

热轧无缝钢管内折缺陷分析

周晓锋

(天津钢管集团股份有限公司, 天津 300301)

摘要: 热轧无缝钢管的内折缺陷一直是影响钢管一次合格率和成材率指标的主要原因之一。内折缺陷主要在穿孔过程中产生, 其产生的主要原因与连铸管坯质量(内因)有关, 也与穿孔工艺制度(外因)合理与否有关。主要分析了穿孔工艺制度与内折的关系, 并提出了预防措施。

关键词: 无缝钢管; 内折缺陷; 连铸管坯; 穿孔工艺; 预防措施

中图分类号: TG142.1; TG335.71 **文献标识码:** B **文章编号:** 1001-2311(2009)05-0048-04

Analysis of Internal Fold of Hot-rolled Seamless Steel Pipe

Zhou Xiaofeng

(Tianjin Pipe Group Corp., Ltd., Tianjin 300301, China)

Abstract: The defect of internal fold of the hot-rolled seamless steel pipe has been so far one of the major elements which negatively influences the first qualification rate and yield target of steel pipes. The said defect mainly occurs in the piercing process, and the main causes for it are related to both the quality of the continuously-cast billet (the internal cause) and the reasonability of the piercing schedule (the external cause). The analysis focuses on the relationship between the rolling process schedule and the said defect. Accordingly relevant preventative actions are proposed.

Key words: Seamless steel pipe; Internal fold; Continuously-cast billet; Piercing process; Preventative actions

0 引言

热轧无缝钢管内折是指在钢管内表面呈现的螺旋形、半螺旋形或无规则分布的锯齿状折叠, 也有的呈现为直线形翘皮。内折有的存在于钢管的头部, 有的存在于整根钢管内; 或有规律, 或无规律。有内折缺陷的钢管轻者可以修磨后使用, 重者降级使用或报废。内折缺陷一直是影响钢管一次合格率、成材率指标的主要原因之一。产生内折缺陷的原因主要有两方面: 连铸管坯质量(内因)和穿孔工艺制度(外因)。

1 内折形貌和产生原因分析

1.1 内折的形貌

无缝钢管管体内折缺陷典型形貌如图 1 所示。

周晓锋(1979-), 男, 硕士, 从事轧管工艺研究。

从图 1 中可以看出, 内折缺陷有轻微的小片状, 也有严重的大片状; 有直线形, 也有鱼鳞状、翘皮状。

1.2 内折产生原因分析

钢管在斜轧穿孔时, 其连铸管坯芯部受拉应力作用, 故易出现金属中心破裂现象, 形成孔隙。孔隙内金属表面粗糙, 会迅速被顶头冷却水及空气氧化, 在随后的辗轧过程中形成折叠附着在钢管内表面。因此要消除内折缺陷, 必须避免孔隙形成。管坯穿孔时形成的孔隙如图 2 所示。

1.3 影响孔隙形成的因素

(1) 钢种本身的塑性。塑性好的钢种不易形成孔隙, 如 10、20 钢。

(2) 轧辊压下量或顶头前伸量。轧辊压下量大或顶头前伸量小易形成孔隙, 反之不易形成。

(3) 加热温度。加热温度合适, 钢的加工塑性好, 不易形成孔隙, 反之则易形成^[1]。

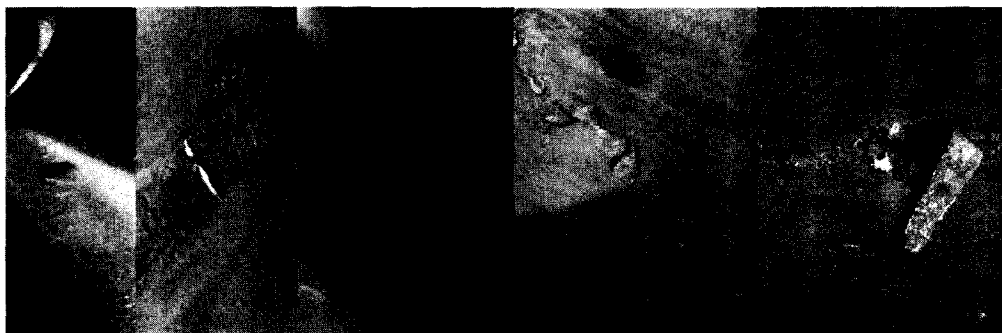
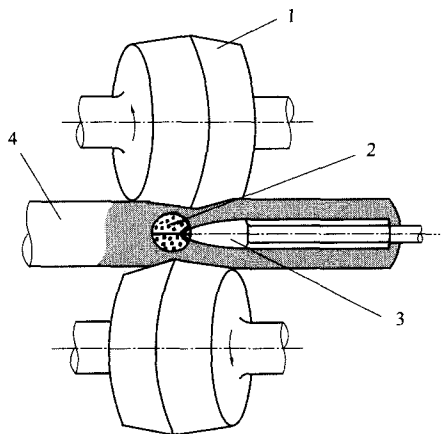


