

高速线材轧机盘形影响因素及控制措施分析

陈健

(湖南华菱湘潭钢铁集团有限公司高线厂 湖南 湘潭 411101)

摘要: 线材盘形差, 是造成小规格线材轧检废及改判高的主要原因, 不仅严重制约小规格线材小时产量的提升, 同时还是线材产品用户投诉较高的质量问题根源所在。本文对影响线材盘形的因素进行了全面深入分析, 对如何保证盘形质量提出了具有针对性的改善控制措施。

关键词: 盘形; 吐丝管; 头部定位; STM 辊道; 控制措施

0 引言

高速线材轧机一般是指最大轧制速度高于 40m/s 的线材轧机, 是冶金技术、电控技术和机械制造技术的综合产物^[1]。随着线材轧制速度和产量的提高, 客户对盘形的要求也越来越高, 盘形的好坏决定客户在使用放线过程中是否会出现乱线、打结等问题, 严重影响加工的效率及产品质量, 整齐的圈形质量能够保证放线时的流畅, 减少用户拉拔断丝率, 提高加工效率^[2,3]。

1 影响盘形因素分析

1.1 吐丝机设备对盘形的影响

吐丝机是高速线材生产线上的关键设备, 对盘形的影响表现在以下 4 个方面。

1.1.1 吐丝管弯曲曲线偏差

吐丝管空间曲线方程及相关参数是吐丝机最核心的技术, 空间曲线是否合理直接影响吐丝质量。吐丝管一般是按阿基米德空间螺线弯制的(阿基米德螺线: 直线以一端点为中心作匀速旋转, 直线的另一端点以均速向外延伸, 用极方程表示为 $r=a\theta$), 根据形状和功能可分为三段(图 1), 其中变形段处磨损最为严重, 在该段线材随着吐丝管的弯曲形状进行塑性弯曲变形, 直接决定着吐丝管的使用寿命; 在稳定段, 线材进一步产生塑性弯曲变形并形成稳定的圈形吐出, 此段弯曲形状和内孔磨损状况直接影响圈形稳定性。

对比国内普遍使用的摩根与西马克两种进口吐丝机设备图纸可以看出, 两种吐丝管中心线曲线相差不大(图 2、图 3、表 1)。

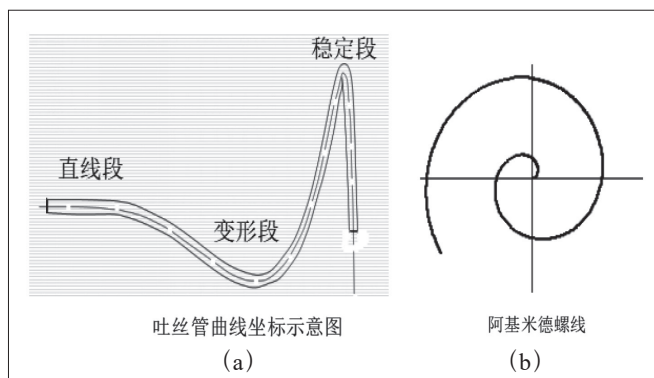


图 1 吐丝管示意图

吐丝管出口角度(图 4)对吐丝的影响较大, 在弯制与安装吐丝管时务必确保吐丝管出口角度: 线圈相对吐丝盘轴向速度 $V_z = V \cdot \sin 1.8^\circ = 0.0314V$, 轧制速度 V 为 100m/s, V_z 为 3.14m/s, $\alpha = 1.8^\circ$ 时, 吐丝往前速度比较合适。当 $\alpha > 1.8^\circ$, 如 2.5° , $\sin 2.5^\circ = 0.0436$, 吐丝往前冲得厉害; 当 $\alpha < 1.8^\circ$, 如 1.2° , $\sin 1.2^\circ = 0.0209$, 吐丝有点吐不出来。

