

带芯棒拔制的均壁作用研究

张才安 唐志强
(重庆大学)

谢 宏
(重钢三厂)

研究了带芯棒拔制的均壁作用,分析了连拔道次钢管的弯曲度和弯曲方向等对壁厚不均的影响。

A STUDY ON WALL-UNIFORMING FUNCTION DURING DRAWING WITH A MANDREL

Zhang Caian Tang Zhiqiang
(Chongqing University)

Xie Hong
(No.3 Works of Chongqing Iron & Steel Company)

Wall-uniforming function during drawing with a mandrel is studied and effects of bending and bending direction of steel pipes during continuous multi-pass drawing on nonuniform wall thickness are analyzed.

1. 前言

冷拔钢管的生产特点是道次变形量小,生产周期长,能耗和金属消耗大。在钢管壁厚不均严重时,由于切头、切尾的损失,金属的消耗更突出。研究带芯棒拔制对钢管壁厚不均的影响,寻求减小壁厚不均的措施,这对提高冷拔钢管的壁厚精度和降低金属消耗将有重要意义。

2. 带芯棒拔制的均壁作用

带芯棒拔制除了能减径、减壁、消除直道和螺旋道缺陷及提高内表面质量外,还有减小壁厚不均的作用。

一般表示横向壁厚不均度的数学表达式为

$$Z = (S_{\max} - S_{\min}) \times 100\% \div \bar{S}$$

式中, $S_{\max}$ 、 $S_{\min}$ 和 $\bar{S}$ 分别为钢管任一横截面上的最大壁厚、最小壁厚和平均壁厚。

钢管任一横截面的最大壁厚不均度 Z 可用该支钢管最大壁厚和最小壁厚的基础值和振幅值表示,即

$$Z = [(S'_{\max} - S'_{\min}) + (A + B)] \times 100\% \div \bar{S}$$

式中, $S'_{\max}$ 和 A 分别为钢管最大壁厚的基础值和振幅值; $S'_{\min}$ 和 B 分别为钢管最小壁厚的基础值和振幅值; $\bar{S}$ 为钢管的平均壁厚。

从图 1 可以看出,带芯棒拔制既可减小两基础值之差,又可减小两振幅值之和,壁厚不均度也明显减小。带芯棒拔制道次越多,变形量越大,减小壁厚不均的作用越突出。不过,各道次减小壁厚不均的作用并不相同,其中,以第 1 道次为最大,以后各道次的作用越来越小。

3. 拔后弯曲度与壁厚不均度的关系

3.1 实验方法

用一支 $\phi 48 \times 2.4 \text{ mm}$ 的钢管,在其外表

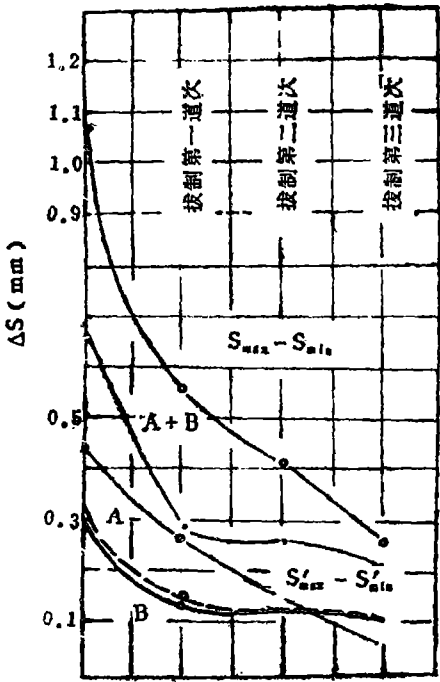


图 1 带芯棒拔制的均壁作用

面上画一条纵向直线，先破坏性实测钢管原始壁厚不均值，然后将余下钢管分成两段。经打头、酸洗、润滑等中间工序后，在同一

拔机上用同一外模、芯棒以钢管画有纵线的部位朝上的方式拔制。拔制时，改变两者的拔制中心线，使两根钢管拔后的弯曲度不相同。

拔制后，测量每米钢管的弯曲度。在切去管头和 60mm 长的管尾后，再将钢管切成 40mm 长的管段。在距管段端面 10 mm 处测量圆周上等分 24 点的壁厚值（测量截面和测量点位置如图 2 所示），分别算出各截面的平均壁厚和壁厚不均度。

