

● 检测技术

API油、套管热轧壁厚控制中值的测定方法

蔡素珍

(成都无缝钢管厂)

采用本文提出的简易方法可以测定各种规格API油、套管的热轧壁厚控制中值。

关键词 API规范 油、套管 热轧壁厚控制中值 测定方法

MEASURING METHOD FOR CONTROL-USED OPTIMUM WALL-THICKNESS VALUES OF API TUBINGS & CASINGS DURING HOT-ROLLING PROCESS

Cai Shuzhen

(Chengdu Seamless Steel Tube Plant)

With the simple method described in the paper, it is easy to make the measurement of the control-used optimum wall-thickness value of API tubings & casings with various specifications during hot-rolling process.

Key words API Specification Tubing & casing Control-used optimum wall thickness value under hot-rolling Measuring method

1 前言

API 5CT规范对油、套管的壁厚偏差只规定了下限值(-12.5%),而壁厚的上限值是通过检测单支重量、外径及内通径加以限制的。在外径合格的前提下,若管壁过厚,则单支重量超正偏差或内通径不合,即使单支重量、内通径合格,管壁过厚也会大大降低API油、套管的锭→坯成材率。根据油田使用情况及API 5CT规范对油、套管单支重量偏差 $\left(\begin{smallmatrix} +6.5\% \\ -3.5\% \end{smallmatrix}\right)$ 的要求,API油、套管不宜采用壁厚负偏差轧制,不能单靠壁厚下限提高成材率,必须确定一个合理的壁厚控制中值。

根据我厂多年生产API石油套管的经验,得出一个简易的确定各种规格API油、套管热轧壁厚控制中值的方法。

历来都采用以下两种方法控制热轧钢管的壁厚值:一是通过理论的近似计算,二是

用超声波等检测量具直接测得定径前、后钢管壁厚的大量数据,然后通过理论统计方法求出定径前、后的钢管平均壁厚。用这类方法测出的壁厚误差较大,而且检测工作量也很大。本文提出的方法,只须测量定径前、后钢管外径、单支长度、单支重量(实际重量),然后通过数理统计分析及有关公式计算,即可算出定径前、后钢管的实际平均壁厚。实际应用证明,这种方法对减少单支称重、内通径和壁厚不合的改判率及对提高API油、套管锭→坯成材率有明显效果。

2 热轧荒管名义壁厚的确定

无张力定径荒管名义壁厚的计算式为

$$S_0 = S - (\Delta S_1 - \Delta S_2) = S - (\pm \Delta S) \quad (1)$$

式中 S_0 ——荒管名义壁厚,也就是热控壁厚中值, mm

S ——成品钢管名义壁厚, mm

ΔS_1 ——钢管定径时的减径量对壁厚的增量, mm

ΔS_2 ——钢管经定径炉的烧损值, mm

ΔS ——定径后钢管壁厚的综合增量; mm

通过对式(1)分析可知:①当 $\Delta S_1 > \Delta S_2$ 时, ΔS 为正值, 则 $S_0 < S$; ②当 $\Delta S_2 > \Delta S_1$ 时, ΔS 为负值, 则 $S_0 > S$; ③当 $\Delta S_1 = \Delta S_2$ 时, $\Delta S = 0$, 则 $S_0 = S$ 。由此可见, 要得到 S_0 的关键是先求得 ΔS , 但 ΔS 与 ΔS_1 、 ΔS_2 有关。在实际生产中要精确测得 ΔS_2 、 ΔS_1 是很困难的。下面介绍一下用本文提出的方法求 ΔS 值的具体步骤: ①任选1支钢锭单独组批, 轧制后锯成两节并切除破头破尾; ②待冷却到常温后测出这两节荒管定径前的外径、单支长度和单支重量; ③步进式炉加热→定径→冷却→编号→矫直(不切头), 进行跟踪; ④测量定径后钢管的外径及未切头的单支长度、单支重量; ⑤对所测得的数据进行整理、分析, 用有关公式计算出定径前、后的钢管平均壁厚及其 ΔS , 然后代入式(1)即可求出 S_0 。

S_0 的具体计算步骤:

钢管单位长度的重量计算公式

$$P = K \cdot S(D - S) \quad (2)$$

式中 P ——单位长度(1m)的钢管重量, kg

S 、 D ——钢管的壁厚和外径, mm

K ——圆周率与钢管比重的乘积(为一常数 ≈ 0.02466)

式(2)经过推导, 可用下式表示

$$S = \frac{D - \sqrt{D^2 - 4 \frac{P}{K}}}{2} \quad (3)$$

为便于计算, 将实验测得的数据用符号表示。

(1) 轧制后定径加热前被测钢管 常 温

下的数据

D_1 ——定径前荒管平均外径 = $\frac{\sum D_1}{N_1}$, mm

L_1 ——定径前荒管单支长度, m

G_1 ——定径前荒管单支重量, kg

P_1 ——定径前荒管平均单重 = $\frac{G_1}{L_1}$, kg/m

(2) 荒管定径后常温下测得的数据

D_2 ——定径后钢管平均外径 = $\frac{\sum D_2}{N_2}$, mm

L_2 ——定径后钢管单支长度(未切头尾), m

G_2 ——定径后钢管单支称重, kg

P_2 ——定径后钢管平均单重 = $\frac{G_2}{L_2}$, kg/m

N_1 、 N_2 ——荒管定径前、后 外径测量个数

将 D_1 、 P_1 和 D_2 、 P_2 分别代入式(3), 即可计算出定径前荒管的实际平均壁厚(S_1)和定径后钢管的实际平均壁厚(S_2)。同时还可测得定径后钢管的综合增量(包括烧损): $\Delta S = S_1 - S_2$, 已知成品管名义壁厚(S), 将 S 、 ΔS 代入式(1), 即可求出钢管名义壁厚(S_0), 也就是热轧控制的最佳壁厚中值。

