

# 生产厚壁不锈钢焊管的孔型设计方法

冯英强

(050051 石家庄轴承设备股份有限公司)

**摘 要** 为生产厚壁不锈钢焊管,采用 W 孔型并对成型部分的孔型进行改进,可避免带钢在成型焊接过程中产生“噉嘴”和划伤现象,使成型过程稳定,产品焊接质量和外观质量良好。介绍了该孔型的设计方法。

**关键词** 厚壁不锈钢焊管 孔型设计 闭口孔型 W 孔型 双半径成型

## GROOVE DESIGN FOR MANUFACTURE OF HEAVY-WALL STAINLESS STEEL WELD PIPE

Feng Yingqiang

(Shijiazhuang Bearing Equipment Co., Ltd.)

**Abstract** By means of W groove with the formation section modified, it can be done to prevent the strip from being displaced and scratched during welding formation process in manufacturing heavy-wall stainless steel weld pipe. In addition, the formation operation will be very consistent and the welding quality and visual quality of the pipe will be very good. This groove design method is detailed in the paper.

**Key words** Heavy-wall stainless steel tube Groove design Closed Groove W groove  
Dual-Radius formation process

### 1 前言

随着国民经济的发展,不锈钢焊管的应用越来越广泛。1996年,广东某企业订购我厂1套BGZ60/H不锈钢焊管机组,生产锅炉用不锈钢焊管。所生产的不锈钢焊管规格为 $\Phi 38\text{mm} \times 3.5\text{mm}$ ,  $\Phi 32\text{mm} \times 3.5\text{mm}$ ,  $\Phi 25\text{mm} \times 2.5\text{mm}$ ,  $\Phi 20\text{mm} \times 2.5\text{mm}$ ,基本上都属于厚壁管。由于不锈钢的特性及管壁较厚,使得焊管的焊接和成型较为困难,传统的孔型设计方法往往不能满足成型要求。为此,我们总结了各种钢管生产的变形特点,借鉴相

关种类不锈钢焊管的孔型设计经验,确定了一种用于生产厚壁不锈钢焊管的新式孔型设计方法。

### 2 设计指导思想

不锈钢带成型时,由于不锈钢的加工硬化敏感性高,加之带钢较厚,成型比较困难,因此一般采用双半径成型法成型。我们提出的生产厚壁不锈钢焊管的孔型设计方法与传统的双半径变形相比,能使带钢变形均匀,中部弯曲变形充分。

(1)为了改善焊接质量,增加成型过程的稳定性,第一架水平辊采用W孔型,使带钢

边缘处于良好的变形状态,边缘横向变形充分。

(2)厚壁管,尤其是不锈钢焊管,在成型过程中,带钢回弹比较大,随着管壁厚度的增加,带钢边缘刚性直线段增长,造成带钢“噉嘴”,使得焊接难于成型。为此闭口孔型的最后一架采用双半径成型,可保证带钢的两边缘平行进入焊接状态,以得到稳定的挤压力。

(3)在开口孔型设计上,由于带钢较厚,所需成型力增大,为了减小因线速度差而引

起的带钢划伤,所以平辊孔型的设计加大了轧辊的边缘半径,主要进行中间弯曲变形。立辊则为被动辊,边缘半径不变,可使带钢边缘变形的弹复得到充分的控制,以巩固变形。

### 3 孔型设计

现以图 1 所示的 BGZ60/H 不锈钢焊管机组及  $\Phi 25\text{mm} \times 2.5\text{mm}$  焊管为例,将厚壁不锈钢焊管的孔型设计方法和步骤作如下概述。

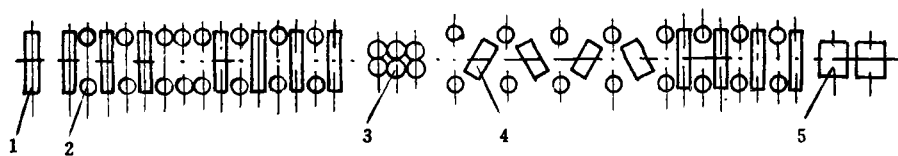


图 1 BGZ60/H 不锈钢焊管机组的机架排列形式

1—平辊 2—立辊 3—挤压辊 4—抛光装置 5—矫直辊

#### 3.1 带钢宽度的计算

$$B = \pi (D_c - t + \Delta) + K \cdot t \quad (1)$$

式中  $B$ ——带钢宽度;

$D_c$ ——成品管外径;

$t$ ——带钢厚度;

$\Delta$ ——定径余量;

