

24-28

张力减径机, 圆孔型, 设计

张力减径机圆孔型设计及其应用

王 宁

(宝山钢铁(集团)公司)

TG333.8

A

介绍了宝钢钢管厂张力减径机圆孔型的设计思想、设计方法和使用中应注意的问题。

DESIGN AND APPLICATION OF ROUND PASS
FOR STRETCH REDUCING MILL

Wang Ning

(Baoshan Iron & Steel (Group) Corporation)

An introduction to the round pass design principles and method for stretch reducing mill at BISC and some main points for attention in application are described.

1. 前言

用张力减径机(以下简称张减机)轧制壁厚比较大的钢管($S/D_m \geq 0.12$)时,容易出现内多边形,造成钢管横向壁厚不均。影响内多边形程度的因素很多,但当 S/D_m 一定时,孔型椭圆度的大小是主要影响因素。

Neuhoff和Biller研究指出^[1],带张力减径过程中,金属在孔型内的流动状态和轧辊接触弧长有关。在大椭圆度孔型内,钢管沿轧辊轴向各点与轧辊接触弧长度是不相等的,因而金属在孔型内各截面的包覆角也不相同(见图1),金属沿孔型圆周方向的受力状态、压下量、切向变形阻力的不同,造成变形不均匀,形成内多边形。因此,必须力求在圆周均匀压力状态下进行变形,使孔型接触形状与无芯棒拉拔情况相类似。上述分析为张减机圆孔型设计方法提供了理论依据。

2. 圆孔型的设计方法

2.1 圆孔型的设计思想和基本问题

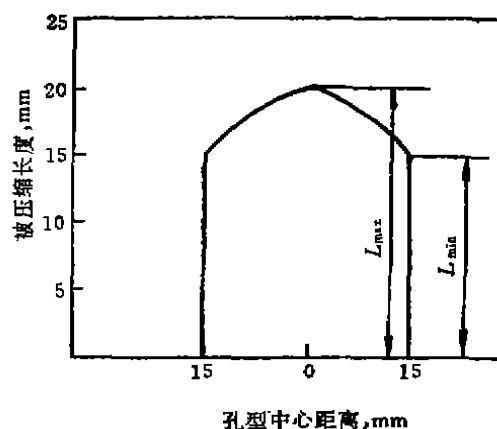


图1 张力减径时被压缩面积形状

所谓圆孔型,是指以沿孔型宽度方向钢管与轧辊接触弧长度差值($\Delta L = L_{\max} - L_{\min}$)最小为原则设计的孔型。圆孔型系的设计思想是:

(1) 在减径量一定的条件下,所设计的孔型必须使得变形区压缩面积最接近矩形。

(2) 工作机架各架孔型的椭圆度值随

着减径率的减小而逐渐减小,并使相邻机架椭圆度值的波动幅度尽可能小。

圆孔型设计必须解决三个基本问题:

(1) 如何计算钢管与孔型接触弧长度 L 和接触弧长度差值 ΔL 。

(2) 接触弧长度差值最小值 ΔL_{\min} 的求解。

(3) 如何调整工作机架各架孔型椭圆度值 α_i , 使其呈均匀下降分布。

2.2 接触弧长度及差值 ΔL 的计算

设孔型宽度、高度及轧制方向的坐标分别为 z 、 y 、 x , 则轧件在 z_z 点处与轧辊的接触弧长为 (见图2)

$$L = \sqrt{(R_k - y_1)^2 - (R_k - y_0)^2} \quad (1)$$

式中 R_k —— 轧辊名义半径;

y_0 —— 轧件在 z_z 点处入口高度;

y_1 —— 轧件在 z_z 点处出口高度。

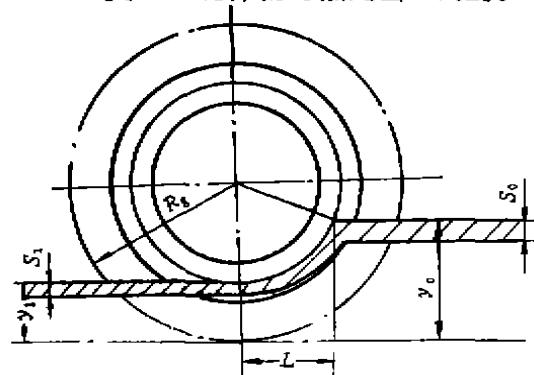


图2 接触弧长计算

在三辊张减孔型中, 当孔型的 α_i 、 b_i 一定时, 轧件在出口截面 z_z 点处的出口高度 y 为

$$y = R_k - \sqrt{e_i^2 + (\sqrt{R_k^2 - z_z^2} - R_k)^2} \quad (2)$$

式中 R_k —— 刀具半径;

e_i —— 刀具到孔型中心的距离。

由于张减机相邻机架是交叉 60° 布置, 所以必须进行坐标变换运算, 将上式计算出的轧件在第 $i-1$ 架的出口高度换算成在第 i 架的入口高度。设第 $i-1$ 架孔型的坐标系为 $y-z$, 变换后的坐标系为 $\bar{y}-\bar{z}$ (见图3), 坐

