厚壁管内六方缺陷消除方法探讨*

张文亮,王 栋,史江欢

(内蒙古包钢钢联股份有限公司钢管公司,内蒙古 包头 014010)

摘 要: 文章主要分析介绍了无缝钢管生产中,定径机轧制特厚壁管"内六方"缺陷产生原因,并且通过增加轧制道次、减少各机架减径率及椭圆度系数的方法来控制厚壁管内六方缺陷的产生,从而改善厚壁管壁厚精度,提高成品管一级品率和金属成材率。

关键词: 厚壁管; 内六方; 减径率; 成材率

中图分类号: TG335.7 **文献标识码:** B **文章编号:** 1009-5438(2021)03-0076-03

DOI:10.13647/j.cnki.btgkj.2021.03.021

Discussion on Elimination Method of Internal Hexagonal Defect in Thick Walled Tube

Zhang Wen-liang, Wang Dong, Shi Jiang-huan

(*Steel Tube Co. of Inner Mongolia Baotou Steel Union Co., Ltd., Baotou* 014010, *Inner Mongolia Autonomous Region, China*)

Abstract: In this paper, it is mainly analyzed and introduced the causes of internal hexagonal defect in super thick walled tube rolled with sizing mill in production of seamless steel pipe. Moreover, it is controlled by such means as increasing the rolling pass as well as reducing the reduction rate of each frame and coefficient of ovality so that the wall thickness accuracy of thick walled tube, ratio of first-grade products and yield of metal are improved.

Key words: thick walled tube; internal hexagon; reduction rate; yield

三辊定径机是热轧生产线金属热变形的最终一道工序,属于精轧机组,可将一种连轧荒管生产出几十种不同规格的热光管。定径机实际上是一种空心轧制的多机架连轧,其任务是在较小的总减径率和较小的单机架减径率条件下,将荒管轧制成符合要求尺寸精度的成品管。

包钢Φ180 mm限动芯棒连轧管机组(MiNi-MPM)于1999年投入生产。多年生产过程中,定径机轧制径壁比较大(S/D > 12.5%)的钢管时容易产生"内六方"缺陷。出现"内六方"缺陷后,轻者影响成品管的外观质量,重者因壁厚精度超差而改判,甚至降废。因此,控制和消除"内六方"缺陷的产生在实际生产经营中尤为重要。

1 "内六方"缺陷成因及形成机理

钢管经过张力减径机减径时,由于金属在三维方向上流动,横向变形(沿径向流动)造成了钢管管壁不均匀增厚,使钢管横截面的内孔呈现六方形,俗称"内六方",形貌见图1。金属横向的不均匀变形是导致钢管"内六方"的主要原因,"内六方"也是钢

* **收稿日期:** 2021-05-06

作者简介: 张文亮(1984-),男,内蒙古丰镇市人,工程师,现从事热轧无缝钢管生产技术管理工作。

中国知网 https://www.cnki.net

管壁厚不均匀的特殊表现形式。其形成机理主要是: 荒管经定径机减径时,外径受到压缩而减小(其减少量可以用钢管平均直径 D 的减少量表示) ,外径减小意味着管子切向周长的减小。按照金属流动规律,当金属出现一向压缩、两向延伸的变形时,金属必然向另外两个方向流动——在纵向产生延伸、在径向(即壁厚方向的自由内表面) 产生增厚,但是在减径时,如具有较大轴向张力,也可能产生壁厚的减薄[1]。

