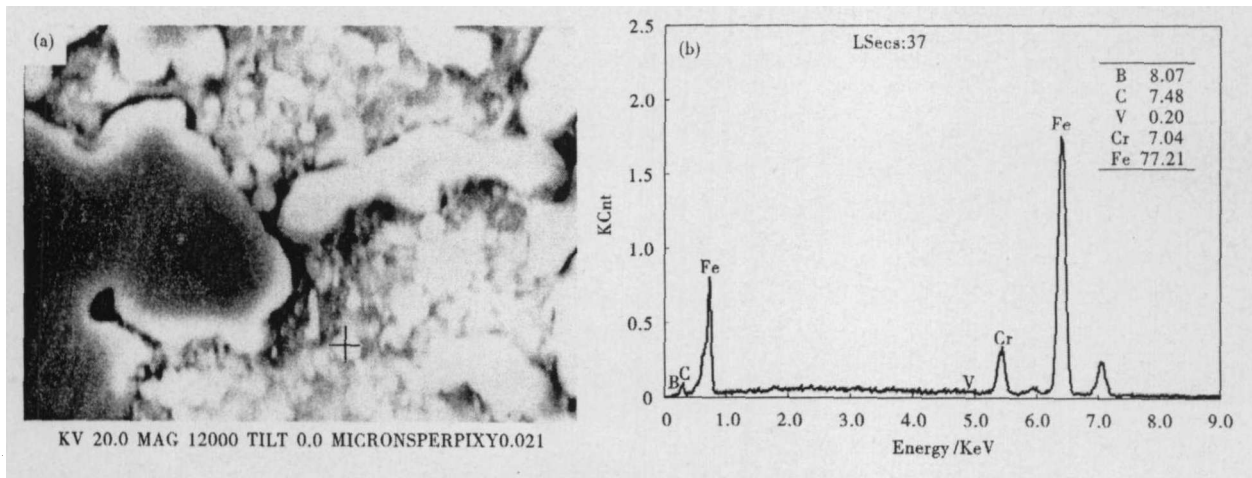


图 3 渗硼层过渡区能谱点扫描:(a)点扫描位置;(b)能谱图

Fig.3 Energy spectrum point scanning in transition zone of boronizing layer: (a) point scanning position; (b) curve of energy spectrum

等元素,且这些元素的含量发生了改变。其中 B 元素含量在表层出现峰值,越往里层含量逐渐降低。C、Si、Al 及 Cr 元素在表层含量较低,在过渡区出现峰值。表明在渗硼过程中,C、Si、Al 及 Cr 元素在奥氏体内不被 B 元素所容,被驱赶至硼化物前端,并在前端过渡区内形成 C、Si、Al 及 Cr 元素的富集区。Mo 元素在硼化物层中的含量与心部一致,在过渡区含量略显低些。表明 B 元素不排挤 Mo 元素,可与 Mo 元素形成 Mo₂B。Fe 元素在硼化物层中的含量略低于过渡层及心部,表明硼化物层中有部分 Fe 元素

被 Cr、Mo 元素取代所致。

图 1 中没有出现 V 元素的谱线,但图 2、图 3 的点扫描出现 V 元素的谱线,表明 V 元素含量少,有可能固溶于碳化物中或以 VC 形式夹在硼化物里。

渗硼层中出现 Al、Si 元素,多以夹杂物或杂质形式滞留于渗硼层的缺陷处,或存在于渗硼层中的富碳区^[5]。

图 1 和图 3 中没有 Mn 元素谱线,而图 2 中出现,表明 Mn 元素在渗硼层中的含量少,有可能固溶于碳化物中或以碳化物形式夹在硼化物里。

图1、图2及图3中没有稀土谱线,表明渗硼层不含稀土。

渗硼层中出现C、Cr、Mo元素,表明渗硼层中含有大量的Cr、Mo元素的碳化物,这些碳化物一部分来自于原始组织的组成物,诸如 $(Cr,Fe)_7C_3$ 、 $(Cr,Fe)_3C$ 和 Mo_2C 相^[6]。在渗硼的过程中,它们没有完全溶解于奥氏体中,随后被生长的硼化物包围。另一部分来自于奥氏体中的富碳区。在渗硼的过程中,奥氏体中会出现富碳区,随着富碳区的萎缩和成分的浓缩,有碳化物生成且被周围生长的硼化物所包围^[7]。