标变换公式为

$$\begin{cases} \bar{z}_{i-1} = 0.5z_{i-1} - 0.866y_{i-1} \\ \bar{y}_{i-1} = 0.866z_{i-1} + 0.5y_{i-1} \end{cases} \quad (3)$$

所以, 每当 $i-1$ 架中的 z_{i-1} 取一个数值时, 就可用 (2)、(3) 两式计算出轧件在第 i 架的入口、出口高度, 并用下式计算出接触弧

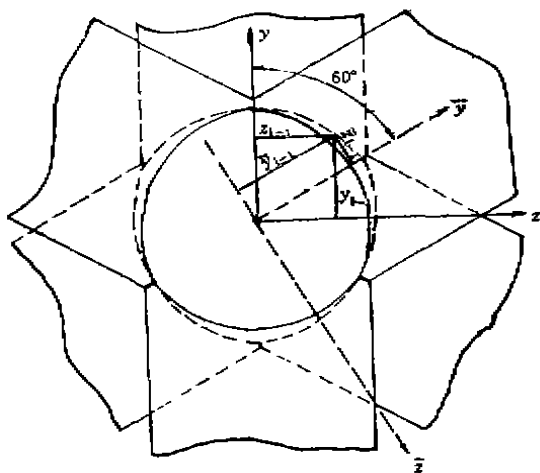


图3 坐标变换图

长:

$$L = \sqrt{(R_k - y_1)^2 - (R_k - y_{i-1})^2} \quad (4)$$

当 z_{i-1} 在一定范围内变化时, 就可得到若干个 L 值, 从中确定出最大值 L_{\max} 和最小值 L_{\min} 及在一定的 α_i 、 b_i 条件下接触弧长度差值 ΔL :

$$\Delta L = L_{\max} - L_{\min} \quad (5)$$

2.3 最小 ΔL 值的求解

由上述介绍可知, 在 d_i 一定的情况下,

当 b_i 在一定范围内 $(d_i - b_{i-1} \leq b_i \leq \frac{1}{2}d_i)$

变化时, 可求出 K 个 ΔL 值 (ΔL_1 、 $\Delta L_2 \dots \Delta L_K$), 找出其中最小的 ΔL_{\min} 值, 它所对应的 α_i 、 b_i 值就是所要求的最佳孔型参数。

需指出, 当 $b_i = 1/2 \cdot d_i$ 时, 虽然孔型的椭圆度值 α_i 最小 (等于 1.0), 但孔型接触弧长度差值 ΔL 并不一定为最小。

2.4 椭圆度曲线的调整

如果不进行椭圆度值分布曲线的调整,则得到的椭圆度值分布曲线呈锯齿形分布(见图4),这显然不符合工艺的要求,使得辊缝处的金属产生较强的弯曲交变应力,容易产生裂纹和折痕,调整各架椭圆度值的,就是使工作机架椭圆度值交替变化波动

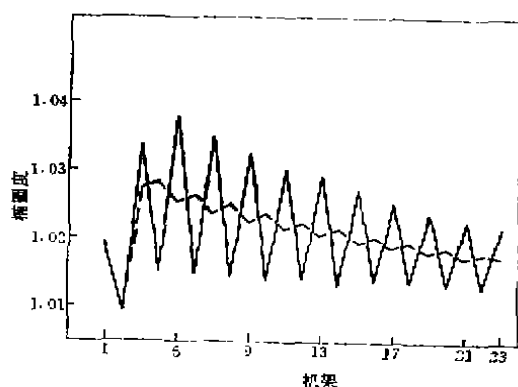


图4 椭圆度曲线调整原理

孔型系: 152.5B_r;

—— $d_3 = 138.57$, $R = 19.00235095$;

---- $d_3 = 139.57$, $R = 19.00002276$

的幅度尽可能小,并随着减径率的减小,呈下降分布态势。

调整方法是,选择第三机架孔型直径 d_3 作为主调整值,当 d_3 在一定范围内变化时,每给定一个 d_3 值,就可计算出对应的一套孔型参数和一条椭圆度值分布曲线,用下式计算出该曲线长度:

