

18-21

一种设计张减机精轧孔型的经验方法

王 宁

(上海宝山钢铁(集团)公司)

TG333.8

摘 要 本文将张减机精轧孔型传统设计与德方资料比较后, 介绍了一种设计精轧孔型的经验方法——椭圆度、宽展值分配法。

关键词 精轧孔型, 减径率, 椭圆度, 宽展值

A NEW DESIGN METHOD OF FINISHING PASS OF TUBE STRCH REDUCER

Wang Ning

(Baoshan Iron & Steel Group Corporation)

ABSTRACT Comparing the conventional design method with germany technical material, the writer put forward an experimental method - appertion design of ovality and spread - to design the finishing pass of tube strch reducer.

KEY WORDS finishing pass, reducing rate, ovality, spread

1 前言

宝钢引进的140mm连轧管机组28架单独传动的张力减径机, 具有总减径大(最大减径率为82%)、产品范围广($D=21.3\sim 139.7\text{mm}$, $s=2.0\sim 25.0\text{mm}$)和带有减少增厚端切头损失的CEC控制等优点。在孔型设计上也有以下特点:

①张减机机架分建立张力机架、中间机架和精轧机架3部分, 前两部分称为工作机架。其中中间机架的减径率采用逐步递减、线性分配方式, 见图1, 以利改善钢管质量, 并在一定程度上平衡后部机架的轧制负荷。

②为了提高孔型的使用寿命, 减轻“内六方”的程度, 将孔型系分成椭圆孔型系和圆孔型系。后者设计原则是使沿轧辊轴向轧件与孔型接触弧长度差 ΔL 最小, 见图2。

③在孔型设计中, 将各架的椭圆度值($\alpha_1 = a_1/b_1$)和宽展值($C_1 = a_1 - b_{1-1}$)作为重要因素考虑, 椭圆孔型系和圆孔型系

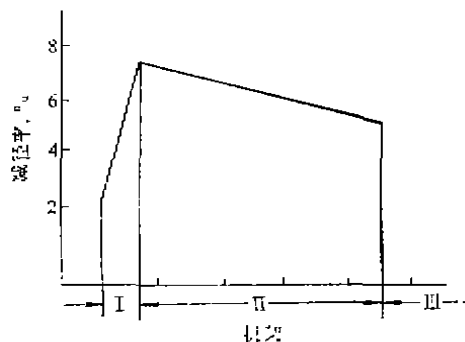


图1 张减机工作机架减径率分配
I-张力机架; II-中间机架; III-精轧机架

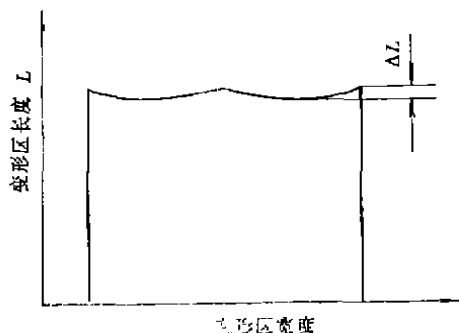


图2 圆孔型中钢管与轧辊接触面积

有其共同点,即各架孔型的 α_i 、 C_i 值均随减径率减小而减小,并呈均匀下降分布,见图3。

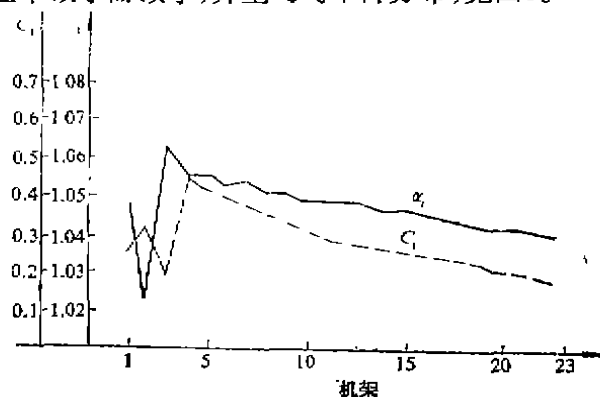


图3 工作机架椭圆度 α_i 、宽展值 C_i 的分布曲线

工作机架孔型设计的上述特点对保证产品质量有十分重要的作用。但是作为张减机最后几架的精轧孔型,由于承担着钢管的最终几道次变形,其孔型设计的正确与否不仅影响孔型的寿命,也决定着最终产品的尺寸精度和表面质量。

