

文章编号: 1673-9620(2007)01-0030-03

# 一种节能高效固体软氮化技术的研发<sup>\*</sup>

周正华, 胡 静, 张民之, 王大亮, 谢 飞

(江苏工业学院 材料科学与工程系, 江苏 常州 213164)

**摘要:** 针对固体软氮化存在的能耗高、效率低等不足之处, 研究设计了一种新的节能、高效固体软氮化技术。新技术通过在软氮化粉末渗扩介质与被渗样品间施加合适参数的直流电场来实现。研究结果表明, 直流电场可降低处理外热温度, 显著增加渗透, 改善渗层硬度梯度分布, 达到了节能、高效之目的。

**关键词:** 固体软氮化; 直流电场; 节能; 显微硬度

中图分类号: TG 156

文献标识码: A

## Study of Developing an Energy – Saving and High – Efficient Powder Low Temperature Carbon – Nitriding Technology

ZHOU Zheng – hua, HU Jing, ZHANG Min – zhi, WANG Da – liang, XIE Fei

(Department of Materials Science and Engineering, Jiangsu Polytechnic University, Changzhou 213164, China)

**Abstract:** An energy – saving and high – efficient powder nitrocarburizing technology was developed for overcoming the high energy – consumption and low – efficiency in the conventional powder nitrocarburizing process. The new technology is based mainly on applying direct current field (DCF) with proper parameter between the treated sample and the powder agents. The test results indicate that DCF can lower treating temperature and accelerate the diffusion. The hardness profile of the case by the new technology was improved. Purpose of saving energy and more efficiency was achieved.

**Key words:** powder nitrocarburizing; direct current field; energy – saving; micro – hardness

钢在 Fe – C – N 三元系相图共析转变温度附近进行的低温、以渗氮为主的氮碳共渗处理称为软氮化<sup>[1]</sup>。它能大幅提高零件的疲劳强度、耐磨性、抗擦伤和抗咬合能力以及耐腐蚀性。许多碳钢、低合金钢、高合金钢、铸铁制造的零件、工模具和刀具等都能通过软氮化提高其使用寿命<sup>[1, 2]</sup>。软氮化有固体、气体和盐浴软氮化等类型。

固体软氮化属于粉末法化学渗扩表面改性, 存

在能耗较大、渗剂利用率不高等不足之处。常规固体软氮化中所需的活性氮原子或含氮活性基团的产生, 主要是依靠在一定温度下渗剂的热分解及渗剂间的化学反应而来, 基团的浓度与温度、渗剂中供氮剂和活化剂的含量有密切关系。含氮基团向零件的扩散也主要依赖于温度的热作用, 在渗剂中的扩散速度较慢, 并且向各处扩散运动的几率是一样的, 有相当多的含活性氮原子的基团渗入渗箱内壁

<sup>\*</sup> 收稿日期: 2006 – 09 – 04

基金项目: 江苏省高校自然科学基金 (06KJB430021)

作者简介: 周正华 (1981 –), 男, 江苏东台人, 硕士研究生, 联系人, 谢飞。

和零件的非工作面上, 造成很大的浪费。

在对粉末法渗硼进行的研究中发现, 直流电场对渗硼有显著的促进作用<sup>[3,4]</sup>。目前尚未见到直流电场对固体软氮化影响的报道。本研究拟在软氮化介质与被改性样品间施加直流电场, 对固体软氮化进行工艺改进, 期望能达到节能、高效之目的。

1 实验材料与实验方法

1.1 实验材料

实验材料为调质态 (860 ℃加热淬火+560 ℃回火) 的 20CrMnMo 及 45 钢。渗剂由 60%工业尿素+40%工业木炭组成。

1.2 实验方法

采用文献 [3] 介绍的实验装置进行软氮化处理, 其示意图见图 1。将渗箱密封后置于箱式炉中加热, 当炉温达到设定值保温后, 在两极间加上一定的直流电场, 进行软氮化处理。作为对比, 渗箱的中上部放置一块未接电极的参考样。实验参数详见表 1 (DCF 代表新工艺, NM 代表常规工艺)。

用 Olympus – CK40M 型金相显微镜观察分析渗层组织; 用 HXD – 1000TMC 型半自动显微硬度计测量渗层硬度及沿层深分布, 载荷为 100 g。