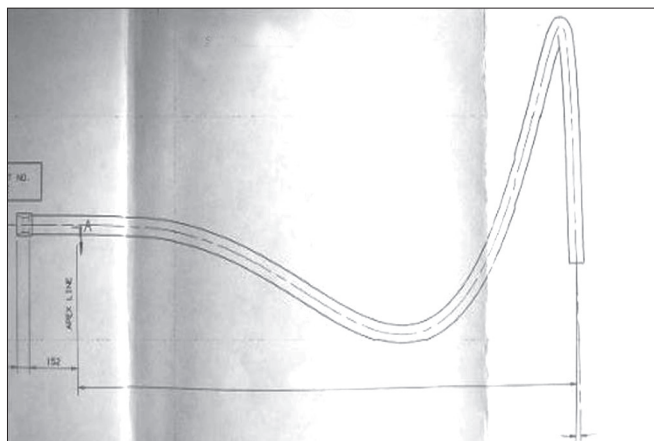


图 2 摩根吐丝管图纸

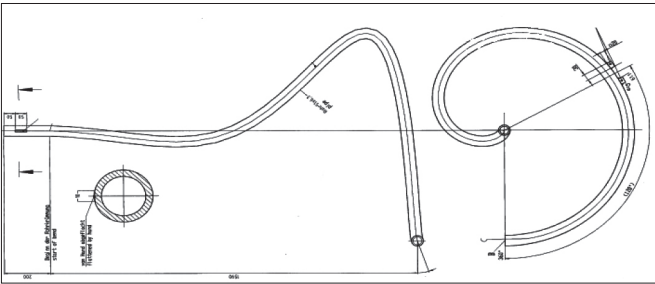


图 3 西马克吐丝管图纸

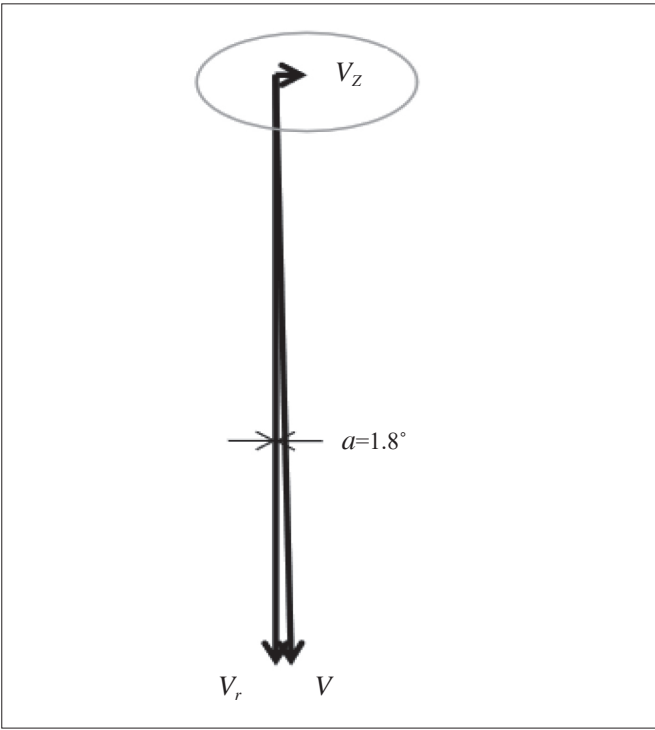


图 4 吐丝管出口角度示意图

1.1.2 吐丝管的严重磨损

由于吐丝管的异常磨损，线材在吐丝管内运行曲线发生变化，所受阻力加大，影响吐丝和盘形质量（图 5 ~ 图 7）。理想受力状态：吐丝盘对线材的摩擦力和推动力为零，即线材和吐丝盘在接触的临界状态，不产生任何摩擦，线材在吐丝管出口处只有垂直于吐丝盘的速度，且和吐丝盘向前推动线材的速度相等，吐丝管对线材的摩擦力沿吐丝管垂直切面均匀发生变化，吐丝管内壁均匀磨损。

吐丝机吐出轧件形成盘卷需要满足的力学条件如

表 1 摩根型与西马克型吐丝管参数对比

类型	内、外径 / mm	直线段长度 / mm	曲线段长度 / mm	总长度 / mm	出口端角度 / (°)	出口段直径 / mm
摩根型	34 × 48.3	152	1592	3600	1.8	1075
西马克型	38.4 × 51	200	1590	3600	1.8	1080

