

帘线钢线材表面质量分析

王勇 杭乃勤 张细菊 汪森文

(武汉科技大学材料与冶金学院, 武汉 430081)

摘要 试验了国内外不同厂家生产的 $\Phi 5.5$ mm 0.72% ~ 0.82% C 帘线钢线材的表面质量。结果表明,多数厂家的帘线钢线材表面无脱碳层,平均氧化层厚度 $\leq 7.7 \mu\text{m}$,厚度波动 $\leq 1.13 \mu\text{m}$,氧化层中 Fe_3O_4 与 FeO 的含量相当,有利于去除氧化层;个别厂家线材脱碳层为 0.05 ~ 0.10 mm,平均氧化层 12.47 μm ,厚度波动 $\leq 1.84 \mu\text{m}$ 。

关键词 帘线钢线材 脱碳层 氧化层

An Analysis on Surface Quality of Wire for Steel Cord of Tyre

Wang Yong, Hang Naiqin, Zhang Xiju and Wang Senwen

(School of Material and Metallurgy, Wuhan University of Science and Technology, Wuhan 430081)

Abstract The surface quality of 0.72 ~ 0.82C $\Phi 5.5$ mm wire for steel cord of tyre produced by different producers at home and abroad was tested and examined. The results showed that surface of wire produced at most producers has no decarburized layer and average thickness of oxidizing scale layer was $\leq 7.7 \mu\text{m}$ with thickness difference $\leq 1.13 \mu\text{m}$, in which the Fe_3O_4 content was equal to FeO content to be available to remove scale of surface, and only there was decarburized layer with depth 0.05 ~ 0.10 mm for wire produced at very few of producers, and average oxidizing scale layer was 12.47 μm with thickness difference $\leq 1.84 \mu\text{m}$.

Material Index Wire for Steel Cord of Tyre, Decarburized Layer, Oxidizing Scale Layer

1 线材表面脱碳层检验

实验用 $\Phi 5.5$ mm 线材的化学成分如表 1。将线材切割成长 10 ~ 15 mm 的小圆柱试料,制成金相试样,检验脱碳层。

表 1 帘线钢线材的化学成分/%

Table 1 Chemical compositions of wire for steel cord of tyre / %

生产厂	C	Si	Mn	S	P	
国内	A	0.82	0.20	0.49	0.012	0.009
	B	0.81	0.20	0.49	0.011	0.010
	C	0.73	0.21	0.52	0.011	0.009
国外	D	0.82	0.22	0.50	0.007	0.007
	E	0.72	0.20	0.50	0.009	0.010

对于帘线钢线材,自试样边缘开始到完全不存在铁素体组织的部分确定为脱碳层。检验结果表明,A厂试样,脱碳层深度为 0.09 mm,B、C、D、E 厂试样均无脱碳。

2 线材表面氧化层测定

采用 XL30TMP 型扫描电子显微镜,观察氧化层

形貌;采用 PHOENIX 型能谱仪,对氧化层微区成分作半定量分析;采用 D/MAX-3C 型 X 射线衍射仪,对氧化铁皮成分进行物相分析。

将线材试样断面打磨、抛光,在扫描电镜下观察形貌,同时应用能谱仪对氧化层微区成分作半定量分析;剥下线材试样表面的氧化铁皮制成粉末,进行 X 射线衍射分析。

试样的扫描电镜图如图 1 所示。对每个试样连续测取多点进行成分分析,取平均值如表 2 所示。

从试样断面形貌上看,国内试样都有一定程度的表面缺陷,氧化层与基体之间衬度非常明显,氧化层厚度也较为均匀。

由表 2 中数据看出,国内线材氧化层厚度相差较大,A 厂试样表面氧化层最薄,与扫描图相吻合,B 厂试样氧化层较厚,接近国外线材的 2 倍,由表 2 中 Fe、O 含量也可看出;而国外 D 厂、E 厂试样相差不大,其 Fe、O 含量比相差甚微。