2 传统设计方法和德方介绍方法比较

2.1 孔型设计的基本公式

三辊张减机孔型见图4。其基本公式为:

$$\text{孔型直径 } d_i = a_i + b_i \quad (1)$$

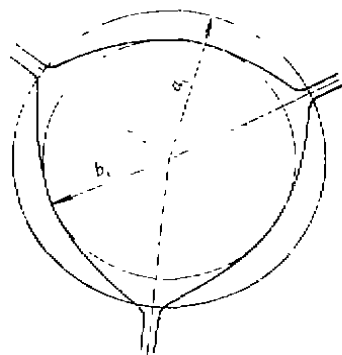


图4 张减机孔型图

$$\text{椭圆度: } \alpha_i = a_i / b_i \quad (2)$$

$$\text{减径率: } \rho_i = (d_{i-1} - d_i) / d_{i-1} \cdot 100\% \quad (3)$$

$$\text{孔型长半轴: } a_i = d_i / (1 + 1/\alpha_i) \quad (4)$$

$$\text{孔型短半轴: } b_i = d_i / (1 + \alpha_i) \quad (5)$$

$$\text{宽展值: } C_i = a_i - b_{i-1} \quad (6)$$

$$\begin{aligned} \text{刀具直径: } D_{x1} &= b_i - \frac{b_i^2 - a_i^2}{D_0} - \frac{a_i}{2} \\ &+ \frac{0.75a_i^2}{b_i - [(b_i^2 - a_i^2)/D_0] - a_i/2} \end{aligned}$$

刀具至孔型中心面距离:

$$X_i = \sqrt{\left(\frac{D_0}{2} - b_i\right)^2 - \left(\frac{D_0 - D_{x1}}{2}\right)^2} \quad (8)$$

式中 D_0 —轧辊直径。

2.2 传统设计方法

精轧机架传统设计方法有以下特点:

- ①一般精轧机架由3~4架组成;
- ②各机架减径率系数分配如表1。
- ③最后一架的椭圆度为1.0,即 $\alpha_i = b_i$;
- ④在孔型设计中,主要是分配减径量,对各架椭圆度值和宽展值取值范围没有严格限定(最后1架除外)。

表1 传统设计方法的减径率分配

机架数	3	4
机架		
1	2/3~4/5 ρ_1	2/3~4/5 ρ_1
2	1/3~1/4 ρ_1	1/2~3/5 ρ_1
3	0~1%	1/4 ρ_1
4		0~1.2%

注: ρ_i 为工作机架的平均减径率

2.3 德方资料介绍的方法

德方介绍的设计方法主要特点是:

- ①精轧机架由4~5架组成。
- ②减径率采用表2中的系数分配。

表2 德方介绍的对数减径率分配方法

机架数	4	5
机架		
1	$r = 0.6r_{tF}$	$r = 0.45r_{tF}$
2	$r = 0.3r_{tF}$	$r = 0.3r_{tF}$
3	$r = 0.1r_{tF}$	$r = 0.2r_{tF}$
4	0	$r = 0.05r_{tF}$
5		0

注: r_{tF} 为精轧机组总的对数减径率

$$r_{tF} = \ln(d_{1A}/d_0) \quad (10)$$

式中 d_{1A} —工作机架最后一架的孔型直径, mm;

d_0 —成品管热态直径, mm。

③最后2架孔型形状相同, 即 $\alpha_i = \alpha_{i-1}$, $b_i = b_{i-1}$ 。并且, 为了防止车削孔型时刀具抖动, 要求刀具到孔型中心面的距离 $X_i \geq 4.0$ mm, 因此, 椭圆度 > 1.0 。

