

硼钛耐磨铸铁金相组织的研究

黄翠金 柯兴彬

(农机系)

提 要

本文对硼钛耐磨铸铁的金相组织进行了观察,对镶嵌在基体上的钛碳(氮)化物“硬质点”进行了电子探针化学成份相对量的测定。目的是通过金相组织进一步研究其耐磨机理。试验结果表明,铸铁中微量的硼钛元素形成的分散性、均匀分布的碳硼化物,基体中出现的形态不规则,细小的以钛碳(氮)化物为主的“硬质点”(本文称之为“硬质点”),是硼钛耐磨铸铁具有优良耐磨性的主要原因。

前 言

近几年来广东各缸套厂利用广东、湖南生铁中共生的微量钛元素,加少量($<0.07\%$)的硼,生产出新型材料——硼钛铸铁。目前硼钛铸铁已用于制造190型柴油机缸套和其它型号的缸套。经试验表明,硼钛缸套(如肇庆配件厂生产的硼钛铸铁缸套)除其耐磨性比原来的高磷缸套提高35%外,也使配对活塞环的耐磨性相应提高5%。

材 料 和 方 法

本实验所用仪器是广州材料机厂制造的HW—187.5型三用机,上海第二光仪厂制造的71型显微硬度计,锦光厂制造的XJ—01型立式显微镜,广州光学仪器厂制造的XJ—16型小金相显微镜,日本出产的JSM—25S型扫描电子显微镜,ISI—60A型电子探针。

试验材料取自离心铸造的190型气缸套纵向中间部位,以缸套纵剖面内侧为观察面。试样经打磨抛光后在电子显微镜下观察石墨形态和“硬质点”分布并拍片;用同一试样经4%硝酸酒精腐蚀后进行金相观察并拍片。用ISI—60A型电子探针对“硬质点”进行相对量定量分析。

结 果 和 分 析

(一) 各种不同材质的缸套机械性能,如表1。

表 1 不同材料机械性能比较

材料名称	取样缸套	机 械 性 能			
		抗拉强度 (kg/mm ²)	抗弯强度 (kg/mm ²)	冲击韧性 (kg/mm ²)	硬 度 (HB)
硼钛缸套	190—12	25.3	46.0	0.825	246
硼缸套	190—12	21.5	42.0	0.135	226
高磷缸套	190—12	24.5	43.5	0.150	226

表 2 硼钛缸套化学成份及其机械性能

试样编号	化 学 成 份							抗拉强度 (kg/mm ²)	抗弯强度 (kg/mm ²)	硬 度 (HB)
	C	Si	Mn	P	S	B	Ti			
001*	3.22	2.80	0.79	0.170	0.068	0.0579	0.054	24.5	45.0	248
002*	3.32	2.58	0.528	0.252	0.083	0.0498	0.075	25.0	44.5	246

表 3 “硬质点”的化学成份(相对量)

试 样	化 学 成 份							
	Ti	Fe	W	V	Cr	Mn	P	
001*A点	32.97	17.57	32.79	2.48	1.11	0.59	2.91	
001*B点	29.40	23.89	31.01	1.90	1.44	0.58	2.22	
001*C点	25.61	26.62	26.06	1.95	0.85	0.53	3.90	
001*D点	16.81	48.61	17.71	1.07	1.58	0.81	5.29	

(二) 硼钛缸套化学成份及机械性能如表 2。001*A、B、C和D点微区分析所得化学成份, 见表 3。

(三) 硼钛微量元素对耐磨组织和性能的影响及其分析: 硼钛耐磨铸铁和普通硼铸铁一样, 按稳定状态图和介稳定系状态图结晶, 室温下的金相组织由花状B型或B+D型石墨、断续分布的碳硼复合物(也有少量的二元磷共晶, 见图 1)珠光体(图 2)和以钛碳(氮)化物为主的“硬质点”(图 4)组成。

硼钛铸铁中, 硼是反石墨化元素, 表现在结晶后期按 $r\text{-Fe}_3(\text{C}_{1-x}\text{B}_x)$ 共晶凝固, 这样结晶出来的碳硼化合物, 其铁原子间形成金属键, 碳、硼原子与铁原子一起形成复杂结构的化合物。但硼原子直径为 1.95Å , 比碳原子直径 1.68Å 要大, 而硼原子所带正电荷数较碳原子少一个, 这样硼原子的可压缩性比碳原子好, 当它们溶于铁中时, 硼原子要容易些。但是, 在溶进铁原子的那一瞬间, 硼原子受压大, 一经形成以后, 硼原子就力求恢复其正常状态, 此时碳硼复合物受到张力作用, 系统的自由能随之升高, 从这

个角度分析 $\text{Fe}_3(\text{C}_{1-y}\text{B}_y)$ 的稳定性应该比渗碳体小。然而,正是由于这个原因,碳硼化合物硬度高达900~1180HV,比渗碳体硬度850~950HV要高,比磷共晶硬度705~800HV就更高了。

钛是强碳化物形成元素,它和碳、氮元素(主要是碳)形成TiC以及少量的TiN和Ti(C,N),以TiC形式存在的钛元素占含钛总量的90%以上^[4]。这种碳化物结合力强,极稳定,不易分解,在铁水凝固前已形成,因而可以作为铁水凝固时的固体晶核,能细化石墨,特别能细化A型石墨。微量的钛与铁水中残留的氧也有很大的亲和力,使它形成氧和氮的化合物浮于铁水之上,净化了铁水,减少了氧化物作为晶核的作用,增强了机体结合力。

