

热渗锌技术在矿用高强度圆环链中的应用

王舒, 李元

中煤张家口煤矿机械有限责任公司 河北张家口 075000

摘要: 针对矿用高强度圆环链在煤矿井下腐蚀严重的问题, 设计了一种热渗锌工艺, 通过对热处理后的高强度圆环链进行热渗锌处理, 使链条在力学性能仍满足标准要求的前提下, 防腐性能大大提高, 延长了链条在井下的使用寿命。

关键词: 矿用高强度圆环链; 热渗锌; 防腐

1 序言

随着我国煤炭需求的不断增加, 煤矿井下综采设备正朝着功率不断加大、产量不断提高的方向发展。矿用高强度圆环链是煤矿井下机械化采煤的主要设备——刮板运输机和刨煤机上的传动链, 是设备的关键件和易损件, 其质量高低直接影响着煤机设备的工作效率及煤炭产量。矿用链条在井下恶劣的环境中工作, 除了要保证链条的强度和硬度, 表面防腐也需提高^[1]。由于矿井积水中含有大量的酸根离子, 所以会对链条表面造成电化学腐蚀; 另外, 链条肩顶部残余应力大, 在与腐蚀介质相互作用下, 容易诱发应力腐蚀断裂^[2]。而热渗锌技术是通过在 A_{c1} 温度以下, 基体金属没有发生相变的情况下, 通过锌元素向钢铁表面扩散, 形成锌铁合金层, 从而改善钢铁表面成分、组织和结构的

方法^[3]。本文主要介绍热渗锌技术在矿用高强度圆环链中的应用。

2 试验材料和方法

选用30mm×108mm-5环链条, 材质为常用链条钢23MnNiMoCr54, 其化学成分见表1, 按照正常热处理工艺: 900℃中频感应淬火+540℃差温回火+400℃等温回火。热渗锌设备采用长4m、直径1m、装炉量5t的渗锌反应炉, 渗锌温度控制在300~400℃之间, 渗锌深度达到50~100μm。渗锌工艺流程为: 矿用链条→除油→除锈→水洗→防锈晾干→渗锌→水洗、钝化→成品。

利用Instron 400t卧式拉伸试验机进行力学性能测试, 使用奥林巴斯BX53光学显微镜和HV1000型显微硬度计对渗锌链环表面组织、渗锌层硬度和渗层深度进行分析, 最后使用日本JSM-7600F扫描电镜

表1 23MnNiMoCr54钢化学成分 (质量分数) (%)

| 合金元素 | C | Si | Mn | Cr | Ni | Mo | S | P |
|-----------------|----------|-------|---------|---------|---------|---------|-------|-------|
| GB/T 10560—2008 | 0.2~0.26 | ≤0.25 | 1.1~1.4 | 0.4~0.6 | 0.9~1.1 | 0.5~0.6 | ≤0.02 | ≤0.02 |
| 实际化验结果 | 0.24 | 0.20 | 1.31 | 0.54 | 0.93 | 0.54 | 0.011 | 0.015 |

能, 并举例说明使用水基淬火液淬火时, 思科工业介质多年来一直探索的“控时淬火技术”在石油机械领域上的推广应用, 使工件既达到力学性能要求, 又避免了开裂。

参考文献:

- [1] 增广义. 淬火介质冷却曲线的研读和评价[J]. 金属热处理, 1999 (3): 38-40.
- [2] 赵步清, 胡会峰. 淬火冷却介质的选用[J]. 金属加工 (热加工), 2019 (5): 14-17.

MW 20201115

分析渗锌表层锌含量并观察截面形貌。

3 试验结果及分析

3.1 力学性能分析

根据GB/T 12718—2009《矿用高强度圆环链》的规定^[4]，链条出厂检测要符合3项力学性能要求，

热渗锌链条力学性能数据见表2。

根据力学性能测试结果，矿用链条渗锌后抗拉强度仍然满足国标要求。由于渗锌反应温度低于正常的链条回火温度，所以对成品链条的机械强度没有造成太大的影响。

表2 矿用高强度圆环链力学性能

| GB/T 12718—2009 | 试验伸长率 (%) | | | 破断载荷/kN | | | 破断伸长率 (%) | | |
|-----------------|-----------|------|------|---------|--------|--------|-----------|------|------|
| | ≤1.6 | | | ≥1130 | | | ≥12 | | |
| 试验序号 | 1 | 2 | 3 | 1 | 2 | 3 | 1 | 2 | 3 |
| 实测结果 | 1.55 | 1.54 | 1.54 | 1148.2 | 1142.3 | 1151.1 | 15.5 | 15.2 | 15.7 |

