维普资讯 http://www.cqvip.com

第 1 期(总第 128 期)
2005 年 2 月

机 械 工 程 与 自 动 化
MECHANICAL ENGINEERING & AUTOMATION

No. 1
Feb.

文章编号:1672-6413(2005)01-0045-02

热轧穿孔内裂纹缺陷分析

朱安莉[1]，王贵成[2]

(1. 苏州铁路机械学校，江苏 苏州 215008；2. 江苏大学，江苏 镇江 212013)

摘要：内裂纹是钢管热轧穿孔中常见的缺陷，通过对内裂纹影响因素的分析，可以看出内裂纹问题实际上是个较为复杂的系统问题。在工艺设计和工艺调整时不能孤立片面地考虑某个因素，而应采取多变量分析方法，力图使整个系统优化，从而减轻内裂现象的出现。

关键词：内裂纹；缺陷；分析

中图分类号：TG335.11　　**文献标识码**：A

0 引言

内裂纹是钢管热轧穿孔常见缺陷，特别是对连铸坯料来说，由于连铸坯料先天性缺陷的存在，穿孔时内裂缺陷更易产生。本文通过对内裂纹产生机理、各种影响因素的系统性分析，力图找出减轻内裂纹的有效途径。

1 内裂纹产生机理及影响因素的系统性分析

1.1 内裂纹产生机理

裂纹是材料内部应力引起的。一部分是材料本身带有的裂纹源（微裂纹、中心缩孔缩松、夹杂物等）在拉应力的作用下扩展引起的；穿孔过程中新的内应力的产生则是由温度不均匀性和附加的不均匀变形引起的[1]。所以如何减轻加热过程中的温度不均匀性和穿孔过程中的不均匀变形对减轻内裂现象意义重大。

1.2 产生内裂纹缺陷的因素分析

产生内裂纹的原因主要有：①管坯加热温度和保温时间不适当，使得穿孔加热塑性低；②管坯加热不均匀导致温度应力；③穿孔过程中的不均匀变形导致荒管内裂；④穿孔参数调整不当，导致不均匀变形，从而导致内裂，穿孔工艺参数对不均匀变形的影响见表1；⑤顶头过分磨损、顶头开裂或顶头形状不良、压缩量不均匀分布导致内裂；⑥管坯低倍组织不好，中松级别高，中心缩孔非金属夹杂物过多或第三阶梯发纹严重。

产生内裂纹的因素系统分析图见图1。

表1 穿孔工艺参数对不均匀变形的影响

不均匀变形种类 / 工艺参数	扭转变形	横向剪切变形	纵向剪切变形	反复塑性弯曲变形
轧辊距增大	减小	减小	减小	减小
导板距减小	减小明显	减小明显	稍增大	减小
顶头直径减小	减小明显	减小明显	减小	减小
顶头前伸量增大	减小明显	减小明显	减小	减小
椭圆度减小	减小	减小	减小	减小

鉴于以上分析，可以看出内裂问题实际上是个较为复杂的系统问题。各子系统以及子系统的各因素之间有着相互影响、相互制约的关系，并受到外界条件的制约。所以在工艺设计和工艺调整时，不能孤立片面地考虑某个因素，而应采取多变量分析方法，使整个系统优化。比如工模具的选择问题，假使穿78×7的荒管，如果孤立地考虑问题，59、60、61的顶头均可以选择，但若是考虑到顶头的选择影响着工艺参数的设定，那较优的方案就是选59的顶头，因为按59的顶头设计的工艺参数，更有利于荒管内裂的改善。再比如工艺调整问题，当穿出的荒管壁厚太薄时，可以用加大轧辊距和顶头向后移的方法进行调整，但考虑到对顶头前压缩率的影响，选加大轧辊距方案更有利于内裂的改善。综上所述影响内裂的因素很多，在制

