

钢管冷拔内模固体渗硼试验研究

魏贤宇, 李江平

(江苏常宝钢管有限公司, 江苏 常州 213013)

摘要: 内模是冷拔钢管的主要工模具之一, 传统的内模金属表面渗碳镀铬技术是目前国内相关生产企业采用最多的一种原始加工工艺, 其缺点是废液排放对环境污染比较严重。介绍了一种对加工后内模表面进行固体渗硼的新工艺, 该工艺不仅可提高内模的使用寿命和生产率, 降低成本, 而且可改善环境污染问题。

关键词: 无缝钢管; 冷拔; 内模; 渗硼工艺; 渗硼层

中图分类号: TG335.4; TG156.8⁷ **文献标识码:** B **文章编号:** 1001-2311(2009)01-0053-03

Test Research on Solid Boronization of Internal Die for Cold-drawing of Steel Tube

Wei Xianyu, Li Jiangping

(Jiangsu Changbao Steel Tube Co., Ltd., Changzhou 213013, China)

Abstract: The internal die is used as one of the basic operational tools for cold-drawing of steel tubes. As a primitive processing technique, the conventional process of carbonization-chromium plating of the internal die metal surface is mostly employed by relevant domestic manufacturers, producing serious environmental pollution as caused by waste liquid discharge. Described here is a newly-developed process involving the after-machining solid boronization of the said internal die, which not only enhance the service span and productivity of the die, and reduce the costs, but also diminish the environmental pollution.

Key words: Seamless steel tube; Cold-drawing; Internal die; Boronization process; Boronized layer

0 引言

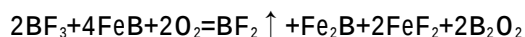
内模是无缝钢管冷拔加工的主要模具, 内模质量的好坏, 将直接影响钢管生产的产量和质量。由于内模在使用过程中会受钢管内壁的强烈挤压摩擦, 因此要求必须具有很高的基体强度, 表面也需要具有较高的硬度和一定的红硬性。

目前按加工工艺的不同, 钢管冷拔内模主要分为传统的表面渗碳镀铬模、金属钨钢模等。生产渗碳镀铬模污染环境比较严重, 而钨钢模容易脆裂并且价格较昂贵, 所以从提高钢管内表面质量、降低生产成本、减少环境污染等方面考虑, 对内模进行了固体渗硼工艺试验。渗硼工艺是一种新的化学热处理方法, 具有操作方便、不需专用设备、渗后容

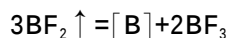
易清洗等优点, 可以大幅度提高金属材料的耐磨性、红硬性及抗高温氧化性。经过近一年的反复试验和使用跟踪, 积累了一定的数据和经验, 并取得了一定的成果, 本文将介绍试验研究情况。

1 渗硼原理

在硼铁、氟硼酸钾渗剂中渗硼, 氟硼酸钾发生分解, 产生 BF_3 和 KF , 其中 BF_3 在氧的参与下与硼铁中的 FeB 发生反应生成 BF_2 , KF 起催渗作用。其化学反应式如下:



BF_2 因不稳定而发生分解析出活性硼原子:



在碳化硼、氟硼酸钾渗剂中渗硼, 氟硼酸钾热分解生成的 BF_3 可与 B_4C 发生反应, 析出硼原子和 BF_2 。其化学反应式如下:

魏贤宇(1964-), 男, 工程师, 主任工程师, 从事无缝钢管生产工艺研究和产品研发工作。



BF_2 又会分解,析出硼原子。

硼原子渗入金属表面则可获得一定厚度的致密硼化物。

2 渗硼工艺

碳素钢及低合金钢通过渗硼处理,能够获得表面硬度很高的渗层,其耐磨性好、高温硬度高、耐热性良好,对某些腐蚀介质还具有一定的抗腐蚀能力。

金属表面渗硼大致分为液体渗硼和固体渗硼两类。采用液体渗硼,零件表面容易产生难以去除的附着残盐硬物,并且存在配方复杂等问题,与之相比,固体渗硼有许多优点。故采用 ZG 型粒状渗硼剂对内模进行固体渗硼试验,该渗剂采用硼铁或碳化硼为供硼剂,氟硼酸钾为活化剂,碳化硅为填充剂,另加入一些粘结剂制成球形粒状。

1) 内模的准备和装箱

考虑到渗硼后有膨胀的趋势,所以要求内模加工成最终尺寸的负公差,并且要求内模无锈斑、无油迹。装箱前,将内模渗硼剂和铁箱一起烘干,然后将内模和渗硼剂装入用低碳钢板焊成的铁箱中。装箱方法和固体渗碳相似,先在箱底铺上一层 20~30 mm 厚的渗硼剂,再放入内模,两内模间以及内模与箱壁间保持 10~15 mm 的间隙,然后填充渗硼剂,上层工件表面覆盖 20~30 mm 厚的渗硼剂,盖上箱盖并用耐火泥密封,然后烘干。

2) 工艺参数

渗硼工艺主要是控制温度和保温时间,其中温度是影响渗硼层质量的主要因素。一般来说,随着温度的升高,渗硼速度加快,保温时间可以相应缩短,但考虑到实用经济价值,温度通常取 850~950 °C。试验在井式电阻加热炉中进行,将烘干的铁箱整体放入 930 °C 的热炉中进行渗硼处理;渗硼保温时间一般为 3~5 h,最长不超过 6 h,本试验渗硼保温时间取 4 h。工件渗硼后渗箱出炉风冷至 300 °C 以下,再打开渗箱取出工件,这时工件渗硼层表面呈光洁的银灰色,低温开箱可改善工人劳动条件并且对环境的污染很小。

