

浅析二辊穿孔机壁厚不均的原因

蒋承纺 张永刚

(青岛钢厂)

针对 $\phi 76$ mm穿孔机现状,就二辊穿孔机参与变形工具所组成的变形区几何尺寸及工具的相对位置间的关系,解释了穿孔机造成壁厚不均的原因。

ANALYSIS OF THE CAUSES FOR NON-UNIFORM WALL THICKNESS ON A TWO ROLL PIERCER

Jiang Chengfang Zhang Yonggang

(Qingdao Steel Factory)

Based on the present state of 76mm diameter pipe piercer, analysis of the causes resulting in non-uniform wall thickness on a piercer is given considering the relationship between the pipe geometrical dimensions in deformation area and the relative positions of tools which form the pass in a two roll piercer.

二辊穿孔机由轧辊、导板及顶头三者构成一变形区,在生产过程中,因工具偏差及调整不当而使得三者相互间的位置发生变化,进而导致毛管出现严重壁厚不均。我国设计制造的 $\phi 76$ mm机组的这一现象尤为突出。本文拟就二辊穿孔机参与变形的工具所组成的变形区的几何尺寸、工具的相对位置间的关系,解释穿孔机造成壁厚不均的某些原因。

1. $\phi 76$ mm穿孔机现状

我国自行设计制造的 $\phi 76$ mm小型机组设计结构简单,机械化程度低,设备的刚性差,工作时部件间的相对位置会发生较大的变形,给轧机调整带来困难,生产时会因设备安装或操作调整不当而造成毛管壁厚不均,如轧辊安装不正,顶杆弯曲,轧制线位置不当等都将导致壁厚不均。加之这种机组的加工精度较差,部件间的公差配合松散,机架及部件的弹性变形较大,因此在进行生产

时,各种设计的工艺参数都存在失真的情况。

2. 参与变形工具的相对位置变化对壁厚不均的影响

2.1 顶杆弯曲

$\phi 76$ mm机组的原设计没有顶杆保护装置,多采用 $\phi 100$ mm机组的设计,也有自行设计制造的保护机构。一般说来,技术性能较差,不能真正起到保护顶杆的作用,生产时顶杆剧烈跳动,中部弯曲,顶头的位置发生了变动。

设顶杆中部弯曲值 H 为 ΔS mm,如图1所示,根据相似三角形的关系,图中

$$\triangle AB'B \sim \triangle AFF'$$

$$\text{则 } \frac{AB}{AF} = \frac{BB'}{FF'}$$

$$FF' = \frac{AF \cdot BB'}{AB}$$

$$\text{若顶杆弯曲值 } \Delta S = BB' = 5 \text{ (mm)}$$

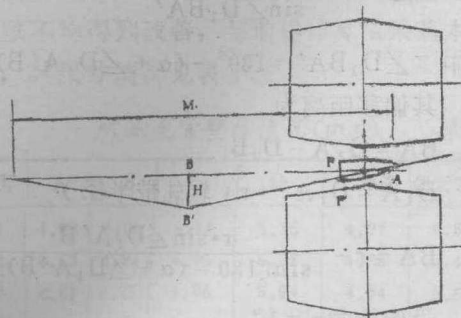


图1 顶杆中部弯曲

顶头长度 $AF = 150 \text{ (mm)}$

顶杆长度 $M = 2AB$

$$AB = \frac{M}{2} = 2500 \text{ (mm)}$$

顶头位移量则为

$$FF' = \frac{AF \cdot BB'}{AB} = \frac{5 \times 150}{2500} = 0.3 \text{ (mm)}$$

2.2 顶杆小车偏离中心线

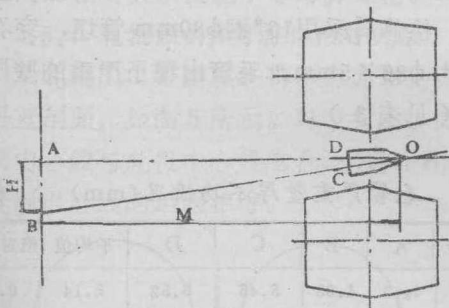


图2 小车偏离中心线

如图2所示, 设小车偏离值为 $H \text{ mm}$, 由三角形相似原理得

$$\triangle OAB \sim \triangle OCD$$

$$\text{则 } CD = \frac{AB \cdot OC}{OB}$$

$$\text{而 } OB = \sqrt{OA^2 + AB^2}$$

$$CD = \frac{AB \cdot OC}{\sqrt{OA^2 + AB^2}}$$

若 $AB = H = 5 \text{ (mm)}$

$OD = 150 \text{ (mm)}$ (顶头长)

