

依据延伸率设计钢管张力减径机的孔型

郭 烽, 韩宝云

(钢铁研究总院工程技术中心, 北京 100081)

摘 要:用传统方法进行张力减径机孔型设计时是以减径率为依据分配变形量。由于该方法没有充分考虑钢管壁厚的影响,致使成品管质量和轧机工作状态受到不利影响。作者阐述了一种沿机架分配钢管变形量的新方法——基于延伸率的分配方法,并给出了设计实例。采用这种设计方法后,钢管在各机架的变形量更加均匀,轧机工作状态也更为稳定。

关键词:钢管;张力减径;孔型设计;延伸率

中图分类号: TG335.7 **文献标识码:** A **文章编号:** 1001-0963(2003)02-0027-03

Pass Designing of Stretch-Reducing Mill by Elongation Rate

GUO Feng, HAN Bao-yun

(Central Iron and Steel Research Institute, Beijing 100081, China)

Abstract: When the traditional method based on the diameter-reducing rate, which does not take the wall thickness into account, was used to distribute the deformation amount of the tube, some adverse influences were introduced to the quality of the finish-tube and the stability of the rolling mill. A new pass designing method on the basis of elongation rate was given and an example is also presented. Using the new method, the deformation of the tube will be arranged more uniformly along standers according to the diameter as well as wall thickness of the tube, and rolling mills will work more stably.

Key words: tube; stretch-reducing; pass design; elongation rate

张力减径是在前后布置的一系列机架中对荒管进行带张力连续轧制的过程,是连轧管机组中最后一道轧制工序,它对于成品管的质量有重要影响。张力减径过程采用适当的孔型系统使荒管外径连续减缩,并通过在机架间施加张力对钢管壁厚进行控制。在进行张力减径机轧辊孔型设计时,首先要分配钢管在各机架的变形量,在此基础上才能考虑孔型形状的设计以及张力和轧辊转速的设定。

本文作者针对目前确定钢管在各机架变形量所采用的传统方法存在的问题,提出了一种基于延伸率的钢管张力减径机孔型设计方法。

1 传统的孔型设计方法

传统设计方法是依据减径率在工作机架的递减来分配钢管变形量。也就是说,对于一定的成品管

外径,轧制一定壁厚范围的钢管时使用的都是同一减径系列。

在张力减径变形过程中,变形量体现为钢管外径的变化和壁厚的变化。钢管外径的变化可以用减径率来表示,但它只是变形量的一个方面。延伸率可以反映钢管外径和壁厚两者的变化情况,因此,以延伸率为依据来分配钢管的变形量更为合理。对轧机而言,当其他变形条件相同时,变形阻力一般随钢管壁厚的增加而提高^[1]。传统设计方法中,在一定外径的成品管所对应的壁厚范围内,最大壁厚可以是最小壁厚的数倍,那么,它们在实际轧制过程中的变形阻力相差很大,相应的轧制力和轧制力矩也存在较大的差异,这种情况显然不利于轧机的工作。表 1 给出了中等张力(平均张力系数 0.5)时,不同 S/D (S 为钢管壁厚; D 为钢管直径)情况下钢管变形区内 $\epsilon_r/\epsilon_\theta$, ϵ_r/ϵ_l , p/σ_s 的比值(ϵ_r , ϵ_θ , ϵ_l 分别为

表 1 不同 S/D 情况下钢管在变形区内的 $\varepsilon_r/\varepsilon_\theta$, $\varepsilon_r/\varepsilon_l$ 和 p/σ_s
 Table 1 $\varepsilon_r/\varepsilon_\theta$, $\varepsilon_r/\varepsilon_l$, p/σ_s of different S/D in deformation zone of tube

	S/D									
	0.02	0.04	0.06	0.08	0.10	0.12	0.14	0.16	0.18	0.20
$\varepsilon_r/\varepsilon_\theta$	-0.070	-0.057	-0.043	-0.028	-0.014	-0.001	0.017	0.032	0.048	0.065
$\varepsilon_r/\varepsilon_l$	0.076	0.060	0.045	0.029	0.014	-0.001	-0.016	-0.031	-0.046	-0.061
p/σ_s	0.026	0.052	0.078	0.103	0.129	0.154	0.179	0.204	0.229	0.253

