

精整机组中五辊矫直机设备参数的确定

姚养库 浦文杰 程军周 陈勇
(中国重型机械研究院 陕西 西安 710032)

[摘要] 主要对精整机组中用到的五辊矫直机主要设备参数的确定方法做了一个总结和概括。同时也给出了在实际操作过程中这种矫直机压弯量的调整方法和步骤。

[关键词] 五辊矫直机 压弯量 挠度 弯曲曲率 极限弹性曲率

ASCERTAINING OF PARAMETERS OF FIVE-ROLL LEVELER USED IN FINISHING LINE

Yao Yangku Pu Wenjie Cheng Junzhou Chen Yong
(China Heavy Machinery Research Institute, Xian 710032, China)

[Abstract] This paper major in a summary about ascertaining main parameters of five-roll leveler used in finishing line (including cross-cutting line, slitting line and welding line). On the other hand, it also supply steps and a way to adjust gap of this kind of leveler in practice.

[Key words] five-roll leveler, gap, flexibility, bending curvature, limit elastic curvature

1 概述

五辊矫直机是平行辊矫直机类型的一种。作为平行辊矫直机,它具备有平行辊矫直机的基本特征:1)具有相当数量交错的矫直辊以实现多次的反复弯曲。2)压弯量可以调整,能实现矫直所需要的压弯方案。3)矫直所需的张力较小。但是由于五辊矫直机只能对带钢进行较少的反复弯曲次数,所以当对矫直精度要求较高时,五辊矫直机就不能满足要求了。因此五辊矫直机很少用来生产成品带材。

在重卷,纵剪,拼焊等精整机组中五辊矫直机一般布置在机组的开头部分,和开头机配合使用,用来对带卷的头部进行矫直。本文将主要介绍精整机组中五辊矫直机主要设备参数的确定方法以及在实际操作过程中,压弯量的调整方法和步骤。

2 主要参数确定

2.1 辊系

在精整机组中五辊矫直机布置在机组的开头部分,仅对带钢的头部进行矫直,用于顺利送入后部设备废料剪。因此对矫直的精度要求并不高,故五辊

矫直机能够满足要求。辊子的布置方式,根据开卷方式不同,布置为上二下三或上三下二式。且上面的辊子可单独调整压弯量,下面的辊子固定不动。

2.2 矫直辊径

矫直辊径可用下式确定:

$$D_j = \frac{EH}{\sigma_s C_w} \quad (1)$$

式中 D_j ——矫直辊径;
 E ——所矫直材料的弹性模量;
 H ——所矫带材的厚度;
 σ_s ——所矫带材的屈服极限;
 C_w ——压弯曲率比,其中:

$$C_w = \frac{A_w}{A_i} \quad (2)$$

A_w ——压弯曲率;

$$A_i \text{——弹性极限曲率, } A_i = \frac{EH}{2\sigma_s} \quad (3)$$

当 $C_w = 1$ 时说明带材只发生弹性变形,当 $C_w > 1$ 时说明带材发生了弹塑性变形。也就是说只有当 $C_w > 1$ 时,才有可能使带材矫直,一般对于矩形带钢取 $C_w = 3 \sim 4$ 。

当辊径确定后,辊距 $p = (1.1 \sim 1.2) D_j$

在一条机组中,其产品规格较多,一般选取一种主要的规格作为计算规格,以计算规格来确定辊径及辊距。

当辊径确定后,可取 $C_w = 1$ (即只发生弹性变形)来计算确定的辊径能使带钢发生塑性变形的厚度。即:

$$h = \frac{D_j \sigma_{sw}}{E} \quad (4)$$

理论上当辊径为 D_j 时,对于厚度小于等于 h 的带钢不会产生弹塑性变形,只能使其发生弹性变形,也就不能矫这种厚度规格带钢。

对于厚度大于计算规格的带钢,为了保护设备可适当减少压弯曲率比来完成矫直,改变压弯曲率比实现的方法就是改变上面两个辊子的压弯量。

2.3 压弯量

采用如图1所示的辊系,下面一排三个辊子固定,上面两个辊子可以升降,因此只计算上面两个辊子(即2,4号辊子)的压弯量和第三个辊子的压弯挠度

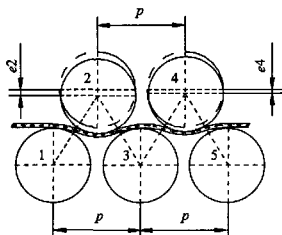


图 1

$$e_2 = 2\delta_{w2} \quad (5)$$

$$e_4 = 2\delta_{w4} \quad (6)$$

$$\delta_{w3} = 0.5(\delta_{w2} + \delta_{w4}) \quad (7)$$

式中 δ_{w2}, δ_{w4} , 分别为第2,4号辊的压弯挠度。

$$\delta_w = \bar{\delta}_w \delta_i \quad (8)$$

$$\bar{\delta}_w = \bar{\delta}_f + \bar{\delta}_e \quad (9)$$

$$\bar{\delta}_f = 1.5 - 0.5/(C_0 + C_w)^2 \quad (10)$$

$$\bar{\delta}_e = \frac{20C_w^2 - 18C_w^3 + 2C_e}{9C_w^2 - 6C_w^3 + 1} \quad (11)$$

$$C_e = C_w - 1.5 + 0.5/(C_0 + C_w)^2 \quad (12)$$

式中 δ_i ——弹性极限挠度;

$$\delta_i = \frac{(0.25p)^2 M_i}{3EI} \quad (13)$$

p ——辊距;

M_i ——弹性极限弯矩;

$$M_i = \frac{BH^2 \sigma_s}{6} \quad (14)$$

E ——弹性模量;

I ——惯性矩;

δ_w ——压弯挠度;

$\bar{\delta}_w$ ——压弯挠度比;

$\bar{\delta}_f$ ——反弯挠度比;

$\bar{\delta}_e$ ——残留挠度比;

C_0 ——最大原始曲率比。

采用大变形压弯(即先采用很大的反复压弯,再采用较小压弯,便可使残留曲率差迅速减小后被矫直)方案时,在计算中忽略 C_0 ,所造成的误差很小,故计算中常忽略 C_0 不计。

对带钢以上面计算的压弯量进行矫直,矫直后对于在1m长的带材理论上残留的挠度为:

$$\Delta = \frac{1}{A_{\alpha}} - \sqrt{\left(\frac{1}{A_{\alpha}}\right)^2 - 500^2} \quad (15)$$

式中 $A_{\alpha} = C_{\alpha} \times A_i$ (16)

$$A_i: \text{弹性极限曲率}, A_i = \frac{2\sigma_s}{EH} \quad (17)$$

2.4 压弯量的调整方法

压弯量确定后,可按下述方法调整压弯量。如图2所示:图2中a是当辊子对带材不产生任何弯曲时上下两辊的中心距 $L1$ 。

$$L1 = D + H \quad (18)$$

D : 辊径, H : 所矫带材厚度。当辊子之间没有带材时,将上下两排辊子靠在一起时,上下辊子的中心距是 $L2$ (图2b)。

$$L2 = \sqrt{D^2 - (0.5p)^2} \quad (19)$$

其中 p 为辊子的中心距。图2c所示的为给带钢一个压弯量 e 时,上下两辊的中心距 $L3$ 。

$$L3 = L1 - e \quad (20)$$

在实际操作中, $L1$ 测量起来较为困难,所以在压弯量调整时采用下面的方法。

1) 将上面的可调辊与下面的固定辊靠上,记下标尺位置。

2) 将上面的可调辊向上调

$$L4 = L1 - L2 - e \quad (21)$$

此时辊子对带材的压弯量即为 e 。

2.5 矫直弯矩与矫直力

当矫直压弯方案确定后,便可据此确定矫直弯矩与矫直力。其中 矫直弯矩为:

$$M = M_i [1.5 - 0.5/(C_w + C_0)2] \quad (22)$$

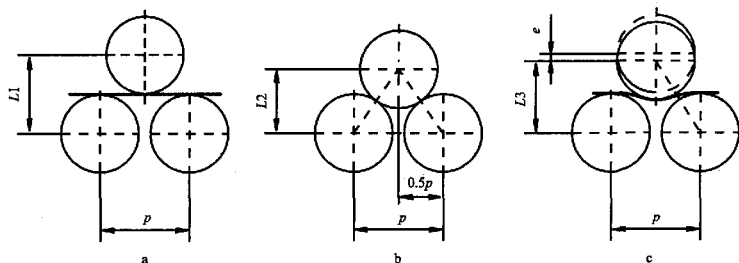


图 2

M_1 : 弹性极限弯矩, $M_1 = \frac{BH^2\sigma_s}{6}$ (23)