各试样按不同生产厂家编号,采取粉末法制样,进行 X 射线衍射分析,结果见表 3。由表 3 可见,国

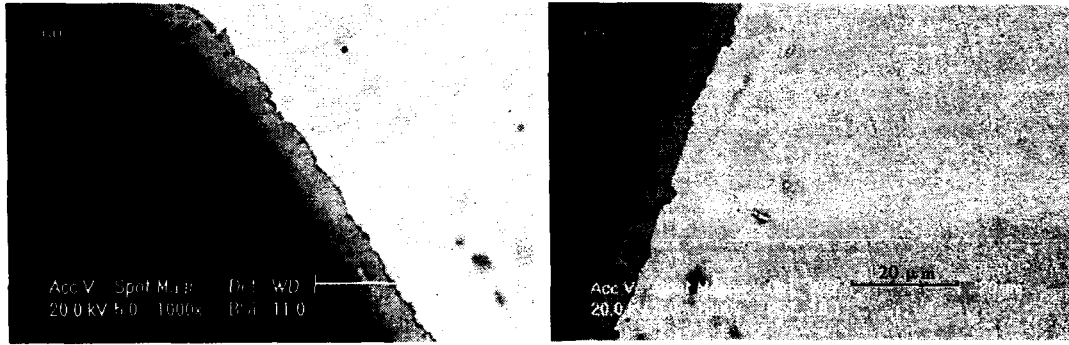


图 1 线材表面氧化层形貌, SEM, $\times 1\,000$: (a) A 厂试样; (b) D 厂试样

Fig. 1 Morphology of oxidizing scale layer of wire surface, SEM, $\times 1\,000$: (a) sample of producer A; (b) sample of producer D

表 2 各试样氧化层中元素含量和氧化层厚度

Table 2 Element content in oxidizing scale layer and thickness of oxidizing scale layer of each sample

生产厂	氧化层元素含量/%		氧化层厚度/ μm			
	Fe	O	最大	最小	平均	
国内	A	94.46	5.54	6.31	5.05	5.68
	B	89.08	10.92	13.20	11.36	12.47
	C	93.92	6.08	10.58	9.25	9.78
国外	D	91.67	8.33	6.99	5.87	6.29
	E	91.47	8.53	8.03	7.31	7.70

表 3 各试样氧化层 Fe_3O_4 和 FeO 的含量/%

Table 3 Fe_3O_4 and FeO content in oxidizing scale layer of each sample / %

生产厂	Fe_3O_4	FeO	
A	51.5	43.5	
国内	B	22.7	67.4
	C	34.2	60.8
	D	48.7	46.3
国外	E	40.3	54.7

外产品的 Fe_3O_4 、 FeO 含量较为接近, 而国内产品则相差较大, 与轧制、冷却工艺有较大关系。此外, 在各试样中均未检测到 Fe_2O_3 相(或微量), 这与氧化条件的改变有关。实验表明表面氧化层里的 Fe_3O_4 最难以破碎, 因此当氧化层里的 Fe_3O_4 含量增加时, 需要加大破碎氧化层的力度^[1]。

3 分析讨论

国内外对线材表面脱碳层深度一般要求 ≤ 0.10 mm, 且线材表面的任何外部缺陷如折叠、裂纹、机械划伤、厚薄不均的氧化铁皮及较严重的锈蚀, 都会随拉拔深加工而产生严重影响, 导致断丝^[2]。因此钢丝在进行拉拔前要有有效的去除氧化铁皮。

由试验结果分析得出, 国外线材氧化层厚度比较均匀, 成分及物相组成等方面也比较接近, 波动小; 反观国产线材则不太稳定, 波动较大, 这些都会

给酸洗工艺带来不便。

对于氧化铁皮厚度大且厚薄不均的现象, 一般认为是由于轧后冷却工艺参数波动所致^[2]。另外, 氧化层的生长速度、物相结构、含量及均匀性与冷却温度、冷却速度、冷却时间和空气流动速度等影响因素有较大关系^[3]。可以从改进工艺出发, 调整冷却温度和冷却速度、时间等, 在工艺许可的条件下, 可适当提高冷却速度, 缩短冷却时间, 减少 $\text{FeO} \rightarrow \text{Fe}_3\text{O}_4 + \text{Fe}$ 的转变量^[1], 以获得较薄的表面氧化层, 降低其 Fe_3O_4 含量以便于酸洗, 节约成本, 提高效率。

4 结论

(1) 在表面脱碳层控制方面, 国内外线材都能达到 ≤ 0.10 mm 的规定, 但国产线材与国外线材相比较还存在差距, 国外线材普遍能够做到表面无脱碳, 而国内个别厂家的线材脱碳层为 $0.05 \sim 0.10$ mm。

(2) 氧化层中 Fe_3O_4 、 FeO 含量较为接近, 有利于机械 + 酸洗除鳞。

(3) 国内某些厂家的线材氧化层平均厚度为 $5.68 \mu\text{m}$, 厚度波动 $\leq 1.30 \mu\text{m}$, 氧化层中 Fe_3O_4 、 FeO 含量接近, 已达到国外先进水平。

参考文献

- 张清东, 黄纶维, 吴彬, 等. 热轧带钢表面氧化层实测分析. 上海金属, 2000, 22(5): 32
- 张清珍. 线材对钢丝绳质量的影响. 橡胶工业, 2002, 49: 527
- Basabe V V, Szpunar J A. Growth Rate and Phase Composition of Oxide Scales during Hot Rolling of Low Carbon Steel. ISIJ International, 2004, 44(9): 1554

王勇(1982-), 男, 武汉科技大学毕业, 从事材料加工工程研究。

收稿日期: 2006-07-27