2 实验结果

2.1 组织与白亮层厚度

图 2 为 20CrMnMo 经几种典型的新工艺及常规工艺处理所得的固体软氮化层组织。渗层由表层白亮层 (连续化合物层) 和次表层的扩散层构成。直流电场使得渗层组织有所粗化, 其程度受处理时的炉温、电场电流等因素影响。

表 2 为各种工艺固体软氮化后的白亮层厚度测量结果。在渗剂配方相同的情况下, 新工艺形成的白亮层厚度较常规工艺的提高了 2~5 倍不等, 这说明直流电场具有显著增加白亮层厚度的作用。

表 2 试验结果

Table 2 Test results

工艺类型	外热温度 /℃	保温时间 /h	白亮层厚度 /μm	
			45 钢	20CrMnMo
DCF1	300	4	4~5	4
DCF2	400	4	7	6
DCF3	450	4	5	6~7
DCF4	500	4	12	13
NM1	300	4	<1	<1
NM2	400	4	<1	<1
NM3	450	4	1	1
NM4	500	4	3	3~4
NM5	550	4	2~3	4
NM6	600	4	4	5

2.2 显微硬度

图 3 给出了几种典型工艺处理后软氮化层沿层深的显微硬度分布。电场电流不变时, 随箱式炉加热温度升高, 渗层扩散层增加, 但渗层硬度降低; 这是因为温度升高会造成扩散层淡化物粗大, 降低弥散强化效果; 炉温达 500 ℃后, 试样基体硬度降低, 这说明样品此时的实际温度可能已高于其回火温度。由图 3 (c) 可见, 相对于常规软氮化 (工艺 NM5、NM6), 300 ℃时的电场软氮化 (工艺 DCF1) 的扩散层厚度与经 NM5 处理的相当, 且其硬度明显高于 NM5 及 NM6 处理的。这说明, 通过施加直流电场, 可在较低的外热温度下获得较常规工艺处理具有更佳质量的渗层, 并可大大减少处理过程中的能耗。

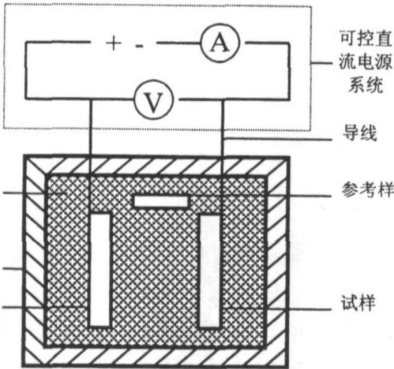


图 1 试验装置

Fig 1 Schematic of the apparatus

表 1 实验参数

Table 1 Testing process parameters

工艺类型	外热温度 /℃	保温时间 /h	直流电场参数	
			电压 /V	电流 /A
DCF1	300	4	230	1
DCF2	400	4	230	1
DCF3	450	4	230	1
DCF4	500	4	230	1
NM1	300	4		
NM2	400	4		
NM3	450	4		
NM4	500	4		
NM5	550	4		
NM6	600	4		