④各架孔型的短半轴用下式确定:

$$\text{第1架: } b_1 = a_2 (0.85 + 0.15d_2/d_1) \quad (11)$$

除最后2架外的其余各架

$$b_i = a_{i+1} [1.0 - 0.15 \ln(d_i/d_{i+1})] \quad (12)$$

⑤第1架孔型直径应满足下式:

$$\frac{b_{1A}}{0.85 + 0.15d_1/d_{1A}} + 0.85a_2 + 0.15a_2 \cdot (d_2/d_1) - d_1 = 0 \quad (13)$$

式中 b_{1A} —最后一架工作机架的短半轴。

如果 d_1 值不满足 (13) 式, 则 d_2 在一定范围内变化, 直至 (13) 式中 d_1 只是小数点后第3位发生变化为止。当反复计算仍找不到满足 (13) 式的 d_1 值时, 适当调整其它机架的椭圆度。

但是, 在使用上述方法设计孔型时发现, 此种叠代逼近计算设计方法计算量大, 并且设计结果很难同时满足上述设计要求。

为此, 通过对宝钢近230架精轧孔型的分析、研究, 在吸收德方设计方法优点的基础上, 建立了精轧孔型的一种新的经验设计方法——“椭圆度、宽展值分配法”。

3 “椭圆度、宽展值分配法”

3.1 设计思想和设计要求

①精轧孔型要能够适用于同一减径系列中不同孔型系 (圆、椭圆孔型系) 的使用, 以提高精轧机架的利用率和使用寿命, 减少更换机架及加工机架的时间, 并减少备用机架, 简化机架的管理。

②精轧机架的减径率、椭圆度、宽展值采用逐步减小、平滑下降的分配方法。

3.2 精轧机架数的确定

设变形系数 $\delta = d_{1A}/d_0$ 。 (14)

当 $1.035 \leq \delta < 1.06$ 时, 采用4架;

当 $1.06 \leq \delta \leq 1.1$ 时, 采用5架。

3.3 减径率的分配

由于宝钢张减机为单独传动, 所以最后1架的减径率设为零, 只起整圆作用, 使钢管最终在尺寸相同的2个机架中轧制2道次, 有利地保证了外径精度。

各架对数减径率按表3原则分配。

表3 精轧机架对数减径率分配原则

机架数	4	5
机架		
1	$r \leq 0.3r_{tF}$	$r \leq 0.6r_{tF}$
2	$r \leq 0.3r_{tF}$	$r \leq 0.3r_{tF}$
3	$r \leq 0.08r_{tF}$	$r \leq 0.2r_{tF}$
4	0	$r \leq 0.05r_{tF}$
5		0

3.4 椭圆度值的分配

椭圆度值的分配特点:

①其值随各架减径率的减小而减小;

②倒数第3架孔型椭圆度取值较小, < 1.009 ;

③各机架椭圆度取值范围见表4。

表4 精轧机架椭圆度分配原则

机架数	4	5
机架		
1	$\alpha_1 \geq 1.006\alpha_2$	$\alpha_1 \geq 1.006\alpha_2$
2	$\alpha_2 \leq 1.003\alpha_3$	$\alpha_2 \geq 1.006\alpha_3$
3	$\alpha_3 = \alpha_4$	$\alpha_3 \leq 1.009\alpha_4$
4	α_4 由 $X_4 \geq 4.0$ 决定 $\alpha_4 = \alpha_5$	
5		α_5 由 $X_5 \geq 4.0$ 决定

3.5 宽展值的分配

孔型宽展值, 即第 i 架孔型的长半轴 a_i 与第 $i-1$ 架孔型短半轴 b_{i-1} 之间的差值, 见 (6) 式, 它反映了金属横向变形的程度, 有正宽展 ($C_i > 0$)、零宽展 ($C_i = 0$) 和负宽展 ($C_i < 0$) 3 种情况。当减径量一定, 如正宽展值过大, 在生产壁径比较大的厚壁管时