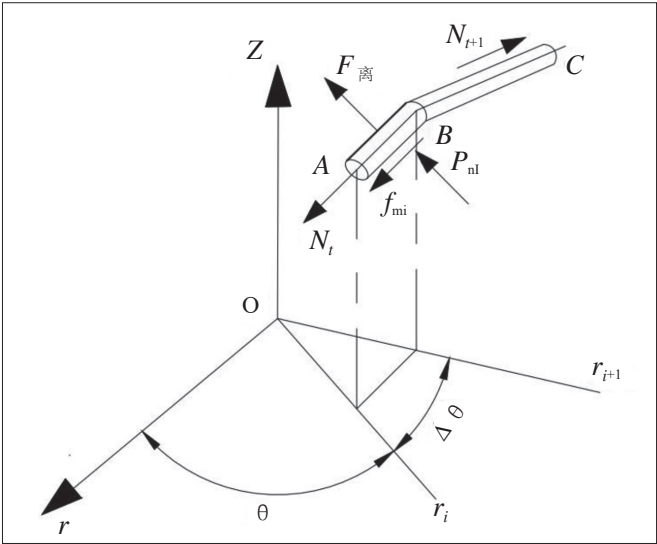


图 5 线材在吐丝管内受力模型

式 (1) 所示：

$$\vec{F}_{\text{离}} \geq \vec{F}_t + \vec{W} \quad (1)$$

式中： $\vec{F}_{\text{离}}$ —轧件在吐丝机获得的离心力， $\vec{F}_{\text{离}} = m \omega^2 r$ ；
 $\vec{F}_t$ —轧件在螺旋管内的运行阻力；
 $\vec{W}$ —轧件在螺旋管内部分的重量。

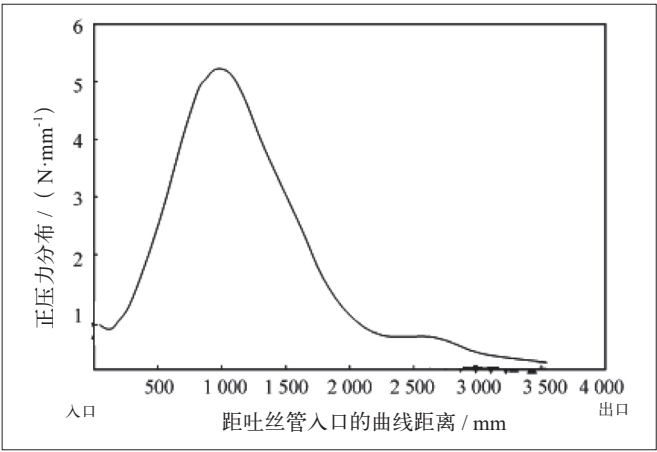


图 6 吐丝管内壁所受压力分布图

1.1.3 吐丝管内氧化铁皮粘结

线材在吐丝管中弯曲变形并与管内壁摩擦，表面氧化铁皮会部分脱落留在管内，顺向吹扫气不能有效将吐丝管内氧化铁皮吹扫掉，冷却水带入吐丝管内，氧化铁皮在管内粘结堆积，增加线材在管内运行阻力，造成吐丝不稳定；吐丝管内壁不光滑，也会增加线材在管内运行阻力，造成吐丝不稳定。

