

对双半径孔型设计的探讨

田湖轧钢有限公司 刘 哲

摘 要

直缝焊管机组的轧辊设计方法,以双半径孔型设计应用最广。在直缝焊管的生产工艺中,该项技术对提高焊管质量有很大的作用。本文介绍了采用该方法的特点,设计的具体方法和步骤、设计计算公式,具有一定的参考价值。

1 前言

在直缝焊管生产中所使用的轧辊,其孔型设计方法有很多种,经过多年生产经验的总结,到80年代,边缘和圆周综合弯曲变形法,即双半径孔型设计方法,以其所具有的变形均匀,成型过程稳定,边缘相对延长小,成型质量好等优点,受到了焊管生产者的喜爱。在辊式成型中,成为应用最广的一种成型方法。我公司的焊管轧辊,也都是采用了双半径孔型设计的。这种方法在理论上虽然有很多优点,但在生产中也存在着一些不足之处,经过多年来的研究与发展,这种设计方法已趋于完善。结合国内外先进经验,对国内使用最广的双半径孔型设计方法的几个部分进行了改进,在总结各方面经验的情况下,经过分析、计算,以新的设计方法完善了其不足之处。下面以我公司生产的 $\Phi 40$ 直缝焊管为例,说明与传统的双半径设计方法存在差异的部分。

2 成型闭口孔孔型

闭口孔变形半径按传统的双半径设计方法采用下式计算孔型半径 R :

$$R = \frac{B+b}{2\pi} + c$$

式中: B —带钢宽度;

b —导向片厚度;

c —导向片部分弦长近似弧长及带钢宽度变化的修正值,一般取 $0.5 \sim 1.5\text{mm}$ 。

但在实际生产过程中,我们实测到带钢外表面宽度在各架次成型后的实际尺寸,并

参考了国内外不同厂家对不同规格焊管的外表面变形量的测定之值,通过分析和计算发现,带钢厚度的中层在成型过程中,其宽度基本保持不变,也就是说,带钢的中层为带钢变形的中性层,如图1所示,按公式 $R = \frac{B+b}{2\pi} + c$ 所计算的并不是带钢的变形半径 $R_{\text{外}}$,而是带钢的中性层半径 $R_{\text{中}}$,在生产过程中往往产生如下缺陷:带钢在引入闭口孔时不顺利,强行引料时,则带钢表面划伤严重、成型困难。按公式 $R = \frac{B+b}{2\pi} + c$ 计算的变形半径不能满足带钢宽度变化的要求。

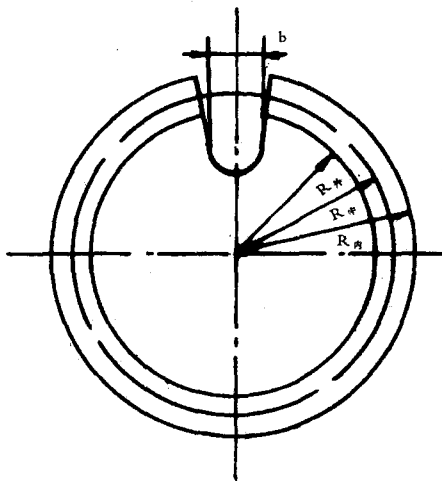


图1

如图1,我们进行如下推导:

$$B = R_{\text{中}}(2\pi - \theta) = (R_{\text{外}} - t/2)(2\pi - \theta) \cdots (1)$$

$$b = 2R_{\text{内}} \sin \theta / 2 \approx (R_{\text{外}} - t) \theta \cdots \cdots (2)$$

解方程组(1)、(2)得:

$$R_{\text{外}} = \frac{(3\pi t + B + b)}{4\pi} + \sqrt{\frac{(3\pi t + B + b)^2 - 8\pi[\pi t^2 + Bt + \frac{1}{2}bt]}{4\pi}}$$

其中: t 为带钢厚度, 取 $t = 3.25\text{mm}$, $b = 16\text{mm}$, $B = 145\text{mm}$, 则第一架闭口孔半径 $R_{\text{外}} = 24.15$ 。

