包钢冷连轧机断带原因及控制措施*[1]

韩玉龙,高 军,廖 腾

(内蒙古包钢钢联股份有限公司薄板坯连铸连轧厂,内蒙古 包头 014010)

摘 要: 文章主要介绍了包钢1 780 mm冷连轧机近年来发生的各种断带事故。并针对轧机断带事故从热轧原料、激光焊机、拉矫机、切边剪、轧制计划等方面查找原因,据此在优化热轧工艺、激光焊机参数、拉矫机延伸率、轧制计划搭接、冷轧设备维检等方面制定了行之有效地措施,使得机组断带率显著下降,作业率显著上升,取得了较好的经济效益。

关键词: 冷连轧机; 轧机断带; 轧制工艺

中图分类号: TG333.7+2 **文献标识码:** B **文章编号:** 1009-5438(2018)02-0025-04

DOI:10.13647/j.cnki.btgkj.2018.02.008

Causes and Control Measures for Strip Break of Cold Rolling Mill in Baotou Steel

HAN Yu-long, GAO Jun, LIAO Teng

(*CSP Plant of Steel Union Co. Ltd. of Baotou Steel (Group) Corp.*, *Baotou* 014010, *Inner Mongolia*, *China*)

Abstract: The article mainly introduces the various strip break accidents that occurred in 1 780 mm cold rolling mill of Baotou Steel in recent years. The reasons for the mill strip break accidents are found from the hot-rolled materials, laser welding machine, tension leveller, trimming shear, rolling plans and other aspects, based on that, effective measures have been made in optimizing hot rolling process, laser welding machine parameters, tension leveller elongation, rolling plan lap and cold rolling equipment maintenance inspection and so on, through which the unit strip break has decreased significantly, and the operation rate has increased significantly, achieving good economic benefits.

Key words: cold rolling mill; mill strip break; rolling process

包钢薄板厂1 780 mm酸轧联合机组主要设备有激光焊机、酸洗槽、五机架连轧机、卡伦赛卷取机。产品主要包括低碳钢、深冲钢、低合金高强度钢等,产品厚度为0.25~3.00 mm,宽度960~1 540 mm,设计年产量140万t。近年来,冷轧断带事故逐渐成为制约作业率提升的瓶颈。发生断带后,轻则生产线非计划停机产生不合格产品,重则产生轧辊掉肉、设备损伤、下游生产线停产等恶性事故[1],断带包括焊缝断带和非焊缝断带。焊缝断带的原因复杂,热轧原料的缺陷、工艺参数设定、设备保养维护等因素都对焊缝质量起着至关重要的作用。非焊缝断带在断带事故中所占比例更高,原因更加复杂,主要有工艺参数设置不合理、设备异常、热轧原料缺陷等因素。非焊缝断带多发生于生产线高速运行阶段,极

* 收稿日期: 2017-12-01

作者简介: 韩玉龙(1978-),男,天津市宝砥县人,硕士,轧钢高级工程师,现从事科技、质量及板带研究等工作。

(C)1994-2023 China Academic Journal Electronic Publishing House. All rights reserved. http://www.cnki.net

易造成轧辊粘钢，有时废钢堵在机架内，使得轧辊抽出困难，增加了生产线的停机时间[2]。本文通过对包钢冷轧断带进行分析，从原料、工艺、设备等角度入手，分析问题，研究对策，固化措施，有效的抑制了断带事故的发生，为生产线的提质增效做出了有益的探索和尝试。

1 焊缝断带的原因分析及整改措施

包钢冷轧采用米巴赫激光焊机，焊缝断带率小于千分之一，并以此为标准查找原因，制定措施。

1.1 原因分析

(1) 工艺影响。激光焊接属于熔池焊，由于激光功率高，钢带熔化过程快，焊接速度快，热变形及影响区小。焊接后的快速冷却使焊缝组织细化，焊缝强度高，焊缝强度超过母体金属。在实际焊接过程中，依据钢种、厚度不同对激光焊机的激光功率、焊接速度、焦点位置等参数进行调整，以确保焊缝质量[3]。各种参数的调整对焊缝的熔池面积、焊缝宽度、焊缝强度产生影响，进而影响焊缝质量。