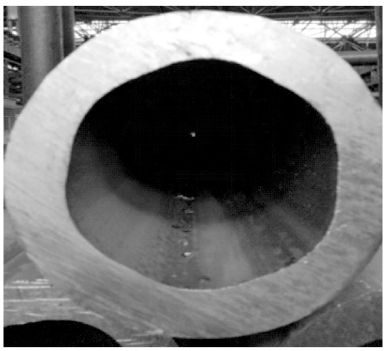


图 1　钢管“内六方”缺陷形貌

实际上由于三辊定径机(除最后一架) 孔型是椭圆的。沿孔型周边上的管壁增厚分布以辊缝处为最大,顶部最小。经第一机架轧制后沿孔型 1/6 周长上的管壁增厚如图 2 所示,图中 $\triangle S_{max}$ 为最大增厚量,$\triangle S_{min}$ 为最小增厚量。由于轧机各机架的孔型辊缝互相呈 60°布置。因此,第二架辊缝相当于第一架孔型顶部的位置。这样,第二架轧制后钢管的壁厚分布如图 3 所示,沿孔型周长 1/12 处的壁厚最薄,而顶部与辊缝方向的壁厚最厚,结果钢管断面上呈内六方,如图 4 所示。孔型不同部位管壁增厚程度各不相同,其原因是钢管在孔型宽度上高度压缩量不均,在顶部高度压下量最大,变形时接触弧长、单位压力也比辊缝处大,这样轴向摩擦力增大促使金属轴向流动,导致顶部壁厚增厚较小,而辊缝处恰恰相反[2]。

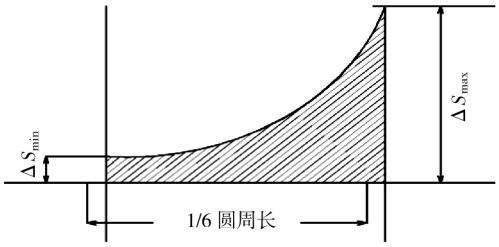


图 2　第一机架轧制后

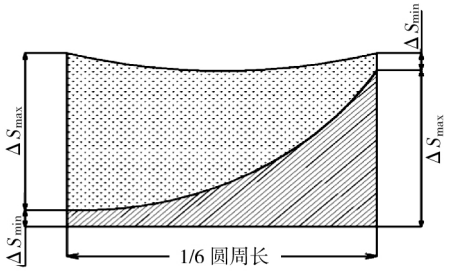


图 3　第二机架轧制后

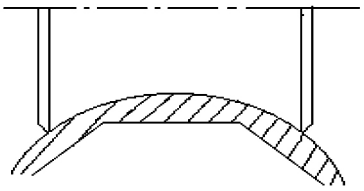


图 4　三辊定径管产生的内六方缺陷

2　改善钢管“内六方”缺陷的对策

通过对“内六方”产生原因的分析,要减轻“内六方”缺陷,就要增强减径过程中壁厚变化的均匀性,也就是要使金属在孔型内变形时的应力分布均匀。

(1) 合理分配单机架减径率,单机架减径率不可过大。

(2) 优化孔型椭圆度。优化的目的是使轧辊和管子的最小和最大接触弧长之差减小,使管子圆周方向上的应力均匀,从而使壁厚变化均匀。

三辊定径机孔型设计的基本原则是: 在减径量一定的条件下,重新分配各单机架减径率,并相应确定机架的数量; 同时,设计的孔型应便于加工。图 5 为三辊定径机的孔型图,其孔型形状由以下几个参数决定: 平均直径 D_i、孔型半宽 A_i 和半高 H_i; 两个宽、高之比值 $a_i = A_i/H_i$,称为第 i 机架的孔型椭圆度; 孔型直径由半高、半宽之和决定,即: $D_i = A_i + H_i = H_i \cdot (1 + a_i)$。

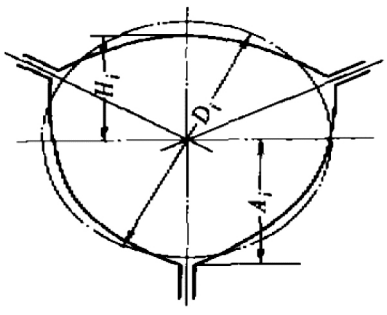


图 5　三辊定径机的孔型图

中国知网　https://www.cnki.net

一般孔型设计时，先由轧制温度等条件，确定成品机架的孔型直径；再依据各机架减径率分配，确定各机架的孔型直径 D_i、由各机架的孔型椭圆度系数 a_i 和孔型直径 D_i 确定相应机架的孔型半宽 A_i 和半高 H_i[3-4]。

