提高大直径连轧机组芯棒使用寿命的措施*

林 震[1],考 然[1],郭冬青[2]

(1. 内蒙古包钢钢联股份有限公司钢管公司,内蒙古 包头 014010;
2. 内蒙古包钢钢联股份有限公司技术中心,内蒙古 包头 014010)

摘 要: 针对大直径连轧机组三段式芯棒表面“掉肉”和螺栓连接处断裂两种失效问题,通过控制芯棒冷却效果、调整石墨润滑层厚度、降低最大直径芯棒轧制特薄壁钢管的延伸系数、在连轧机的伺服系统设计“芯棒躲避”功能、在连接杆和工作段接缝处添加垫片组等措施解决了芯棒表面“掉肉”和断裂问题,提高了芯棒的使用寿命,芯棒使用成本降低8%左右。

关键词: 连轧机; 三段芯棒; 芯棒躲避功能; 石墨
中图分类号: TG333 **文献标识码:** B **文章编号:** 1009-5438(2021)03-0016-04
DOI:10.13647/j.cnki.btgkj.2021.03.005

Measures to Improve Service Life of Mandrel for Large Diameter Continuous Rolling Mill

Lin Zhen[1], *Kao Ran*[1], *Guo Dong-qing*[2]

(1. *Steel Tube Co. of Inner Mongolia Baotou Steel Union Co., Ltd., Baotou* 014010, *Inner Mongolia Autonomous Region, China*;
2. *Technical Center of Inner Mongolia Baotou Steel Union Co., Ltd., Baotou* 014010, *Inner Mongolia Autonomous Region, China*)

Abstract: The problems of misrun on surface of three-section mandrel for large diameter continuous rolling mill and fracture at joint of bolt are solved through such measures as controlling the cooling effect of mandrel, adjusting the thickness of lubricating layer of graphite, reducing the coefficient of elongation for rolling ultra-thin-wall steel pipe with maximum diameter mandrel, designing the function of “mandrel avoidance” in servo system of continuous rolling mill and adding gasket unit at the joint of connecting rod and working section so that the service life of mandrel is significantly improved and the use cost of mandrel is reduced by about 8%.

Key words: continuous rolling mill; three-section mandrel; function of mandrel avoidance; graphite

芯棒的制作成本高,显著影响钢管质量,提高芯棒的使用寿命,可以大幅度降低生产成本,提高产品质量,所以提高芯棒寿命是钢管生产厂一直研究的课题。芯棒的失效形式主要有芯棒表面划伤,芯棒表面“掉肉”,环状热裂纹,三段式芯棒连接杆处断裂[1]。大直径三辊连轧管机组所使用的三段式芯棒主要的失效形式是芯棒表面“掉肉”和连接杆处断裂,本文对大直径芯棒的这两种失效形式的原因进行分析,并且制定了解决措施,这些措施对于提高三段式大直径芯棒寿命起到了显著的作用。

* **收稿日期:** 2021-05-06
作者简介: 林 震(1985-),男,内蒙古赤峰市人,工程师,现从事无缝钢管轧钢工艺设计。

1　表面“掉肉”和连接杆处断裂原因

1.1　芯棒表面“掉肉”

芯棒“掉肉”表现为芯棒基体表层出现片状剥落，深度一般在 1 ~ 3 mm。这种缺陷会影响成品钢管的壁厚，严重的造成钢管内表面片状凸起[2]。“掉肉”产生的主要原因有三个方面：第一方面，芯棒使用过程中的冷却和石墨润滑制度不合理，石墨润滑不能有效降低轧钢时的摩擦力，芯棒表面承受较大的切应力，基体容易剥落，即表面“掉肉”；第二方面，轧制特薄壁钢管较轧制中厚壁钢管轧制力高，承受高的变形抗力芯棒表面容易失效；第三方面，近些年投产的 Φ460 mm PQF 连轧机组，设计两架芯棒支撑机架，一个机内支撑辊，该机组使用的芯棒重量较大，最大重量 30 t，芯棒支撑机架经常发生抱偏芯棒的情况，芯棒回退过程中与旋转的轧辊接触，某个部位多次被磨损，表面出现“掉肉”缺陷。芯棒表面掉肉缺陷如图 1 所示。

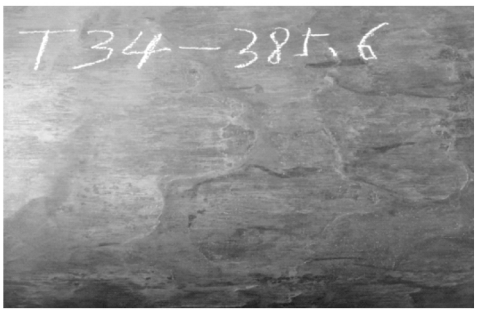


图 1　芯棒掉肉

1.2　三段式芯棒连接杆处断裂

目前新设计的三段式芯棒，由于较整节芯棒成本低，各连轧钢管厂大力推广，但是这类芯棒的工作段与连接杆的连接螺栓根部易发生断裂，尤其是大规格芯棒。连接螺栓断裂的原因是在轧钢过程中芯棒支撑机架闭合和轧机抛钢阶段芯棒出现明显的抖动，抖动产生了弯曲应力，连接螺栓的根部应力集中，经过多次反复受力导致这个部位出现断裂。三段式芯棒形式如图 2 所示，断裂截面如图 3 所示。