钢管的径向变形、周向变形和轴向变形; p 为变形区单位压力; σ_s 为钢管的屈服应力^[2]。从表 1 可知, 随钢管壁厚的不同, 变形区内钢管的变形情况有很大差异, 变形区压力也会成倍增加。

2 基于延伸率的孔型设计方法

基于延伸率的孔型设计方法以延伸率作为钢管变形量的分配依据, 综合考虑了钢管外径和壁厚的影响。本文将其应用于 28 架 $\phi 140$ mm 张力减径机组。这种方法也可以用于其他机组。

2.1 基本思路

延伸率的基本数学表达式为^[3]:

$$\lambda_i = \frac{F_{i0} - (d_{i-1} - S_{i-1})S_{i-1}}{F_{i1} - (d_i - S_i)S_i} \quad (1)$$

式中 λ_i ——单机架延伸率;

F_{i0}, F_{i1} ——第 i 机架钢管的入口截面积和出口截面积;

d_i, S_i ——第 i 机架钢管的外径和壁厚。

事实上, 初始设计时钢管在各机架的入口壁厚和出口壁厚都是未知的。为了使计算顺利进行, 取荒管壁厚和成品管壁厚的平均值作为各机架钢管的壁厚值进行计算。由于在实际轧制过程中各机架之间钢管的壁厚变化较小, 而且延伸率的表达式为比值形式, 所以上述近似完全可以满足计算精度的要求。利用计算机进行孔型设计时, 首先用荒管壁厚和成品管壁厚的平均值作为初始值代入式(1)中进行计算, 确定各机架的延伸率分配, 然后进行张力分配, 进而求得各机架钢管的出、入口壁厚, 重新代入式(1)计算, 并以钢管在最末机架的出口壁厚等于成品管壁厚作为收敛判据进行迭代, 最终可以确定钢管沿各机架的实际延伸率分配。

2.2 张力机架的延伸率分配

本文所讨论的机组有 3 个张力机架。为了便于咬入钢管并使其顺利进入工作机架, 各张力机架的

单架延伸率采用了较小的值, 依次确定为 1.02, 1.03 和 1.04。

2.3 工作机架的延伸率分配

轧制过程中, 钢管温度随机架序号的增加而下降, 轧件的变形抗力 K_l 随之明显提高, 轧件与轧辊间的摩擦系数 μ 也增大。 K_l 和 μ 的增大会产生不利影响。因此, 在考虑工作机架延伸率分配时, 应使各机架延伸率随机架号的增加而逐架递减(见图 1)。

对于一定的孔型系统, 其荒管外径为已知条件, 孔型系统工作机架的平均单架延伸率可选定, 其范围为 1.04~1.10。工作机架各机架的延伸率分配原则为: 以孔型系统中部第 14 机架的单架延伸率为平均值。由于钢管在轧制过程中产生延伸, 从入口向出口各机架轧制速度逐渐增大。考虑到各机架的负荷, 从中间机架往入口方向的各机架延伸率逐渐增加, 从中间机架往出口方向的各机架延伸率逐渐减少。相邻机架间延伸率的差值为 0.000 3~0.000 9, 平均延伸率大时取较小值, 平均延伸率小时取较大值。由此得到各工作机架的延伸率分配。

2.4 成品机架的延伸率分配

本文所讨论机组有 5 个成品机架。从成品机架的首架到最后一架, 各机架延伸率的分配情况如表 2 所示。成品机架的总延伸率 $\lambda_{ic} = 1.05 \sim 1.12$ 。