$K$ ——焊接系数,一般取 0.2~0.4。

经计算得到的带钢宽度  $B$  为 71.8mm。

#### 3.2 挤压辊孔型设计

BGZ60/H 机组采用 3 对挤压辊进行氩弧焊接。对于不锈钢焊管来说,为了保证带钢的顺利成型焊接,在孔型设计上,要求带钢进入挤压辊之前先由前架平辊规圆,然后再经过挤压进行轻微的减径。其计算公式如下。

(1) 前架平辊、第一架挤压辊孔型半径

$$R = B / 2\pi + t / 2 \quad (2)$$

经计算得  $R = 12.68\text{mm}$ 。

(2) 第二、三架挤压辊孔型半径

$$R = (B - \Delta l) / 2\pi + t / 2 \quad (3)$$

式中  $\Delta l$ ——减径量,一般取 0.1~0.3。

经计算得  $R = 12.65\text{mm}$ 。

#### 3.3 闭口孔型设计

(1) 第一架闭口孔型的参数计算

$$R_{t1} = 36B / (320 \times 2\pi) + t / 2 \quad (4)$$

$$b_{t1} = 2 \times R_{t1} \times \sin 20^\circ \quad (5)$$

式中  $R_{t1}$ ——第一架闭口孔型半径;

$b_{t1}$ ——第一架闭口孔型导向片厚度。

经计算得  $R_{t1} = 14.1\text{mm}$ ;  $b_{t1} = 9.6\text{mm}$ 。

(2) 第二、三架闭口孔型的参数计算

$$(R - t / 2) \times \theta = 57.3 \times B$$

$$b_t = 2R \sin(180^\circ - \theta / 2) \quad (6)$$

式中  $b_t$ ——第二、三架闭口孔型导向片厚度;

$\theta$ ——带宽所对应的中心角。

第二、三架导向片厚度的计算见图 2。

经计算  $b_{12} = 6.4\text{mm}$ ;  $b_{13} = 3.2\text{mm}$ 。代入式(6)得第二架闭口孔型半径  $R_{12} = 13.61\text{mm}$ ，第三架闭口孔型半径  $R_{13} = 13.14\text{mm}$ 。

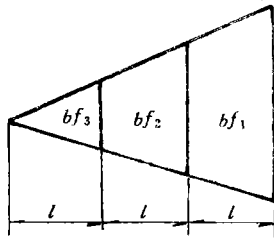


图2 第二、三架闭口孔型导向片计算示意  
l—闭口孔型机架间距

为了提高焊接质量，第三架闭口孔型采用双半径，其中  $R = R_{13} = 13.14\text{mm}$ ； $R_{\text{上}} = R_{13} + 5 = 18.14\text{mm}$ 。

### 3.4 W孔型设计

(1)边缘半径  $R_{\text{边}}$  的确定

$$R_{\text{边}} = R_1$$

$R_1$  为第一架挤压辊孔型半径。

(2)管坯中间弯曲变形角  $\varphi$  的确定

边缘弯曲角一般取  $45^\circ$ ，则管坯中间弯曲弧长

$$B_{\text{中}} = B - 2 \times (R_{\text{边}} - t/2) \times \pi/4 \quad (7)$$

根据经验，中间弯曲半径一般取带宽值

$$R = B - t/2 \quad (8)$$

则中间弯曲变形角  $\varphi$  由下式求出

$$\varphi = [B_{\text{中}} / (R + t/2)] \times 57.3^\circ$$

$$= (B_{\text{中}} / B) \times 57.3^\circ \quad (9)$$

经计算  $R_{\text{边}} = 12.65\text{mm}$ ； $R = 70.55\text{mm}$ ； $\varphi = 43^\circ$ 。

### 3.5 开口孔型设计

平辊、立辊孔型分别如图3、4所示。计算结果见表1。

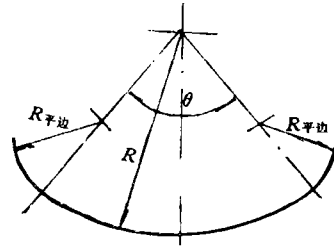


图3 平辊孔型

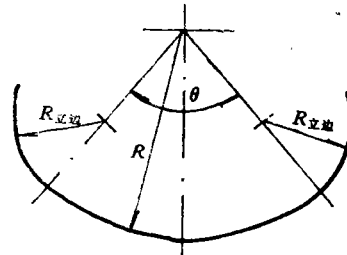


图4 立辊孔型

$$R_{\text{平边}} = R_{\text{立边}} + 5 \sim 10 \text{ (mm)}$$

$$R_{\text{立边}} = R_{\text{边}}$$

$$\text{则 } R_{\text{平边}} = 17.65\text{mm}$$

$$R_{\text{立边}} = 12.65\text{mm}$$

$$\theta_i = B_{\text{中}} / R_i \times 57.3^\circ \quad (10)$$

表1 开口孔型的计算结果

辊 型	$\theta_i / (^\circ)$	$R_i / \text{mm}$	辊 型	$\theta_i / (^\circ)$	$R_i / \text{mm}$
第一架水平辊	—	—	第六架水平辊	128	25.38
第二架水平辊	22.10	141	第七架立辊	155.20	21.15
第三架立辊	49.65	63.45	第八架立辊	182.95	18.13
第四架水平辊	75.22	42.30	第九架立辊	211.36	15.86
第五架立辊	101.30	31.73	第十架水平辊	240.30	14.10