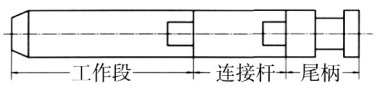


图 2　三段式芯棒示意图



图 3　芯棒断裂截面

2　解决措施

2.1　芯棒冷却温度的控制

芯棒冷却的目的主要是保证芯棒润滑时石墨牢固的附着在芯棒表面。冷却后的芯棒表面温度过低，石墨喷到表面后结成水滴，轧制时石墨与芯棒没有良好的附着，且润滑层不均匀；冷却后芯棒温度过高，石墨喷到芯棒表面时产生气泡，石墨润滑层薄，起不到润滑的作用。

芯棒在冷却后，内部热量逐渐传到表面，表面温度会有一定升高，为了保证不同系列芯棒的石墨润滑效果良好，不同系列的芯棒冷却温度应该不同，通过试验得出不同组距芯棒的最佳冷却温度，如表 1 所示。

表 1　不同系列芯棒的冷却温度

芯棒直径/mm	冷却后温度/℃
245.15 ~ 307.70	100 ~ 120
314.10 ~ 385.60	80 ~ 100
388.50 ~ 460.60	70 ~ 90

2.2　石墨润滑层厚度的调整

轧制过程中芯棒与毛管内壁有较大的摩擦力，芯棒表面的石墨润滑层逐渐消耗，实际生产中发现，如果将石墨润滑层厚度适当加大，可以降低限动齿条的扭矩，说明适当增加润滑层厚度可以减小轧制时芯棒与毛管的摩擦力，但是润滑层厚度超过一定范围，改善效果下降。表 2 列出了轧制 Φ325 mm × 10 mm(20#钢) 规格时不同润滑层厚度对限动扭矩的影响。

表2 不同润滑层厚度对于限动扭矩的影响

润滑层厚度/(g·m^{-2})	限动扭矩(N·m)
60~90	10 000~11 000
100~150	9 000~10 000
170~200	9 500~10 500

从现场试验对比得出，润滑层过薄或过厚都会导致芯棒限动扭矩增加，润滑层薄，荒管轧到尾端润滑层基本消耗，尾端限动扭矩升高；润滑层过厚，石墨附着力不够，润滑层石墨容易被毛管内壁刮掉。所以石墨润滑层厚度控制在100~150 g/m^{2}效果最好。

2.3 降低连轧机的延伸系数

一般情况下，芯棒在轧制特薄壁管时使用寿命较低，轧制特薄壁管时(外径与壁厚的比值$D/S \geqslant 20$)，连轧机的相对压下量较大，变形率较大[3]。下面以某机组轧制Φ273 mm×7 mm、Φ273 mm×8 mm和Φ273 mm×10 mm规格为例，讨论连轧机的变形量差别。表3列出这三个规格的变形量。

表3 某机组轧制钢管变形量对比

指标	特薄壁	薄壁	中厚壁
壁厚/mm	7	8	10
毛管壁厚/mm	24.2	24.2	26.2
荒管相对变形量/%	72.7	68.8	68.2

连轧机轧制特薄壁管时，轧制力较高，在连轧机出口壁厚不变的条件下，减小毛管壁厚，即减小连轧机组的延伸系数，增加穿孔机组的延伸系数，降低轧件对芯棒的变形抗力，从而提高芯棒使用寿命[4]。

2.4 设计伺服缸“芯棒躲避功能”

“芯棒躲避功能”为某架轧机轧制结束后，该架的三个伺服缸缩回一定数值，轧辊形成的孔型直径相应增加，全部轧机轧制完成后轧辊都缩回一定数值，芯棒退出轧机轧辊回到轧制位置。所有机架孔型都增加，芯棒与轧辊的间隙变大，避免轧辊与芯棒接触，防止芯棒被轧辊磨“掉肉”。

2.5 接缝处添加垫片组

针对三段式芯棒连接杆与工作段连接螺栓处断裂问题，在连接杆与工作段的接缝位置添加一组垫片可以减少芯棒断裂的数量。首先测量连接杆与工作段处接缝的宽度，根据宽度制作垫片组，垫片组的厚度小于接缝宽度1~2 mm，垫片组直径等于芯棒直径，进而将制作好的垫片塞入接缝处，用花焊的方式将垫片组焊接到连接杆一面，垫片组能够减少芯棒轧制过程中由于抖动在螺栓根部的形成弯曲应力，起到保护螺栓的作用。芯棒连接杆与工作段接缝不加垫片如图4所示，接缝加垫片如图5所示。

