液相等离子体电解碳氮共渗层形成条件的初步探索

李 1 , 沈德久¹, 王玉林², 刘 凯²

(1.燕山大学 材料科学与工程学院,河北 秦皇岛 066004;2.河北省亚稳材料制备技术与科学重点实验室,河北 秦皇 岛 066004)

摘 要:采用甲酰胺 - 乙醇胺电解液体系,对Q235 钢进行等离子体电解碳氮共渗处理,通过对处理的试样进行XRD 分析,确定了碳氮共渗层形成的临界条件,分析了各种工艺参数下处理试样的相组成变化,给出了渗透层的形貌,测 量了渗透层的显微硬度。试验结果表明:在特定的电解液体系下,不同的工作电压,所获得渗透层的相组成不同;渗 透层的相组成包括: α -Fe、Fe₃C、Fe₅C₂、 ϵ - Fe₂₋₃N、 γ -Fe;在 170 V工作电压下,处理 0.5 min即可获得 50 μ m的渗透 层,渗透层的显微硬度最大可达 720 HV_{0.1}。

关键词:等离子体电解;碳氮共渗;相组成;显微硬度

中图分类号:TG156.8 文献标识码:A 文章编号:1007-9289(2005)04-0031-03

Research on the Formation Conditions of Plasma Electrolytic Carbonitriding in Liquid

LI Jie¹, SHEN De-jiu¹, WANG Yu-lin², LIU Kai²

(1.Surface Institute, College of Material Science and Engineering, Yanshan University, Qinhuangdao 066004 Hebei;

2.Key Laboratory of Metastable Materials Science and Technology, Hebei, China)

Abstract : Q235 steel was treated by Plasma electrolytic carbonitriding technique in formamide- ethanolamine solution. The formation conditions of carbonitriding were determined through XRD analysis, the phase compositions of samples treated under different conditions were studied. The diffused was layer was observed by SEM and its micro-hardness was measured .The results showed that the compositions of diffused layer were different under different voltages; The diffused layer was mostly constituted of -Fe, Fe_3C_4 , $Ee - Fe_{2-3}N$, and γ -Fe. The diffused layer of 50µm can be obtained under 150 V, 0.5 min and its maximum micro-hardness can reach 720 HV_{0.1}.

Key words : plasma electrolyte; carbonitriding; phase composition; micro-hardness

0 引 言

气体碳/氮共渗技术是人们常用的一种表面改 性技术,应用此技术处理钢铁可以提高其耐磨和耐 蚀性能。传统的气体碳/氮共渗技术面临的问题是: 处理温度高、共渗时间太长、工件容易变形、生产 效率低、反应需要在低真空^[1]的条件下进行。液相 等离子体电解碳氮共渗技术为解决这些难题开辟 了新途径,液相等离子体电解碳氮共渗技术属于等 离子体电解沉积的范畴^[2],它是在一个开放的大气 环境下、特定的电解液中,处理几十秒到几分钟的 时间即可获得高硬、耐磨、耐蚀的渗透层^[3,4],渗前 处理工作又非常简单,是一种很有应用前途的表面 处理技术。

收稿日期:2005-06-03;修回日期:2005-06-27 作者简介:李杰(1979-),男(汉),山东聊城市人,硕士生。

1 试验条件

1.1 试验材料和设备

试验材料为 Q235 钢,试样尺寸:8 mm×5 mm ×1.5 mm。用金相砂纸打磨试样至粒度为1000#, 用丙酮擦拭干净,然后进行等离子体碳氮共渗处 理。试验设备是自行研制的2 kW 等离子体电解渗 透装置,装置主要有3部分组成(见图1):专用直 流脉冲电源、电解槽、制冷控温系统。处理的试样 作为阴极,不锈钢容器作阳极。

1.2 电解液体系

电解液体系通常由有机化合物、易溶盐和水 3 部分组成^[5]。试验用的有机化合物是甲酰胺 (HCONH₂)-乙醇胺(C₂H₅ONH₂),提供C、N源。由

l/1 × 1000 CPS

1.0 0.8

0.6

于有机化合物的导电能力比较差,因此常加入一些 易溶的盐和水来提高溶液的导电性,以便形成稳定 的放电电弧。



图 1 等离子体电解渗透装置示意图

Fig.1 The equipment of plasma electrolyte diffusion

1.3 工艺流程

试样制备的工艺流程:打磨 丙酮擦洗 碳氮 共渗 水洗 酒精擦洗 自然干燥

1.4 分析方法

利用日本理学 D/MAX-rB 型 X-ray 衍射仪对 处理的试样进行相组成分析 ,来确定实现渗入的临 界条件,衍射条件为:阳极选用铜靶,扫描速度为 2°/min,电子加速电压为40 kV,电流为60 mA, 试样尺寸小于 20 mm × 18 mm。对实现渗入的试样 进行镶嵌 经过磨光、抛光、腐蚀后 用 KYKY-2800 型扫描电子显微镜观察渗透层的形貌。用 AVS-1 000 显微硬度计,加载载荷 100 g,测量渗透层的 显微硬度。