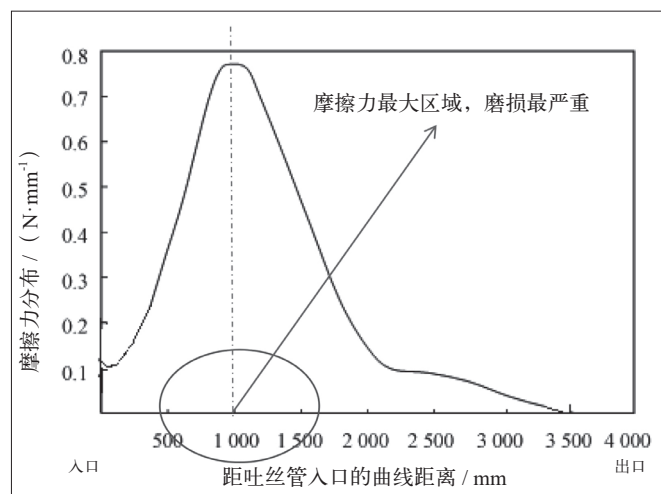


图7 吐丝管内壁所受摩擦力分布图

1.1.4 吐丝管转动不平衡

由于线材在吐丝管内存在离心力、零件外形误差及吐丝管等装配引起的误差,使得转子重心主惯性轴与轴线不重合,所以对吐丝机必须进行动平衡测试。

许用不平衡量一般如式(2)所示:

$$M=1/2em \quad (2)$$

式中: e — 许用偏心距;

m — 转动部分的质量。

由于吐丝机动平衡要求精度很高,因此吐丝管的管夹必须与吐丝管紧密配合,每间隔 150mm 设置 1 个,而且轴向有牢固可靠的限位管夹,以免引起管子变形及移动造成的突然乱卷。

1.2 夹送辊设备对盘形的影响

夹送辊位于最后一个水箱和吐丝机之间,轧件穿水冷却,使用夹送辊给轧件一个恒张力以防止轧件在水箱中抖动,并防止轧制小规格轧件时尾部升速,当轧制大规格时对尾部进行升速,对轧件施加推力以通过吐丝机。夹送辊打开和闭合的位置是通过止挡进行限制的,当辊环之间没有轧件时,夹送辊处于打开的位置;当轧件头部通过夹送辊后,根据所选夹送模式将夹送辊闭合。当夹送辊前热检检测轧件尾部时,给气缸一个信号,轧件尾部离开夹送辊后,夹送辊打开。

夹送辊对盘形的影响表现在两个方面:若夹送辊速度及超前量设定不合理,或夹送辊工作模式选择不合理,会引起线圈失圆、偏离主轴线;夹送辊夹槽工艺参数设计不合理、过度磨损,夹送辊夹持力设定不合理或者设备原因造成的夹持力不合适,会引

起夹送辊打滑、轧件运行不稳定,影响吐丝效果。

1.3 速度匹配对盘形的影响

减定径机(精轧机)、夹送辊、吐丝机速度配置不当,轧机严重的速度波动,引起轧件速度或快或慢,导致线圈大小不均;减定径机(精轧机)、夹送辊、吐丝机等编码器故障及电机接手间隙大等问题,都会影响实际速度波动,造成吐丝不稳。

吐丝超前系数的调整。根据秒流量相等的原则,吐丝管主轴转速与钢材转速应满足公式(3):

$$n=60V/\pi D \quad (3)$$

式中: n — 吐丝机转速 (r/min);

V — 钢材轧制速度 $\times \cos 1.8^\circ$ (m/s);

D — 线圈直径 (mm)。

吐丝超前系数增大,吐丝机转速 n 增大,线圈直径 D 就减小,吐丝机的速度超前量的典型值为 3%。

1.4 水冷段阻力对盘形的影响

水冷段对中偏差,水嘴、导管磨损及腐蚀,喷嘴堵塞等造成轧件运行阻力大,且不稳定,造成吐丝不稳及盘形差,尤其是小规格线材受阻力影响更大;精轧出口、废品箱及水箱轧线对中状况差;喷嘴导管磨损、腐蚀;夹送辊及前后导卫轧线对中状况差;芯管与吐丝管喇叭口轧线对中状况差。

1.5 机间张力对盘形的影响

轧机间张力太大,精轧机、减定径机的转速波动过大,造成吐丝不稳及盘形差。张力变化影响轧件尺寸波动,改变线材受力状况,造成吐丝不稳及盘形差。

1.6 首段辊道高度与速度对盘形的影响

STM 首段升降段高度与速度的调整要与吐丝机底托板、侧托板的调整相匹配。适当的首段高度可控制线圈的下落状态和在辊道上的位置,完成对线圈的接收和输送。根据轧制规格与品种,适当调整吐丝机底托板、侧托板和 STM 首段升降段高度,当轧件温度较高时,线圈太软,线圈落到首段辊道上,会变成椭圆形或乱圈。

