

# 棉纺钢领浅层硬化热处理的研究

殷海圻

(上海纺织工业专科学校)

**【提要】** 钢领和钢丝圈的接触运动是属于滑动带振动的形式,其最大切应力位置接近表面,钢领的浅层硬化热处理是根据这一观点确定的一种新的热处理工艺。用该工艺处理的钢领,硬化层深度仅为渗碳处理钢领的1/3。通过这种工艺处理的钢领,可在较高的速度下,不经任何表面处理而直接上车,并具有良好的耐磨特性,从而可以获得较高的经济效益。

合理的热处理工艺,是提高钢领材质、延长钢领使用寿命的重要保证。在满足钢领性能要求的前提下,还应考虑经济效益问题。钢领的浅层硬化热处理,是从低变形、抗咬合及高效益的角度出发的一种新热处理工艺,与传统的渗碳工艺相比,具有许多独特的优点。

## 一、钢领浅层硬化的理论依据

钢领和钢丝圈的接触,是属于滑动带有振动的形式。由于存在摩擦力,其最大切应力的位置,并非象纯滚动接触那样,作用在离接触表面 $0.786b$ 处( $b$ 为接触带宽之半);在纯滑动的接触条件下,最大切应力已转移到表面,故易于在表面形成疲劳裂纹<sup>[1]</sup>,这可以从失效钢领跑道表面存在疲劳裂纹的形貌分析<sup>[2]</sup>得到证明。这样,钢领表面的硬化层深度就不必过大,重要的是应使渗层组织具有较高的抗咬合性及接触疲劳抗力。根据生产实际试验,硬化层控制在 $0.15\sim 0.20\text{mm}$ 内已完全能满足钢领的承载能力。钢领的宏观硬度指标也就可以相应降低到 $H_{RA} 65\sim 70$ 左右。

## 二、钢领浅层硬化热处理工艺

这里所称的浅层硬化热处理,是一种低

变形的两段碳氮共渗工艺,能获得以含氮马氏体为基体的高硬度组织,硬化层深度为 $0.15\sim 0.18\text{mm}$ 。

根据低温碳氮共渗(软氮化)后进行高频淬火或盐浴淬火以提高硬化层深度的原理,试验了在井式炉中进行一次加热、两段共渗的工艺,这样既能获得同软氮化复淬相似的效果,而又大大简化了处理工艺。

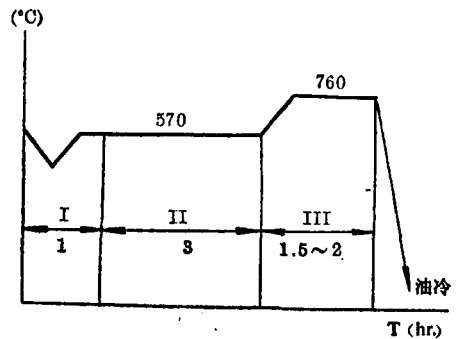


图1 钢领浅层硬化工艺过程

如图1所示的采用通氮滴醇(乙醇或甲醇)的碳氮共渗工艺, I为滴醇排气阶段, II为 $570^{\circ}\text{C}$ 常规低温碳氮共渗阶段,经3小时后,将炉温升高到 $760^{\circ}\text{C}$ ,进入较高的碳氮共渗阶段III。在升温及保温过程中,在低温碳氮共渗阶段形成的 $\epsilon$ 相开始分解,碳、氮原

子不断向内层扩散,获得逐步加厚的含氮 $\gamma$ 相。在760℃共渗阶段,工艺上应控制表面恰当的含氮量,并保持较高的碳势。经1.5~2小时后,出炉油冷,不经回火处理。

渗剂滴量同氮量的配比,钢领表面的洁净程度,装炉方式和炉温的均匀性等,对渗层深度(决定宏观硬度)均有影响。钢领应除油清洗后装炉,装炉方式要考虑炉气的合理循环。经过十多个不同炉次、不同工艺规范的试验,用奥氏分析仪测定炉气成分,结果表明:为了获得满意的碳氮浓度及渗层深度,570℃阶段炉气中一氧化碳的含量应该在15%左右,并具有一定的未分解氨;760℃阶段一氧化碳的含量,应高于570℃阶段。表1为推荐的炉气成份。

表1 浅层硬化工艺的炉气成分 (%)

温度 (℃)	CO <sub>2</sub>	O <sub>2</sub>	CO	CH <sub>4</sub>	H <sub>2</sub>	N <sub>2</sub>	NH <sub>3</sub>
570	0.2	0	14.4	3.4	61.3	14.5	6.2
760	0.6	0.1	15.7	6.2	50.0	27.4	—