3) 渗剂的重复使用

一般在渗硼剂连续使用 6 次后再加 50% 的渗剂重复使用,这样可以节约原材料,降低渗硼成本。

4) 渗硼后的热处理

由于内模不仅要求表面硬度高、耐磨性好,还

要求基体本身具有一定的强度,以加强对渗硼层的支承能力,充分发挥其耐磨性。因此,内模渗硼后需重新在盐浴炉中加热到 830 ± 10 °C 后水淬处理,然后在 180 ± 10 °C 回火 3 h,经清洗抛光后即可使用。

3 渗硼层微观组织分析

渗硼层具有自表面向基体延伸的舌状或针状的微观组织特征,一般当碳含量增加及所含合金元素多时,平整度好。伴随着硼化物相的增长,碳元素被挤入内部,在硼化物层下富集(图 1)。用腐蚀剂对渗硼层进行腐蚀,经 X 光结构分析可以鉴别出渗硼层组成物中的 FeB 为深褐色, Fe_2B 为黄褐色。

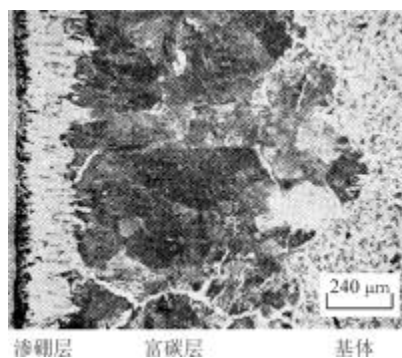


图 1 渗硼后的内模显微组织

硼化物相的类型与渗硼介质的活性强弱、保温温度及合金元素含量有关。渗硼介质活性强、保温温度高,所得的富硼化物相多。另外硼化物层的性质根据双相层或是单相层而有所不同。 FeB 含硼浓度高,具有较高硬度,但脆性大容易剥落,所以实际应用中需要控制硼化层相的结构,尽量减少 FeB 相,而得到单相 Fe_2B 。试验测定的 Fe_2B 相显微硬度一般为 $\text{HV } 1\,400 \sim 1\,700$,较基体的硬度有明显增加。

4 使用效果

为便于对使用效果进行对比验证,试验采用 45 钢作基体材料。渗硼层显微组织主要为 FeB ($\text{HV } 1\,800 \sim 2\,000$) 和 Fe_2B ($\text{HV } 1\,400 \sim 1\,700$),硬化层厚度 30 μm。内模经渗硼及热处理后在冷拔生产线试用。为了减少酸洗磷化等因素的影响,采用渗碳镀铬和渗硼模交替使用的方法进行跟踪统计其效果,从已试用的 300 多只渗硼模的使用结果来看,平均寿命是渗碳镀铬模的 2.1 倍左右,报废的主要形式是表面粘铁,见表 1,2。

表 1 Φ55.2 mm 渗硼模与镀铬模的对比试用统计

编号	渗硼模使用情况		镀铬模使用情况	
	拔管数量/支	损坏形式	拔管数量/支	损坏形式
1	15	龟裂	68	磨损
2	120	粘铁	83	磨损
3	68	粘铁	9	龟裂
4	47	粘铁	28	龟裂
5	79	粘铁	56	磨损
6	219	粘铁	50	磨损

注：钢管拔制规格为 Φ72 mm×3.5 mm×3.8 m → Φ61 mm×2.9 mm×5.4 m。

表 2 Φ46 mm 渗硼模与镀铬模的对比试用统计

编号	渗硼模使用情况		镀铬模使用情况	
	拔管数量/支	损坏形式	拔管数量/支	损坏形式
1	46	粘铁	32	磨损
2	99	粘铁	66	磨损
3	28	一端原已龟裂	8	龟裂
4	138	粘铁	80	磨损
5	89	粘铁	42	磨损
6	97	粘铁	52	磨损
7	93	粘铁	17	龟裂
8	91	粘铁	23	磨损

注：钢管拔制规格为 Φ61 mm×2.9 mm×6.1 m → Φ51 mm×2.5 mm×8.4 m。

5 结 论

(1) 试验结果表明，内模渗硼是提高其使用寿命的有效方法之一。从对比的试用结果可以看出，渗硼模质量可以满足使用要求。

(2) 渗硼模的成本低于渗碳镀铬模，同时渗硼处理还消除了镀铬对环境的污染，操作工艺和设备也比较简单，其技术可以推广应用。

(3) 渗硼模报废的主要形式是表面粘铁。因此解决该问题将是我们下一步研究试验的重点，如采用 T8~T12、40Cr 等低合金钢作基体材料以提高硬度层，或采用渗 S、S-C-N 共渗及抛光提高表面光洁度等方法来降低摩擦系数等。

(修定日期：2008-07-15)

●信 息

西气东输二线工程东段开工仪式在深圳举行

2009 年 2 月 7 日西气东输二线东段工程开工仪式在深圳举行。西气东输二线东段自宁夏中卫经 11 个省(区、市)至广州、香港特别行政区，工程总投资为 930 亿元。西气东输二线东段的开工凸显了我国政府扩内需、保增长、调结构以及改善民生的战略部署，对改善我国能源消费结构，增强能源供应能力，促进沿线地区经济和社会发展具有重要意义。

(本 刊)