

高强度钢丝绳线的研制开发

胡自明, 蒋日勤

(江苏兴达钢丝绳股份有限公司, 江苏 兴化 225721)

摘要:介绍了高强度钢丝绳线的原材料、生产工艺流程和物理性能。拉拔高强度钢丝应采用多道次、每次较小的部分压缩率进行。单丝总压缩率一般为 95.5%~97.5%, 每次拉拔的部分压缩率为 12%~14%。铅淬火热处理工艺中一定要控制不出现先共析渗碳体。还对普通与高强度钢丝绳线性能进行了对比。

关键词:高强度钢丝; 钢丝绳线

中图分类号: TQ330.38⁺⁹ 文献标识码: B 文章编号: 1006-8171(2002)11-0655-03

高强度 (HT) 钢丝绳线的断裂负荷、耐冲击性能和疲劳强度比普通强度 (NT) 钢丝绳线分别高 10%、15% 和 20% 以上^[1]。随着轮胎向轻量化发展, 高强度钢丝绳线的需求量越来越大。现将我公司高强度钢丝绳线的研制情况介绍如下。

1 高强度钢丝绳线用原材料

理论上, 只要增大钢丝冷拔总压缩率, 就可以得到高强度的钢丝。但在实际生产中, 由于受到多种因素的制约, 达到较高的总压缩率难度很大。例如, 钢丝被冷拔到一定程度之后, 断丝率会大大升高, 使工业化生产无法正常进行, 未断钢丝的塑性和韧性也会逐渐下降, 在捻制时钢丝表面容易出现分层, 甚至断丝。因此, 高强度钢丝绳线对其所用的原材料 (钢盘条) 提出了更高的要求。

我公司在研制高强度钢丝绳线时与国外多家著名钢铁公司进行了技术交流, 并试用了他们的高碳优质专用钢盘条, 最终确定我公司高强度钢丝绳线专用钢盘条的技术指标。高强度和普通强度钢丝绳线用钢盘条的性能指标对比见表 1。

2 高强度钢丝绳线生产工艺

2.1 工艺流程

高强度钢丝绳线生产工艺流程为: 盘条——

作者简介: 胡自明 (1963-), 男, 湖北随州人, 江苏兴达钢丝绳股份有限公司工程师, 主要从事轮胎用钢丝绳线的生产工艺管理工作。

表 1 NT 与 HT 钢丝绳线用钢盘条性能对比

项 目	NT	HT
化学成分质量分数 $\times 10^2$		
碳	0.70~0.75	0.80~0.85
锰	0.40~0.60	0.40~0.60
硅	0.15~0.30	0.15~0.30
磷	0.020	0.020
硫	0.020	0.020
磷和硫	0.030	0.030
抗拉强度/MPa	1 040 \pm 50	1 140 \pm 50
断面收缩率/ %	40	35

预处理粗丝拉拔——中丝气体保护热处理——中丝拉拔——铅淬火热处理电镀黄铜——帘线单丝拉拔——钢丝绳线捻制——包装。

2.2 拉拔工艺

拉拔的目的是将粗钢丝通过模孔拉制成所需形状和尺寸的细钢丝, 同时要满足标准所规定的性能和质量要求, 尤其是力学性能要求。

在高强度钢丝绳线生产过程中要经历 3 次拉拔, 其中帘线单丝拉拔尤为重要。帘线单丝拉拔工艺有两个要点: 一是总压缩率的选择; 二是部分压缩率的选择。

(1) 总压缩率的选择

几乎所有碳钢丝的抗拉强度、屈服强度和弹性都随总压缩率的增大而增大, 但塑性和韧性指标, 如断裂伸长率、断面收缩率、扭转值和弯曲值下降。因此在实际生产中, 选择总压缩率时不仅要考虑帘线单丝的强度要求, 而且要综合考虑帘线单丝的塑性和韧性指标要求。

根据总压缩率与钢丝拉拔前后直径关系 [式

(1)和屠林科夫公式[式(2)],可得拉拔总压缩率与钢丝拉拔前后抗拉强度的关系[式(3)]。

$$Q = 1 - (d/D)^2 \quad (1)$$

$$b = K_B \sqrt{D/d} \quad (2)$$

$$Q = 1 - (K_B/b)^4 \quad (3)$$

式中 Q ——拉拔总压缩率, %;