图1 无缝钢管内折缺陷典型形貌



1—轧辊 2—孔隙 3—顶头 4—管坯

图2 管坯穿孔时形成孔隙示意

2 连铸管坯质量与钢管内折缺陷的关系

在采用连铸管坯轧管时，如果能得到无内折、无内外表面裂纹和分层等缺陷的毛管，在一般情况下就能生产出合格的成品管。因此，冶炼连铸工艺是生产合格钢管的关键。近年有专家学者通过实验分析提出，内折缺陷的产生与中心疏松、芯部缩孔以及柱状晶在连铸管坯内呈现的程度有关。综合各方面的研究成果^[2-6]得到如下结论：

(1) 拉坯速度偏低且与钢水过热度不匹配，造成冷却强度偏大，因而使柱状晶发达；过热度偏高，产生较大的中心缩孔且激冷层太薄。这些都是产生内折缺陷的直接原因。

(2) 严格控制钢水过热度(小于 35℃)，并与拉坯速度正确配合，可以降低内折率。

(3) 提高钢中锰的含量，同时降低硫含量，有利于减少内折，硫含量应控制在 0.010% 以下。

(4) 扩大连铸管坯等轴晶率，缩短柱状晶长度，减少连铸管坯中心疏松和中间裂纹可以降低内折率。因为中心疏松严重的连铸管坯在穿孔的咬入阶段芯部会开裂并在后续的穿孔、辗压过程中形成内折缺陷；芯部缩孔在加热时内表面被氧化，穿孔过程中由于“隔墙”作用不能被轧合而形成内折缺陷，纵向剖开连铸管坯发现缩孔在连铸管坯内是不连续的，所以只产生管端内折缺陷；对柱状晶来讲，有实验表明柱状晶的粗化度越大其塑性就越差，内折率就越高。

(5) 统计分析还发现内折率与碳当量的大小有关，钢种的碳当量越大，生产出的钢管内折率就越高。

3 穿孔工艺制度与内折缺陷的关系

斜轧穿孔的变形包括基本变形和附加变形。基本变形是指实心连铸管坯穿轧成毛管时轧件几何形状和尺寸的变化，它是直观的变形，与变形区的几何尺寸、形状有关，与轧件的材质无关。附加变形是由于变形不均而在金属内部产生的，它主要包括扭转变形、纵向剪切变形和切向剪切变形等。这种变形会降低产品质量，并增加能量消耗，因此在生产中应尽量减少这种有害的变形。凡是降低金属塑性和脆断强度或使连铸管坯在穿孔时横向拉力增大的因素都将促使内折缺陷形成，内折缺陷主要在穿孔工序产生，但具体原因是多种多样的。

3.1 穿孔温度与内折缺陷的关系

连铸管坯加热温度过高或加热时间过长、加热温度过低或加热时间过短均易导致内折缺陷产生。温度过高、加热时间过长，穿孔温升过快，将产生大片的黄褐色的鱼鳞状内折缺陷；温度过低，加热时间过短将降低金属塑性，使其咬入困难，加大顶