C_w : 压弯曲率比 (采用大压弯方案时, C_w 为人为设定值)

C_0 : 最大原始曲率比 (采用大压弯方案时, $C_0 = C_w$ 即前一辊残留曲率比)

对于五辊矫直机来说, 各辊的矫直力计算表达式如下:

$$F_1 = 2M_2/p \quad (24)$$

$$F_2 = 2(2M_2 + M_3)/p \quad (25)$$

$$F_3 = 2(M_2 + 2M_3 + M_4)/p \quad (26)$$

$$F_4 = 2(M_3 + 2M_4)/p \quad (27)$$

$$F_5 = 2M_4/p \quad (28)$$

由上可知, 第三辊所受力最大, 可根据此力对矫直辊进行强度和刚度的校核。

2.6 功率计算

矫直机的总功率由两部分组成, 1) 矫直单元的驱动功率 2) 矫直时用于塑性变形所消耗的功率。

2.6.1 矫直单元的驱动功率

a) 矫直单元的总驱动扭矩为:

$$T = (f + \mu d \Sigma) / 2 F \quad (29)$$

式中 f : 带钢与辊面的滚动摩擦系数。

$f = 0.0002 \sim 0.0004$

μ : 轴承摩擦系数, 滚动轴承为

$\mu = 0.005 \sim 0.01$ 。

d : 矫直辊的轴颈直径。

矫直单元总的驱动功率为:

$$P_1 = \frac{Tv}{\eta R} \quad (30)$$

式中 T : 辊子所承受的扭矩, 单位为 KNm;

v : 夹送辊的速度, 单位为 m/s;

η : 传动系统效率, $\eta = 0.85 \sim 0.9$;

R : 矫直辊的半径。

2.6.2 矫直功率

对带钢进行矫直时, 带钢发生的是弹塑性变形, 变形的初始阶段都是弹性变形, 然后进入到弹塑性变形阶段, 两种变形混在一起。弹性变形是一种蓄能变形, 他决定着金属的弹复能力。这种变形在矫直过程中是不耗能的。塑性变形是永久变形, 它决定着能耗的多少。所以在确定矫直功率时应该把两者分开。带钢在矫直的过程发生的塑性变形能 u_j 可表达为下式:

$$u_j = u_e \bar{u}_j \quad (31)$$

$$u_e: \text{弹性极限变形能}, u_e = \frac{BH\sigma_s^2}{6E} \quad (32)$$

$\bar{u}_j$: 矫直能量比,

$$\bar{u}_j = (1 - \xi)^2 [3\xi + (1 - \xi)(3 + \xi)] \quad (33)$$

$$\text{其中 } \xi \text{ 为弹区比, } \xi = 1/C_w \quad (34)$$

总的塑性矫直转矩为:

$$T_j = Ru_j \quad (35)$$

总的矫直功率为:

$$P_2 = \frac{T_j v}{\eta R} \quad (36)$$

$$\text{矫直机的总功率为: } P = P_1 + P_2. \quad (37)$$

3 小结

本文主要对精整机组中五辊矫直机设备参数的确定做了一个小节。同时也给出了在实际操作过程中这种矫直机压弯量的一种调整方法。在设计这种矫直机时, 可参照上述方法来确定矫直机的相关参数。

参考文献

- 崔 甫. 矫直原理与矫直机械. 冶金工业出版社, 2002
- 捷连契耶夫, 查留克. 薄板车间精整设备. 中国工业出版社, 1964

收稿日期: 2007.4.6