

中厚壁钢管三辊轧制内裂原因分析

邬克修

(衡阳钢管(集团)有限公司, 湖南 衡阳 421001)

摘 要: 在三辊轧管机上采用不同的变形量进行轧制对比实验, 分析了三辊轧制过程中产生的切向、轴向剪切应力及塑性弯曲变形时产生的切向、轴向拉应力对内裂的影响。实验结果表明: 在其他工艺条件相同时, 三辊轧制的变形量超过一定值时, 钢管内表面金属破裂。针对中厚壁钢管内表面纵裂纹形成的主要原因, 提出了解决措施。

关键词: 中厚壁钢管; 三辊轧制; 变形工艺; 内裂; 分析

中图分类号: TG335.19 **文献标识码:** B **文章编号:** 1001-2311(2004)01-0023-03

Investigation of Causes of Medium Wall Steel Tube Internal Cracking Occurring in Three-roll Rolling Process

Wu Kexiu

(Hengyang Steel Tube (Group) Co., Ltd., Hengyang 421001, China)

Abstract: With the comparative test rolling operations of the three-roll pipe mill with different deformation amounts, the elements responsible for the internal cracking of the material are analyzed, including the tangential and axial shearing stresses produced during the three-roll rolling process and the tangential and axial tensile stresses produced during plastic bending deformation process. The experiment result shows that with all the other process conditions remaining unchanged, when the deformation amount by the three-roll rolling exceeds a certain value, the internal metal cracking on the inner surface of the tube takes place. Following the main causes of the longitudinal cracking on the inner surface of the medium-wall steel tube, relevant actions are proposed.

Key words: Medium-wall steel tube; Three-roll rolling process; Deformation process; Internal cracking; Analysis

0 前 言

衡阳钢管(集团)有限公司用三辊轧管机组生产中厚壁钢管, 具有产品几何尺寸精度高, 机械性能稳定, 轧机调整方便, 生产组织灵活, 能满足多品种、多规格生产需要的优点。但是, 在2001年8月一批出口钢管的生产中, 用 $\Phi 120$ mm 45钢管坯生产 $\Phi 57$ mm $\times$ 14 mm $\times$ 6 100 mm钢管时, 发现整批钢管内表面存在纵向裂纹, 裂纹深度约1.2 mm, 宽约0.02 mm, 导致报废, 其形态如图1所示。

本文根据在实际生产过程中对钢管内裂的观察, 在三辊轧管机上采用不同的变形量进行轧制对比实验。通过实验, 分析了中厚壁钢管内表面裂纹的形成机理, 提出了生产不同规格及 D/S 值的钢管匹配不同管坯规格的原则, 以指导今后的生产和控制产品质量。

1 实 验

1.1 工艺流程

坯料酸洗→检验→修磨→复检→下料→环形炉加热→热定心→三辊穿孔→三辊轧管→取样→步进炉再加热→高压水除鳞→微张力减径→取样→冷却→矫直→切管→检验→包装→入库。

邬克修(1963-), 男, 分厂厂长, 工程师, 从事无缝钢管的生产工艺、技术管理工作, 先后参加过多项公司重点攻关项目。

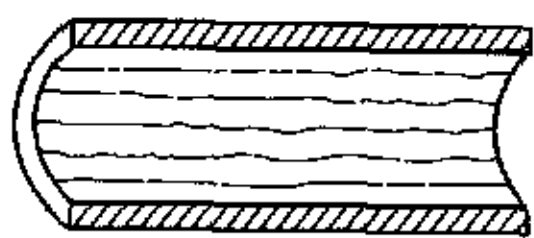


图1 钢管内表面纵向裂纹示意

1.2 实验方法

实验用设备：三辊穿孔机、三辊轧管机、三辊微张力减径机。三大机组延伸系数按总延伸系数的44.4%、33.3%、22.3%分配。

(1) 实验一

分别用 $\Phi 90$ 、100、110、120 mm的45钢管坯各10支，生产同一种规格 $\Phi 57$ mm $\times$ 14 mm的钢管，其钢管内表面裂纹情况见表1。