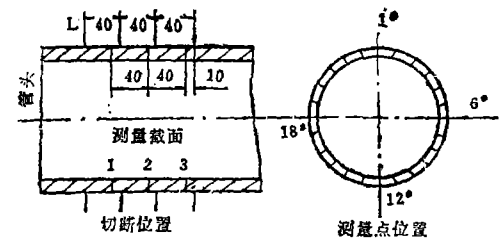


图 2 测量截面和测量点位置

3.2 实验结果

实验结果列于表 1，由表 1 可以看出：
(1) 带芯棒拔制可减小钢管的壁厚不均度。

拔后的弯曲度与壁厚不均度 表 1

试样号	拔管工艺 (mm)	弯曲度 (mm/m)	测量截面数 (个)	壁厚不均度 (%)		
				Z_{max}	$\bar{Z}$	Z_{min}
1	48×2.4(管坯)	—	53	16.29	10.54	5.23
2	48×2.4 $\xrightarrow{\phi 42}$ 46×2	16.9	60	12.51	6.66	2.91
3	48×2.4 $\xrightarrow{\phi 42}$ 46×2	19	60	13.01	8.26	2.03

(2) 钢管带芯棒拔制后，其弯曲度大者，壁厚不均度大。

4. 反向弯曲和同向弯曲与壁厚不均度的关系

在冷拔钢管生产中，为了减少中间工序，缩短生产周期，常采用连拔工艺。实验研究表明，钢管空拔后产生弯曲，在弯曲部的凹边，钢管管壁增厚较大，管壁减薄较

小；在弯曲部的凸边，钢管管壁增厚较小，管壁减薄较大。为了查明带芯棒拔制后钢管凸凹方向壁厚变化的规律，研究了连拔和非连拔道次不同弯曲方向对壁厚不均的影响。

4.1 实验方法

取一支 $\phi 51 \times 30 \text{ mm}$ 的成品钢管，画一条纵向直线，用一段作原始壁厚不均的实测，余下部分切成两段（标号 2 和 3），经

中间工序后进行定向喂料拔制。拔制后再将试样皂化后拔制，将其中一根（标号 2）试样朝着试样反弯曲方位喂入拔制，另一根（标号 3）试样朝着试样弯曲方位喂入拔制。拔制后，采用与 3.1 节的方法测量。

4.2 实验结果

实验结果列于表 2。由表 2 可以看出，钢管经两次拔制后，弯曲方向相同的钢管壁厚不均匀度大；弯曲方向相反的壁厚不均匀度小。

弯曲方向与壁厚不均度 表 2

试样号	拔制工艺 (mm)	喂入方向	测量截面数 (个)	壁厚不均度 (%)		
				Z _{max}	$\bar{Z}$	Z _{min}
1	51×3.0	—	59	17.11	11.80	3.74
2	51×3.0 $\xrightarrow{\phi 45}$ 50×2.5 $\xrightarrow{\phi 43}$ 47×2	两道次相反	67	13.81	9.22	4.14
3	51×3.0 $\xrightarrow{\phi 45}$ 50×2.5 $\xrightarrow{\phi 43}$ 47×2	两道次相同	70	15.88	11.22	6.06

5. 变形量与壁厚不均度的关系

为了查明钢管拔后弯曲度较大的情况下变形量大小对壁厚不均度的影响，将一支 $\phi 51 \times 3 \text{ mm}$ 的成品钢管分成四段，编号为 1~4。将 2~4 号试样以不同减壁量定向拔制，然后测量壁厚不均度，测量方法与 3.1 节相同。试验测量结果列于表 3。

变形量与壁厚不均度的关系 表 3

试样号	拔管工艺 (mm)	延伸系数 (μ)	测量截面数 (个)	平均壁厚不均度 (Z)
1	51×3.0	—	40	7.44
2	51×3.0 $\xrightarrow{\phi 42.4}$ 48×2.8	1.07	40	6.44
3	51×3.0 $\xrightarrow{\phi 42.6}$ 48×2.7	1.18	40	6.80
4	51×3.0 $\xrightarrow{\phi 43}$ 48×2.5	1.28	40	6.95

由表 3 可以看出，钢管在拔制后发生弯曲的情况下，每道次变形量或减壁量越大，壁厚不均度也越大，带芯棒拔制的均壁作用就越小。

6. 讨论

6.1 临界弯曲度与壁厚不均度的关系

图 1、表 1 和表 3 说明，带芯棒拔制后的钢管，若其弯曲度较小或不弯曲时，带芯棒拔制有均壁作用，此时，变形量越大，均壁作用越突出；若带芯棒拔制后的钢管弯曲

度比较大时，带芯棒拔制的均壁作用较小，其壁厚不均度甚至比原始壁厚不均度还大。此时，变形量越大，壁厚不均度也就越大。显然，这中间存在一个临界弯曲度。当带芯棒拔制后钢管的弯曲度小于临界弯曲度时，带芯棒拔制有均壁作用，其作用随变形量增大而增大，反之，则加剧钢管壁厚不均；当带芯棒拔制后钢管弯曲度接近临界弯曲度时，拔制后钢管的壁厚不均度变化不大。