(2) 设备影响。激光焊机的特点就是精密，因此对设备的安装、装配、调整都有较高的要求。必须严格按照设备维护手册，达到要求的设备精度，才能焊接出符合要求的焊缝。其次，钢板熔化的能量来源于激光束的能量，激光束的能量依靠谐振器、输出窗、反射镜、聚焦镜达到钢板，任一环节出现问题将造成激光能量衰减，达不到熔化钢板的要求。第三，激光位置与焊缝位置的偏差使得激光束不能有效作用于焊缝区域，需要定期校准保证焊接精度。

(3) 热轧影响。良好的原料板形是保证焊接成功的基础，主要是由于在焊接过程中不能有效消除由于板形不良带来的残余应力，使得焊缝在个别区域的强度达不到要求，进而发生断带事故。

1.2 整改措施

(1) 工艺方面。增加熔池面积，则需要增加焊机功率、降低焊机速度、降低焦点位置。同时，焊机的前后加热功率等参数都对焊缝质量有一定的影响。激光焊机的焊接参数主要包括功率、速度、焦距等，这些工艺参数来源于生产实践，并根据生产实践结合现场杯凸实验结果对工艺参数进行微调。

(2) 设备方面。修订焊机调整维护标准，提升焊机设备精度，确保了焊缝质量。表1为激光焊机各设备精度参数及维护保养周期。

表1 激光焊机设备精度及维护周期

名称	调整内容	调整标准	调整周期
夹紧台	钢板伸出长度/mm	70	3个月
激光焊头	上焊轮平行度/mm	<0.03/300	3个月
激光支撑轮	支撑轮平行度/mm	<0.03/300	3个月
	相对下夹钳高度/mm	<0.10	2周
	支撑轮间距/mm	10~12	3个月
预热装置	凸缘相对下夹钳高度/mm	<0.10	2周
碾压轮	相对下夹钳高度/mm	<0.10	1个月
	碾压轮平行度/mm	<0.03/300	6个月
焊接边部定位	下定位轮相对下夹钳高度/mm	<0.10	3个月
激光源冷却装置	除盐水电导率/(μs·m^{-1})	<200	1个月
	除盐水温度/℃	<26.5	1周
剪子传动	剪刃全长直线度/mm	<0.03	2周
	下剪刃相对下夹钳高度/mm	<0.5	2周
小车走行轮	平行度/mm	<0.10	3个月

(3) 热轧方面。现场采取以下措施有效降低了热轧原料板形不良对焊缝的影响。首先，每周对矫直机辊缝进行标定、紧固矫直机压下丝杠螺母、调整分切剪剪刃间隙等工作，保证了在焊接时钢带的平直。其次，强度较高的钢种经过矫直机不能有效消除板形缺陷，利用焊机焊接过程中实现的退火软化，再二次矫直焊接，达到连续生产的目的。第三，对于板形特别不好的原料，采取在分切剪将板形不好部分切除的办法，确保了焊缝质量。

2 非焊缝断带的原因分析及整改措施

2.1 原因分析

2.1.1 工艺影响

轧制过程中，工艺参数的调整变化都是造成断带的原因。在动态变规格时，为保证轧制稳定性，轧件动态变规格点在轧件轧制方向上要连续平稳过渡，在动态变规格点的两边要形成适当的楔形区，并

(C)1994-2023 China Academic Journal Electronic Publishing House. All rights reserved. http://www.cnki.net

且使带钢的厚度均匀的过渡到新的设定带钢厚度。由于动态变规格涉及原料宽度变化、原料厚度变化、成品厚度变化、材料强度等级变化等多项参数，为此一旦动态变规格点跟踪错误或者压下系统超调发生在软钢（变形抗力低）区域，则会造成压下系统超调，引起轧制力大幅度增加，轧件变薄，在轧机大张力作用下发生断带事故。

当轧件在机架间出现张力大幅波动时，往往伴随断带事故的发生。连轧过程中，轧件在宽度方向上出现不均匀延伸，会导致轧件在宽度方向上的张力分布对应发生变化，延伸变大的一侧张力减少，延伸减少的一侧张力变大，单侧张力大于轧件当前的抗拉强度，则发生断带事故。此外，当轧制过程中出现轧机增减速、卡伦赛卷取机大盘转动、皮带助卷器打开等因素引发的张力升高时，张力大于轧件当前的抗拉强度，同样发生断带事故。图 1 为张力偏差大造成的断带照片。

