

# 自保护硼氮共渗膏剂的研究\*

楼南金 杨凯军 郭喜云 李毛山\*\*

(郑州工学院)

(洛阳龙门热处理材料厂)

**摘 要:** 本文研究了硼氮共渗膏剂的配制、自保护机理及工件处理后的组织、性能。实验证明,采用该膏剂处理的工件,其性能与固体硼氮共渗相当,而优于固体渗硼,具有共渗能力强,操作简单,成本低廉,共渗后工件易清洗,表面光洁无腐蚀等特点。

**关键词:** 自保护, 膏剂硼氮共渗

固体硼氮复合渗与单一渗硼相比,具有渗速快、渗层深、渗层机械性能好,渗剂价格低廉,表面光洁的优点<sup>[3]</sup>,但处理时需要装箱,劳动强度大,导热性差,能源、钢材和渗剂损耗大,且不能实现局部共渗等缺点。为此,我们研制了硼氮共渗膏剂,与固体硼氮渗剂相比,具有同等优越的性能,且处理后试样有表面光洁、易清理等优点。

## 1. 试验条件和方法

### 1.1 渗剂原料:

渗剂由供硼剂、供氮剂、催渗剂、填充剂、粘结剂所组成。

### 1.2 试样材料:

试样材料有 A3, 45, T8, GCr15 等几种。

### 1.3 加热设备:

加热在 SX2-10-12 型电阻炉, SR-JX-8-13 型高温电炉上进行。

### 1.4 试验方法:

将各种渗剂原料按比例均匀混合后,用清水调成糊状,均匀涂敷在洁净试样表面上,涂层厚度 3-4mm,经自然干燥或烘干后,即可置于 890℃ 左右的空气介质炉中进行加热硼氮共渗。共渗后工件可随炉冷却或油淬。对于淬火温度较高的合金钢,在硼氮共渗结束后,可直接升高至淬火温度进行淬火。处理工艺为 890℃ × 4~5h,处理时可在涂层表面形成光滑致密的釉壳,处理后冷至室温,轻敲去壳体,外壳即行脱落,而釉壳下的涂料仍能保持疏松状态,极易清除。

\* 收稿日期: 1989.12.25

\*\* 参加试验工作的还有代文赋、李仲达同志。

## 2 试验结果与分析

### 2.1 保温时间和温度对渗层深度的影响:

共渗保温时间对渗层深度的影响见表 1。

表 1 (45 钢, 890℃ 共渗)

保温时间 (h)	3	5	7
层 深 (mm)	0.079	0.136	0.148

考虑节约能源, 保证渗层性能, 保温时间以 5h 为宜, 在实际应用中, 应根据所需硬化层深度选择保温时间。

共渗温度对层深的影响见表 2。

表 2 (45 钢, 5h)

共渗温度 (℃)	840	890	940
层 深 (mm)	0.052	0.136	0.185

为保证渗层深度和工件心部的晶粒不长大, 并避免试样表面涂料的粘结<sup>〔1〕</sup>, 对不同材料应选择不同的共渗温度。从表 2 可见, 45 钢以选用 890℃ 共渗为宜。

### 2.2 材料对渗层深度的影响:

不同材料共渗后对层深的影响见表 3。

表 3 (890℃ × 5h)

材 料	A3	45	GCr15	T8
层 深 (mm)	0.145	0.136	0.112	0.085

钢中的碳阻碍硼的渗入, 因而在碳浓度增加时, 将使渗层深度下降。合金元素与碳一样, 也阻碍硼在钢中的扩散。铬不仅使渗硼层深减小, 而且使针状插入变得平坦<sup>〔1〕</sup>。A3 和 45, GCr15, T8 钢 890℃ × 5h 处理后, A3 和 45 钢有高的渗速和渗层深度。图 1 为四种材料共渗后的合相组织。