3.2 金相组织和显微硬度分析

使用线切割机床在渗锌链环的顶部切取长为20mm的试块，进行显微硬度和金相组织检测，选用设备为HV1000显微硬度计。

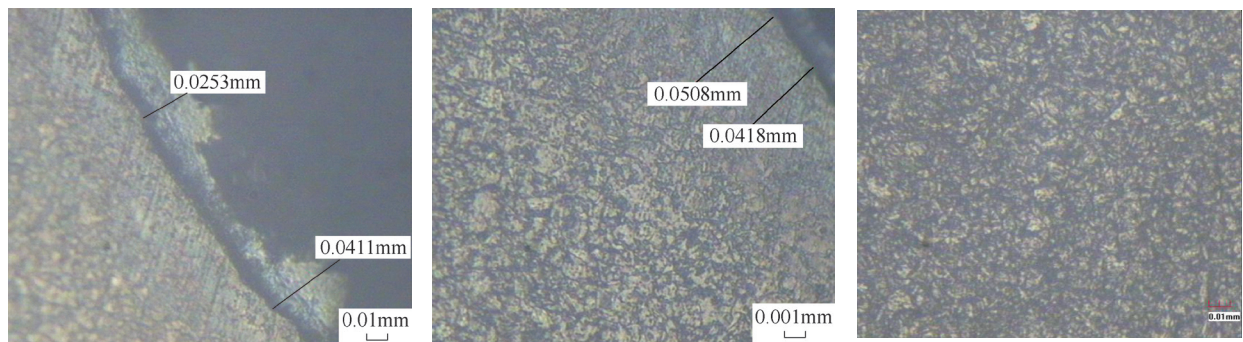
显微硬度选用载荷200g，由试块表面0.1mm位置逐点向试块心部检测^[5]，结果见表3。

表3 显微硬度检测

| 距离/mm | 0.1 | 0.2 | 0.5 | 1.0 | 2.0 | 4.0 | 6.0 | 10.0 | 15.0 |
|---------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|
| 显微硬度 HV | 326.8 | 334.1 | 389.6 | 389.6 | 407.5 | 397.2 | 388.4 | 385.3 | 384.5 |

从检测数据可以看出，试块表面硬度（≤0.2mm）有所下降，试块心部硬度仍符合正常热处理工艺要求（链环顶部硬度349~388HV）。结合金相组织进一步分析，将试块抛光腐蚀后，在200倍光学显微镜下观察渗锌层及链环心部组织，如图1所示。

从图1a、图1b中可以看出，在试样表面有锌铁合金层存在。由于渗锌反应温度低，渗层在50μm左右。链环心部组织仍为保持马氏体位向的回火屈氏体。



a) 渗锌表面

b) 渗锌近表面

c) 链环心部组织

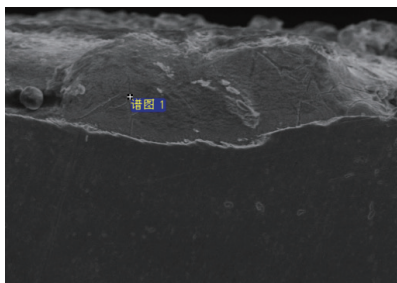
图1 金相组织 (200×)

3.3 扫描电镜对锌铁合金层分析

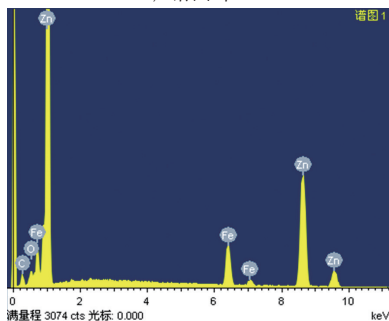
将渗锌试块经过丙酮腐蚀和酒精清洗后，在渗锌层表面谱图1位置进行能谱分析，试验结果如图2所示，具体数据见表4。