$OA = 5000 \text{ (mm)}$ (顶杆总长)

则 $OB = 5000 \text{ (mm)}$

$CD = 0.15 \text{ (mm)}$

CD则为顶头偏移值。

2.3 轧辊错位

在生产中由于安装调整不当而造成轧辊前后错位 (如图3所示)。

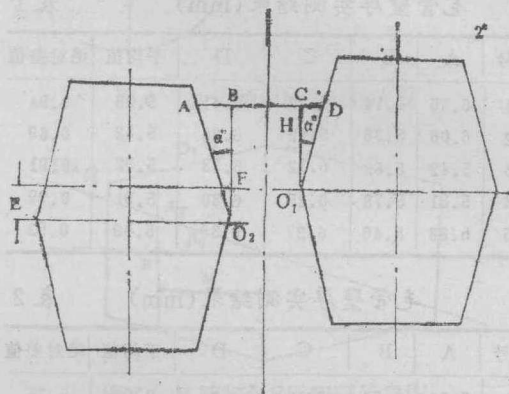


图3 轧辊前后错位

设毛管在出口锥与轧辊最终辗轧点 (截面) 分别为A、D; 出口锥角为 α , 错位值为E; A点距辗轧带中心距离为H, 则

对于1*轧辊

$$\tan \alpha = \frac{AB}{O_2B} \quad (1)$$

$$AB = \tan \alpha \cdot O_2B$$

对于2*轧辊

$$\tan \alpha = \frac{CD}{CO_1} \quad (2)$$

(1)式 - (2)式得

$$AB - CD = \tan \alpha \cdot O_2B - \tan \alpha \cdot CO_1 = \tan \alpha \cdot (O_2B - CO_1)$$

而 $O_2B = BF + E = H + E$

$$(H = BF = CO_1)$$

$$\therefore AB - CD = \tan \alpha \cdot E$$

当 $\alpha = 3^\circ$, $E = 4 \text{ (mm)}$ 时

有 $\Delta S = AB - CD$

$$= \tan \alpha \cdot E = 0.2096 \text{ (mm)}$$

采用10*钢 $\phi 75 \text{ mm}$ 管坯穿孔为 $\phi 80 \times 5.5 \text{ mm}$ 的毛管时壁厚严重不均, 经抽查5根

毛管进行测量, 每根均称测量4点, 其结果列于表1。

分析检查发现, 检修后在装辊时1*辊往前推进了4mm, 当调整向后回移4mm后进行试轧, 再次抽查5根毛管, 所测壁厚情况见表2。

毛管壁厚实测结果(mm) 表1

序号	A	B	C	D	平均值	绝对差值
1	6.35	6.14	5.72	5.41	5.90	0.94
2	6.08	5.36	5.62	6.25	5.82	0.89
3	5.42	5.82	6.12	6.33	5.92	0.91
4	5.31	5.78	6.25	6.30	5.91	0.99
5	5.88	5.46	6.27	6.38	5.99	0.92

毛管壁厚实测结果(mm) 表2

序号	A	B	C	D	平均值	绝对差值
1	5.51	5.74	6.13	6.26	5.91	0.75
2	6.20	6.06	5.58	5.47	5.80	0.73
3	6.15	6.26	5.83	5.58	5.95	0.68
4	5.48	5.79	6.20	6.12	5.89	0.72
5	5.56	5.82	6.26	6.15	5.94	0.70

从实测情况看, 毛管壁厚不均有所改善, 其差值平均约减少0.2mm, 与前面的计算值基本相符。

2.4 轧辊中心线偏斜

如图4所示, 当安装调整不当时, 1*轧辊原中心线偏转 α , 则轧辊轧带上A点偏移至A'点。

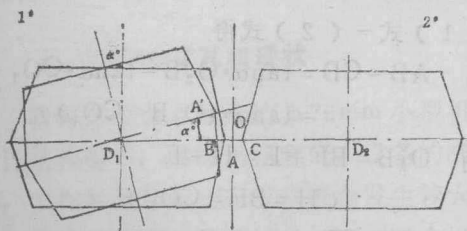


图4 轧辊偏斜

按照正弦定理, $\triangle BA'D_1$ 中

$$\frac{D_1A'}{\sin \angle D_1BA'} = \frac{D_1B}{\sin \angle D_1A'B}$$

$$D_1B = \frac{D_1A' \cdot \sin \angle D_1A'B}{\sin \angle D_1BA'}$$

式中 $\angle D_1BA' = 180^\circ - (\alpha + \angle D_1A'B)$

其偏移距离为

$$BA = D_1A - D_1B$$

因 $D_1A = D_1A' = r$ (轧辊带半径)

$$\text{则 } BA = r - \frac{r \cdot \sin \angle D_1A'B}{\sin [180 - (\alpha + \angle D_1A'B)]}$$