$$R = \sum_{i=1}^n \sqrt{1 + (\alpha_{i-1} - \alpha_i)^2} \quad (6)$$

式中 α_{i-1} 、 α_i ——分别为 $i-1$ 架和 i 架的椭圆度值。

在若干个 R 值中,找出最小值 R_{\min} ,则 R_{\min} 所对应的孔型参数即是最佳参数。

d_3 值改变后,各架的 ΔL_{\min} 值也会发生变化,但因 ΔL_{\min} 也是优化值,所以这种影响很小。

2.5 设计步骤

(1) 分配减径率,计算各架孔型直径。

(2) 设 $b_i = 0.5d_{i-1}$, z_{i-1} 在一定范围内变化 j 次,求出接触弧长度最大差值 ΔL_{\max} 。

(3) b_i 在一定范围内变化 K 次,计算出 K 个 ΔL_{\max} 值,从中找出最小值 $(\Delta L_{\max})_{\min}$ 。

(4) 各架孔型按(2)、(3)两步进行设计,并计算出椭圆度值 α_i 。

(5) 用式(6)计算椭圆度值分布曲线长度 R 。

(6) d_3 在一定范围内变化,调整椭圆度曲线,找出最小值 R_{\min} 。

(7) 用 R_{\min} 所对应的各架 α_i 、 b_i 值计算其它孔型参数。

3. 计算机的应用及其效果

圆孔型设计的计算量十分庞大,必须借助计算机来完成。计算机程序框图见图5。

以宝钢152.5B_r孔型系为例,用此孔型系在工作机架平均减径率为5.2%、总减径率 $\leq 70.8\%$ 的情况下,可生产 $S/D_m = 0.09 \sim 0.25$ 范围的钢管,厚壁管“内六方”程度明显改善(见图6)。

4. 圆孔型的应用及注意事项

(1) 圆孔型不仅适用于三辊式张减机,也适用于三辊式定径机和普通减径机,宝钢连轧管机前的空心坯减径机也采用圆孔型设计,目的就是尽可能供给连轧管机壁厚比较均匀的毛管。

(2) 虽然圆孔型主要是用于解决内多边形问题,但因圆孔型椭圆度小,并且是负宽展设计,所以当轧制减径量较小, S/D_m 较大的厚壁管时,用圆孔型设计工作机架和部分成品机架,可提高钢管的外径精度。

(3) 在生产过程中,对于 $S/D_m = 0.085 \sim 0.12$ 之间的规格,可以采用圆孔型系与椭圆孔型系相互代用的方法减少备用机架数和孔型加工量。代用的原则是:当总减径量 $< 55\%$ 时,可用圆孔型系代替椭圆孔型系;反之,则用椭圆孔型系代替圆孔型系。

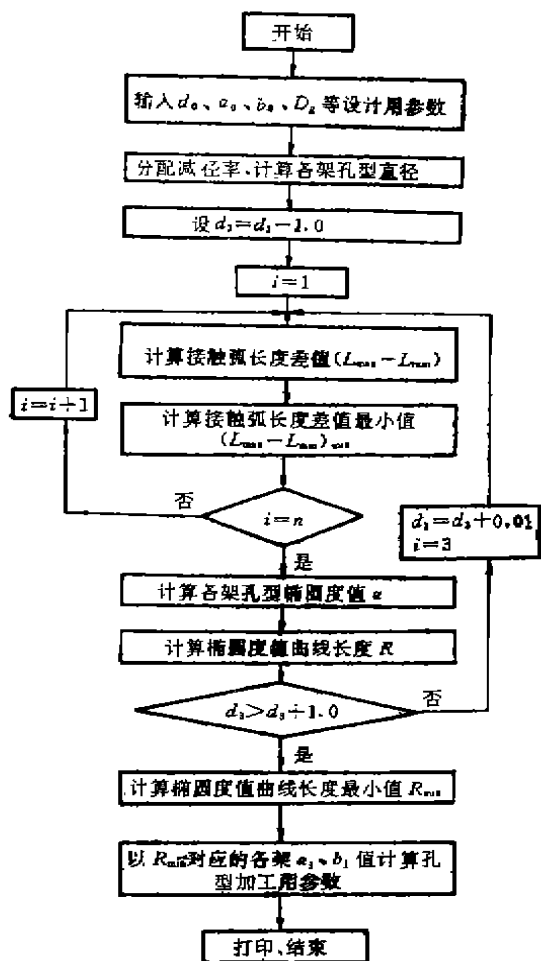


图 5 计算机程序框图

(4) 由于圆孔型椭圆度值小, 而且为负宽展, 为了避免出现“拉丝”或严重的“青线”, 应注意以下问题:

- ① 孔型倒角应光滑。
- ② 当总减径率 $> 40\%$ 时, 勿用圆孔型轧制 $S/D_m \leq 0.08$ 规格的管子。
- ③ 尽量避免新旧工作机架搭配使用, 造成某些机架“过充满”。

(5) 当孔型轧制到规定的使用寿命时, 应及时更换机架, 否则使接触弧长度差值为最小的条件被破坏后, 将影响壁厚的均匀度。同理, 应该用新孔型先轧制 S/D_m 较大、总减径率较大的管子, 然后依次轧制