### 三、钢领浅层硬化的试验结果和分析

#### 1. 渗层组织及硬化曲线

浅层硬化钢领的渗层组织如图2所示,表面有5 $\mu$ 左右的白色化合物层,次表层15~20 $\mu$ 为低硬度组织,显微硬度为Hv<sub>100</sub>600左右,基体为高硬度的细针状含氮马氏体及残余奥氏体,硬度达Hv<sub>100</sub>946以上。图3为



图2 浅层硬化钢领的渗层组织(x500)

钢领表面的X射线衍射图谱,由图可知,含有Fe<sub>3</sub>C、FeC、 $\alpha$ -Fe、 $\gamma$ -Fe及Fe<sub>3</sub>N几种相。实践证明,由于这种混合组织硬度不高,具有一定的润滑性,所以钢丝圈沿钢领跑道运转时,工作面易于磨合,抗咬合性好。由图

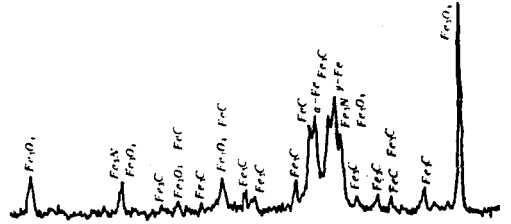


图3 浅层硬化钢领表面的X-射线衍射图谱

3还可看出,除存在上述五种相外,另有Fe<sub>3</sub>O<sub>4</sub>相,这是由于采用井式炉处理,钢领出炉油冷时与空气接触所造成的氧化膜。这薄层氧化膜使处理后的钢领表面呈亮黑色,既有利于提高钢领的上车性能,又有良好的防锈作用。

图4为把钢领顶面磨去30 $\mu$ 后的X射线衍射图谱,只含有 $\alpha$ -Fe及 $\gamma$ -Fe两种相,这个高硬度的基体有足够的承载能力。

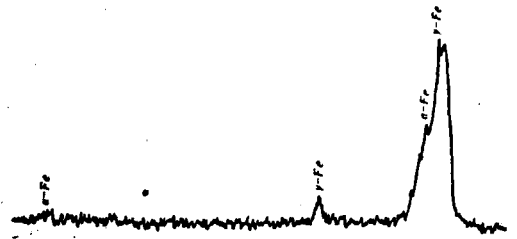


图4 浅层硬化钢领顶面磨去30 $\mu$ 以后的X-射线衍射图谱

图5为钢领渗层的硬化曲线,硬化层深度为0.19mm,硬度梯度比较平稳,钢领的宏观硬度为H<sub>RA</sub> 65~70。

#### 2. 渗层碳、氮浓度及表面残余应力分布

根据随炉厚度为0.09mm的08钢箔试样的成分分析,含碳在0.9~1.4%之间,含氮在0.4~0.5%之间。而随炉20钢试样表

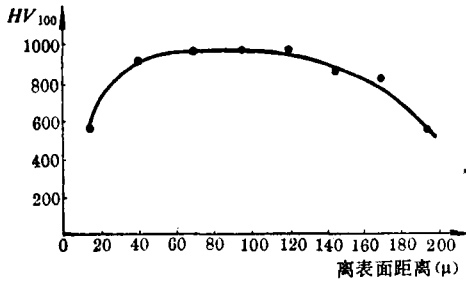


图5 浅层硬化钢领的渗层硬化曲线

面的碳、氮含量，经俄歇能谱分析，分别为1.48%及0.48%，说明表面碳、氮浓度相当高。图6为20钢试样表面的残余应力分布曲线。由图可见，最高压应力在离表面30μ处，达136kg/mm<sup>2</sup>，比一般渗碳件约高60~70%。由于离表面距离很近，所以十分有利于钢领接触疲劳强度的提高。

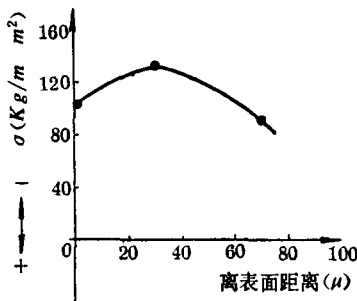


图6 20钢试样表面的残余应力分布

表面压应力高的原因，与渗层表面碳、氮浓度较高有关，表面的Ms点较低，马氏体相变滞后于内层，因此造成较高的残余压应力。

### 3. 热处理变形量

由表2可见，钢领浅层硬化处理后变形量较小，低于规定值(制造厂规定冷加工椭圆度<0.10mm，热处理后椭圆度<0.25mm)。

表2 PG1-42型钢领浅层硬化处理前后的椭圆度(mm)

处理前	0.17	0.11	0.22	0.04	0.08	0.07	0.06	0.15
处理后	0.21	0.12	0.18	0.06	0.11	0.09	0.08	0.18
变形量	+0.04	+0.01	-0.04	+0.02	+0.03	+0.02	+0.02	+0.03