2 试验结果及分析

2.1 碳氮共渗层形成的临界条件

电压与碳氮共渗层形成的临界渗入时间如表 1 所示。由表可知随着电压的升高实现渗入的时间 越短。这是由于工件作为电极,加载工作电压,相 当于对工件进行加热,加载的电压越高,工件表面 的温度越高,所以实现渗入的时间越短。由此可见: 在处理过程中工件表面的实际温度是能否产生渗 透层的一个关键因素。

2.2 临界渗入条件下的相组成变化

由图 2 看出,试样的相组成发生了变化,在150 V 的工作电压下处理的试样是以 -Fe 为主峰,而随 着电压的升高,主峰由_Fe_Fe转变,还有很多 强度较弱的碳化物和氮化物的峰。

表1 碳氮共渗层形成的临界条件

Table1	The critical co	ndition o	f diffuse	d layer fo	rmation
电压 /V		150	160	170	180
临界渗入时间 /min		1.5	1	0.5	0.33
1.0 0.8 0.6 0.4 0.2	Fe Fe Fe ₃ C Fe ₅ C ₂ Fe ₂₋₃ N	mahal	1	80V-20s	L
^{1.0}			170V-0.5min		
0.8 0.6 0.4 0.2	An and a second second second				L
1.0 0.8			1	60V-1min	
0.4	Realized States and	_m/l_l	····/·····	سال	L



150V-1.5min



由此可见:在有充足的C、N源的条件下,工件 表面的实际温度决定了处理试样的相组成。在实现 渗入的过程中,由于工件表面的温度已经达到了奥 氏体区的相变温度,此时工件表面和内部渗入了大 量的扩大 相区的C、N原子,从而增强了过冷奥氏 体的稳定性,在处理结束后关掉电源相当于快速淬 火,此时获得高碳的马氏体和足够数量的残余奥氏 体。随着工作电压的不断升高,输入能量增加,试 样表面的温度升高,C、N的固溶量增加,使得相 的稳定性增加,因此在高的工作电压下处理的试样 有利于 --Fe的形成;在此过程中,渗入的元素是以 固溶体 -Fe_{C-N}、 -Fe_{C-N}和碳化物 (Fe₃C、Fe₅C₂) 氮化物(ε-Fe₂₋₃N)的形式存在。

2.3 渗透层的断面形貌

图 3 是基体的截面形貌, 图中标注的侧楞是由 于作扫描试验时,不是垂直俯视所至。图4(a)、(b) 是处理条件分别为 160 V, 1 min 和 170 V, 0.5 min 的截面形貌,与基体对比可以看到明显的渗透强化 层,图的颜色深浅是由于对比度不同所至。



图 3 基体的截面形貌

Fig.3 SEM morphology of matrix on cross-section





```
图 4 处理条件不同的截面形貌
```

Fig.4 SEM morphologies of cross-section of differently treated samples

2.4 渗透层的硬度变化

针对 170 V, 0.5 min条件下处理的试样, 进行 显微硬度测定,渗层厚度为50 µm (如图4b所示), 得出硬度沿表面到基体内部的硬度变化曲线(如图 5 所示)。基体的硬度为 220 HV01左右, 而渗透层的

最大硬度为 720 HV_{0.1}。



图 5 距表面的距离和显微硬度变化曲线

Fig.5 The variation of microhardness with distance below surface

3 结 论

(1) 在甲酰胺-乙醇胺体系下,随着电压的升 高,工件表面的温度越来越高,临界渗入时间越来 裁短。

(2) 在低电压条件下,渗透层的相组成以 -Fe 为主峰;随着电压的升高,渗透层的相组成以-Fe 为主峰。

(3) 渗透层的最大硬度 720 HV_{0.1}, 与基体相比 提高了2倍多。

(4) 液相等离子体电解碳氮共渗技术与传统的 气态等离子体碳氮共渗相比,具有渗透速度快,工 作电压低,前处理简单等优点,因此是一种很有发 展前途的表面处理技术。

参考文献:

- [1] 韩立民. 等离子热处理 [M]. 天津大学出版社, 1994: 10.
- [2] 关永军, 夏原. 等离子体电解沉积的研究现状 [J]. 力学进展、2004.34(2):237-250.
- [3] 聂学渊. 快速表面改性技术研究 [J]. 金属热处理, 1997(3):19-22.
- [4] Nie Xueyuan, Hao Qingkai, et al. A novel modification technique for metal surface [J]. Journal of Wu han University of Technology, 1996, 21(1):28-35.
- [5] Yerokhin A L, Nie X, Leyland A, et al. Plasma electrolysis for surface engineering [J]. Surf Coat Technol, 1999, 122:73-93.

作者地址:河北秦皇岛市燕山大学 066004 材料科学与工程学院表面研究所 Tel: (0335)8074381 E-mail: LJYSU@263.net