

# 优化变形工艺提高芯棒利用效率的探讨

黄佩武<sup>1</sup>, 李 晓<sup>2</sup>

( 1. 湖南冶金职业技术学院, 湖南 株洲 412000; 2. 包钢股份连轧钢管厂, 内蒙古 包头 014010 )

**摘 要:** 芯棒是限动芯棒连轧钢管机组中最重要的热变形工具, 其使用效果决定着钢管生产成本的高低。针对芯棒用 H13 型钢的材料特性, 通过对机组变形工艺的分析, 提出了使用附加孔型对芯棒使用工艺进行优化的办法, 以解决报废芯棒再利用的问题。

**关键词:** 限动芯棒连轧钢管机组; 变形工艺; 孔型优化; 芯棒; 利用效率

**中图分类号:** TG305 **文献标识码:** B **文章编号:** 1001-2311(2006)04-0017-03

## Discussion on Optimizing Deformation Process to Enhance Mandrel Utilization Factor

Huang Peiwu<sup>1</sup>, Li Xiao<sup>2</sup>

( 1. Hunan Metallurgical Technical Vocational School, Zhuzhou 412000, China;

2. The Mandrel Pipe Mill Plant, Baotou I & S Corp., Ltd., Baotou 014010, China )

**Abstract:** Since the mandrel is the most critical thermal deformation operation tool for the retained mandrel pipe mill (MPM) process, its operation efficiency is decisive to steel tube operational cost. In order to reuse the scrapped mandrel, an approach to optimizing the mandrel operation is proposed, involving an additional groove introduced on the basis of the characteristics of the H13 steel and the analysis of the deformation process of the mill.

**Key words:** Retained mandrel pipe mill(MPM); Deformation process; Groove optimization; Mandrel; Utilization factor

### 0 前 言

芯棒是限动芯棒连轧管机组中最重要的变形工具。通过轧辊与芯棒的共同作用, 毛管被轧制到所要求的尺寸。芯棒的表面质量及状态, 直接关系到产品的精度以及管体的内表面质量。

使用限动芯棒轧制工艺生产无缝钢管已为国内钢管界所普遍认同。目前建设或即将投产的限动芯棒连轧管机组普遍具有大型化的特点。芯棒大型化后, 如何通过优化生产工艺、降低芯棒使用成本, 将成为该类轧管机组面临的重要课题。

现代连轧钢管生产中, 通常使用 1~3 个孔型系列。在每个孔型系列中, 通过使用不同外径的芯棒

可以得到不同壁厚的荒管, 再经过定径机或张力减径机, 形成壁厚不一的成品钢管。

实际生产中, 每一孔型系列的上限规格芯棒总是用于生产相对薄壁规格的成品, 且薄壁产品市场需求量大, 导致芯棒消耗大, 通过改车芯棒规格很难做到均衡消耗。

通常情况下, 根据产品大纲, 确定变形工艺, 在最少的孔型系列内生产要求的产品。孔型系列的选取并未兼顾芯棒利用的最高效率, 于是提出了通过优化变形工艺提高芯棒利用效率的办法, 并以此作为降低芯棒消耗的主要手段。

### 1 限动芯棒的主要失效形式

通常情况下, 芯棒主要以表面龟裂和机械性划伤为主要失效形式。表面龟裂是由于芯棒棒体在刷

黄佩武(1970-), 男, 讲师, 主要从事金属材料的研究与教学工作。

烈的冷热交替环境中因温度应力所致,如图1所示。机械性划伤是由于金属耳子、其他非正常磨损导致的芯棒表面铬层失效,从而使棒体受伤,出现沟槽,通常为纵向划伤(图2)。由于轧制薄壁钢管需要承受更为恶劣的变形条件,因此,各孔型系列中,上限规格芯棒失效速度更快。