表1 不同管坯所生产钢管的内表面裂纹情况

试样号	管坯直径/mm			
	90	100	110	120
1	无	无	无	纵向裂纹
2	无	无	无	纵向裂纹
3	无	无	无	无
4	无	无	无	纵向裂纹
5	无	无	无	纵向裂纹
6	无	无	无	纵向裂纹
7	无	无	无	无
8	无	无	无	纵向裂纹
9	无	无	无	纵向裂纹
10	无	无	无	纵向裂纹

(2) 实验二

将钢管成品外径范围划分为7组， D/S 值分三类，用表2指定的圆管坯规格(45钢)生产表中所列成品钢管各10支，结果内表面均无裂纹。

表2 实验用管坯直径

D/S	成品管直径/mm						
	45~60	60~68	68~76	76~83	83~95	95~114	114~127
<5	100	110	120	130	140	140	140
5~8	90	100	110	120	130	140	140
>8			100	110	120	130	140

2 分析与讨论

2.1 实验结果分析

(1) 实验一结果显示，同一钢号、不同直径的管坯在加热制度、穿孔工艺相匹配的条件下生产同

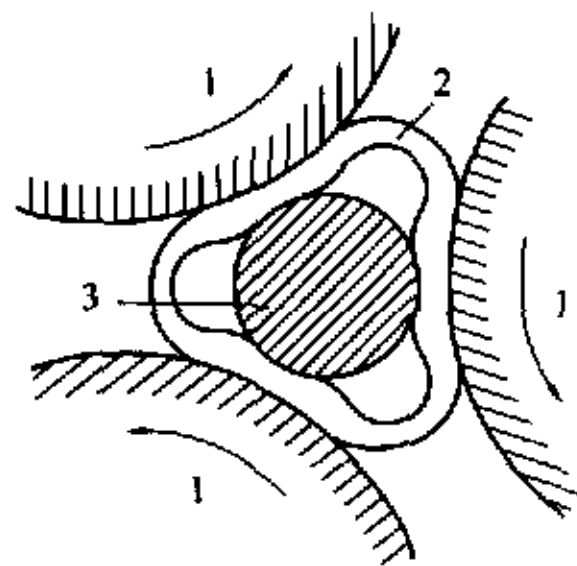
一规格的钢管时，管坯直径增大到一定程度，即减径量大于或等于37 mm，在穿孔阶段未出现内裂纹的毛管经三辊轧管机轧制后，开始出现纵向分布的裂纹；经微张力减径后，裂纹长度延长，宽度变窄，深度基本不变。

(2) 实验二结果显示，由于选取的管坯直径与产品规格、 D/S 值相匹配，故三辊轧管机轧制的190支实验钢管内表面均无裂纹。

(3) 综合分析两组实验，可以确定中厚壁钢管内裂纹是三辊轧管变形工艺不当所致。通过采用适当的坯料规格和合理的穿孔、轧管、减径工艺，可以避免钢管内裂纹产生。

2.2 三辊轧管变形工艺对钢管内裂纹的影响

三辊轧管是将毛管置于芯棒和互成 120° 的3个轧辊组成的环状非封闭孔型中轧制，如图2所示。在三辊轧管的整个变形区中，基本变形可分为3种变形：延伸变形、切向变形和径向变形。在轧辊和芯棒的共同作用下，管径、管壁受到压缩而变形，被压缩部分的金属，一部分纵向延伸，一部分切向(横向)流动，金属的流动遵循最小阻力定律。由于钢管内壁与芯棒接触处摩擦力的阻碍，钢管内表面金属流动滞后于外表面，产生较大的切向、轴向剪切变形应力。同时，毛管在三辊轧制过程中要经过轧管机多次反复压缩，管壁越厚， D/S 值越小，则弯曲变形阻力越大，由塑性弯曲变形引起的钢管内壁切向、轴向拉伸应力也越大。在变形区，当切向、轴向剪切应力和在反复辗轧过程中塑性弯曲变形时产生的切向、轴向拉伸应力的叠加作用力超过金属的抗拉强度时，钢管内表面金属破裂，形成纵向裂纹。



