

钢管微张力减径内棱缺陷的探讨

刘高翔
(衡阳钢管厂)

本文根据实验数据采用回归方法得出了毛管及成品管径壁比、总减径率,第一机架减径率及张力系数等因素对钢管减径内棱缺陷的影响规律。在该实验条件下实验结果表明微张力减径与一般减径过程中的内棱形成情形一致。

AN APPROACH TO INSIDE ARRIS DEFECTS OF SLIGHT STRETCH REDUCED PIPES

Liu Gaoxiang
(Hengyang Steel Pipe Factory)

Effects of diameter-thickness ratio of shells and finished pipes, total reducing rate, reducing rate, reducing rate with the first stand and stretch coefficient etc. on inside arris defects of reduced pipes are evaluated by regression analysis on the basis of experiment data. The experiment result that show the forming of inside arris in slight stretch reducing is conform to that in normal stretch reducing.

1. 前言

减径机可以以少数的几种坯料生产多种规格的产品,能更好地发挥主变形机组的能力,增加产量。但减径后的钢管往往存在内棱缺陷,轻者影响产品外观,重者使壁厚超差,因此,人们力图找出一种能够减少或消除内棱缺陷的规律。

目前,张力减径机的减径率已达80%,减壁率约30%,张力系数在0.50~0.80之间^[1]。在张力减径过程中各有关因素对内棱缺陷的影响规律如下^[1, 2]:

- 1) 在一定张力系数范围内,内棱值随毛管和成品管的D/S比值增大而减小;
 - 2) 在一定的D/S值范围内,内棱值随张力系数的增大而增加;
 - 3) 内棱值随减径率的增大而增加。
- 为弄清张力系数 $Z < 0.50$ 的微张力减径机在减径而不减壁(壁厚略有增加)的情况

下,有关因素对钢管内棱值的影响及影响程度等问题,我们对引进的三辊式微张力减径机生产的钢管内棱缺陷进行了研究。衡阳钢管厂从西德曼内斯曼公司引进的张减机主要性能如下:

轧机型号	RW355112M
机架间距	325mm
机架数	12
轧辊理想直径	355mm
减径系列	3
毛管入口速度	0.5m/s
毛管尺寸	70~127×5~22mm
成品外径	51~121mm

轧机由一台主传动电机和一台叠加传动电机驱动,两台电机均为直流电机。

2. 实验及结果分析

一般情况下,二辊式减径机所产生的内棱缺陷呈“四方形”,而三辊式减径机所产生的内棱缺陷呈“六方形”,如图1所示,即带

缺陷的钢管外表面呈圆形，而内孔呈“六棱形”。

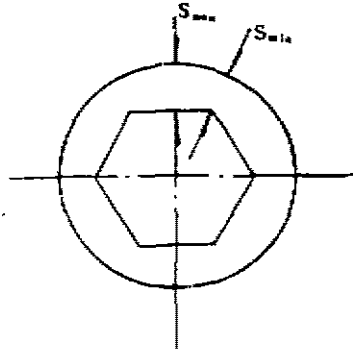


图 1 带“六方形”的内棱钢管横截面图

在钢管截面的周向上存在六个最大壁厚点和六个最小壁厚点。衡量钢管内棱缺陷程度的是内棱值，用K表示^[2]

$$K = (\Delta S / \bar{S}) \times 100\% \quad (1)$$

式中 ΔS ——钢管横向壁厚差值

$$\Delta S = \left[\left(\frac{\sum_{i=1}^6 S_{\max i}}{6} \right) - \left(\frac{\sum_{i=1}^6 S_{\min i}}{6} \right) \right]$$

\bar{S} ——钢管横向平均壁厚值

$$\bar{S} = \frac{\sum_{i=1}^6 S_{\max i} + \sum_{i=1}^6 S_{\min i}}{12}$$

根据每一成品规格的毛管尺寸、总减径量、第一机架减径量计算平均张力系数。在成品中抽取约50根钢管，在每根钢管上取样，测量其横截面上六个最大壁厚点和六个最小壁厚点，然后按(1)式计算每个试样的K值(取50个试样的平均值)。

所测数据经整理后，首先用一元回归方法得出毛管径壁比(D_0/S_0)、成品管径壁比(D_K/S_K)、第一机架减径率($\rho_1\%$)、总减径率($\rho_2\%$)及平均张力系数(\bar{Z})与内棱值(K)的线性方程

$$K = -0.337(D_0/S_0) + 6.330 \quad (2)$$

$$\text{相关系数 } R_1 = 0.515$$

$$K = -0.510(D_K/S_K)$$

$$+ 6.560 \quad (3)$$

$$\text{相关系数 } R_2 = 0.805$$

$$K = 0.070(\rho_2) + 2.030 \quad (4)$$

$$\text{相关系数 } R_3 = 0.781$$

$$K = 0.210(\rho_1) + 2.903 \quad (5)$$

$$\text{相关系数 } R_4 = 0.612$$

$$K = 5.085(\bar{Z}) + 2.513 \quad (6)$$

$$\text{相关系数 } R_5 = 0.508$$

按线性相关条件，当实验数据组数 $n = 32$ 时，相关系数 R 应在 0.349(5%) 及 0.449(1%) 以上^[4]。显然(2)~(6)线性方程是有意义的。