收稿日期：2004-08-23

作者简介：朱安莉(1972-)，女，浙江人，讲师，2004年毕业于江苏大学机械电子工程专业，硕士。

维普资讯 http://www.cqvip.com

定措施时，应综合考虑各因素间的相互影响以及对其它质量问题的影响，总结出负面影响最小的最佳措施。

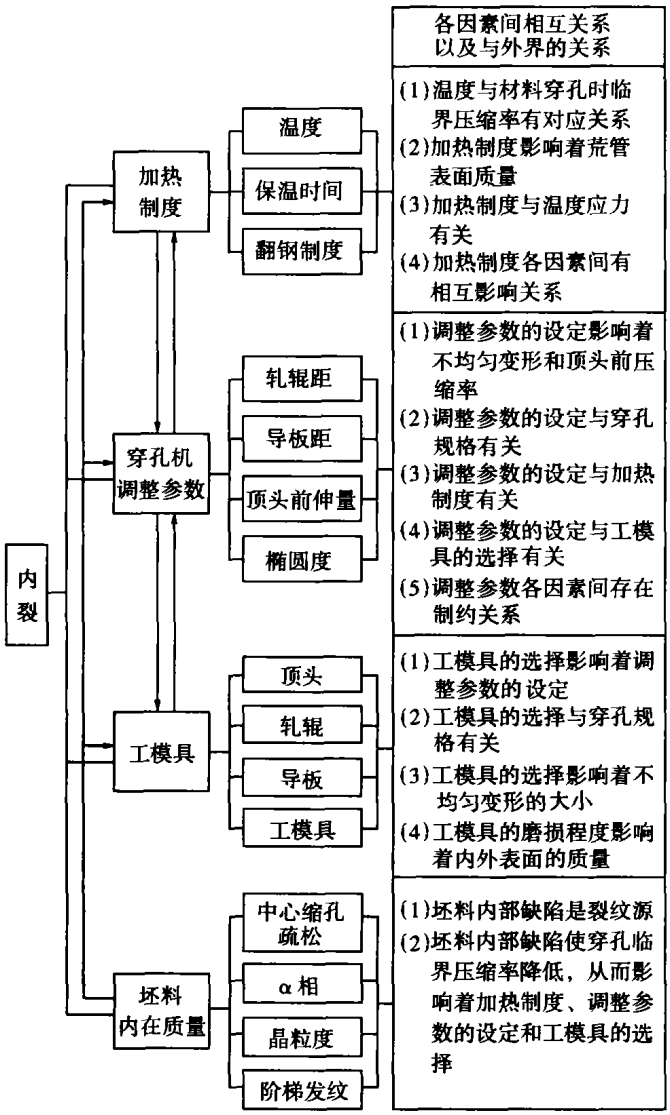


图1 产生内裂纹的各因素系统图

2 减轻内裂缺陷的方法

2.1 工艺设计方面

2.1.1 加热制度

因穿孔温度与材料的临界压缩率有对应关系，对应于材料最大临界压缩率的温度应为最佳穿孔温度。所以加热制度的制定应能最大程度地提高材料的临界压缩率，从而提高材料抵抗不均匀变形的能力。但加热制度需综合考虑各种质量问题，比较合理的加热制度是：①在保证穿孔咬入、抛出顺利、顶头粘钢不太严重、内裂不太严重（可以通过其它方法消除）的前提下，出钢温度尽量压低；②严格控制管坯匀热的时间，保证管坯加热匀透，通过控制匀热段管坯支数和控制出钢支数来保证；③勤翻钢，保证管坯加热均匀，尽量做到每翻一次钢使得管坯翻转180°。

2.1.2 工模具的选择

在允许的范围内，取偏小的顶头。

2.1.3 穿孔调整参数的设定

在满足荒管规格以及穿孔咬入、抛出顺利的前提下，尽量使总变形率ε减小；尽量采用小的椭圆度，椭圆度取值范围1.05～1.08，不要超过1.10；尽量采用较大的顶头前伸量。

2.2 工艺调整方面

2.2.1 出现内裂时的调整方法

在穿孔过程中出现内裂时，应综合考虑加热制度与穿孔调整参数两方面的影响因素，总结出最有效、最经济的解决方法。比较有效的解决途径是：先考虑调整参数的影响，再考虑加热制度的影响。即第一步检查穿孔调整参数和顶头工作面状况，对轧机进一步优化调整，具体方法是导板距减小一些、轧辊距适当放大些、顶头前伸量适当加长、修磨顶头表面，这样可能有些轻微的内裂就会被解决，不至影响生产进度；若第一步轧机优化调整已达极限，仍有内裂，第二步可考虑适当提高出钢温度或延长保温时间。

2.2.2 解决其它质量问题

当穿孔出现某一质量问题时，调整的方法可能会有好几种，应尽量选择避免使不均匀变形增加的较优调整方法，避免不均匀变形增加的调整方法及优劣顺序见表2。

表2 避免不均匀变形增加的调整方法及优劣顺序

质量问题	可能的调整方法	调整方法的优劣顺序
壁厚太薄	①加大轧辊距；②顶头向后移；③换用较小的顶头	①>③>②
壁厚太厚	①顶头向前移；②减小轧辊距；③换用较大的顶头	①>③>②
外径太小	①加大轧辊距；②加大导板距	①>②
后卡	①顶头向前移；②加大导板距	①>②