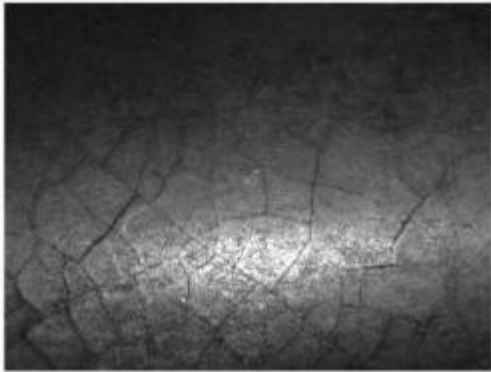


图1 棒体因温度应力导致的裂纹



图2 芯棒表面的机械性划伤

芯棒出现机械性划伤或者正常疲劳损伤后,主要采用将大规格芯棒加工至相应的较小规格芯棒的办法来再使用。在实际操作中,通常并非按照最小加工量来确定所要改车的芯棒规格,而是按具有使用价值的规格来确定最小的车削量。通常为每个系列中较大的几个规格。

芯棒堆焊工艺的提出,解决了芯棒原有表面状态和外形尺寸。在一个孔型系列中,不同直径的芯棒用于生产不同壁厚的成品钢管。使用堆焊技术对芯棒局部修复或全部堆焊,恢复至原有尺寸,可以提高芯棒的利用效率。

## 2 芯棒材质、化学成分及临界温度

芯棒选用美国牌号 H13 型钢(对应的中国钢号

为 4Cr5MoSiV1), 化学成分见表 1, 临界温度见表 2。H13 型钢是国际上被广泛应用的一种空冷硬化热作模具钢, 该钢由于加入多种合金元素, 如 Cr、Si、Mo、V 等, 使其具有很高的淬透性, 在高温回火后析出弥散的  $M_2C$  和 MC 型碳化物, 从而产生二次硬化。经过合理的热处理, 能够使该钢获得较高的强度、硬度和韧性、耐冷热疲劳性能。由于含有较高的 Cr, 该钢具有一定的抗氧化性和耐蚀性<sup>[1]</sup>。

表 1 H13 型钢的化学成分(质量分数) %

C	Cr	Mo	Si	V	P	S
0.32~0.42	4.5~5.5	1.0~1.5	0.8~1.2	0.8~1.1	≤0.03	≤0.03

表 2 H13 型钢的临界温度 °C

$A_{C1}$	$A_{C3}$	$A_{r1}$	$A_{r3}$	$M_s$	$M_f$
860	915	775	815	340	215

## 3 提高芯棒利用效率的工艺方案

通常, 在工艺设计中每种规格芯棒对应着一个范围的壁厚, 或者说某一壁厚规格的产品只能使用唯一规格的芯棒来生产。由于合同分布不均衡, 每个孔型系列中的上限规格芯棒总是用于生产变形负荷较大的品种, 通常合同量较大, 芯棒消耗也很大; 同一孔型系列中随着芯棒规格的减小而壁厚增加, 合同量减少, 以及变形条件改善, 芯棒消耗也随之减小。因此, 对于芯棒改制而言, 跨孔型系列改车才有意义。以某厂为例, 该厂使用 2 个孔型系列, 若按照类似工厂经验改车, 只能改制 1 次, 而且加工量大造成浪费, 芯棒可利用率降低。

芯棒使用工艺优化的主要思路是: 通过设计附加孔型, 使用原孔型系列的厚壁管芯棒, 在新的附加孔型系列中生产市场需求量较大的薄壁规格, 实现“一棒两用”, 并且可以生产主孔型系列中的多数产品规格; 使用附加孔型的变形工具基本上具有共用性(包括坯料、工艺工具等), 从而实现芯棒均衡消耗满足生产要求, 工具准备成本最低化。

根据不同壁厚产品与芯棒消耗状况, 主孔型(A2)与附加孔型(F2)生产的壁厚范围见表 3。变形工艺设计结果示例如图 3 所示。

尽管菌式穿孔机的扩径率由 12.6% 降到了 7.04%, 在轧机辗轧角与咬入角的配合下, 穿孔毛管壁厚与外径之比可以达到 4%~6%, 足以满足需要<sup>[2]</sup>。具体的轧机调整参数需要进一步摸索。