考虑到 D_0/S_0 , D_K/S_K , ρ_2 , ρ_1 及 \bar{Z} 都是内棱值 K 的自变量，因此，对以上五个自变量及 K 作多元回归更有意义。由于 D_0/S_0 , D_K/S_K , ρ_2 , ρ_1 及 \bar{Z} 之间存在复共线关系。即自变量之间并不完全独立，有近似的线性关系存在。在复共线关系下作“多项式逐步回归”常出现不稳定性。所以采用“岭回归”方法^[5]较为适宜、准确。

岭回归结果如下：

$$K = -0.016(D_0/S_0) - 0.216(D_K/S_K) + 0.020(\rho_2) + 0.179(\rho_1) + 3.528(\bar{Z}) + 2.982 \quad (7)$$

$$\text{复相关系数 } R = 0.984$$

$$\text{岭回归方程标准差 } S = 0.311$$

$$\text{岭回归系数 } K_0 = 3.661 \times 10^{-3}$$

以上结果表明复相关系数较高，回归方程有意义， D_0/S_0 , D_K/S_K , ρ_2 , ρ_1 , \bar{Z} 和内棱值 K 之间确实存在线性关系。

由(2)~(6)方程所作关系曲线如图2、3、4所示。

由回归式(2)，(3)及(7)知，内棱值 K 随 D/S 值增大而减小，毛管及成品管都遵循这一规律。由(2)、(3)式中可以计算。

$$\text{当 } D_0/S_0 = 18 \text{ 时 } K = 0$$

$$D_K/S_K = 15 \text{ 时 } K = 0$$

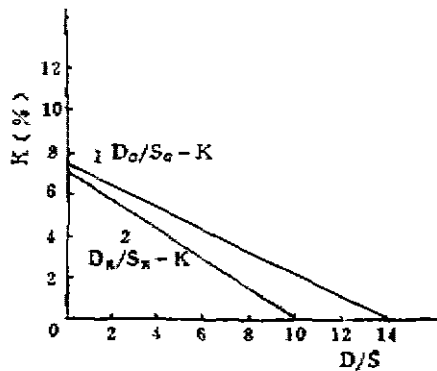


图2 D/S值与K值关系曲线

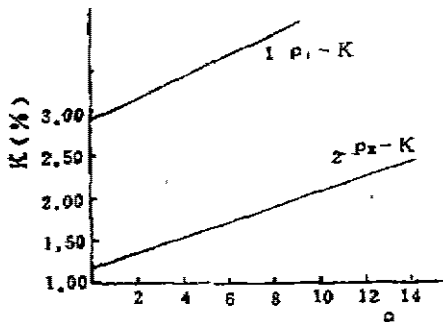


图3 减径率rho与K值关系曲线

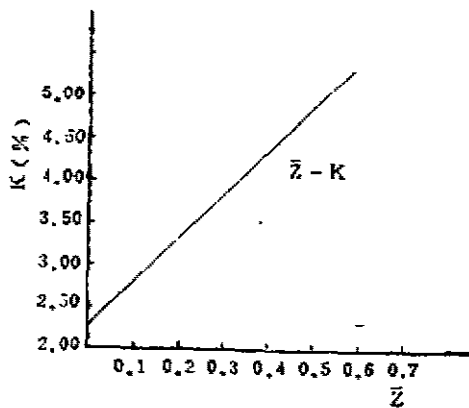


图4 平均张力系数Z与K值关系曲线

就是说,当D/S值大到一定值时 $K=0$, 同时也说明,随 D_0/S_0 、 D_K/S_K 的增大,内棱值可以减轻到最小,也就是厚壁管内棱缺陷严重,而薄壁管则轻些。这与资料[2]的结果一致。