2.5 设计步骤

(1) 根据连轧管机组的生产情况选择一定外径

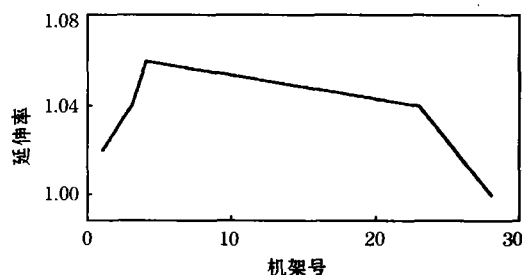


图 1 延伸率分布示意图

Fig.1 Distribution of elongation rate

和壁厚的荒管,选用3个建立张力机架。各机架的延伸率可以根据轧制条件和设备情况选定。

(2)选定工作机架的平均延伸率,使各机架的延伸率逐机架线性递减分配。

(3)选用5个成品机架,确定成品机架的总延伸率,将其分配至各机架。

(4)将拟轧制的成品管所对应的壁厚范围划分为3段,每段取平均壁厚作为计算值代入式(1),最

后可以得到3个不同的减径系列。

2.6 设计实例

为说明上述设计方法,现给出一个设计实例。基本参数如下:荒管外径152.5 mm,采用28架全机架轧制。其对应的钢管壁厚范围为2.5~12.0 mm。将此范围划分为3段,取各段典型钢管壁厚2.9、6.5和10.0 mm分别代入式(1)。工作机架的平均延伸率选定为1.05,最终得到3个不同的减径系列,如表

表2 成品机架延伸率的分配情况

Table 2 Distribution of elongation rate of end standers

	机 架 号				
	1	2	3	4	5
延伸率	$\lambda_{n-4} = 1 + (\lambda_{tc} - 1) \times 0.5$	$\lambda_{n-3} = 1 + (\lambda_{tc} - 1) \times 0.3$	$\lambda_{n-2} = 1 + (\lambda_{tc} - 1) \times 0.15$	$\lambda_{n-1} = 1 + (\lambda_{tc} - 1) \times 0.05$	$\lambda_n = 1$

注:n为成品机架的总架数。

表3 计算和实测减径值的比较

Table 3 Comparison of calculated sizing reduction and measured one

机架号	计 算 值			实测值
	S=2.9 mm	S=6.5 mm	S=10.0 mm	
1	149.57	149.64	149.71	149.51
2	145.29	145.47	145.64	145.16
3	139.82	140.12	140.42	139.57
4	131.58	132.09	132.46	131.50
5	123.90	124.59	125.06	124.01
6	116.74	117.60	118.18	117.06
7	110.05	111.07	111.77	110.60
8	103.80	104.97	105.81	104.57
9	97.97	99.28	100.25	98.94
10	92.52	93.96	95.07	93.69
11	87.69	88.98	90.24	88.76
12	82.42	84.33	85.73	84.16
13	78.19	79.98	81.52	79.83
14	74.01	75.90	77.59	75.78
15	70.10	72.08	73.92	72.00
16	66.43	68.51	70.48	68.46
17	63.00	65.15	67.27	65.15
18	59.78	62.00	64.26	62.03
19	56.76	59.06	61.45	59.11
20	53.92	56.29	58.81	56.35
21	51.26	53.70	56.33	53.76
22	48.76	51.25	54.01	51.31
23	46.41	48.96	51.84	49.00
24	44.54	47.13	50.04	46.96
25	43.32	45.95	48.87	45.72
26	42.61	45.25	48.18	45.15
27	42.41	45.06	47.99	44.95
28	42.41	45.06	47.99	44.95

3所示。表中还列出了某厂的实测减径值。

3 结 论

(1)对于某一成品管外径,利用本设计方法可以得到3种减径系列。减径程度从大到小分别对应于薄壁管、中等壁厚管和厚壁管的轧制,这样就保证了不同壁厚的钢管在变形区内有相近的变形量。在后续孔型设计中,可以针对3种减径系列,分别采用正宽展、零宽展和负宽展方法进行设计。在实际设计过程中,利用这种方法得到的3种孔型系列的椭圆度和辊缝充满度可在各机架间平稳变化,取得了令人满意的设计结果。

(2)本设计方法中,同一变形系列的孔型所轧制钢管的壁厚范围较窄,这有利于轧机的稳定工作,同时也有效地改善了成品管质量。

(3)在具体设计过程中设定的张力机组和成品机组各机架的延伸率以及工作机组的平均延伸率可视轧制材料、轧机负荷、钢管变形温度等实际情况做相应的调整。

参考文献:

- [1] 孙澄瀚. 用幂函数建立张力减径机工作机组减径率分配通式[J]. 宝钢技术,1999,(4):53-59.
- [2] 潘克云. 张力减径横向壁厚不均的研究[D]. 北京:北京科技大学,1999.
- [3] 王 宁. 张减机精轧孔型设计[J]. 上海金属,1993,(3):41-45.