ASSEL 轧管机钢管变形特征分析

胡 旋 李 霞 朱景清
(北京科技大学材料科学与工程学院,北京 100083)

摘 要 分析了不同 *D*/*S* 值的厚、中、薄壁管在 ASSEL 轧管机上的螺旋变形特征和壁厚精度。分析表明,随轧后荒管 *D*/*S* 值的增大,壁厚精度下降。ASSEL 轧管机具有台肩集中变形、碾轧段壁厚增厚等特点。

关键词 ASSEL 轧管机 螺旋变形 壁厚精度

An Analysis of Tube Deformation Characteristics on ASSEL Mill

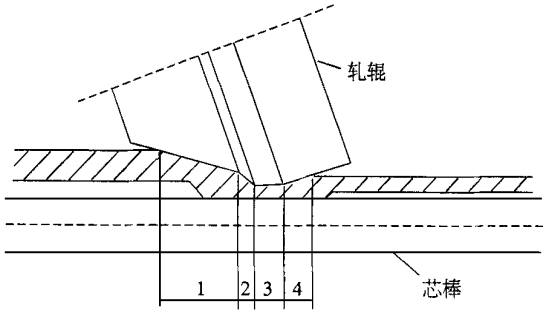
Hu Xuan, Li Xia and Zhu Jingqing
(University of Science and Technology, Beijing 100083)

Abstract The characteristics of spiral deformation on ASSEL mill and wall thickness accuracy for thick, middle and thin tubes with various *D*/*S* value have been analyzed. The analyses results show that with *D*/*S* value of shell increasing the shell's wall thickness accuracy tends to decrease. The tube deformation characteristics on ASSEL mill are deformation concentrating at shoulder and wall thickness in rolling zone increasing.

Material Index ASSEL Mill, Spiral Deformation, Wall Thickness Accuracy

1 斜轧变形的特征

图 1 为 ASSEL 轧管机的变形过程示意图,穿孔后的毛管相继经过减径段、台肩减壁段、碾轧段和归圆段之后,得到延伸后的荒管。



1- 减径段 2- 减壁段 3- 碾轧段 4- 归圆段

图 1 ASSEL 轧管机变形过程示意图

Fig. 1 Sketch of tube forming course on ASSEL mill

基于 ASSEL 轧管机斜轧变形特征[1],斜轧过程的变形、运动学和动力学的研究应跟踪螺旋轨迹展开。本文用这种方法研究了 ASSEL 轧管机轧制厚、中、薄壁管时的变形过程。

2 研究方法

在正常生产条件下,从 Φ100 mm ASSEL 轧管机上取下不同 *D*/*S* 值的 3 支轧卡件,从各轧卡件上分别取出试样,试样长度包括入口毛管(约 100 mm)、变形区和出口荒管(约 100 mm)。轧卡时的工艺参数见表 1。

在 3# 试样上,从变形区入口端至出口端用分度头每隔 5 mm 在其表面上刻出圆环线(共 46 条),在圆环线上每隔 6 刻出纵向线(共 60 条),这样,在试样表面上形成了共有 2 760 个交点的网格。1# 试样和 2# 的制备方法与 3# 试样相同,但圆环线的间隔为 10 mm,纵向线间隔为 12°。然后,在试样外表面上找出 3 条螺旋线的痕迹,沿着其中一条从接触轧辊起到脱离轧辊为止,用千分尺测量螺旋线与各纵向线相交点处壁厚,得到沿螺旋线壁厚变化曲线,如图 2 所示。

3 螺旋变形特征分析

从图 2 薄壁管沿螺旋线壁厚变化曲线来看,

© 1994-2006 China Academic Journal Electronic Publishing House. All rights reserved. http://www.cnki.net

表 1　轧卡件的工艺参数

Table 1　Process parameters of block rolling on ASSEL mill

试样号	毛管规格/ mm		荒管规格/ mm			台肩高度	减壁量	延伸系数	芯棒直径	牌坊转角	送进角
	外径	壁厚	外径	壁厚	D/S	/ mm	/ mm	/μ	/ mm	/°	/°
1	104	18.9	85	14.7	5.8	4.0	4.2	1.55	55.0	10.0	6.5
2	100	13.0	82	6.2	13.2	8.5	6.8	2.41	63.5	13.5	7.0
3	107	12.3	98	3.6	27.2	8.5	8.7	3.43	74.0	13.5	7.0