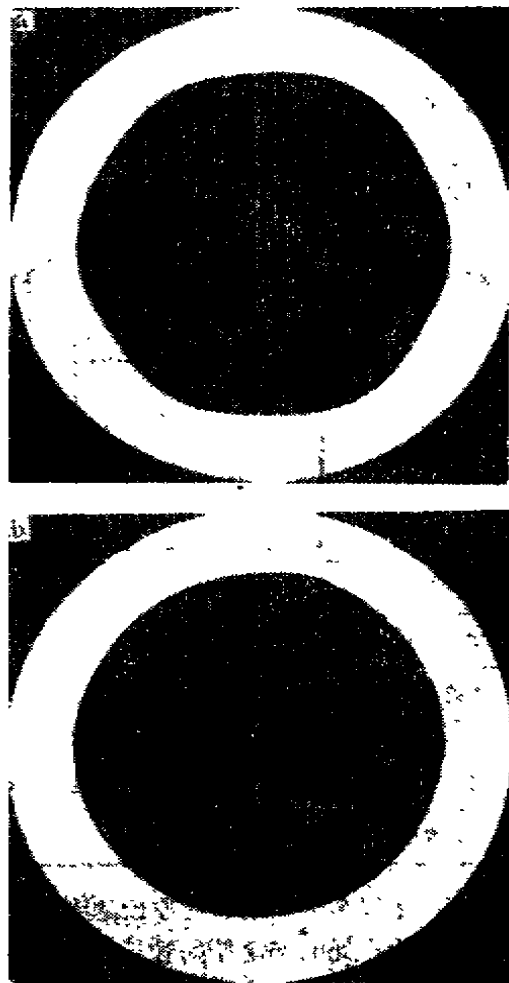


图 6 圆孔型对改善“内多边形”的作用
规格: 88.9×12.5 , $S/D = 0.164$, $z_m = 0.4$, 总减径率 $= 41.12\%$;
a—用椭圆孔型轧制 (152.5B⁰); b—用圆孔型轧制 (152.5B_r)



S/D_m 较小、总减径率较小的管子。

5. 讨论

(1) 圆孔型设计思想和设计方法是建立在一定理论基础上的, 设计方法、计算过程严密, 不依赖于经验参数, 实际上是一种数学求极值的逼近计算。

(2) 用圆孔型轧制厚壁管, 在每个工作机架平均减径率小于 5% 和保持合适的轴向张力时, 即使 S/D_m 达到 0.35 、总减径量达到 60% , 也不会出现明显的内多边形, 宝

表 1 椭圆孔型与圆孔型特点比较

	圆 孔 型	椭 圆 孔 型
设计原则	力求各架孔型接触弧长度差值 ($L_{max}-L_{min}$) 为最小	力求各架孔型的减径率与覆盖系数满足于指定的 $\xi-\rho$ 关系
设计特点	1. 不依赖经验参数 2. 运算量大	1. 依赖经验参数 2. 运算量比设计圆孔型系小
接触面形状	近似矩形	呈十分明显的凹凸状
		
椭圆度值	$\ll 1.040$	$1.04 \sim 1.097$
宽展值	< 0	> 0
覆盖系数	> 1	< 1
内多边形程度	在单机架减径率为5%, 总减径率为60%的情况下, 可以生产 $S/D \ll 0.35$ 的规格	在轧制厚壁管时, 内多边形严重。一般用于生产 $S/D \ll 0.1 \sim 0.12$ 的规格
孔型寿命	比椭圆孔型短	孔型寿命较长

钢119B, 孔型系可轧制的壁厚比达到了此数值。若要生产比0.35更厚的管子, 必须减小单机架减径率, 因为当减径率减小时, 接触弧长度差值 ΔL 也将减小, 但这将限制该孔型系的总减径量。

(3) 圆孔型系与椭圆孔型系相比, 各自特点见表1^[2]。

(4) 由于圆孔型系存在孔型寿命短、

轧薄壁管时易过充满等问题, 所以对其套机组来说是否需要采用圆孔型, 应由其产品大纲来定, 当 $S/D_m \leq 0.125$ 、总减径量 $\leq 60\%$ 时, 可不采用圆孔型, 当 $S/D_m = 0.055 \sim 0.13$ 、总减径率为 $40\% \sim 50\%$ 时, 可采用介于椭圆孔型与圆孔型之间的“中间孔型”。

(5) 圆孔型的车削加工与普通减径机孔型加工方法及难易程度一样, 无特殊性。

参 考 文 献

[1] 李连诗, 钢管塑性变形原理, 冶金工业出版社, 1985年。

[2] 王 宁, 钢管, 1990, №4, 26。