从(2)、(3)及(7)式中还反映

一种现象,即(3)式的斜率比(2)式的斜率绝对值大,(7)式中 D_0/S_0 的系数的绝对值比 D_K/S_K 的绝对值小。三个关系式都说明 D_K/S_K 对K的影响较 D_0/S_0 更为敏感。这是因为 D_0/S_0 仅反映了毛管因素, D_K/S_K 值除了与减径率 ρ 有关外,还与张力系数有关。一般认为: ρ 增大金属横向流动增加, S_K 增大 D_K/S_K 值要减小,金属横向流动的增加也会使横向不均匀流动增加, K值增加; S_K 的大小还与张力系数有密切联系, Z 增大金属纵向流动增加, S_K 减小, D_K/S_K 值也发生变化, K 值大小是诸因素综合作用的结果。D/S 值减小,在相同的 D 值条件下 S 值大,减径过程中沿管材径向上的应力 σ_r , σ_θ 变化大,即钢管内外表面应力差值大^[3],管壁上应力的不均匀分布必然会造成应变的不均匀性,使管壁不均匀变形增大,内棱 K 值增加。

由回归方程(4)、(5)和(7)式可知,钢管内棱值 K 随减径率 ρ 的增大而增大。

对于一个减径系列来说,变形量(减径率)大意味着减径机机架数增加,由此减径机架中钢管存在不均匀变形的次数便增加。不均匀变形的累积值增大,内棱值 K 便增大。从图3还可看出,第一机架减径率增加,内棱值 K 增大。

对同一规格的成品管来说,若减径系列和减径机架一定,第一机架几乎未形成张力,故钢管周向变形大部分表现为管壁增厚周向变形大,径向变形也大,不均匀变形更为严重。在以后各机架中虽有微张力作用和反复交替径向变形,第一机架的不均匀变形不能在以后的各机架中消除。

(4)、(5)及(7)式中的 ρ_1 、 ρ_2 的系数也说明, ρ_1 对K的影响较 ρ_2 的影响敏感,相差7~8倍。这也是张减中前面的机架减径率不宜过大的原因之一。这一现

象还表明同一减径系列中毛管尺寸变化不宜过大, 否则, 不均匀变形增加, 内棱值大。

由回归式(6)及(7)知, K 值随平均张力系数 \bar{Z} 的增加而增大。在回归式中 \bar{Z} 的系数分别是 5.085 和 3.528 说明张力系数对内棱的影响较敏感。

据表达式 $Z = G_r/K_r$ 可知, 在同一温度同种材料条件下, K_r 值几乎不变化, Z 值变化是轴向应力 σ_x 变化的结果。在无张力情况下, 钢管沿孔型所受的正压力呈不均匀分布, 孔型顶部压力应力最大, 侧壁上的压应力最小。

3. 结论

3.1 实验证明, 钢管在减径过程中的内

棱值 K 和钢管的径壁比 D_0/S_0 、 D_K/S_K 、减径率 $\rho_x\%$ 、 $\rho_1\%$ 以及平均张力系数存在线性关系。

3.2 钢管内棱值随 D_0/S_0 、 D_K/S_K 值的增加而减小。

3.3 钢管内棱值随减径率 $\rho_x\%$ 、 $\rho_1\%$ 的增加而增大, 且 ρ_1 较 ρ_x 更突出。

3.4 在 $\bar{Z} < 0.50$ 条件下, 内棱值 K 随 \bar{Z} 的增大而增加。

3.5 微张力减径中的钢管内棱值 K 与 D_0/S_0 、 D_K/S_K 、 $\rho_x\%$ 、 $\rho_1\%$ 、 \bar{Z} 的关系和张力减径过程一致。

参 考 文 献

- [1] 王北明等编译, 《国外连轧制管》, 冶金工业出版社, 1978
- [2] 王北明等编译, 《热轧钢管的质量》, 冶金工业出版社, 1987
- [3] 刘鸿文主编, 《材料力学》(下册), 第二版, 高等教育出版社, 1983
- [4] 中国科学院数学研究所统计组编, 《常用数理统计方法》, 科学出版社, 1973
- [5] 曾秋成著, 《数理统计程序设计及使用》, 安徽教育出版社, 1988



第二届全国冷轧(拔)无缝钢管学术会议征文通知

A NOTICE OF SOLICITING PAPERS FOR THE 2ND ACADEMIC SYMPOSIUM OF THE COLD ROLLED (DRAWN) SEAMLESS STEEL TUBES

全国冷轧(拔)无缝钢管学术会议第二届学术会议拟于今年五月末在鞍山召开。会议拟继续征集下述内容的交流论文: 1) 国内外冷轧(拔)无缝钢管生产发展动态; 2) 近年来在提高冷轧(拔)无缝钢管生产产品质量、扩大品种、降低消耗方面的经验和成果; 3) 冷轧(拔)钢管生产的科技成

果; 4) 提高工具质量和使用寿命方面的经验和成果; 5) 有关冷轧(拔)钢管检验及自动化方面的成果; 6) 冷轧(拔)钢管生产设备的研制和改造成果; 7) 机组改造成果及经验。

第二届全国冷轧(拔)技术交流会议筹备组