

文章编号:1007-649X(2001)02-0107-03

钢的低温渗硼剂的研制

余煜玺¹,朱世杰¹,马庆勇²,陈瑞路²

(1. 郑州工业大学材料科学与工程系,河南 郑州 450002; 2. 郑州锅炉厂,河南 郑州 450052)

摘要:在经过初步选择渗剂的基础上,采用正交试验优化选择研制了低温渗硼剂的最佳配方.通过金相分析、显微硬度测定等实验,分析了低温渗硼层的显微组织、硬度分布.结果表明,正交试验能有效减少试验次数,获得最佳渗剂配方.该低温渗硼剂能较好地实现低温渗硼,渗硼层呈梳齿状,致密、疏松孔洞少,硼化物前沿没有明显的过渡区,也无明显的富碳区.渗硼层显微硬度梯度比较平缓,渗层与基体结合较好.

关键词:正交优选;渗硼剂;低温

中图分类号:TG 156.87 **文献标识码:**A

0 引言

低温渗硼,实际上就是指在钢临界点(A_1)以下的温度进行渗硼^[1],特别是在钢回火温度下进行渗硼,不仅能改善渗层性能,降低能耗和减少工件变形,进一步扩大渗硼工艺的应用,而且还能简化工艺,具有明显的经济效益.而要较好地实现低温渗硼,则必须有优良的渗硼剂.本文以45钢固体渗硼为例,通过添加稀土,采用正交试验方法,探索实现低温渗硼的渗剂配方.

1 试验方法及步骤

(1)低温渗硼方法:试样材料为45钢,其处理步骤为:配方→清洗试样→烘干试样→试样装罐密封→罐入炉渗硼→罐出炉清理.

(2)相同的处理温度、保温时间的前提下,对低温渗硼中的渗剂各组分进行初步优化.

(3)对初步优化的组分用正交试验方法进行渗剂优选,以渗层层深、渗层组织、渗剂松散度、工件表面粘结情况为标准,选择最佳配方.

(4)制作金相试样,拍摄金相照片,分析渗层金相组织.

(5)测试渗层显微硬度.

2 试验结果与分析

2.1 渗剂组分的初步选择

渗剂组分中,供硼剂、活化剂、催渗剂之间的组分关系对渗硼速度、渗层组织结构和表面硬度有很大影响,决定了渗层的质量与性能.为了能选择出最佳渗剂配方,在优化渗剂之前,对渗剂组分中的供硼剂、活化剂以及催渗剂的量进行初选.初选试验中,供硼剂为 B_4C ,活化剂为 KBF_4 ,催渗剂为氯化稀土,填充剂为 SiC 与活性碳.

由初选试验得出:供硼剂的选量在15%左右,催渗剂大致在5%~10%之间,活化剂可以适当大一点.为了找出最佳渗剂配方,减少试验次数,以此为依据利用正交表进行正交试验,进行优选.

2.2 渗剂优选

优选出的最佳渗剂配方,必须能使渗硼后的工件有较深的层深,同时渗剂松散不粘结工件.在选定渗剂五组分中, SiC 作为填充剂含量最多,其含量在一定范围内变化对渗硼质量影响较小,而 B_4C 、 KBF_4 、活性碳和氯化稀土的百分含量对渗硼质量影响较大.故以其四组分作为因子,选用三水平四因子正交表进行正交试验^[2].相应的因子和水平见表1.

计算各因子在3种水平下渗层层深的平均值.以此数据作水平层深图1.从图1可以看出,渗剂各组分含量的变化对层深都有影响,只是不

收稿日期:2001-01-30;修订日期:2001-02-30

基金项目:河南省科技攻关项目(991130117)

作者简介:余煜玺(1974-),男,湖南省攸县人,郑州工业大学硕士研究生.