1—轧辊 2—毛管 3—芯棒

图2 三辊轧管变形示意

从位错理论的观点来分析，金属的塑性变形是位错不断运动和增殖的过程。钢管在三辊轧制减径减壁时，钢管内表面变形受到芯棒的切向、轴向摩

擦力以及因管壁厚且变形量大而产生的弯曲变形阻力的作用，位错的运动在钢管内壁受阻，便形成高度的应力集中。随着塑性变形而累积的应力集中程度越来越大，达到足以破坏原子间的键合力时，便形成裂纹的形核。变形的发展导致裂纹不断长大，当裂纹长大到一定尺寸以后，便失稳扩展，受外力作用方向的影响，直至最终扩展成纵向裂纹。

3 结 论

(1) 中厚壁钢管在三辊轧制过程中，若轧管机

减径量过大，可能会产生不同程度的钢管内表面纵向裂纹。

(2) 产生中厚壁钢管内表面纵向裂纹的原因，是由于切向、轴向的剪切应力与反复塑性弯曲引起的拉伸应力的叠加作用。

(3) 通过采用本文所提供的与产品规格、D/S值相配套的坯料规格及合理的工艺，可以避免中厚壁钢管内表面纵向裂纹的产生。

(收稿日期：2002-12-03)

(修定日期：2003-06-25)

●信 息

俄罗斯天然气工业股份公司在2004~2020年期间新建和改造天然气管道对大口径焊管的需求预测

钢管口径/mm	工作压力/MPa	年度分期需求量/km				
		2004	2005	2006~2010	2011~2015	2016~2020
1 420	<9.8	1 367.7	1 500	7 280.5	7 602	7 608.1
	<9.8	1 167.7	1 300	6 280.5	6 602	6 608.1
	5.5~7.4	200	200	1 000	1 000	1 000
1 220	<7.4	350	400	3 525.3	3 240.5	1 750
		150	200	2 525.3	2 240.5	750
		200	200	1 000	1 000	1 000
1 020	<7.4	800.5	734	3 244	2 547	2 000
		600.5	534	2 244	1 547	1 000
		200	200	1 000	1 000	1 000
720	<7.4	464	1 041.8	2 969	3 930.7	3 930.7
		264	841.8	1 969	2 930.7	2 930.7
		200	200	1 000	1 000	1 000
530	<7.4	546	500	2 500	2 500	2 500
		346	300	1 500	1 500	1 500
		200	200	1 000	1 000	1 000
530~1 420	5.5~9.8	3 528.2	4 175.8	19 519	19 820.2	17 788.8
	5.5~9.8	2 528.3	3 175.8	14 519	14 820.2	12 788.8
	5.5~7.4	1 000	1 000	5 000	5 000	5 000

注：表中数据分子表示新建，分母表示改造天然气管道。

特轻型汽车用压缩天然气气瓶的研制开发

俄罗斯已成功研制开发出新一代特轻型汽车用压缩天然气气瓶。气瓶容量20~50 L,工作压力19.6 MPa,单位重量0.8 kg/L,材质为20XH4ΦA高强度钢。气瓶制造方法是直接用高强度钢无缝管通过热滚轧气瓶封头和瓶颈。新的滚轧法和专用滚压工具孔型设计，确保在滚轧D/S达50的薄壁气瓶管料（Φ219 mm×4.5 mm）时，在变形区中不发生失稳现象。

(攀钢集团成都钢铁有限责任公司 曾 适)