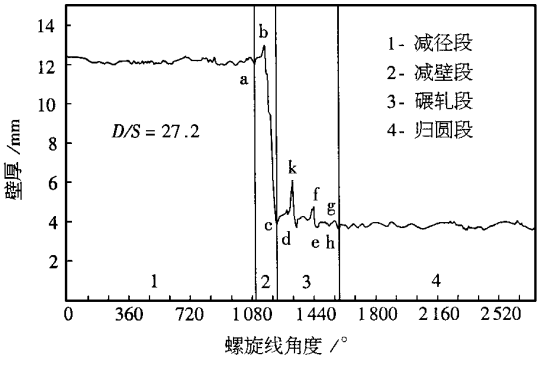


图 2　薄壁管壁厚沿螺旋线变化曲线

Fig. 2　Curve of wall thickness of thin tube along spiral line

从钢管接触轧辊到钢管内表面接触芯棒为止(a 点),钢管共旋转了约 1 100 度,即 3.06 圈,长度为 51 mm,这期间芯棒未参与变形,钢管只发生减径变形。在 b 点钢管与轧辊台肩开始接触,a-b 段反映了在台肩参与变形之前,钢管在芯棒与轧辊之间的变形过程。这期间钢管旋转了 72 度,a 点的壁厚 S_a 为 11.85 mm,b 点的壁厚 S_b 为12.89 mm,可见钢管在进入台肩之前壁厚有所增加,增厚量 1.04 mm。c 点为钢管进入碾轧段的起点,b-c 段反映了钢管在台肩与芯棒之间的变形过程。这期间钢管旋转了 48 度,c 点的壁厚 S_c 为 3.75 mm,绝对减壁量 $S_b - S_c = 9.14$ mm,相对减壁量为 70.9 %。h 点为碾轧段的终点,由 c 点到 h 点反映了钢管的碾轧过程。图中 c、d、e、h 点为辊缝处的壁厚,k、f、g 点分别为进入 d、e、h 点之前的壁厚。钢管在碾轧段共经历了约 3 次碾轧(重轧系数为 3),共旋转了 366 度,1.02 圈。由图还可看出,钢管在碾轧过程中不仅继续发生少量的减壁变形,而且,出现了明显的增厚现象。以辊缝 d 点为例,钢管从辊缝 c 点轧出,旋转 120°后进入辊缝 d 点,c 点的壁厚 S_c 为 3.75 mm,d 点的壁厚 S_d 为 3.45 mm,d 点的计算减壁量 $S_c - S_d = 0.3$ mm。实际上,由于钢管在旋转 120°时发生壁厚增厚现象,进入 d 点的钢管实际壁厚为 k 点的壁厚 $S_k = 6$ mm,因此实际减壁量为 $S_k - S_d = 2.55$ mm,由 c 点到 d 点的壁厚增厚量为 $S_k - S_c = 2.25$ mm。e 点、h 点的增厚现象依此类推。钢管在脱离 h 点之后,进入归圆段,期间共旋转约 1 140 度,3.17 圈,完成了由近似三角形到圆形的归圆过程。

1#、2#试样也有与 3#试样类似的变形过程。

由以上沿螺旋轨迹上的钢管变形过程可见:

(1) 台肩处钢管变形的集中性

实际生产中,计算 ASSEL 轧管时的减壁量,通常为毛管平均壁厚 $\bar{S}_{毛}$ 与荒管平均壁厚 $\bar{S}_{荒}$ 之差,即 $\Delta S_{总} = \bar{S}_{毛} - \bar{S}_{荒}$。事实上由于出现壁厚增厚现象,台肩实际减壁量 $\Delta S_{台}$ ($\Delta S_{台} = S_b - S_c$) 大于计算的减壁量,如表 2 所示。由表 2 可以看出,3#试样计算减壁量 $\Delta S_{总}$ 为 8.62 mm,相对减壁量 $\varepsilon_{总}$ 为 70.9 %;台肩的实际减壁量 $\Delta S_{台}$ 为 9.14 mm 相对减壁量 $\varepsilon_{台}$ 为 75.16 %。台肩的减壁量占总减壁量的 106.03 %,而如此之大的变形量是在钢管只旋转 48 度的过程中完成的,由此可见台肩处钢管变形的局部集中性。而且,按现行工艺,D/S 越大,变形的集中性越严重。

表 2　台肩处钢管变形量

Table 2　Deformation of steel tubes at shoulder

试样号	荒管规格 / mm	D/S	$\Delta S_{总}$ / mm	$\varepsilon_{总}$ / %	$\Delta S_{台}$ / mm	$\varepsilon_{台}$ / %	旋转角度/°
1	85 ×14.7	5.8	4.16	22.1	5.09	27.09	36
2	82 ×6.2	13.2	6.92	52.4	6.00	45.45	48
3	98 ×3.6	27.2	8.62	70.9	9.14	75.16	48

(2) 碾轧段的壁厚增厚现象

碾轧段的壁厚增厚现象使钢管实际单位减壁量(每旋转 120°的减壁量)增加,如表 3 所示。而且,D/S 值越大,单位减壁量的增加也越大。壁厚增厚是斜轧过程中不可避免的现象[1],但可以从工具设计、变形分配等方面入手,使增厚值尽量