D ——拉拔前直径, mm;

d ——拉拔后直径, mm;

B ——拉拔前抗拉强度, MPa;

b ——拉拔后抗拉强度, MPa;

K ——修正因数, 取值为 0.95 ~ 1.05。

通过式(3)可以计算出拉拔帘线单丝时的总压缩率。在高强度钢丝帘线的生产中,拉拔帘线单丝的总压缩率一般为 95.5% ~ 97.5%。

(2)部分压缩率的选择

为确保韧性指标,高强度钢丝应采用多道次、每次较小的部分压缩率,这样可以使钢丝索氏体中的渗碳体片能够在拉拔过程中完成塑性弯曲,并沿钢丝轴向旋转,直到总压缩率达 98% 时仍保证索氏体形态沿拉拔方向伸长而不破裂。若部分压缩率过高,很快就可在钢丝组织内部观察到渗碳体片的破裂,当总压缩率超过 60% 时,渗碳体片几乎全部破裂并导致钢丝发生脆断。经对比试验认为,拉拔高强度钢丝帘线单丝时的部分压缩率以 12% ~ 14% 为宜。

为了保证高强度钢丝帘线单丝拉拔的部分压缩率合理分配,我公司专门研制了 XD-TB6 型 25 模水箱拉丝机。采用该机增加了拉拔道次,减小了部分压缩率,从而保证了高强度帘线单丝的顺利拉拔,并使单丝同时具有较高的强度和较好的韧性,为捻股或捻绳创造了条件。

2.3 铅淬火热处理工艺^[2]

传统观点认为,碳含量较高的过共析钢拉拔性能不好。但事实上,只要在钢丝铅淬火时将先共析渗碳体质量分数控制为零,得到单一的细片状珠光体(即索氏体),就可使钢丝具有很好的拉拔性能。图 1 所示为冷却速度对过共析钢中先共析渗碳体析出的影响。

由图 1 可见,对于含碳量不同的过共析钢,控制钢丝在铅淬火时不出现先共析渗碳体的关键是

控制钢丝的冷却速度。

由图 1 还可看出,随着转变时过冷度的增大,析出的先共析渗碳体逐渐减少,当过冷度达到一定程度之后,便不再析出先共析相。接近共析成分的钢将全部转变为珠光体组织,这种含碳量接近共析成分的珠光体称为伪共析体。一般过冷奥氏体转变温度越低,形成伪共析体组织的含碳量范围就越大。

制定钢丝帘线用半成品钢丝铅淬火工艺的出发点就是要有利于提高后续钢丝拉拔过程中的加工硬化和抗分层能力,并不是铅淬火态的抗拉强度越高越好。

2.4 捻制工艺

帘线单丝在双捻机捻制过程中,要受到扭转、弯曲及拉伸的联合作用而发生弹性和塑性变形,其受力状态相当复杂。捻制前帘线单丝的强度、韧性和表面质量对帘线的捻制质量影响很大。表 2 所示为不同等级钢丝帘线单丝性能比较。

由表 2 可见,高强度钢丝帘线单丝与普通强度钢丝帘线单丝相比,抗拉强度、屈服强度提高 10% 以上,但扭转值降低约 15%。

由于高强度钢丝帘线单丝的抗拉强度和屈服强度都较高,捻制钢丝的工艺性能,如残余应力和

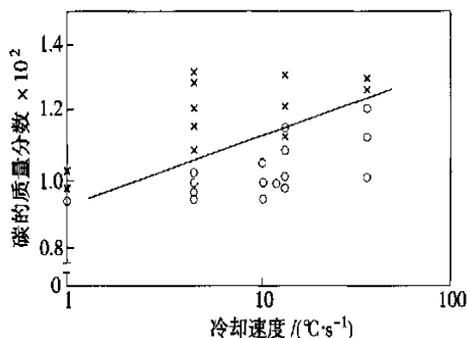


图 1 冷却速度对过共析钢中先共析渗碳体析出的影响

×—珠光体 + 先共析渗碳体; o—珠光体

表 2 各等级钢丝帘线单丝性能比较

项 目	NT	HT
抗拉强度/MPa	2 850	3 217
屈服强度(泊松比为 0.2)/MPa	2 630	3 000
扭转值(200 ×)	87	72
弯曲值(R = 0.75 mm)	21	20
疲劳强度/MPa	1 033	1 133