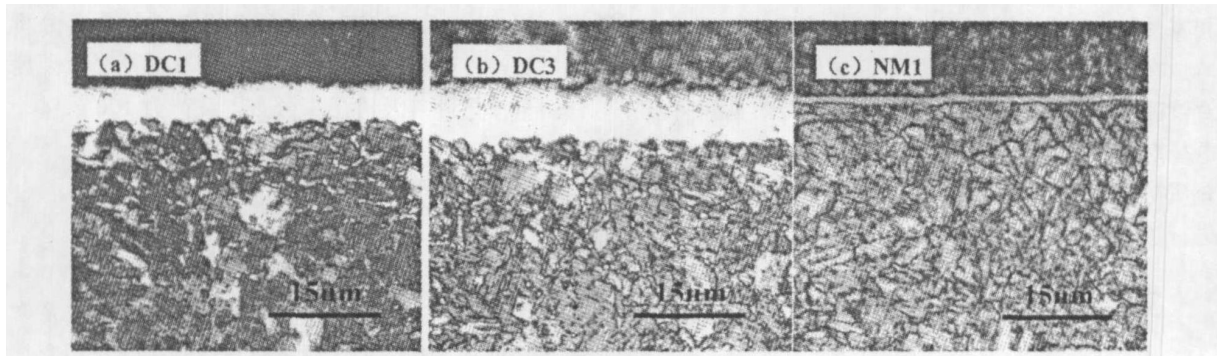


图 2 不同固体软氮化处理后 20CrMnMo 样品的显微组织

Fig 2 Microstructures of solid soft nitrided 20CrMnMo samples

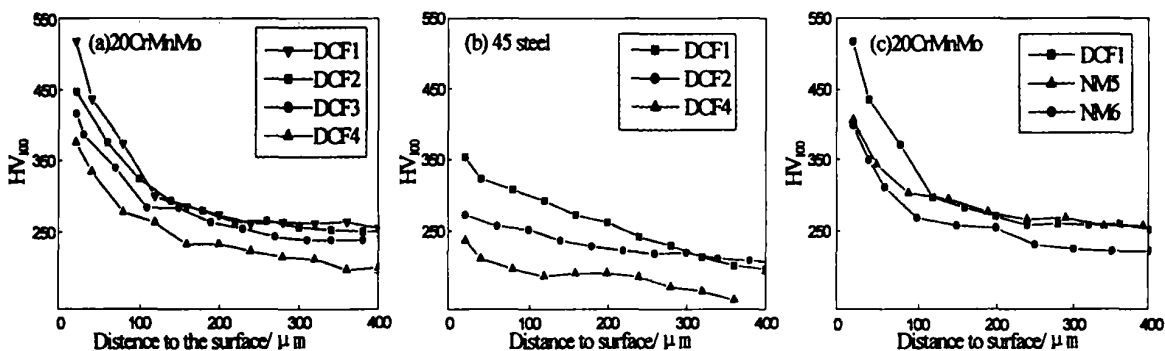


图 3 固体软氮化处理后样品的硬度

Fig 3 Hardness of solid soft nitriding samples

### 3 分析讨论

本研究中直流电场加速固体软氮化的原因可能是<sup>[4]</sup>：①直流电场的物理作用给渗剂分子提供额外能量，促进渗剂的电离分解，强化渗剂间的化学反应，从而增加活性氮原子或含氮活性基团的浓度与活性，克服了常规固体软氮化单纯依赖渗剂受热分解产生活性氮原子之不足。②由于试样在电场中是作为负极，渗剂反应产生的含氮活性基团可能是带正电荷，因此，在直流电场作用下，含氮活性基团向零件（负极）表面定向扩散，其扩散速度显然高于单纯热扩散速度，这样相对减少了渗箱内壁和零件非工作表面对氮原子的吸收，渗剂利用率得到提高。试样表面的高浓度含氮活性基团促进表层白亮层的形成与增厚，也加速扩散层的生长。显然，直流电场这些有利作用的强弱与施加电压、电流大小有关，并且对不同成分与配比的渗剂，作用也有差异，这方面的研究将在后续论文中介绍。③在直流电场作用下，电流通过渗剂与试样自身的电阻对渗剂与样品有加热的作用，使试样实际温度较箱式炉保温温度要高。这种加热作用当然也具有在一般化学热处理中所表现的促进反应与扩散的作用，还会

影响软氮化层和基体的组织与硬度，使调质处理的基体组织有所粗化，基体硬度有所降低；这也与处理时的炉温、电场电流等有关，炉温越高、电场电流越大，组织越粗化，硬度降低幅度越大。

### 4 结 论

新技术主要是通过在软氮化粉末扩渗介质与被渗样品间施加合适参数的直流电场予以实现；直流电场可降低固体软氮化处理的外热温度，显著增加渗速，改善渗层沿层深的硬度梯度分布，提高渗剂利用率，具有节能、高效之效果。

#### 参考文献:

- [1] 孙希泰. 材料表面强化技术 [M]. 北京: 化学工业出版社, 2005: 246.
- [2] 王国佐, 王万智. 钢的化学热处理 [M]. 北京: 中国铁道出版社, 1980: 153.
- [3] 谢飞. 直流电场加速固体粉末渗碳的方法与装置 [P]. 中国: 200410065545.7, 2004-11-23.
- [4] Fei Xia, Qiuhua Zhu, Jinjun Lu. Influence of direct current field on powder-pack boriding [J]. Solid State Phenomena, 2006, 118: 167-172.