6.2 连拔道次钢管弯曲方向与壁厚不均度的关系

表 4 列出了连拔道次与钢管原弯曲方向相同、相反和正交 90° 时钢管壁厚不均的变化趋势比较。

连拔道次钢管壁厚不均变化情况 表 4

连拔和非连拔道次 钢管弯曲状况	壁厚不均度 变化趋势	壁厚不均度
相同	增大	最大
相反	减小	最小
正交 90°	变化不大	中等

显而易见，钢管在连拔道次产生的弯曲与原拔道次产生的弯曲方向相同时，连拔道次的壁厚不均度增大，即连拔增大了壁厚不均度；若钢管在连拔道次产生的弯曲与非连拔道次产生的弯曲方向正交 90° 时，连拔后

(下转第30页)

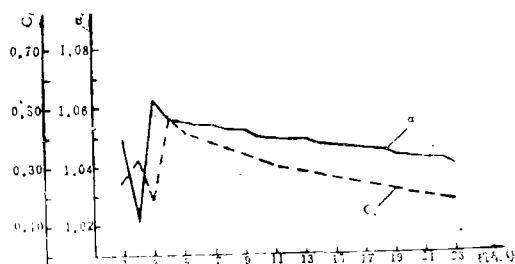


图6 椭圆度 α_i 宽展值 c_i 分布曲线

孔型系: 119B₀

$K_1 = 0.06$ $K_2 = 0.08$

$\alpha_0 = 56.20$ $R = 20.0000496$

5. 讨论

5.1 由于宽展法是以 $\xi_i - \rho_i$ 关系为孔型设计标准, 因而不会出现传统设计方法所产生的 $\xi_i = f(\rho_i)$ 与 $\lambda_i = f(\rho_i)$ 值相矛盾的情况。

5.2 宽展法设计椭圆孔型物理意义明确, 即 ξ_i 值随 ρ_i 值的减小而增大, 椭圆度值 α_i 、宽展值 c_i 随 ρ_i 值的减小而减小, 并且

α_i 、 c_i 值从第3、4架起呈均匀下降的趋势。

5.3 宽展法设计效果取决于 K_1 、 K_2 值, 而 K_1 、 K_2 值的选取是否合理又取决于标准的 $\xi_i - \rho_i$ 关系建立的正确性, 但是, $\xi_i - \rho_i$ 关系可通过生产实践逐渐趋于合理。

5.4 本文确定的 $\xi_i - \rho_i$ 关系不同于传统设计方法确定的 $\xi_i - \rho_i$ 关系。在减径率相同的情况下, ξ_i 值较大(即 α_i 值较小)有利于改善钢管的外观形状和减轻“内六方”程度以及提高壁厚精度。实践表明, 按标准 $\xi_i - \rho_i$ 关系设计的孔型不会出现过充满及孔型寿命减少等问题。

6. 结论

6.1 设计张减机椭圆孔型的宽展法是一种有效、合理的方法。

6.2 计算机设计孔型, 速度快、效率高, 是用宽展法设计孔型必不可少的一种工具。

(上接第21页)

钢管的壁厚不均度既不增大也不减小, 即变化不大。

从表2也可看出, 两道次拔制后, 钢管弯曲方向相反比弯曲方向相同的壁厚不均度约小17.8%。在实际生产中, 当拔管机中心线不正而拔出的钢管弯曲度比较大时, 可采取定向喂料连拔, 即使连拔道次产生的弯曲与上道次产生的弯曲方向相反, 仍可显著减小钢管的壁厚不均度。实践表明, 这种方法不增长拔制周期, 只是操作人员的劳动强度稍有增大。

7. 结论

7.1 带芯棒拔制后, 钢管不弯曲或弯曲度甚小, 即弯曲度小于临界弯曲度时, 带芯棒拔制有均壁作用, 并且这种作用随道次变形量增大而增大。

7.2 带芯棒拔制后, 钢管的弯曲度大于临界弯曲度时, 带芯棒拔制的均壁作用将随道次变形量的增大而减小。

7.3 连拔道次钢管产生的弯曲若与非连拔道次的弯曲方向相反时, 连拔后钢管壁厚不均度小, 反之, 壁厚不均度大。