设偏转角 $\alpha = 1^\circ$

轧辊锥角取 3° , 则 $\angle D_1A'B$ 为 87°

轧辊带处半径 r 取250mm

则偏移量为 $BA = 0.19$ (mm)

根据推算得出, 当轧辊中心线偏斜时, 在 α 不大于轧辊锥度角的范围内, 以偏转角 α 与轧辊锥角度相等时两轧辊相对应点与顶点中心线距离之差为最大。

在现场生产过程中, 由于穿孔机两侧压下螺丝安装不正确, 螺纹和轴承磨损等而使两辊间轴向发生水平偏斜。

检修后采用10*钢 $\phi 80$ mm管坯, 穿孔规格为 $\phi 86 \times 5$ mm, 毛管出现了严重的壁厚不均(见表3)。

毛管严重壁厚不均情况(mm) 表3

序号	A	B	C	D	平均值	绝对差值
1	4.63	4.93	5.45	5.52	5.14	0.91
2	4.84	5.48	5.34	4.66	5.08	0.82
3	5.12	4.62	4.84	5.59	5.04	0.97
4	5.22	4.82	4.78	5.66	5.12	0.88
5	4.61	4.91	5.28	5.56	5.09	0.83
6	5.24	4.68	4.92	5.56	5.10	0.88
7	4.96	5.48	4.74	5.66	5.21	0.92
8	5.62	4.84	5.44	4.76	5.16	0.86
9	4.88	5.24	4.74	5.66	5.13	0.92
10	4.66	5.12	4.92	5.46	5.04	0.80

经检查, 分析各种因素, 对温度、管坯状态、顶头、导板等进行校对, 均属正常。在检查穿孔机两侧压下螺丝时发现1*辊前侧压下丝杆铜螺母严重磨损, 致使1*辊偏斜,

其偏斜量约 3 mm。纠正后进行试轧,毛管壁厚不均得到改善,与前述计算结果基本相符,其尺寸情况见表 4。

所测毛管壁厚情况(mm) 表 4

序号	A	B	C	D	平均值	绝对差值
1	4.65	4.96	5.14	5.15	4.97	0.5
2	4.62	4.84	4.96	5.12	4.88	0.49
3	4.61	4.75	4.96	5.04	4.84	0.51
4	4.61	4.73	5.01	5.15	4.89	0.54
5	4.72	4.88	5.04	5.18	4.95	0.46
6	5.16	4.68	4.88	5.12	4.96	0.48
7	4.96	5.12	4.88	4.78	4.93	0.34
8	4.67	4.98	5.15	5.08	4.97	0.48
9	5.02	5.18	4.86	4.79	4.96	0.39
10	5.12	5.28	4.89	4.83	5.03	0.45