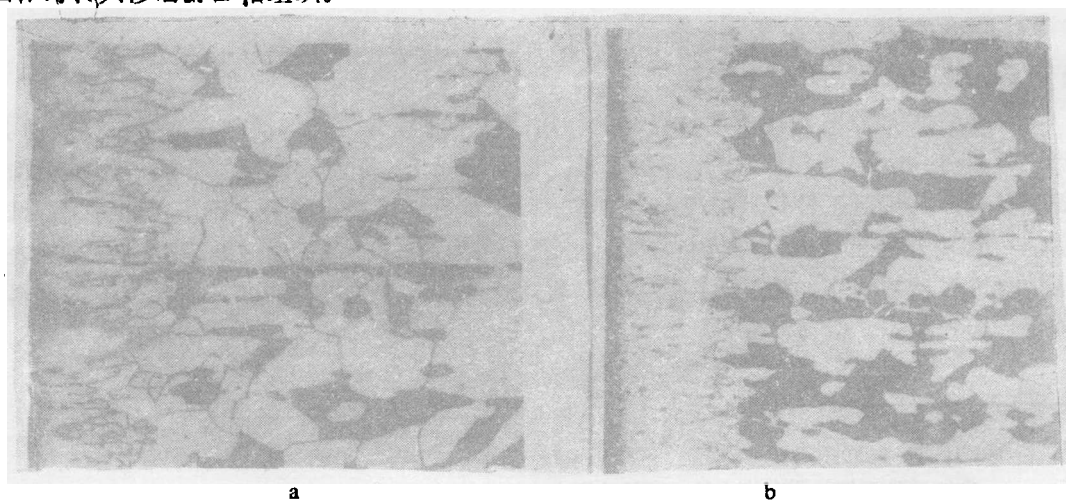


图 1 4 种材料用膏剂硼氮共渗后渗层的组织

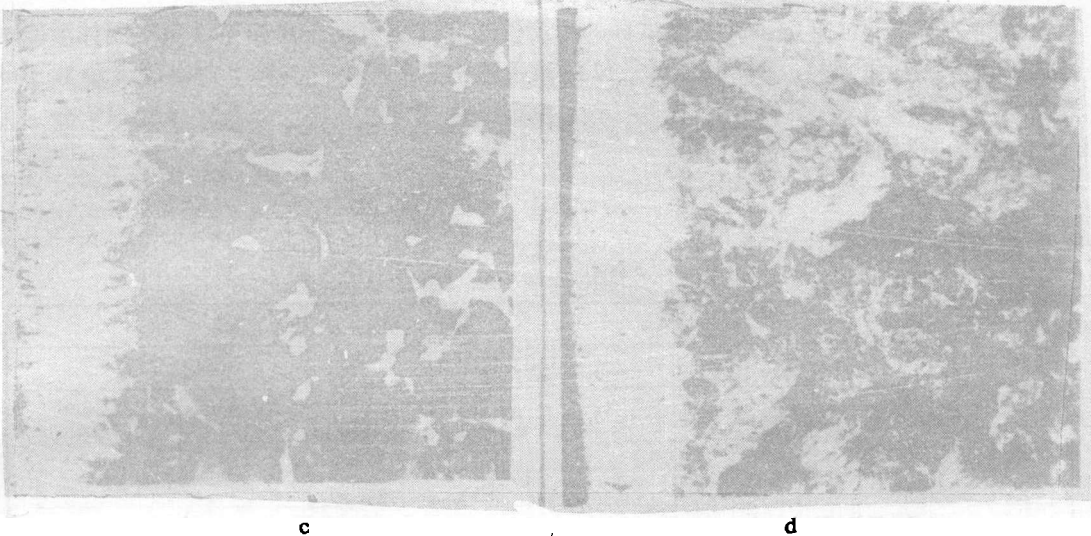


图 1 4 种材料用膏剂硼氮共渗后渗层的组织  
(890℃×5h) ×125, a)A3 钢, b)45 钢, c)GCr15 钢, d)T8 钢

2.3 涂层厚度和粘结剂对渗层层深的影响

涂层厚度对层深的影响, 见表 4.

表 4 (45 钢, 890℃×5h)

涂层厚度 (mm)	2	3	4	5
共渗层层深 (mm)	0.065	0.085	0.132	0.138

实验证明, 涂层太薄, 会对试样产生腐蚀且渗层浅. 但涂层达到一定厚度后, 再增加厚度, 则对层深影响不大. 涂层厚度以 3—4mm 为宜.