头前变形量。在穿孔时连铸管坯中心易破裂形成内折缺陷,温度过低毛管将产生细小片状内折缺陷。较高钢级品种大部分易产生细小片状内折缺陷,这与咬入相对困难有关。

3.2 穿孔辊转速与内折缺陷的关系

穿孔辊转速的设计要考虑连铸管坯材质、延伸系数、滑移系数及辊径大小等多方面的因素,不同的规格对应不同的转速,应在轧制表中列出。现场曾实验过2种转速:高于标准转速和低于标准转速。这2种转速下产生的内折量与正常转速下产生的内折量相比的结果表明:高转速更容易产生内折缺陷;降低转速,内折缺陷相应减少。究其原因主要是增大轧辊转速将导致滑移增加,也就是轴向效率降低,连铸管坯在咬入阶段旋转次数增加,产生内折缺陷的可能性增大。这也表明为了减少内折率,穿孔机的调整方向是:在条件允许的情况下采用大的咬入角。随着咬入角加大,连铸管坯滑移减小,从而可以减少连铸管坯咬入所需的旋转次数。综合国外厂家的经验,咬入角在 $10^{\circ}\sim 12^{\circ}$ 时效率最佳。如果穿孔辊磨损严重,使咬入段变得平滑,会加重变形分配的不均,降低连铸管坯与轧辊间的摩擦力,增大顶头的轴向阻力及毛管的轴向滑移,增加顶头前及变形区内反复压缩与辗轧的次数,因而使管坯更容易在穿孔中形成孔腔及破裂进而产生内折。因此,要及时更换新的穿孔辊并进行调整,以减少内折率。

3.3 升速比与内折的关系

为了连铸管坯平稳咬入,轧辊开始以低速旋转,咬入后高速轧制高速抛钢。轧制表最低值按正常转速降30%设定,生产中视轧辊磨损情况常采用的升速比是40%或45%。根据正交实验结果显示:采用30%的升速比时穿孔产生的内折量低于采用45%升速比时穿孔产生的内折量。这是因为在低速咬入阶段和高速轧制阶段,二者速度差相对较小,连铸管坯的变形条件相近。也就是说,在低速向高速转变时,金属流动能够平稳过渡。如果二者速度差相对较大,金属变形产生波动就容易产生大片内折。这种内折常发生在毛管前端400~500 mm处。

3.4 顶头与内折的关系

顶头严重磨损,“掉肉”,在穿孔时会擦伤钢管内壁,促使通体产生螺旋形内折。顶头鼻部的使用可以减少自身孔腔形成,改善钢管内表面质量。顶

头的形状对钢管的质量也有一定的影响:锥形顶头会使顶头从尖部到孔型部分压下量增大,这对荒管有不良影响;球形顶头则能保证荒管沿送进方向压下量降低,改善荒管质量。最好的顶头形状应该是能保证沿变形区长度方向荒管壁厚压下量不变^[7]。顶头预旋转的作用同样是有利于连铸管坯的咬入,预旋转速度值一般按连铸管坯旋转速度的70%设定且旋转方向一致。曾比较过按设定值的20%和100%进行穿孔,结果表明,20%预旋转速度产生的内折量明显低于100%设定转速。

3.5 定心与内折的关系

定心孔过小、过偏或不光滑,穿孔时与顶头接触产生局部摩擦,就会在头部形成半圈或一圈的毛管内折。如果定心夹模压力过大将连铸管坯头部夹扁,也会导致穿孔一次咬入困难,形成头部直线形内折。

3.6 调整参数与内折的关系

顶头插入穿孔机孔型中伸出辊脊的距离称之为顶头前伸量,管坯在接触顶头前轧辊对管坯形成的压下量称之为顶前压下量。顶头前伸量过小,穿孔段内变形程度不足,导致管坯与顶头接触前管坯已经形成孔腔;顶前压下量过大,顶头前管坯的变形程度变大,也会导致管坯中心过早形成孔腔。此时过早形成的孔腔内金属表面粗糙,会迅速被顶头冷却水及空气氧化,在随后的辗轧过程中形成内折缺陷。

穿孔孔型中导盘(或导板)间距与轧辊间距的比值称为孔型的椭圆度。孔型椭圆度过大会导致管坯中心部分金属在穿孔过程中交变程度大,引起管坯中心部分金属激烈交变破碎产生内折。

4 预防内折缺陷的措施

(1) 从源头把关,严格控制连铸管坯质量。要扩大连铸管坯中等轴晶的比率,缩短柱状晶长度,减少连铸管坯中心疏松和中间裂纹。

(2) 制定合理的连铸管坯加热制度。严格根据坯料直径、长度、材质制定相应的连铸管坯加热制度,连铸管坯出炉温度=穿出温度-穿孔温升+出炉至穿孔之间的温降,并执行待轧停轧降温制度。

(3) 注意穿孔、轧制工具的使用。热定心冲头应定期更换,定心孔在每次检修后要校正。定心夹模压力应根据连铸管坯直径、钢级进行调节,连铸管坯直径大则定心夹模压力大,直径小则定心夹模