2.6 其他解决三段式芯棒断裂的措施

调整芯棒支撑机架支撑辊布置方式，将下辊改为水平布置，减轻了轧钢时芯棒的抖动，调整连接螺栓根部圆角值，减缓应力集中程度。

将连接螺栓的公扣从连接杆一侧改到工作段一侧，减轻了对螺栓的冲击。这些措施都对芯棒断裂起到一定作用。

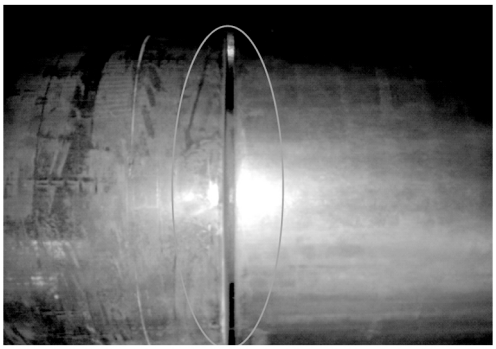


图4 不加垫片芯棒

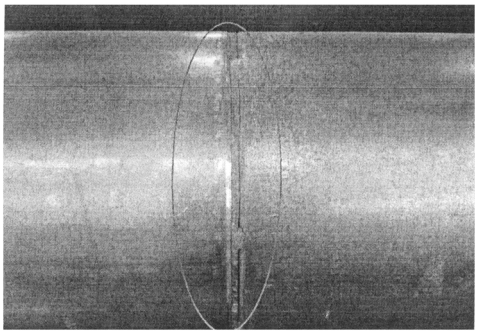


图5 加垫片芯棒

3 改进效果

通过改进芯棒冷却和石墨润滑，以及设置的连轧机伺服缸“芯棒躲避功能”，芯棒表面的“掉肉”缺陷明显降低，大直径芯棒平均寿命提高了200支左右，芯棒使用成本降低了8%左右。在三段式芯棒的连接杆与工作段接缝处添加垫片有效降低了芯棒

断裂的数量，改进后每月芯棒断裂的数量从 3 ~ 5 支降低到 1 支以下。

4　结论

(1) 解决芯棒“掉肉”的三方面措施效果显著，其中降低连轧机延伸系数、设计伺服缸的“芯棒躲避”功能两项措施可以在其他连轧机组推广。

(2) 在解决三段式芯棒断裂问题时进行了多项改进，减轻轧钢时芯棒的抖动程度；在连接螺栓根部设计圆倒角，减小应力集中；将连接螺栓的公扣从连接杆一侧改到工作段一侧，这些措施起到了作用，在接缝处添加垫片的效果最明显，这一措施值得其他使用三段式芯棒的机组借鉴。

参　考　文　献

[1] 张晓燕，黄子阳，沈江华. 热轧钢管用芯棒的表面缺陷分析 [J]. 上海金属，2008，30(2)：41 - 43.

[2] 周晓峰，史庆志，张传友. 提高 MPM 连轧管机组芯棒使用寿命的措施 [J]. 钢管，2010，39(4)：70 - 73.

[3] 李晓，乔爱云，赵广林. 限动芯棒使用工艺方案研究 [J]. 轧钢，2005，22(1)：17 - 18.

[4] 王廷溥，齐克敏. 金属塑形加工学—轧制理论与工艺 [M]. 北京：冶金工业出版社，2007.

(上接第 15 页)

仅要控制材料的强度韧性，还需材料具有良好的抗挤毁性能，通过控制钢管外径椭圆度、壁厚不均度、残余应力等保证材料的抗挤毁性能，材料外压至失效试验的检测结果见表 6，从结果可看出，BT135VRE 钢级套管的抗外压挤毁强度比 API BUL 5C2 标准[4] 的推荐值高出 36.23%，达到高抗挤毁套管的设计要求。

表 6　外压至失效试验的检测结果

试样编号	试样压溃值/MPa	试样压溃值/标准推荐值
BT135VRE 试样 1Z	191.7	1.35
BT135VRE 试样 2Z	196.8	1.38
BT135VRE 试样 3Z	193.9	1.36
API BUL 5C2 标准	≥142.5	1.00

4　结论

(1) 热处理试验表明，热处理制度淬火温度为 900 ℃，保温 65 min，回火温度为 670 ℃，保温 120 min，材料性能满足页岩气无缝钢管 BT135VRE 的要求，实现了高强高韧性。

(2) 基于中碳 Cr - Mo - V 系合金化技术辅以 RE 元素，通过洁净钢冶炼制备出非金属夹杂物级别低、组织均匀、尺寸精度高、力学性能优异的 BT135VRE 页岩气专用管。

参　考　文　献

[1] 唐海侠. 中国页岩气发展战略对策分析 [J]. 中国新技术新产品，2018，(2)：116 - 117.

[2] 张然. Q125 钢级高强度石油套管的试制 [J]. 钢管，2019，48(2)：35 - 39.

[3] 姜玉梅，卢小庆，罗蒙. 高存气压力区块生产套管柱优化设计及配套套管的开发与制造 [J]. 钢管，2019，48(2)：29 - 34.

[4] API Bulletin 5C2，Bulletin on Performance Properties of Casing Tubing and Drill pipe [S].