3 热轧荒管壁厚允许界限值的确定

根据 API 5CT 规范对油、套管单支重量偏差 $\pm 6.5\%$ 的规定, 要确保 API 油、套管单支重量合格, 在外径一定的情况下, 其成品钢管的最大平均单重和最小平均单重必须符合 $P_{max} \leq P(1 + 0.065)$ kg/m, $P_{min} \geq P(1 - 0.035)$ kg/m, 将其结果代入式(4)和式(5)。

根据 $P_{max} \leq K \cdot S_{max}(D - S_{max})$ kg/m 和

$P_{min} \geq K \cdot S_{min} (D - S_{min})$ kg/m 的原则, 经过推导可分别用下两式表示

$$S_{max} \leq \frac{D - \sqrt{D^2 - 4 \frac{P_{max}}{K}}}{2} \quad (4)$$

$$S_{min} \geq \frac{D - \sqrt{D^2 - 4 \frac{P_{min}}{K}}}{2} \quad (5)$$

以上算式, 在已知 D 、 P_{max} 和 P_{min} 条件下, 可计算出成品钢管允许最大平均壁厚 (S_{max}) 和最小平均壁厚 (S_{min}), 其相对值可分别用下式表示

$$\Delta S_{max} \% = \frac{S_{max} - S}{S} \times 100\% \quad (6)$$

$$\Delta S_{min} \% = \frac{S_{min} - S}{S} \times 100\% \quad (7)$$

通过对不同规格 API 石油套管的计算得出: 成品油、套管的平均壁厚控制在 $\pm 6\%$ 较为合适。

根据体积不变定律及单位体积重量相等的原则, 可推导出热轧荒管平均壁厚的最大、最小允许界限值, 即 $S_{0max} \leq S_0 (1 + 0.06)$ 及 $S_{0min} \geq S_0 (1 - 0.03)$ 。为了确保 API 套管的实物质量, 我厂在实际生产 API 油、套管时, 对钢管壁厚的控制界限要比以上数据更为严格, 而且在严格控制荒管平均壁厚及壁厚允许界限的同时, 还控制每支荒管的壁厚断面差 $\leq 1.0\text{mm}$ 。

4 测试结果

迄今为止, 已对 6 种规格的 API 石油套管进行了实验测试, 取得了最佳热控壁厚中值数据, 见表 1。

表 1 石油套管热控壁厚中值实测数据

规格 (mm)	定径前荒管测试数据					定径后钢管测试数据					ΔS (mm)	S_0 (mm)
	D_1 (mm)	$2 \times L_1$ (m)	$2 \times G_1$ (kg)	P_1 (kg/m)	S_1 (mm)	D_2 (mm)	$2 \times L_2$ (m)	$2 \times G_2$ (kg)	P_2 (kg/m)	S_2 (mm)		
($\phi 355$) 339.7 $\times$ 10.92	394.25	20.40	1920	94.12	11.29	341.07	20.65	1912	92.59	11.39	0.10	10.82
($\phi 285$) 273.1 $\times$ 8.89	279.63	25.22	1490	59.08	8.87	274.70	25.39	1482	58.37	8.92	0.05	8.84
($\phi 204$) 180 $\times$ 8.05 (坯)	201.00	22.58	851.50	37.71	7.92	180.97	24.33	851.50	35.00	8.22	0.30	7.75
($\phi 204$) 177.8 $\times$ 9.19	201.27	18.42	790	42.89	9.05	178.91	20.01	789.50	39.46	9.44	0.39	8.80
($\phi 278$) 244.5 $\times$ 8.94	272.43	22.66	1241	54.82	8.41	245.57	23.96	1235	51.54	8.83	0.42	8.52
($\phi 177$) 139.7 $\times$ 7.72	173.72	27.29 ($3 \times L_1$)	809.50 ($3 \times G_1$)	29.66	7.23	140.18	31.19 ($3 \times L_2$)	807 ($3 \times G_2$)	25.29	7.74	0.51	7.21

注: “规格”栏中括号内数据为孔型尺寸。

5 结语

经过实际应用证明, 本文提出的确定 API 油、套管的控壁厚中值方法, 操作简单, 数据精确, 而且不影响正常生产, 效果较好。在实际测量中必须注意以下几点:

(1) 必须在被测钢管冷却到常温时测量, 测量数据必须准确。

(2) 测量工具要校准, 测量定径前、后钢管的工具要一致, 不得更换。

(3) 钢管入定径炉后要跟踪, 严防混号。

(4) 定径后的钢管测长、称重必须在“不切头”状态下进行。

(收稿日期: 1993-11-22)