压力小;连铸管坯钢级高则定心夹模压力大,钢级低则定心夹模压力小。总的原则是,定心夹模压力的调整既要保证定心孔尺寸又要保证连铸管坯不被夹扁。

新的穿孔辊宜采取较大的咬入角和顶头前伸量,以及相对较低的轧辊转速。随着穿孔辊的磨损,顶头前伸量应逐渐后移,咬入角应逐渐减小。穿孔辊磨损严重应及时更换,避免出现批量轧制缺陷或后卡。

低碳钢、厚壁管的孔型直径压下率不能过大,高合金钢、薄壁管的孔型直径压下率应相对增大。

顶头头部磨损、开裂,顶头穿孔锥出现裂纹、“掉肉”,顶头粘钢等,均应及时更换顶头。

(4) 注意穿孔机的调整。顶前压下量不能过大,否则会加剧桶形辊穿孔机的曼内斯曼效应,导致金属的芯部撕裂。这种情况主要发生在低碳钢的穿孔过程中,高合金钢则需要较大的顶前压下量,以确保顺利实现二次咬入。

顶头前伸量应依据穿孔辊磨损情况进行动态调节,桶形穿孔辊顶头前伸量适宜值在 185~130 mm,新的穿孔辊可采取较大的顶头前伸量。随着穿孔辊的磨损,顶头前伸量逐渐后移,以确保连铸管坯的咬入状态。

调整好穿孔机的椭圆度,对于桶形穿孔辊较适宜的椭圆度为 1.09~1.13,建议穿制厚壁管时为

1.13,薄壁管为 1.09。

5 结 语

无缝钢管内折缺陷产生有两方面的原因:内因是连铸管坯质量,外因是穿孔工艺制度。分析了穿孔工艺制度与内折的关系,提出了在穿孔阶段预防内折缺陷的有效措施,对无缝钢管生产厂提高成材率和控制内折缺陷有借鉴意义。

6 参考文献

- [1] 刘勇. 防止钢管内折叠的穿孔工艺[J]. 特殊钢, 1999, 20(1): 49-50.
- [2] 王壮明编译. 热轧钢管的质量[M]. 北京: 冶金工业出版社, 1987.
- [3] 刘靖, 付晨光, 朱景清, 等. 连铸圆管坯轧管内折成因分析[J]. 北京科技大学学报, 2002, 24(5): 533-536.
- [4] 郭殿锋, 李春龙. 减少连铸圆坯轧制无缝管产生内折缺陷研究[C]//2001 年中国钢铁年会论文集. 北京: 冶金工业出版社, 2001: 713-716.
- [5] 刘宇雁, 郭殿锋, 周昱. 连铸坯轧制无缝管内折缺陷的分析研究[J]. 钢铁, 1999, 34(增刊): 497-498.
- [6] 庄钢, 尹溪泉. 连轧无缝钢管产品缺陷(欠)分析[J]. 钢管, 2006, 35(5): 26-29.
- [7] 安建国. 热轧钢管内折产生原因分析[J]. 包钢科技, 2007, 33(5): 8-10.

(修定日期: 2009-08-11)

● 信 息

2009 年 1~8 月白俄罗斯钢管产量同比下降 39.6%

国际金融危机重创了白俄罗斯的钢管业, 2009 年 1~8 月该国的钢管产量比上年同期下降了 39.6%, 仅为 6.75 万 t。不过除钢管生产外, 其他钢材产品的生产情况还比较正常, 钢材产量仅比上年同期下降了 1.8%, 为 161.7 万 t; 钢产量为 174 万 t, 比上年同期下降了 3.6%。

(攀钢集团成都钢钒有限公司 杜厚益)

墨西哥对中国产无缝钢管进行反倾销调查

据有关网站报道, 墨西哥经济部近日宣布, 已接受利害关系方申请, 对原产自中国的无缝钢管进行反倾销立案调查, 涉案产品税号为 7304.1902、7304.1999、7304.3906 和 7304.3999。立案公告公布在 2009 年 9 月 4 日的《官方公报》上。本案调查期为 2008 年 4 月 1 日至 2009 年 3 月 31 日, 起诉方为 TAMS A 公司。

听证会拟于 2010 年 5 月 6 日在该部召开。

(郑 实)