表 5 为不同粘结剂对渗层层深的影响.

表 5 (45 钢, 890℃×5h)

粘结剂	水+纤维素	松香+酒精	水玻璃+少量纤维素
渗层深度 (mm)	0.136	0.053	0.013

安阳钢厂膏剂渗硼试验以松香+酒精作为粘结剂, 文献[2]中介绍以水玻璃+纤维素作为保护涂层, 根据我们的试验结果, 以用少量水调和纤维素作粘结剂为最佳.

2.4 耐磨性

试验在 MM-200 型磨损试验机上进行, 试样外径为 40mm, 内径为 16mm, 厚度 10mm. 共渗后试样在 10kg 负荷下, 进行高速对磨试验. 试验结果见表 6.

表 6 (45 钢, 900℃×5h)

试样处理方法	失重 (mg)
膏剂 BN 共渗	36.6
固体 BN 共渗	30.2
固体渗硼	159.1
膏剂硼氮共渗	66.7

试验结果表明, 膏剂 BN 共渗试样的耐磨性与固体硼氮复合渗相当, 而比固体渗硼试样则好得多。其原因是, BN 共渗时, N 的渗入强化了过渡层, 提高了对高硬度渗 B 层的支撑能力, 使渗 B 层不易剥落、开裂<sup>[3]</sup>。测得试样表层, 过渡层、基体硬度 HV 分别为 1800~1850, 670~720, 190~200。

## 2.5 耐蚀性

腐蚀试验结果见表 7。

表 7 (浸蚀时间 96h, 20℃)

试样处理条件		腐 蚀 失 重	
		100% HCl	30% H <sub>2</sub> SO <sub>4</sub>
A <sub>3</sub>	膏剂 BN 共渗	0	0
	固体 BN 复合渗	0	0
	未处理	19%	76% (48h)
1Cr18Ni9Ti		2%	23%

试验结果表明, 膏剂硼氮处理过的试样耐 100% HCl 和 30% H<sub>2</sub>SO<sub>4</sub> 腐蚀性与硼氮复合渗处理过的试样相当, 二者均比 1Cr18Ni9Ti 钢要好。文献[5]、[6]中均曾测试过试样经硼氮复合渗后的电极电位, 结果是经复合渗的试样电极电位不仅高于未经复合渗的碳钢试样, 而且高于不锈钢, 所以其抗硫酸、盐酸腐蚀性能比不锈钢还好。

## 2.6 相结构

A3 钢经 900℃ × 5h 膏剂 BN 共渗后渗层的相结构分析结果如图 2 所示, 表层为 Fe<sub>2</sub>B, α-Fe, Fe<sub>3</sub>N 相, 次一层为 Fe<sub>2</sub>B, Fe<sub>3</sub>N 相, 次二层为 Fe<sub>2</sub>B, Fe<sub>3</sub>N, α-Fe 相, 基体为 α-Fe 相。试样在加热过程中, N 原子先渗入, 后渗入 B 原子形成硼化物。