从图1~3可以看出,硼化物区前端存在大量未溶的原始组织中的共晶碳化物、二次碳化物和硼化物前端富碳区所形成的碳化物。图2与图3的点扫描结果表明,这些碳化物中都含有B原子,说明B原子扩散到碳化物中,但也不排除B原子会依附于碳化物形成 Fe_2B 晶核,进而长大而将碳化物裹在 Fe_2B 相里面的可能。

2.3 渗硼层的显微硬度

对渗硼层测定其显微硬度,结果见图4。渗层显微硬度在外表层处硬度不高,往里出现峰值,再往

里硬度缓慢降低。渗硼层中外表层为 FeB 相,且含有大量的孔洞与疏松,在测定硬度时,容易使 FeB 相致裂,所以外层测出的硬度较低。往里 FeB 相中孔洞与疏松较少且致密,因此测出硬度值较高。再往里出现 Fe_2B 相, Fe_2B 相硬度低于 FeB 相,故硬度出现下降。继续往里为过渡区,其硬度远低于 Fe_2B 相,但高于心部。因此,硬度呈现连续缓慢下降的走势。

3 结论

(1) 渗硼层中存在B、C、Al、Cr、Si、Fe、Mo、V、Mn等元素,但没有稀土元素渗入。其中B元素在表层含量出现峰值,往里含量下降。C、Si、Al及Cr元素含量在过渡区出现峰值,Fe元素在硼化物层中的含量略低于过渡层及心部,而Mo元素含量几乎没有变化。

(2) 渗硼层存在C、Cr、Mo元素,表明渗硼层中存在Cr、Mo元素的原始碳化物,在渗硼的过程中,它们没有完全溶解于奥氏体中。

(3) 渗硼层中V、Mn元素含量少,有可能固溶于碳化物中或以碳化物形式夹在硼化物里;而Al、Si元素可能存在于渗层缺陷处或富碳区中。

参考文献

- 1 吴宝善,何孝渝,郑水玉,等. 固体渗硼化学反应机理及渗硼层相结构、形成机理及相变. 金属热处理学报,1981,2(2):73
- 2 陈崇伟,王卫林,张淑艳,等. 3Cr2W8V 钢硼稀土共渗. 金属热处理,1989,14(9):9
- 3 王国佐,王万仁. 钢的化学热处理. 北京:中国铁道出版社,1980
- 4 郝少祥,孙玉福,杨凯军. Cr12MoV 钢渗硼工艺及渗层的组织与性能. 金属热处理,2006,31(7):67
- 5 谢泽嘉. 渗硼层缺陷分析. 理化检验,1985,29(1):6
- 6 崔 崑. 钢铁材料及有色金属材料. 北京:机械工业出版社,1985
- 7 李木森,刘玉先,肖庆成,等. 渗硼层中夹缝组织的研究. 金属热处理,1995,20(6):11

苗全生(1953-),男,副教授,1976年北京工业学院毕业,机械设备检测与维修方面的研究和教学。

收稿日期:2008-01-16

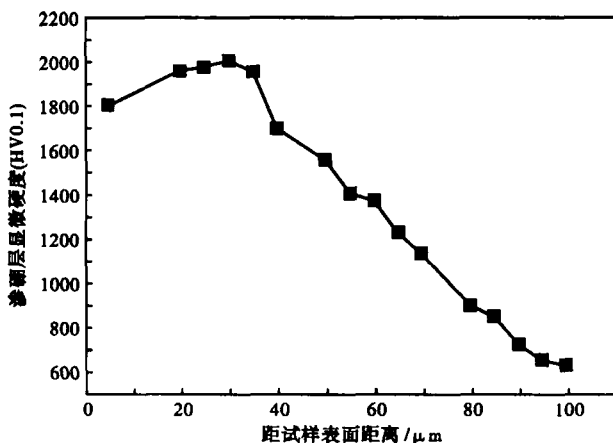


图4 渗硼层显微硬度曲线

Fig. 4 Microhardness curve of boronizing layer

下 期 要 目

精炼渣对轴承钢中氧含量和夹杂物的影响	阮小江等
360 mm × 450 mm 方坯连铸结晶器电磁搅拌的数值模拟	陈 永等
水口浸入深度对结晶器内钢液流场与温度场的影响	于会香等
B ₂ O ₃ 对低氟结晶器保护渣理化性能的影响	王艺慈等
高碳帘线钢 72A 连续冷却转变(CCT)的特性	王 超等
Cu 在贝氏体钢铁素体中的比界面能及熟化速率计算	李广敏等