硼钛铸铁在两种微量元素的综合作用下,其强度、硬度、冲击韧性稍高于磷铸铁,加工性能亦不恶化。

(四)微区分析

1. 定性定性:在金相显微镜下对以钛碳化物为主的微小区域进行观察,我们把这微小区域称之为“硬质点”。这些“硬质点”分布在珠光体基底上,花状石墨的周围(图3),碳硼化物的尖角上,多呈圆形、三角形、多边形。粒度约1~3 μ 。硬度高达1890HV以上。它们在明视场呈蓝色或淡红色(TiC为主),在扫描电镜中呈灰色或白亮色。将试样用 CrO_3 抛光,“硬质点”微凸于基底上(图4),不被磨损。经电子探针成份分析,有较高的钛和钨富集在其上(见表3),作者认为这些“硬质点”是以TiC为主的复合碳化物。

2. 定量分析(测量误差为 $\pm 10\%$):通过001*试样形貌相(图7)对应于Ti元素的面扫描(图5),A、B两点线扫描,A、B、C、D四点的点扫描(只取A点扫描图,见图6)和相对量化学成份分析,以及003*试样抛光后硬质点分布在基底和石墨周围(图4)和对应于钛、钨元素的面扫描(图8)的分析表明,钛元素在“硬质点”位置上面扫描出现浓集现象,线扫描出现峰值,这和相对量化学成份分析结果中含钛量较高是一致的。“硬质点”以外的其它区域钛元素线扫描没有峰值,相对量化学成份测定其钛含量也几乎为零。这说明硼钛铸铁中的钛几乎集中在硬质点上。

钛和钨均是强碳化物形成元素,从表3可以看出,“硬质点”的含钛量越高,钨的含量也越高,两元素在同一点上的成份相差量最大为1.53%。例如,100*A点的含钛量为32.97%,钨含量为32.79%,铁为17.5%。钛和钨这两种元素在铁水未结晶时就形成了活性很高的微细TiC、WC和碳原子缺位的 W_2C 。当TiC存在时,碳化钨的六方晶格被转变为立方晶格而迅速地溶解在TiC中^[3],形成TiC—WC固溶体,并且与 W_2C 和 Fe_3C 等碳化物聚集在一块形成以TiC为主的复合碳化物——“硬质点”。

结 论

(一)硼钛耐磨铸铁中“硬质点”是以TiC为主的复合碳化物,其含钛量在16~33%之间变化,微量的钛几乎全部集中在其上,在珠光体基底和硼化物上未发现有Ti元

素的熔入。

(二) 断续分布的碳硼化物，无数弥散分布的高硬度的“硬点”，在磨损过程中承受磨损，与这两种组织有明显硬度差的珠光体，在磨损过程中形成的微凹部和石墨孔洞均被润滑油充满，以补充承受磨损的碳硼化物和“硬点”支承面的润滑，减少了磨损。此外，碳硼化物和“硬点”中各种碳化物熔点高，在与摩擦付相接触的瞬间，不会因强烈摩擦产生的摩擦热而发生熔着，减少了拉缸现象。以上几点是硼钛铸铁具有良好耐磨性的根本原因。

参 考 文 献

- [1] 杨景祥等，1982，硼铸铁结晶过程的研究，《铸工》3：11—18。
- [2] 梁仲康、江静波，1982，硼铸铁中复合磷共晶的电子显微形态、微区成份和性能，《铸工》5：21—24。
- [3] Я.С. 乌曼斯基等著，1958，《金属学物理基础》科学出版社。
- [4] 近藤、安江、矾谷，1975，金型铸造によるD型黒鉛铸铁の肉厚感度に及ぼすチタンの影響，《铸物》17(4)：32—38。

A STUDY OF MICROSTRUCTURE OF THE B-Ti ANTIFRICTIONAL CAST-IRON

Huang Cuijin

Ke Xingbin

(Department of Agricultural Mechanization)

ABSTRACT

This study has observed the microstructure of B-Ti antifrictional cast-iron. The relative chemical quantity of Ti-carbonitride "hard spot" set in the base metal has been determined by the electronprobe microanalyser. The aim of this paper is to make further studies of the antifrictional mechanism of cast-iron by means of microstructure. According to the results that scattered and well-distributed B-carbon compound caused by the trace B-Ti element in the cast-iron, and the irregular and tiny "hard spot" which appears in the base metal are the main reason why that B-Ti antifrictional cast-iron has a fine wearability.

附 图 说 明

- | | |
|-----------------------------|--------------------------------|
| 1. 001* 碳硼化物和少量磷共晶 ×2000 | 2. 003* 珠光体基底 ×1500 |
| 4. 003* “硬点”微凸在基底上 ×1500 | 3. 003* 石墨周围的“硬点” ×4500 |
| 6. 001* A点的扫描 | 5. 对应001* A.B.C.D点钛元素面扫描 ×1000 |
| 8. 对应003* 硬点的钛、钨元素面扫描 ×1500 | 7. 001* 形貌相 ×1300 |

图版