表3 孔型与芯棒对应的生产产品壁厚范围 mm

芯棒直径	产品壁厚范围	
	A2 孔型	F2 孔型
253.5-241.8	6-12	
238.3-226.4	14-20	6-12
221.3-217.0	22-25	14.6-16.7

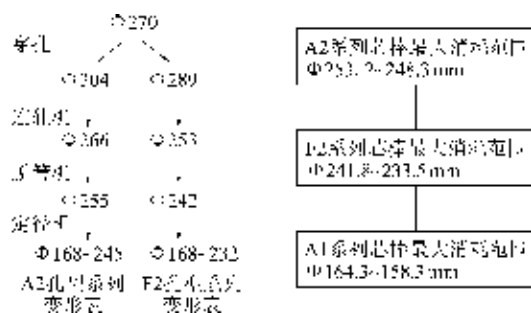


图3 变形工艺设计示例

#### 4 与堆焊方案的优劣比较

芯棒堆焊工艺虽然可以弥补改车芯棒规格所带来的芯棒消耗不均衡的不足，但是却产生了一些新的问题。改车工艺方案与堆焊工艺方案的优劣比较如下：

(1) 堆焊工艺的稳定性，决定了芯棒的质量与寿命，因此稳定控制生产工艺成为关键和难点；而在新的工艺方案中，仅需对芯棒母体进行机加工，不会改变棒体的力学性能，因而可保证芯棒使用性能的稳定性。使用实践表明，经较大的车削后，改车芯棒的力学性能基本稳定，完全能够满足使用要求。

(2) 芯棒堆焊工艺的使用，导致芯棒母体失效缺陷由机械性损伤为主转变成热裂为主，而热裂纹在芯棒这类金属体上，随着轧制和冷却的交替进行，将沿棒体周向和径向扩展，加速芯棒报废。新工艺方案中，仅对芯棒进行适量的加工，在消除机械性损伤缺陷的同时，也可将已经形成的热裂纹去除，确保加工后的芯棒具有良好的使用状态，保证了芯棒母体寿命。这一点对于延长芯棒的使用寿命具有重要意义。

(3) 芯棒改车工艺的加工工序减少，取得相同寿命的成本大幅度降低。

芯棒堆焊工艺为：

全剥皮→堆焊→热处理→粗车→精车→镀铬

芯棒改车加工工艺为：

粗车→精车→镀铬

(4) 改车工艺方案设备投资大幅减少。由于工序多，要达到相同的生产能力，堆焊工艺比改车工艺要多投入 2 倍以上的设备，同时要解决堆焊工艺与热处理工艺等软件方面的技术难题；而改车工艺使用相同设备，生产能力可以提高 2 倍以上，且加工工艺成熟，无技术难点。

(5) 芯棒改车工艺方案的工艺难点少，需要投入的研究费用远小于设备投入费用。因此，采用芯棒改车工艺方案可以迅速收回投资。

#### 5 结 语

针对芯棒使用的具体情况，根据现有设备特点，结合各组距产品产量分布状态，提出了提高芯棒利用效率的一种新方法。

通过改善变形工艺，提高芯棒利用效率，降低芯棒使用成本，可大幅度地降低芯棒占用资金。通过对工艺变形的分析，证明芯棒改车工艺方案是可行的。采用堆焊恢复芯棒与使用新的孔型系列保证生产所需的改车工艺方案作比较，后一个方案更强调软件办法解决，而堆焊工艺需要大量的设备投入。国内已建大型限动芯棒连轧管机组，其产品是否具有成本优势的关键因素之一就是降低芯棒的消耗。因此应采取必要的应对措施。

#### 6 参考文献

- 1 《合金钢种手册》编写组.合金钢种手册(第3册)[M].北京:冶金工业出版社,1983.
- 2 Chihiro Hayashi, Tomio Yamakawa. Influences of piercing ratio, expansion ratio, feed, cross and skew angles on available piercing size range in rotary piercing process [J]. ISIJ International, 1998, 38(11): 1255~1261.

(修订日期: 2006-01-16)

欢迎订阅《中国钢管企事业概览》