在试样表面能观察到明显的渗锌层，通过比例尺可知渗锌层厚度在50μm左右，结合能谱分析，

试样表面主要是以Fe、Zn元素为主，在次表面仍有部分Zn扩散到基体中。说明在热渗锌过程中，Zn粉除涂覆到链环表面形成涂层外，还有少部分扩散到链环基体中形成Zn-Fe合金层，增加了与基体的结合强度。在使用过程中表面渗锌层不会轻易脱落，锌层氧化后形成钝化膜起到耐腐蚀作用，而



a) 谱图1位置



b) 能谱图

图2 渗锌层能谱检测

表4 能谱检测结果 (%)

| 元素 | 质量分数 | 原子分数 |
|----|--------|--------|
| C | 0.64 | 3.02 |
| O | 3.20 | 11.41 |
| Fe | 11.32 | 11.56 |
| Zn | 84.84 | 74.01 |
| 总量 | 100.00 | 100.00 |

锌铁合金层具有一定的耐磨性，可提高井下使用寿命。根据渗锌反应温度并结合Zn-Fe合金相图^[6]（见图3），在300~400℃反应产物为 δ_1 （FeZn₇）和 ξ

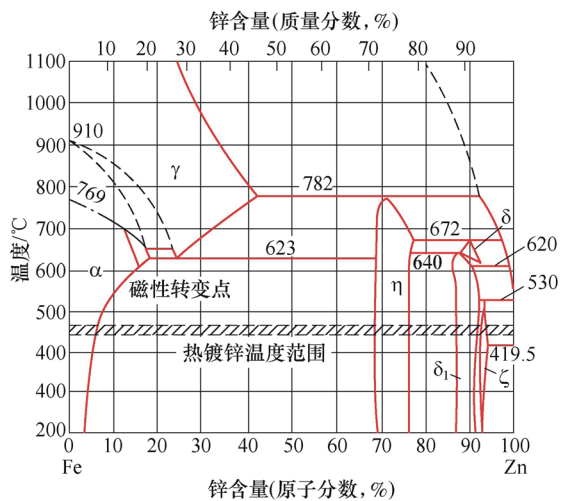


图3 Zn-Fe合金相图

（FeZn₁₃），这两种锌铁合金产物对表层硬度起到重要作用。

3.4 夏比缺口冲击试验

在链环的顶部和直臂处取样，制取夏比V型缺口试样，通过BCJ-1摆锤冲击试验机得到以下试验数据，见表5。

表5 夏比V型缺口试验 (J)

| 序号 | 1 | 2 | 3 | 4 | 平均值 |
|-----------|-----|----|----|----|-----|
| DIN 22255 | ≥57 | | | | |
| 顶部 | 65 | 72 | 67 | 77 | 70 |
| 直臂 | 97 | 89 | 92 | 90 | 92 |

链环顶部和直臂冲击值均满足标准要求，由于热处理温度不同，故直臂冲击要明显高于顶部冲击。

4 结束语

1) 矿用链条在经过热渗锌后，力学性能、冲击性能、基体硬度和金相组织等各项性能数据都能达到标准要求。

2) 热渗锌后在链环表面形成锌铁合金层，不仅起到耐腐蚀作用，而且提高了与基体的结合强度，合金层硬度比基体硬度略低，仍有一定耐磨性。

3) 此种表面处理工艺的链条已经在澳大利亚MNC煤矿LW604工作面开始使用，并取得了很好的应用效果。

参考文献:

- [1] 马瑞勇, 王维喜, 张兵军, 等. 矿用高强度圆环链热处理[J]. 河北冶金, 2003, 133 (1): 52-54.
- [2] C. 米库尔, A.T. 马赫姆多夫, 凌羽. 矿山机械牵引链的疲劳和疲劳腐蚀寿命[J]. 煤矿机械, 1989 (1): 13-14.
- [3] 朱丹. 浅谈真空渗锌技术的应用[J]. 安徽电力职工大学学报, 2001, 6 (3): 90-91.
- [4] 中国煤炭工业协会. 矿用高强度圆环链: GB/T 12718—2009[S]. 北京: 中国标准出版社, 2009.
- [5] 傅俊磊. 钢铁表面新覆盖层显微组织检验技术的研究[D]. 杭州: 浙江大学, 2013.
- [6] 曾炎林, 徐进进, 柯新和. 粉末渗锌技术在易锈蚀零件上的应用[J]. 航天工艺, 1998 (4): 10-14.

MW 20201107