同水平下,影响的趋势不同:碳化硼组分,随其含量的增加,层深先是减小,而后增大;氟硼酸钾组分,随其含量增加,层深一直减小;氯化稀土组分,随其含量的增加,层深先是增加而后减小;活性碳组分,随含量的增加,层深一直增加。

表1 渗剂组分的正交试验 $L_9(3^4)$

Table 1 The orthogonal experiment $L_9(3^4)$ of composition

序号	碳化硼/%	氟硼酸钾/%	氯化稀土/%	活性碳/%	碳化硅/%	渗层层深/ μm
1	10	10	5	10	余量	27.65
2	10	15	7.5	15	余量	34.34
3	10	20	10	20	余量	34.00
4	15	15	10	10	余量	26.03
5	15	15	10	10	余量	13.29
6	15	20	5	15	余量	13.13
7	20	10	10	15	余量	27.65
8	20	15	5	20	余量	33.44
9	20	20	7.5	10	余量	30.03

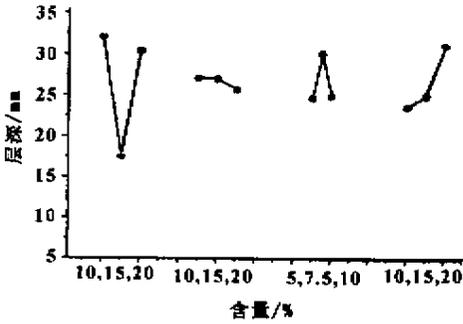


图1 45钢水平层深图

Fig.1 The relation between level and depth for 45 steel

为了更确切地找出渗剂组分中各因子对渗层的影响程度大小,对上述正交试验进行方差分析。根据统计原理,取检验水平 $\alpha = 5\%$, 则 $F_{0.95}(2, 18) = 3.55$, 得方差分析结果,见表2。

表2 正交试验方差分析

Table 2 The noticeability analysis of orthogonal experiment

方差名称	S	f	$\bar{S} = S/f$	F	显著性
碳化硼	1130.1	2	565.05	7434.9	***
氟硼酸钾	9.092	2	4.55	59.9	*
氯化稀土	173.47	2	86.74	1141	**
活性碳	289.3	2	144.65	1903	***
误差	1.37	18	0.076	-	-

总结水平层深图与方差分析结果,得渗剂优

选的配方结果:10% B_4C + 10% KBF_4 + 7.5% 氯化稀土 + 20% 活性碳 + SiC。

2.3 金相组织分析

在优选渗剂下低温渗硼,金相组织如图2所示。由图2可以看到,优选渗剂下低温渗硼,硼确已渗入钢内形成硼化物层,并且渗硼层呈梳齿状。这是由于渗硼时,硼在两种铁硼化合物中的扩散都是沿C轴较快^[3],沿C轴的择优扩散使晶粒沿扩散方向迅速生长,形成深深楔入基体且垂直于表面的“指状”结构。但在优化渗剂下低温渗硼,硼齿变短,表层更加致密,疏松孔洞也少。