1.7 STM 辊道对盘形的影响

1.7.1 吐丝机头部定位

线圈头部落在 STM 辊道上所在位置对线圈在辊道上运行影响很大,从而影响到盘形,需对线圈头部进行定位控制。吐丝机的头部定位采用了两种方式:一是通过改变吐丝机的转速,调节电机速度使轧件头部按照给定的位置从吐丝机管口出来;二是改变

精轧机前的飞剪剪切长度,确保轧件头部在给定位置的范围内从吐丝管出来。

1.7.2 头尾挂线

线圈在辊道上运行,局部受到卡阻挂线。为减少前进阻力,保证稳定轧制,设定线材头尾部分在水冷箱内不穿水,因此线材吐丝后头尾较软,在斯太尔摩线入口辊道及冷却线上容易发生挂钢事故,有两种情况:

(1) 吐丝后线材头部直接扎入密排辊道间隙、辊道护板间隙,或者通过入口密排辊道后扎入后面辊道较大的间隙内。其原因是头部定位设置不合理,或辊道磨损、变形使辊道间隙过大,或辊道转速不均匀导致运输速度不均匀。

(2) 小规格线材尾部圈形大、吐丝甩尾造成挂钢,其原因是小规格线材的尾部速降设定不合理,或夹送辊夹持力、闭合辊缝设定不合理,或由于夹槽磨损、气缸泄漏故障等原因造成的夹送辊打滑。

1.7.3 线圈变形及错位

线圈在辊道上运行速度不协调,造成线圈变形及错位,产生原因如下:

(1) 线圈落到首段辊道的角度与首段辊道高度及运行速度不匹配;

(2) 参数设定错误或设备问题造成相邻两段辊道速度相差大;

(3) 集卷卡阻,辊道频繁启停;

(4) 辊道链条太松。

1.8 集卷设备对盘形的影响

散卷通过 STM 辊道运输后进入集卷设备进行收集,集卷后的盘形质量基本决定了最终盘形质量。集卷筒线圈布卷器投入可使线圈有规则的错开,使线圈堆积更紧密,降低集卷后盘卷高度,可有效改善盘形质量。

2 盘形改善控制措施

2.1 张力控制措施

保证微张力及活套功能的投入,并经常检查机间实际张力情况及活套套形,及时进行调整;红坯尺寸按要求进行控制;减少轧件温度波动。

2.2 轧制线对中检查与调整

(1) 每天日修用试棒对精轧废品箱、水箱水嘴、导槽、夹送辊进出口导卫、吐丝机入口喇叭口、芯管区域进行检查,保证无明显台阶,磨损超过要求

的应及时更换。

(2) 夹送辊及前后导卫轧制线定期进行校正,夹送辊出口导卫磨损后要及时更换。

(3) 水冷套支撑芯管部分磨损及吐丝管喇叭口支撑衬套磨损应定期检查处理。

2.3 工艺参数调整

(1) 根据吐丝情况可选择不同夹送辊夹持方式,选全夹时夹送辊 R 值一段情况下要高于吐丝机 R 值 2%。夹送辊冷却水水压能满足冷却要求即可,保持在 0.15MPa 左右,防止因水压高,冷却水进入吐丝机。

(2) 吐丝机超前系数 R 值过大,出吐丝机线圈小,下落过程中线圈下部首先接触 STM 辊道,线圈向右滚动,造成下落线圈翻转,线圈偏向辊道右侧,另外也加大了吐丝管的磨损,缩短吐丝管的寿命;吐丝机超前系数 R 值过小,出吐丝机线圈偏大,线圈向左滚动,线圈偏大造成线圈下落困难,而且易挂辊道。选择适当 R 值,可使线圈下落均匀、平稳、端正。

(3) 吐丝机头部定位控制方式有飞剪定位和活套定位两种,一般选择活套定位,观察头部落在 STM 辊道位置,将其调在最佳区域。

(4) 底托板和侧托板的磨损、变形或安装位置不当也是影响吐丝的因素。规格和品种变化,底托板、侧托板和 STM 首段升降段位置也应变化,底托板台阶磨损超过 1/3 要更换,底托板底部与 STM 首段辊道距离保持在 50mm 左右。