而按 $R = \frac{B+b}{2\pi} + c$ 计算所得的第一架闭口孔半径 $R = 22.3 \sim 23.3$ 。

为了使带钢在闭口孔中顺利地变形, 我们按推导出的公式计算闭口孔的变形半径。

3 第一架平辊

双半径孔型设计的第一架平辊, 是进行边缘变形的轧辊, 其变形如图 2。

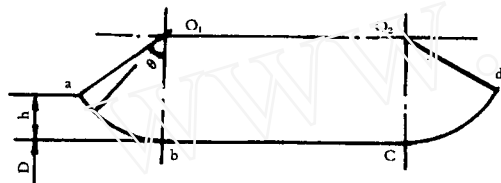


图 2

此道轧辊对带钢所施加的变形, 是将带钢的边缘部分, 以挤压辊半径进行变曲变形, 变形角度为 θ 。管坯边缘的弧长与边缘弯曲半径相等, 因此边缘弯曲变形角 $\theta = 57.3^\circ$ 。在生产中, 往往存在如下问题: (a) 在穿带钢时, 带钢往下窜; (b) 连续生产时, 如将轧辊压到位, 则带钢边缘的波浪较大, 即边缘延伸较大, 影响成型质量。

而在生产中, 边缘部分 ab、cd 段与中间部分 bc 并不是分开的, 而是整体的, 并且, 中间部分 bc 段要占整个带钢宽度的 $\frac{B-2R}{B} = 67\%$, 也就是说, 在穿带钢时, 带钢的运行速度整体等于中间部分的速度, 而带钢边部的运行速度趋势则大于带钢速度, 而且越靠近带钢边部, 其差值越大, 就势必引起带钢头部往下窜。而当带钢强行引入后, 带钢边部受拉力较大, 达到一定程度时, 则造成带钢边部波浪。

针对第一道轧辊的成型目的, 以及在生产

中出现的问题, 经过认真分析, 将带钢变形后的形状设计成如图 3 所示的管坯中心反变形法, 这种方法对钢带中心部位有一定的圆整及消除内应力的作用。图 3 中边部变形半径 R 仍为挤压辊半径, 变形角也不变, 仍为 57.3° 。中部弯曲半径 R' 的数值, 是以使 $h' = h$ 来确定。

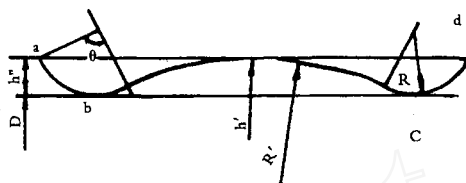


图 3

4 立辊的辊型

4.1 成型部分的立辊

带钢在成型立辊部分的变形图和立辊的辊型如图 4, 带钢与轧辊的接触部分为 ab 段, 带钢要达到图 4 所示的变形, 须将力 F' 分解为力 F_1, F_2 , 而立辊只能给带钢力 F_1 , 力 F_2 带钢不能受到, 这样, 带钢也就不能得到所希望的变形, 只能使带钢在通过此道立辊时, 使带钢底线高于轧制底线, 中部的变形只能是边部顶到立辊上沿后, 得到的部分变形, 而不是设计中所希望得到的变形, 因此, 须将辊型设计为图 5 形状, 带钢要达到所需的变形, 受力 F 即能使带钢得到所希望的变形。因此, 我们在进行成型部分的立辊设计时, 应按图 5 所示, 使带钢边缘部分与辊子表面完全接触。