2.5 采用下轧制工艺

在现场生产过程中,一般采用轧制线低于轧机中心线的操作方法,其目的是提高轧件的稳定性,但轧制线下移后,变形区内工具之间的相对关系发生了非对称变化。

2.5.1 轧辊倾斜 β 角前的相对关系

从轧辊出口锥距轧带中点为 M 处截取一垂直剖面,如图 5 所示。可以看出,此时轧制中心线与轧机中心线吻合, A_1 、 B_1 点至轧制中心线的距离相等。

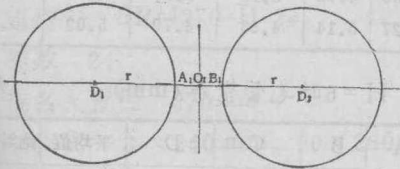


图 5 轧辊倾斜前期相对关系

2.5.2 轧辊倾斜 β 角后的相对位置

如图 6、图 7 所示,倾斜 β 角后, M 处垂直剖面对两辊应为两椭圆,但由于 β 数值较小,因之椭圆度较小,为简化运算,仍按图形计算。

此时轧制中心线与轧机中心线仍然吻合。两轧辊上与轧制中线相对称点的距离仍然是对称相等的。

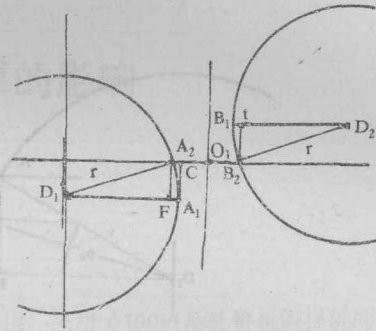


图 6 轧辊倾斜 β 后相对位置

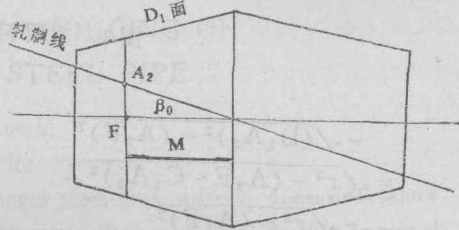


图 7 轧辊倾斜 β 后侧面示意图

但原轧制线所在水平面上的对称点 D_1 辊上的 A_1 移至 A_2 , D_2 辊上的 B_1 移至 B_2 , 并且

$$A_2 O_1 = B_2 O_1$$

$$A_2 F = B_2 t = M \cdot \tan \beta_0$$

2.5.3 采用下轧制工艺时的相对位置

如图 8 所示,轧制中线下移至 O_2 时,下移值为 $H = O_1 O_2$,在 M 处,原轧制线所在水平面上原对称点 D_1 辊上的 A_2 移至 A_3 , D_2 辊上的 B_2 移至 B_3 。

轧制中线与 D_1 、 D_2 的水平距离分别为 $O_2 A_3$ 、 $O_2 B_3$ 。

由图 8 看出,在新轧制中线水平面上, D_1 辊剖面与轧制中线的距离比下轧前距离缩短了 $A_2 C_3$ 。

D_2 辊剖面与轧制中线距离 $O_2 B_3$ 比下轧前的距离增加了 $Q B_3$ 。

由几何关系可以得出

对 D_1 辊

$$A_2 C_1 = FG = DG - D_1 F$$

$$= \sqrt{(D_1 A_3)^2 - (A_3 G)^2}$$

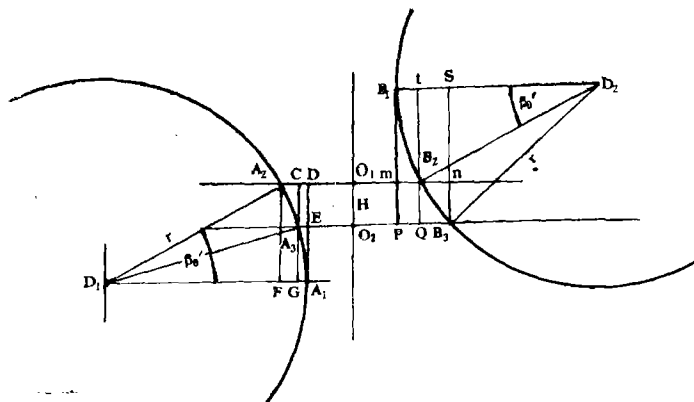


图8 采用下轧工艺时的相对位置

$$= \sqrt{r^2 - (A_2F - C_1A_3)^2} - \sqrt{r^2 - (A_2F)^2}$$

因 $A_2F = C_1G = \tan\beta_0 \cdot M$ (见图8中 AA_1)
 $C_1A_3 = H$

$$\text{则 } A_2C_1 = \sqrt{r^2 - (\tan\beta_0 \cdot M - H)^2} - \sqrt{r^2 - (\tan\beta_0 \cdot M)^2}$$

式中 β_0 ——轧辊倾斜角

M ——轧制带中点至剖面距离

H ——轧制线下移值

r —— M 剖面处 D_1 、 D_2 的半径

对 D_2 辊

$$\begin{aligned} QB_2 &= ts = D_2t - D_2s \\ &= \sqrt{(D_2B_2)^2 - (tB_2)^2} - \sqrt{(D_2B_3)^2 - (SB_3)^2} \\ &= \sqrt{r^2 - (\tan\beta_0 \cdot M)^2} - \sqrt{r^2 - (\tan\beta_0 \cdot M + H)^2} \end{aligned}$$