2.4 吐丝设备状况控制措施

(1) 吐丝管的弯制要标准化,加热温度、加热时间都要按要求执行,吐丝管的弯曲要到位,弧度要达到标准。吐丝管的长度、入口喇叭口的直径、内壁光洁度、成品管重等都要符合标准。

(2) 对于弯管机,要定期进行校核,一般是 2 ~ 3 个月。

(3) 安装吐丝管时,管夹安装要标准(第六个定位管夹安装到位后不能有间隙),管夹顺序不能错,使用力矩扳手按规定力矩拧紧。

(4) 吐丝管更换后,要将吐丝管冷却水调成雾状,水路、气路畅通。

(5) 在更换吐丝机入口喇叭口时,一定要记住喇叭口拧到位后,再反拧 90°,以保证芯管入口与吐丝机喇叭口之间间隙均匀,逆向吹扫气畅通,扫气压力满足要求,轧机空气排水及时。

(6) 顺向吹扫气压力满足要求,并保证正常吹扫,

呼吸孔、排水孔确保畅通。

(7) 吐丝管出口端角度检查。吐丝管出口端与偏导板之间位置应相对稳定,与偏导板之间间隙约为 5mm,间隙过大吐丝易飘;间隙过小吐丝时线圈易与偏导板相互磨擦产生阻力,造成吐丝不稳定,也会加剧偏导板的磨损。

(8) 加强吐丝机设备维护:定期对吐丝机偏导板、轴承、齿接手进行检查维护,吐丝机偏导板成形面及直径最大处磨损情况要经常检查处理,偏导板直径最大处与剖分导槽间隙不能超过要求,同时定期对吐丝机进行现场动平衡调试。

2.5 STM 辊道盘形控制措施

(1) 线圈落到首段辊道的角度与首段辊道高度及运行速度匹配好。

(2) STM 密排辊道因磨损或变形造成间隙超标、辊道护板间隙大等引起线圈挂线的部位要及时整改。

(3) 相邻两段辊道速度相差不能超过 0.3m/s。

(4) 避免 STM 辊道频繁启停。

(5) 辊道链条不能太松。

2.6 集卷盘形质量控制措施

根据不同规格及钢种,设定分离爪打开延时、集卷托板的下降延时和下降速度,尽可能保证盘卷在筒内集卷,因受集卷筒内壁的约束,确保了盘卷的外观美观。在保证轧制节奏的情况下尽量延长分离爪打开延时及集卷托板的下降延时;在保证轧制节奏的情况下尽量减慢托板下降速度,高碳品种可以适当加快;确保投入线圈分布器。

3 结语

本文主要研究了高速线材轧机盘形的影响因素和改善措施。高速线材轧机盘形受诸多因素影响:吐丝管弯曲曲线偏差,吐丝管的严重磨损,速度匹配对盘形的影响,吐丝管转动不平衡,夹送辊设备对盘形的影响,水冷段阻力对盘形的影响,机间张力对盘形的影响,首段辊道高度与速度对盘形的影响,STM 辊道对盘形的影响,集卷设备对盘形的影响。针对以上影响因素提出了对应的改善措施:张力控制措施,轧制线对中检查与调整,工艺参数调整,吐丝设备状况控制措施,STM 辊道盘形控制措施,集卷盘形质量控制措施。通过以上技术的分析和总结,期待为后续类似机械研究提供相关理论参考。

参考文献:

- [1] 刘宏民,姚双吉,杨利坡,等.高速线材吐丝机吐丝管空间曲线研究和改进[J].中国工程科学,2006,8(11):80-85.
- [2] 汪建新,杨文志,张玉宝,等.包钢高线吐丝机乱卷原因分析及其消除措施[J].包头钢铁学院学报,1999(04):453-455.
- [3] 姚双吉.高速线材吐丝机吐丝管空间曲线研究及吐丝质量改进[D].秦皇岛:燕山大学,2006.

作者简介:陈键(1984.07-),男,汉族,湖南邵阳人,本科,工程师,研究方向:机械制造、设备维护。