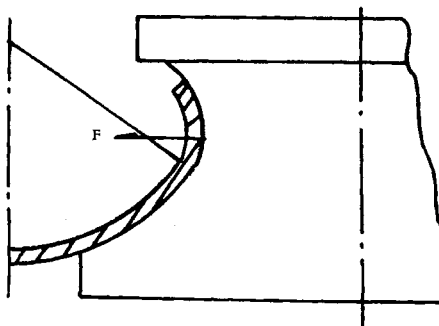


图 4

4.2 定径立辊

立辊的定径量,一般都很小。定径量大时,对管径的尺寸、形状控制容易实现。但是,我们现在所选择的定径孔型为“圆—圆”孔型,在对钢管减径时,钢管受力为三向压应力,因而所需的压力就很大,在减径量不大的情况下,定径区的负荷已经大于成型区的负荷了。而采用“椭圆—圆”孔型,钢管受力则不是全周向的压应力,因而,在压力减小的情况下,就能达到理想的减径量,改善钢管的断面。为此,将定径区的辊型,设计为“椭圆—圆”孔型,也就是说将定径立辊辊型改为立椭圆。

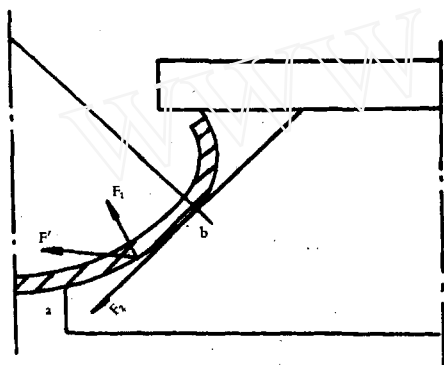


图5

5 配辊计算

对定径平辊的配辊,采用的方法是,后一架平辊的底径比前一架平辊的底径大0.5mm,使焊管在定径区为微张力轧制,但是,实际情况如何呢?我们作如下分析:

根据实测管坯厚度在成型过程中的变化情况以及管径、带钢延伸系数在成型一定径中的实测数据,可以认定,钢管的壁厚在定径区不发生变化。假定钢管的直径即为该道平辊的孔型直径(因为钢管在各道平辊变形后的弹性恢复基本相等)。

第一架平辊直径 $D_1 = 24.05\text{mm}$, 第二架平辊孔型直径 $D_2 = 23.95\text{mm}$, 管坯的厚度

$t = 3.25\text{mm}$, 则此二架后钢管的断面积分别为:

$$S_1 = (D_1 - t)t\pi, S_2 = (D_2 - t)t\pi,$$

钢管在第二架平辊后变形后的延伸系数为:

$$\mu = S_1/S_2 = (D_1 - t)/(D_2 - t) = 1.0048$$

第一架平辊的底径 $D'_1 = 161.8\text{mm}$,

则第二架平辊的底径

$$D'_2 = 161.8 + 0.5 = 162.3$$

第二架平辊与第一架平辊的线速度之比为:

$$\eta = D'_2\pi n/D'_1\pi n = D'_2/D'_1 = 1.0031$$

由以上的计算知, $\mu > \eta$, 也就是说, 焊好的钢管, 在定径区接受减径时, 并不是处在我们所希望的微张力状态, 而是处于微压力状态, 使管坯在定径区的受力状态不同于我们所希望的, 使定径负荷增加了很多。因此我们不能按此方法配辊。

要使焊管在定径区受力为微张力轧制, 则必须满足下式: $\mu/\eta = A$

A 为张力系数, 一般取 $1.005 \sim 1.0065$, 因此, 第二架平辊的底径应为:

$$D'_2 = D'_1 \cdot \mu \cdot A = 163.5\text{mm}.$$

按此方法可计算出其它架次的平辊底径。

6 结语

我们根据生产中的实际情况, 针对原孔型设计中的不足之处, 参照国内外的先进经验, 对使用较广的孔型设计方法作了如上的修改。经过我公司几年来的生产实践, 可以说明, 所作的修改, 达到了预期的目的, 提高了焊管的表面质量、成型质量和焊接质量。

参考文献

- 1 赵志业主编. 金属塑性变形与轧制理论. 冶金工业出版社, 1994 年
- 2 冶金部钢铁司编. 中小直径电焊钢管技术. 冶金工业出版社, 1981 年
- 3 吴凤梧主编. 国外高频直缝焊管生产. 冶金工业出版社, 1985 年
- 4 首钢电焊钢管厂等编著. 高频直缝焊管生产. 冶金工业出版社, 1982 年