参考文献：

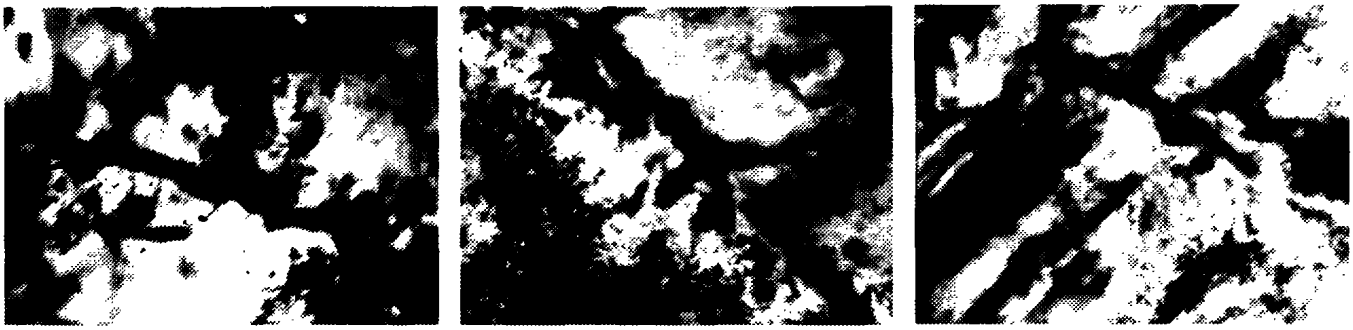
[1] 王延傅. 轧钢工艺[M]. 北京：冶金工业出版社，1981.

[2] 李连诗，韩观昌. 小型无缝钢管生产(上)[M]. 北京：冶金工业出版社，1989.

（英文摘要转第50页）

维普资讯 http://www.cqvip.com

位错的交互作用增大，原板条处呈现模糊，宏观上表现为屈服强度有所提高。



(a)初始状态样品 (b)弹性安定状态样品 (c)塑性安定状态样品

图5 23MnNiCrMo54钢的透射电子显微像

3 结论

(1) 在单轴拉一拉交变循环应力作用下，矿用圆环链用钢23MnNiCrMo54存在安定现象。

(2) 矿用圆环链用钢23MnNiCrMo54在本试验条件下经过有限次的循环加载，即可进入安定状态。

(3) 对于要求只允许发生微量塑性变形的工件，若经过特定的预拉伸处理，使其达到稳定的安定状态，可使工件在超出材料弹性极限下使用成为可能。

(4) 矿用圆环链用钢23MnNiCrMo54经过特定的预拉伸处理，在安定状态下使用理论上是安全的。

参考文献：

[1] 刘瑞堂，刘文波，刘锦云. 工程材料力学性能[M]. 哈尔滨：哈尔滨工业大学出版社，2001.

[2] 刘启跃. 钢轨的安定状态研究[J]. 西南交通大学学报，1995，30(4)：466-471.

[3] 刘启跃，金学岩. 钢轨塑性变形与安定状态的关系[J]. 西南交通大学学报，1999，34(5)：508-511.

[4] 王步康，董光能，刘永红. 钢轨短波长波浪形磨损的安定性分析[J]. 摩擦学报，2004，24(1)：70-73.

[5] 王生楠，陈瑞峰. 结构弹塑性安定分析方法[J]. 西北工业大学学报，1995，13(4)：505-510.

[6] A R S Ponter，M Engelhardt. Shakedown limits for a general yield condition：implemrntation and for a von mises yield condition[J]. EUR. J. Mech，A/Solids，2000，19：423-445.

[7] Sawczuk A. Shakedown analysis of elastic-plastic structures[J]. Nuclear Engineering and Desion，1974，28：121-136.

Plastic Shakedown Analysis of Metal Material

LIU Feng-lei[1]，ZHANG Meng[2]，WANG Bu-kang[1]

(1. Taiyuan Branch，China Coal Research Institute，Taiyuan 030006，China；2. Taiyuan University of Technology，Taiyuan 030024，China)

Abstract：The experiment was carried out on 23MnNiCrMo54 steel samples under cyclic loads. The results show that 23MnNiCrMo54 steel is of "shakedown" and the dislocation density of metallic phase structure increases when the "shakedown" occurs from the TEM micrographs. The allowable load on the metallic materials can be increased on this experiment，which provides theoretical support for the design of mechanical parts.

Key words：shakedown；dislocation density；metal material；plasticity

(上接第46页)

Analysis of Internal Cracks in Hot-puncturing Process

ZHU An-li[1]，WANG Gui-cheng[2]

(1. Suzhou Railway Mechanical School，Suzhou 215008，China；2. Jiangsu University，Zhenjiang 212013，China)

Abstract：Internal crack is the normal defect in hot-puncturing process，we can know internal crack is a complicated systematical problem by analyzing the causes of it. So we shall take every factor into consideration and take multi-variable analytical methodology to optimize the whole system in order to prevent the internal crack.

Key words：internal cracks；defects；analysis