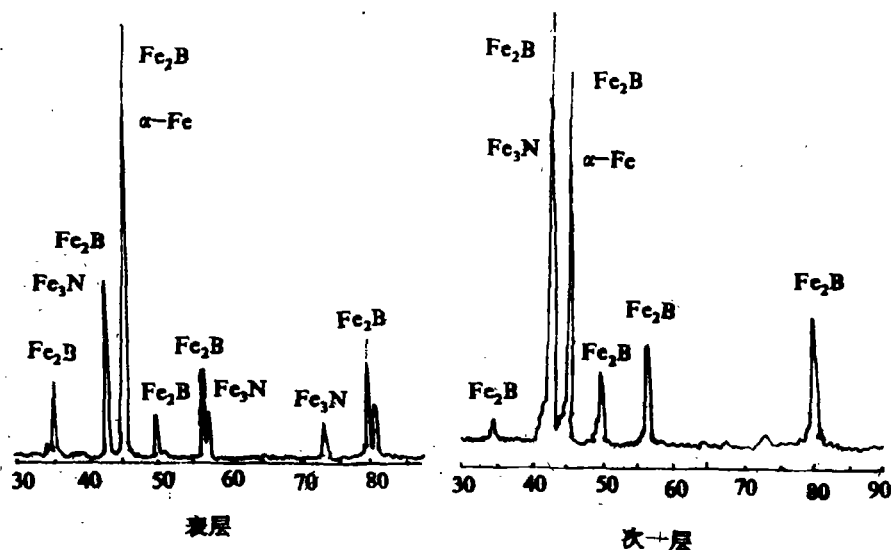


图 2 膏剂 BN 共渗层的 x 射线衍射图谱(CuK<sub>α</sub>, 40KV, 40mA, 扫描速度 20S/deg)

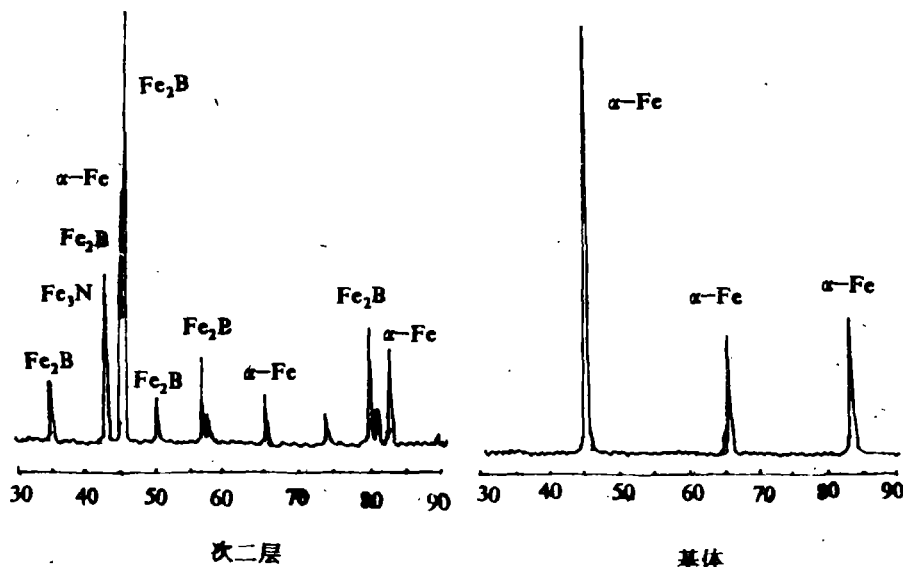


图2 膏剂BN共渗层的x射线衍射图谱( $\text{CuK}\alpha$ , 40KV, 40mA, 扫描速度 20S/deg)

由于 $\text{Fe}_2\text{B}$ 不溶解N原子, N原子被挤向内部。同时由于N原子在 $\text{r-Fe}$ 中扩散系数比在 $\alpha\text{-Fe}$ 中扩散系数小得多, 在900℃保温时N原子则很难向内部继续扩散, 因此, 在一定深度范围内就富集了许多N原子, 高温缓冷后易出现 $\text{Fe}_3\text{N}$ 相<sup>(4)</sup>。

## 2.7 膏剂表面壳层分析及自保护机理初探

2.7.1 壳层相结构: 膏剂在高温加热后, 表面形成的壳体在室温下的相结构如图3所示。从图可见无明显的衍射峰值, 证明表面壳层为非晶的玻璃态物质。

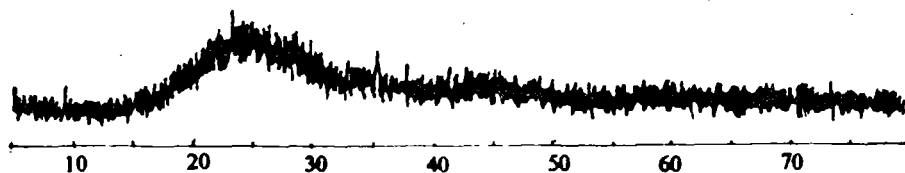


图3 膏剂表面壳体的x射线衍射图谱( $\text{CuK}\alpha$ , 40KV, 40mA, 扫描速度 20S/deg)