注:单丝直径为 0.30 mm。

表面质量很难控制,因此在捻制高强度钢丝帘线时要充分考虑到高强度钢丝帘线单丝强度高、扭转值低等因素,控制好捻股机的收、放线张力,牵引张力,矫直器压下量和过捻速比等工艺参数。

3 不同强度等级钢丝帘线性能对比

表 3 示出了用两种强度等级钢丝捻制的 2 × 0.30 钢丝帘线的力学性能比较。

由表 3 可以看出,高强度钢丝帘线的断裂负荷、冲击力和疲劳强度比普通强度钢丝帘线分别高 13%,17%和 23%。

固特异曾系统地研究过高强度钢丝帘线,并用 2 + 2 × 0.30HT(帘布密度为 4.7 根 · cm⁻¹)取

表 3 不同等级 2 × 0.30 钢丝帘线的性能^[1]

项 目	NT	HT
断裂负荷/N	392	444
冲击力/N	112	132
疲劳强度 [*] /MPa	850	1 050

注: * 钢帘线埋在胶料中,用旋转弯曲疲劳试验法测定。

代 2 + 2 × 0.25NT(帘布密度为 7.9 根 · cm⁻¹) 钢丝帘布制作轮胎进行试验。结果耐磨耗指数从 100 提高到 113。

我公司可以批量生产 2 × 0.30HT, 2 + 2 × 0.25HT, 2 + 2 × 0.35HT, 2 + 7 × 0.28HT, 3 × 0.20 + 6 × 0.35HT 等规格的高强度钢丝帘线。表 4 所示为我公司生产的高强度钢丝帘线与普通强度钢丝帘线的物理性能对比。

表 4 兴达公司高强度和普通强度钢帘线物理性能指标对比

结 构	帘线直径/ mm	线密度/ (g · m ⁻¹)	断裂负荷/ N	结 构	帘线直径/ mm	线密度/ (g · m ⁻¹)	断裂负荷/ N
2 + 2 × 0.25NT	0.63	1.55	470	3 + 9 × 0.22NT	0.92	3.62	1 130
2 × 0.30HT	0.60	1.14	440	2 + 7 × 0.28HT	1.06	4.45	1 550
HT 与 NT 对比	下降 4.8%	下降 26.5%	下降 6.3%	HT 与 NT 对比	上升 15.2%	上升 22.9%	上升 37.2%
2 + 2 × 0.25NT	0.63	1.55	470	3 × 0.20 + 6 × 0.35NT	1.14	5.34	1 500
2 + 2 × 0.25HT	0.63	1.55	560	3 × 0.20 + 6 × 0.35HT	1.14	5.34	1 760
HT 与 NT 对比	一样	一样	上升 19.1%	HT 与 NT 对比	一样	一样	上升 17.3%
2 + 2 × 0.38NT	0.99	3.58	960	3 + 9 + 15 × 0.175 + 0.15	1.34	5.42	1 670
2 + 2 × 0.35HT	0.94	3.06	980	3 × 0.20 + 6 × 0.35HT	1.14	5.34	1 760
HT 与 NT 对比	下降 5%	下降 14.5%	上升 2%	HT 与 NT 对比	下降 14.9%	下降 1.5%	上升 9.5%

[2] 邢献强,李居强. 钢帘线用超高强度钢丝的研究进展[J]. 金属制品,1999,25(6):7-12.

参考文献:

[1] Arkens O. 经济型钢丝帘线结构的开发[J]. 薛广智译. 轮胎工业,1997,17(7):432.

第一届全国橡胶工业用织物和骨架材料技术研讨会论文(二等奖)

Development of high tensile steel cord

HU Zi-ming, JIANG Ri-qin

(Jiangsu Xingda Steel Co., Ltd., Xinghua 225721, China)

Abstract: The material, processing technology and physical properties of high tensile steel cord are described. The high tensile steel wire should be drawn in multi-stages with smaller part compression ratio at each stage. The total compression ratio of filament is about 95.5% ~ 97.5% and the part compression ratio at each drawing stage is 12% ~ 14%. The lead quenching process should be controlled to prevent the cordialyzed cement carbon. The properties of high tensile steel cord are compared to those of the conventional steel cord.

Key words: high tensile steel wire; steel cord