© 1994-2006 China Academic Journal Electronic Publishing House. All rights reserved.　http://www.cnki.net

减小。

表3 每隔120°ASSEL轧机碾轧段的减壁量

Table 3 Wall thickness reduction per 120° in rolling zone of ASSEL mill

试样号	D/S	计算值/mm	实际值/mm
1	5.8	0.07	1.23
2	13.2	0.14	1.51
3	27.2	0.30	2.55

4 讨论

4.1 台肩的合理高度

ASSEL台肩的主要作用有2个:一是用台肩对钢管施以集中减壁变形,同时限制钢管的横向变形,促使纵向延伸,提高变形效率,其延伸系数(最大可达5以上)可大于一般两辊斜轧延伸方式;二是由于台肩的存在使轧辊和芯棒都较为均衡地参与减壁变形[2]。但是,台肩过高、过陡,以及斜轧过程中不可避免的增厚现象,必然导致台肩处的减壁变形过于集中(如3#试样的台肩减壁量是总减壁量的106.03%)。测量上述3个轧卡件试样上荒管部分各网格节点上的壁厚值,将壁厚偏差相对值等数据列于表4。由表可见,随着D/S值的增大、台肩变形集中性的加剧,壁厚精度已呈明显的下降趋势。实测表明,D/S值进一步增大,壁厚精度还要进一步降低。

表4 不同D/S值ASSEL荒管的壁厚偏差相对值

Table 4 Wall thickness relative deviation of ASSEL shells with various D/S value

试样号	荒管规格/mm	D/S	平均壁厚/mm	平均上偏差/%	平均下偏差/%	平均总偏差/%
1	85×14.7	5.8	14.73	1.56	-1.70	3.26
2	82×6.2	13.2	6.26	3.67	-4.31	7.98
3	98×3.6	27.2	3.67	4.63	-4.91	9.53

可以认为,台肩应有合理的高度。国内外的实践表明,在不考虑增厚的情况下,台肩的高度以台肩处的相对减壁量为50%～60%为宜。

4.2 提高薄壁管壁厚精度的措施

表5给出了3个轧卡件荒管壁厚绝对偏差的实测值。从中可以看出一个重要的事实:尽管D/S值不同,但是,最大上偏差(0.29～0.31 mm)和最大下偏差(-0.23～-0.35 mm)、平均上偏差(0.17～0.23 mm)和平均下偏差(-0.18～-0.27 mm)的波动范围基本相同(其它延伸轧制方式也有类似的结果)。这说明了:

(1) 同一偏差值,例如+0.3 mm的上偏差,对平均壁厚为14.73 mm的厚壁管,其壁厚精度的上偏差只有+2%,而对平均壁厚为3.67 mm的薄壁管,其壁厚精度的上偏差则降到+8%。这就是壁厚精度随D/S值增大(或S减小)而下降的原因。

表5 不同D/S值ASSEL荒管的壁厚偏差绝对值/mm

Table 5 Wall thickness absolute deviation of ASSEL shells with various D/S value/mm

试样号	荒管规格	D/S	平均壁厚	上偏差	下偏差
				平均/最大	平均/最大
1	85×14.7	5.8	14.73	0.23/0.30	-0.25/-0.27
2	82×6.2	13.2	6.26	0.23/0.31	-0.27/-0.35
3	98×3.6	27.2	3.67	0.17/0.29	-0.18/-0.23

(2) 提高薄壁管的精度,关键在于降低壁厚的上下偏差值,而上下偏差值由两部分组成:一是平均壁厚与名义壁厚之差;二是螺旋纹等多种尺寸波动。提高薄壁管精度应从这两方面入手。例如,对壁厚为3 mm的薄壁管,平均壁厚与名义壁厚之差缩小0.1 mm,壁厚精度就可提高3%;螺旋纹的深度减少0.05 mm,壁厚精度就可提高1.5%。提高壁厚精度的具体措施,除上述合理选择台肩高度之外,还必须严格控制穿孔毛管壁厚的精度,精确调整ASSEL轧管机[3]和合理确定送进角、碾轧角和轧辊转速等参数。

参加研究工作的还有张学军、李毅。

参考文献

1 王向东,朱景清等.轧钢,1993,(5):39

2 Kuemmerling R. MPT, 1992,15(1):48

3 吕庆功,朱景清.北京科技大学学报,1999,21(1):48

胡 旋,男,34岁,高级工程师。1985年毕业于北京科技大学材料学院,1999年北京科技大学材料学院材料加工专业硕士毕业。从事轧管工艺技术研究。

收稿日期:1999-06-08

© 1994-2006 China Academic Journal Electronic Publishing House. All rights reserved. http://www.cnki.net