变形量小的原因有二：一是因属浅层硬化，芯部保持20钢原来的组织；二是处理温度比渗碳低得多，同时也低于一般中温碳氮共渗，故钢领基体体积变化很小。

### 4. 磨损曲线测定及装机性能

图7为浅层硬化钢领与气体渗碳钢领用称重法测定的装机运转后的磨损对比曲线。曲线1的初期磨损速度较快，表示钢领工作面易于同钢丝圈磨合；曲线2的初期磨损速度大为降低，上车性能变差；曲线3的磨损速度高于曲线2。

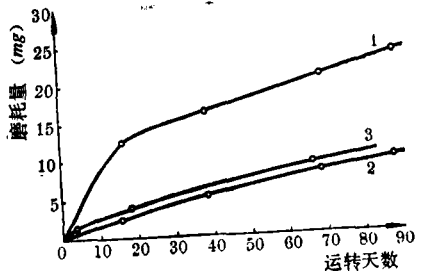


图7 浅层硬化钢领与气体渗碳钢领的磨损对比曲线

1-直接上车的浅层硬化钢领；2-经石英砂水磨的浅层硬化钢领；3-气体渗碳钢领。

用浅层硬化工艺处理的钢领，出炉经除油处理及干燥后，可以不经回火、水磨而直接上车，纺纱性能良好。经实测，车速同该试用厂大面积水平，用ZM6型锥面钢领纺29号棉纱，上车三天内的干锭小时断头率为35~39根；纺19.4号棉纱的干锭小时断头率为27根，且连续运转四个月，断头率稳定在25根左右。

### 5. 用浅层硬化工艺处理旧钢领的效果

经试验，浅层硬化工艺也可应用于处理旧钢领。具体步骤是：先将旧钢领进行球化退火，然后轧光跑道，再采用浅层硬化工艺处理。由于旧钢领表层已成含碳量0.9%左右的高碳钢，故处理后的硬化层深度可达到渗碳钢领的水平。其金相组织与硬化曲线分别见图8及图9，

钢领的宏观硬度为  $H_{RA}$  80~81。经测定，纺 28 号棉纱（一台车）千锭小时断头率为 35 根左右（车速同试用厂大面积水平），该台钢领已连续运转五个多月。

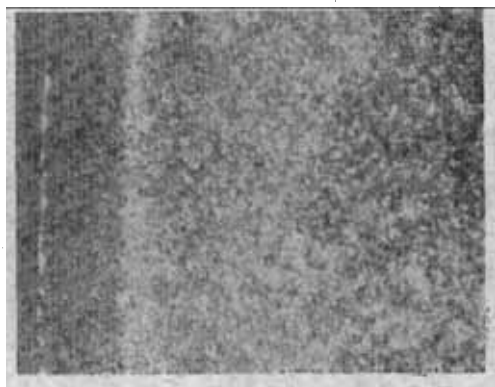


图 8 退火旧钢领浅层硬化后的渗层组织 ( $\times 500$ )

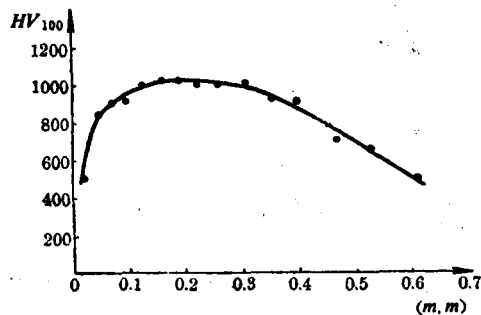


图 9 旧钢领浅层硬化后渗层的硬化曲线

#### 四、初步结论

由于钢领和钢丝圈的接触属于滑动带振动的形式，其最大切应力位置接近表面，因此没有必要追求较大的硬化层深度和宏观硬度。为了延长钢领的使用寿命，应着眼于提高钢领工作面的抗咬合性及接触疲劳抗力，並尽可能改善其几何形状的精度，减小热处理变形量。

采用浅层硬化热处理工艺，所需设备和工艺较简单，可获得高硬度的细针状含氮马氏体基体组织，表面存在  $15\sim 20\mu$  的抗咬合性较好的低硬度组织。虽然硬化层深度仅为渗碳钢领的  $1/3$  左右，却具有较好的耐磨性，并具有接触疲劳强度高、热处理变形量小、上车性能较好、不必进行石英砂水磨等特点。另外，本工艺所耗能源少，辅助材料消耗也少，能降低钢领生产成本，並可用来处理旧钢领，故经济效益较大。该工艺现准备进入中试阶段。

#### 参 考 资 料

- [1] 《金属机械性能》 机械工业出版社，1978。
- [2] 《低温气体放电渗硫钢领的探讨》 武汉第四棉纺厂等。