易出现欠充满,反之,易出现过充满,出现严重青线甚至拉丝等问题。所以, C_i 值的大小主要取决于减径量的大小与钢管的壁径比。通常, C_i 值与减径量成正比。

精轧机架宽展值的选择有以下特点:

①因减径量较小,所以宽展值较小;

②为防止严重青线,采用正宽展;

③限定后3架宽展值的取值范围,其余机架采用等差级数的分配方式(见表5)。

3.6 孔型参数的调整

表5 精轧机架孔型宽展值的分配原则

机架	机架数	4	5
1		$C_1 = \frac{C_{1A} - C_2}{2} + C_2$	$C_1 = \frac{C_{1A} - C_3}{3} + C_3$
2		$C_2 = C_4 + (0.02 \sim 0.04)$	$C_2 = \frac{C_{1A} - C_3}{3} + C_3$
3		$C_3 = C_4 - 0.01$	$C_3 = C_5 + (0.02 \sim 0.04)$
4		$C_4 = a_4 - b_3$	$C_4 = C_5 - 0.01$
5			$C_5 = a_5 - b_4$

注: C_{1A} 为工作机架最后一架宽展值

张减机精轧孔型的设计参数主要是减径率 ρ_i 、宽展值 C_i 和椭圆度值 α_i 。要使这3个值符合表3~5中的规定,需对第1次计算的参数进行调整。调整方法和原则如下:

①为了避免某一参数调整量过大,需同时调整其中的2个参数;

②为了避免某一机架孔型参数调整量过大,同时调整2个机架的参数,这样,一般经2~3次调整即可满足要求;

③调整后,第1、2架的减径量可不同于表3中的数值;第1、2架的宽展值可略作变动;其余各架的 ρ_i 、 α_i 、 C_i 值需符合表3~5中的规定;并且与工作机架连接时, α_i 、 C_i 值无大的跳跃现象;各架 ρ_i 、 α_i 、 C_i 值需符合: $\rho_i \geq \rho_{i+1}$ 、 $\alpha_i \geq \alpha_{i+1}$ 、 $C_i > C_{i+1}$ (倒数第2架除外)的规律。

3.7 设计步骤

以设计5架精轧机架为例:①用(14)式计算 δ 值,确定精轧机架数;②按表3原则计算各架孔型直径 d_i ;③用(7)、(8)式找出满足 $x \geq 4.0$ 条件的最后2架孔型参数 a_5 、 a_4 、 b_5 、 b_4 、 C_5 、 C_4 、 α_5 、 α_4 ;④依次计算第3架、第2架、第1架孔型参数;⑤校核各架 ρ_i 、 α_i 、 C_i 值,使之符合表3~5的要求;⑥用(7)、

(8)式计算加工孔型用的其它参数。

4 结论

①用新方法设计的孔型从1987年开始应用,至今已有50多架采用了新孔型,规格有 $\phi 45$ 、50、78、79、101.6、114.3、127、139.7mm等。

②“椭圆度、宽展值分配法”与传统设计方法相比,同时考虑了减径率、椭圆度和宽展值的分配和取值范围,因而设计目标更明确,结果更严密。

③减径率、椭圆度、宽展值的取值范围是来自生产实际,因此设计结果更接近实际。

④减径率、椭圆度和宽展值均呈递减分配,保证了产品外径的精度(可达 $\pm 0.3\%$ ~ $\pm 0.5\%$),同时提高了孔型的使用寿命。

⑤“椭圆度、宽展值分配法”的设计方法,对同类机组有一定的参考价值。

参考文献

- 1 王宁.张减机椭圆孔型设计,钢管,1990;(4),28~30
- 2 刘芳斌.钢管张力减径工艺计算,三钢技术,1987;(3):1~10

(1993年8月收修改稿)