设 $\beta_0 = 8^\circ$ 、 $M = 120\text{mm}$ 、 $H = 5\text{mm}$ 、 $r = 250\text{mm}$

则 D_1 辊上 $A_2C_1 = 0.288(\text{mm})$

D_2 辊上 $QB_3 = 0.338(\text{mm})$

从以上结果看出, 当采用下轧制达到 5mm 时, D_1 与 D_2 轧辊剖面与轧制中线之间的距离产生了非对称变化。轧制中线至 D_1 辊的距离缩短了 0.288mm , 至 D_2 辊的距

离反而增加了 0.338mm 。

轧制中线位置正确与否, 对生产作用甚大。因此, 检修后一般要进行轧机中线的找正工作。

采用下轧制工艺 $H = 2\text{mm}$ 和 $H = 6\text{mm}$ 时现场记录的毛管壁厚数值 (毛管尺寸 $\phi 79 \times 5\text{mm}$) 分别列于表5、表6。

$H = 2$ 时毛管壁厚 (mm) 表5

序号	A	B	C	D	平均值	绝对差值
1	5.29	5.35	4.88	4.84	5.09	0.49
2	5.36	5.29	4.82	4.88	5.08	0.54
3	4.85	4.82	5.17	5.31	5.04	0.49
4	4.89	4.79	5.16	5.30	5.03	0.51
5	5.27	5.14	4.93	4.79	5.02	0.48

$H = 6$ 时毛管壁厚 (mm) 表6

序号	A	B	C	D	平均值	绝对差值
1	4.68	4.84	5.25	5.39	5.04	0.71
2	5.41	5.24	4.81	4.74	5.05	0.67
3	5.38	5.26	4.83	4.69	5.04	0.69
4	4.85	5.14	5.39	4.64	5.00	0.75
5	5.24	5.38	4.72	4.59	4.98	0.67

显然, 随着 H 值增加, 毛管壁厚不均加剧。

3. 结论

3.1 穿孔时由于参与变形的工具和轧

张力减径对钢管壁厚的影响

钟锡弟 陶学智

(天津无缝钢管厂)

通过对不同张力减径阶梯形钢管的试验、测定和分析得出,采用 $\phi 100$ 自动轧管机组提供的钢管,经过引进设备SRM270-D-24型张力减径机减径减壁后,其钢管的壁厚偏差明显改善。

INFLUENCE OF STRETCH REDUCING ON WALL THICKNESS OF STEEL PIPE

Zhong Xidi Tao Xuezhi

(Tianjing Seamless Steel Pipe Factory)

Testing, measuring and analyzing of stretch reducing of stepped pipes with different dimensions show that the wall thickness deviations of the pipes rolled on 100 plug mill can be considerably improved if both diameter and wall thickness of the pipes are reduced by imported SRM 270-D-24 stretch reducing mill.

1. 前言

天津无缝钢管厂是国内首家在 $\phi 100$ 自动轧管机组上配置由西德KOCKS公司引进的集中差速传动结构24架张力减径机。其主要性能如下。

轧机型号 SRM270-D-24

机架数 24

轧辊名义直径 270mm

机架距离 $3 \times 240 \text{ mm}$ 、 $20 \times 260 \text{ mm}$

入口钢管直径 118mm

入口钢管壁厚 $4 \sim 10 \text{ mm}$

最大减径量 孔型系列A为118至25
mm; B为118至57mm

最大道次减径率 孔型系列A为7.03%;
B为3.23%

入口速度 0.75m/s

出口速度 6m/s

张力减径是钢管生产中的重要工序之一,是生产薄壁小直径热轧钢管的有效方法。由于张力减径的变形量大,通过调整机架数就可以获得各种规格的热轧成品管。因此,张减也是各种热轧钢管机组变换产品规格的主要手段,从而有效地提高机组的生产能力,简化生产工艺。

用一般不带张力的减径机生产小直径热轧成品管,由于减径后钢管壁厚增加且横向壁厚不均比较严重,而张力减径是多机架

辊、顶头、导板等的相互位置的不规则变化,增加了毛管的壁厚不均趋势。

3.2 采用下轧制工艺,虽然顶杆的稳定性增加,上导板磨损减少,但却加剧了毛管的壁厚不均,下轧越大,影响越大。

3.3 穿孔时,参与变形的工具相对位置的变化是复杂的,往往受多种因素的影响,故采用一般的几何关系分析的结果只能是定性的,仅能提供一种直观的认识,作为调整时的参考。