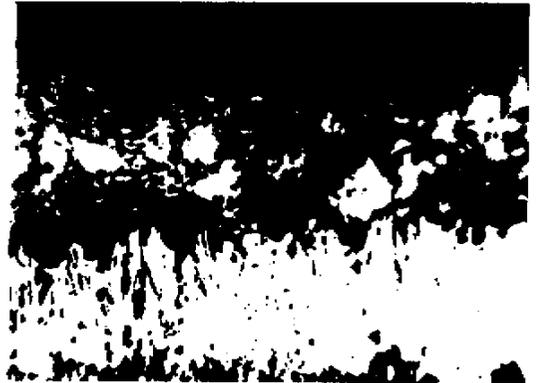


图2 45钢金相组织

Fig.2 Metallograph structure for 45 steel

由图2也可以看到,渗硼层与基体之间没有明显的过渡区,未出现黑色组织。渗硼时,FeB和 Fe_2B 相中,碳几乎都不能固溶,渗硼层中的含碳量必定要低于钢中原始含碳量。随着钢中硼化铁相层逐渐向基体的纵深延伸,碳原子通过扩散逐步被驱至硼化铁相层下的次层。由于碳原子的不断堆积,在渗硼层下较易形成一个富碳区。而在本渗剂下低温渗硼,铁素体溶碳甚少,渗硼后的冷却过程中不发生共析转变,不出现晶粒粗大的伪共析或过共析组织的过渡区,但硼化物不溶碳,渗层部位的碳同样要被挤向硼化物前端的基体,因此硼齿前端或齿间仍会出现富碳区,但由于温度低,碳的扩散系数比较小,因此低温渗硼层前沿的富碳过渡区比较窄,甚至是难以分辨。

2.4 显微硬度

本渗剂下低温渗硼后,表层到基体的显微硬度值见表3。

表3 渗硼后的显微硬度值

Table 3 Microhardness of boronization layer

距表面距离/ μm	20	30	40	50	65	80	100
显微硬度/数据	1648.8	1543.6	1283.2	802.4	259.6	256.8	210.2

为了便于直观分析,以显微硬度值($HV_{0.1}$)为纵坐标,距表面距离为横坐标,得硬度曲线如图 3 所示.

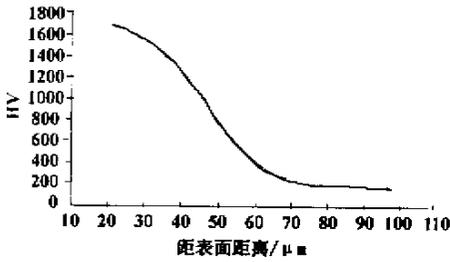


图 3 45 钢的显微硬度曲线

Fig.3 Microhardness curve of 45 steel

由图中可以看出,表面硼化物层硬度极高.随着向基体推移,硬度值开始缓慢下降.降的比较平缓是因为得到的渗层中硼化物比较致密,而且也很少有疏松和孔洞.硼化物的前端,硬度值已变得小于 802.4HV,这是因为在前端,硼化物层的分布比中间部分要稀疏.硼化物层与基体接触的地方,

硬度值降得很快,这说明此处为一个富碳区,但富碳区比较窄.这与前面金相分析结果相吻合.

3 结论

(1) 采用正交试验法研制低温渗硼剂,减少试验次数,获得了合理渗剂配方.

(2) 在低温渗硼剂下低温渗硼,渗硼层呈梳齿状,但致密,疏松孔洞少.

(3) 在优选的渗剂作用下,渗硼层显微硬度梯度比较平缓,渗层与基体结合较好.

参考文献:

- [1] 钟华仁. 钢的稀土化学热处理[M]. 北京:国防工业出版社,1998.23-25.
- [2] 汪荣鑫. 数理统计[J]. 西安:西安交通大学出版社,1996.68-70.
- [3] 孔德淳. 化学热处理原理[M]. 南昌:航空工业出版社,1992.32-35.

Study on Low Temperature Boronizing Supply Agent

YU Yu-xi¹, ZHU Shi-jie¹, MA Qing-yong², CHEN Rui-lu²

(1. Department of Material Science & Engineering, Zhengzhou University of Technology, Zhengzhou 450002, China; 2. Zhengzhou Boiler Plant, Zhengzhou 450052, China)

Abstract: After selecting a better pack material, it deals with orthogonal optimum seeking of a best composition of low temperature pack boriding medium. By examinations of metallograph, microhardness, X-ray diffraction, the author determines the boriding layer's microstructure and hardness curve. The result shows that the orthogonal optimum seeking can reduce the time for experiment and obtain the best supply agent, and the low temperature boronizing supply agent is effective, the boriding layer is tooth-like, but it becomes compact in texture and less loose and porous, in the front of boriding layer there is no obvious transition region and full of carbon region. Moreover, the gradient of microhardness of the boriding layer is quite gently, the combination of the boriding layer with basic structure is better.

Key words: orthogonal optimum seeking; boronizing supply agent; low temperature