3 优化孔型参数

以 MPM 机组定径机轧制 Φ219 mm×25 mm 油缸管为例，由于原有孔型对于油缸管产品不能满足要求，所以对原有孔型进行改进，来消除内六方缺陷。总体思路如下：

(1) 增加轧制机架，由 7 机架增加为 10 机架，减小单机减径率。

(2) 单机减径率不大于 2.2%，使轧制过程中塑性变形更为均匀。

(3) 尽量减小机架椭圆度，保证管体内壁形状。

(4) 设计过程中全部采用负宽展，且宽展量绝对值不大于 0.35，防止产生横向壁厚不均，出现内六方。

3.1 优化前后孔型参数对比

由图 6 和图 7 可以看出：①优化后孔型初轧机架由 3 架增加至 7 架，初轧保持不变，重新分配了单机架的减径率，使单机架减径率由最大 3.40% 减小至 2.07%。②初轧机架除第一架外，其余机架的椭圆度比优化前减小 0.01～0.02。

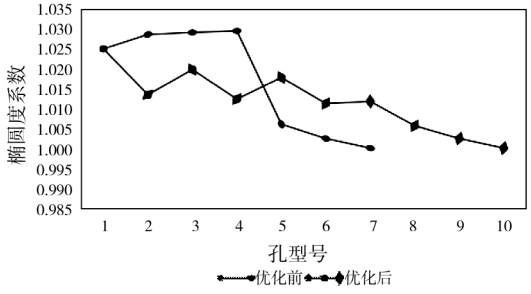


图 6 优化前后椭圆度对比

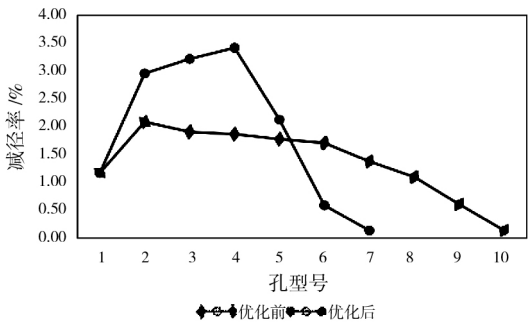


图 7 优化前后减径率对比

3.2 优化前后成品管尺寸精度对比

在成品管中随机抽取 5 根 Φ219 mm×25 mm 规格钢管，通过人工测量和设备测量进行成品管取样分析，得到钢管截面不同点的壁厚值，并与优化前的壁厚进行对比，两者比较见图 8。从图可以看出，优化孔型定径后钢管壁厚的均匀性得到了很大的提高，优化前钢管对应的孔型顶部和辊缝处的壁厚增加较多形成“内六方”缺陷，优化后壁厚均匀度提高。

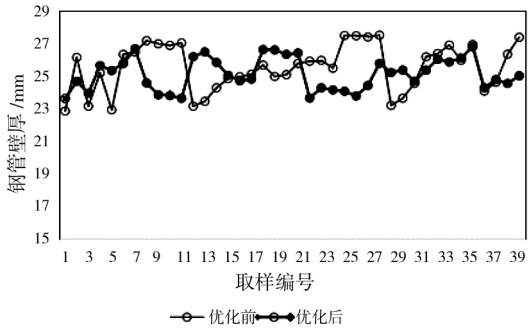


图 8 优化前后壁厚精度对比

4 结束语

“内六方”缺陷是 Φ180 mm 机组生产厚壁热轧无缝管的主要质量缺陷，在其他条件不变的前提下，通过增加轧制道次，重新分配各单机架减径率及减小孔型椭圆度系数，可有效减轻钢管“内六方”缺陷，提高壁厚均匀度，从而降低切头尾率及废品率，提高金属成材率。

参 考 文 献

[1] 李国祯. 现代钢管轧制与工具设计原理 [M]. 北京：冶金工业出版社，2006.

[2] 王廷溥. 轧钢工艺学 [M]. 北京：冶金工业出版社，1993.

[3] 李连诗. 钢管变形塑性原理 [M]. 北京：冶金工业出版社，1985.

[4] 周晓锋. MPM 和 PQF 连轧管工艺 [J]. 钢铁研究，2008，36(3)：58－62.

中国知网 https://www.cnki.net