2.7.2 自保护机理: 文献[2]中认为,  $\text{FeSiO}_3$  在900℃处于熔融状态, 可形成表面液体膜, 此膜能阻止外界空气袭入, 防止内层氧化。我们认为, 在涂层表面形成一层玻璃状壳层是硼氮共渗膏剂具有自保护作用的原因, 这层玻璃状壳层主要由 $\text{SiO}_2$ 组成, 尚有部分 $\text{B}_2\text{O}_3$ ,  $\text{Na}_2\text{O}$ 和 $\text{K}_2\text{O}$ , 在高温下呈粘态(1200K左右), 空气介质中的氧很难扩散进入, 从而起到保护试样的作用。

$\text{SiO}_2$ 是粘态玻璃层的主要成份, 具有高的化学稳定性, 热稳定性和机械强度。由硼酐组成的玻璃体化学稳定性耐热稳定性则更高, 还可降低玻璃体的熔点, 即可扩大保护温度范围<sup>(7)</sup>。

总之, 以 $\text{SiO}_2$ 为主组成的玻璃状壳层, 结构致密, 化学稳定性好, 能很好地保护试样在空气介质中加热处理而不致氧化。

### 3 结 论

3.1 自保护 BN 共渗剂, 能直接在空气加热炉中进行共渗, 不需保护气氛或装箱保护, 既省能耗又省渗剂, 降低了生产成本, 还可实现局部共渗。

3.2 自保护 BN 共渗膏剂是由供硼剂、供氮剂、催渗剂、填充剂、粘结剂与微量添加剂所组成, 这种膏剂表层形成一层很薄 (约  $30\sim 40\mu\text{m}$ ) 的玻璃状釉壳, 具有保护作用, 釉壳下的涂料仍能保持疏松状态, 所以经这种膏剂处理的零件, 具有表面光洁、极易清洗的优点。

3.3 BN 共渗膏剂涂层厚度以  $3\sim 4\text{mm}$  为宜, 45 钢经  $890^\circ\text{C} \times 5\text{h}$  处理, 可得硼化物层深  $100\sim 150\mu\text{m}$ 。

3.4 经自保护 BN 共渗膏剂处理的试样 (45 钢) 其耐磨性与固体 BN 共渗剂相当, 而优于固体渗硼。其耐蚀性与固体 BN 共渗剂相当。

3.5 经 x 射线衍射仪相结构分析表明: 经自保护硼氮共渗膏剂处理的试样 (A3 钢), 表层为  $\text{Fe}_2\text{B}$  相, 过渡层富集  $\text{Fe}_3\text{N}$  相, 从而提高了渗硼层机械性能。

### 参 考 文 献

- (1) 王国佐, 王万智. 钢的化学热处理. 中国铁道出版社, 1980
- (2) 孙希泰, 庞国华, 李小军. 涂保护层膏剂渗硼的研究. 第三届全国渗硼学术讨论会论文, 1985
- (3) 楼南金等. 提高  $3\text{Cr}_2\text{W}_8\text{V}$  热剂压模具寿命研究. 金属热处理, 1985.11
- (4) 机械工业部机电研究所. 钢铁材料渗氮层金相组织图谱
- (5) 楼南金, 鲁琴心. 硼氮复合渗提高工件的耐盐酸腐蚀性. 金属热处理, 1983.4
- (6) 楼南金. 钢铁耐腐蚀研究. 化工机械, 1983.4
- (7) C.C 索采夫, A.T 图曼诺夫著, 陆素等译. 金属加热用保护涂层. 机械工业出版社, 1979

## The Study of Self-Protective Boron-Nitriding Paste

Lou Nanjing     Yang Kaijun

(ZhengZhou Institute of Technology)

**Abstract:** The composition of the pasty agent, the mechanism of self-protecting and properties after treated were studied. It is proved by experiment that the properties treated by this pasty agent are as good as that treated by solid boronitriding. This pasty agent has high ability of boron-nitriding, easy to operate, and the cost is low. After treated, the parts can be washed easily and its surface are clean and no corrosive spots.

**Keywords:** self-protecting, paste boron-nitriding