$$R_i = N/i \times R_{i1} \quad (11)$$

式中  $R_{i1}$ ——第一架闭口孔型半径;  
 $R_i$ ——第  $i$  架中部弯曲半径;  
 $\theta_i$ ——第  $i$  架中部弯曲变形角;  
 $i$ ——孔型架次数;

$N$ ——第一架闭口孔型的架次数;

$B_{\#}$ ——W 孔型中间弯曲弧长。

### 3.6 所设计的孔型图

根据计算结果,生产  $\Phi 25\text{mm} \times 2.5\text{mm}$  不锈钢焊管的孔型设计如图 5 所示。

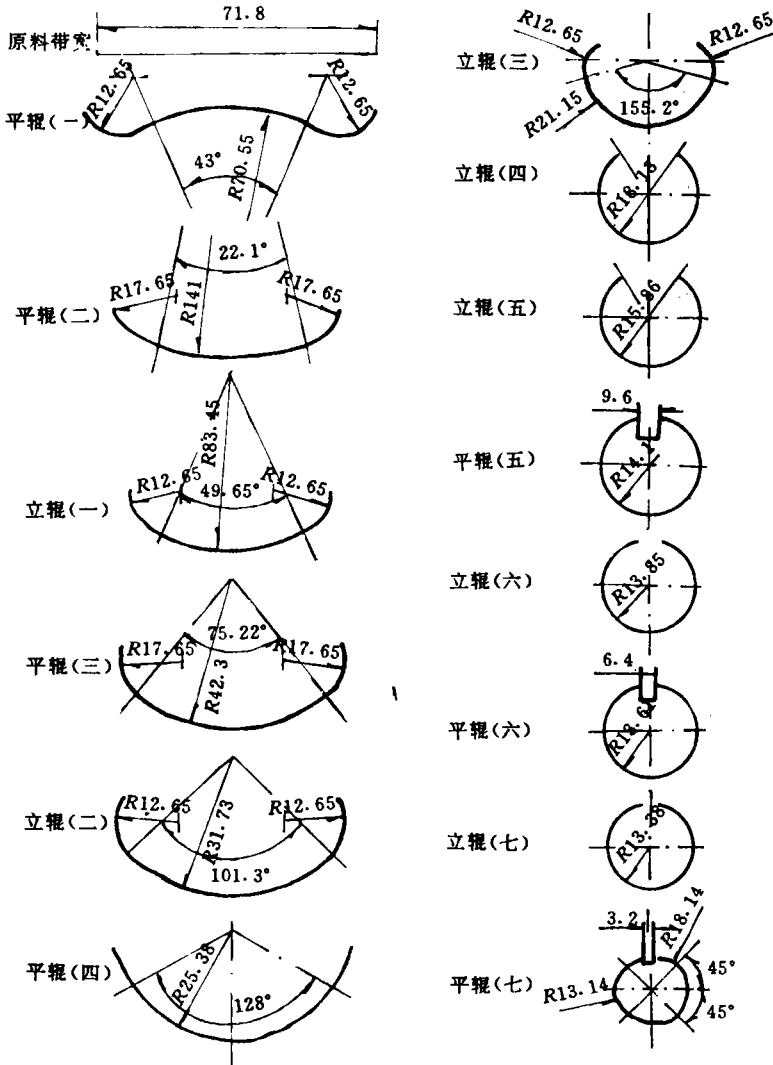


图 5  $\Phi 25\text{mm} \times 2.5\text{mm}$  不锈钢焊管孔型

### 4 结语

通过本孔型设计方法设计制造的  $\Phi 38\text{mm} \times 3.5\text{mm}$ ,  $\Phi 32\text{mm} \times 3.5\text{mm}$ ,  $\Phi 25\text{mm} \times 2.5\text{mm}$ ,  $\Phi 20\text{mm} \times 2.5\text{mm}$  的轧辊,均达到

了预期的效果,生产中成型稳定,生产的不锈钢焊管焊接良好,外观质量合格。

(收稿日期:1997-12-14)