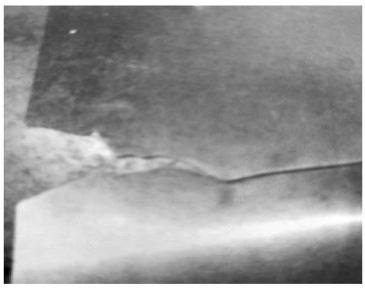


图 1　张力偏差大造成的断带照片

轧机计算机根据原料基础数据进行预计算。当轧件的实际数据与输入数据发生较大偏差时，轧机的实际参数与设定参数往往有较大的差距，为保证轧件的目标值，轧机压下系统、板型系统等执行机构迅速向实际设定值调整。调整过程中一旦出现张力大幅波动，必然引起断带事故。

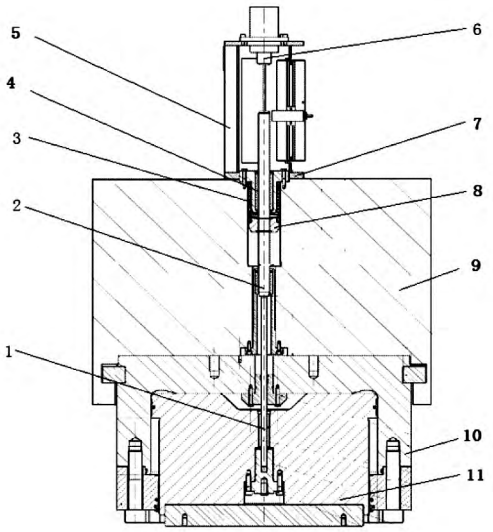
轧机参数的设定是冷轧机维持稳定生产的前提。轧件延长度方向的稳定性会导致轧件的厚度波动，降低轧件在一机架的变形量是最主要的方法。同理，轧件在宽度方向上的不稳定，会造成轧件楔形、镰刀弯进而轧件起浪、断带，在一机架后形成适当的凸度也可以提高轧制的稳定性。

轧辊作为与轧件接触的大型工机具，轧机的调平、弯辊、平衡都通过轧辊作用于轧件上。轧辊精度直接影响轧机执行机构的执行情况，对轧件断面尺寸产生影响，进而引起轧机张力波动，诱发轧机断带。冷轧绝大部分时间采用机架内含带换辊，轧机标定没有“轧辊压靠”过程，不检测轧辊的椭圆度、锥度，因此出现异常轧辊势必引起断带事故。辊型曲线重合度对轧件的板形有着举足轻重的意义，板形好坏直接影响轧件横断面张力分布。轧辊表面粗糙度决定轧件与轧辊之间的摩擦系数，同样对轧件横断面张力分布有重要的影响。

最后，轧机热辊制度执行的好坏对轧制稳定性同样至关重要。尤其在冬季，轧辊形成稳定的热凸度需要一个过程，在热凸度未形成前，轧件板形不稳定，易造成断带事故。

2.1.2　设备影响

轧机前张力辊的磨损、轧机压下系统传感器运行卡阻、机架间张力测量辊位置偏差、卡伦赛卷取机转动的椭圆度都会造成轧机断带。轧机前 5# 张力辊的磨损，势必使钢带在轧机与 5# 张力辊之间形成扭力，改变钢带延宽度方向的张力分布，严重时造成断带。轧机压下系统位置传感器一旦出现机械卡阻，造成压下液压缸伸出位置的设定值与实际值不符，液压执行机构超调造成轧机断带。图 2 为轧机 HGC 液压缸图。



1－连杆 A；2－连杆 B；3－弹簧；4－铜套；5－磁尺固定支架；6－位置传感器；7－安装法兰；8－支撑环；9－牌坊；10－压下缸；11－活塞

图 2　机架压下机构

机架间张力测量辊测量的轧件两侧张力偏差值为轧钢工提供参考，控制系统并不参与调整，张力测量辊一旦出现位置偏差，会造成张力偏差值加大，进

(C)1994-2023 China Academic Journal Electronic Publishing House. All rights reserved.　http://www.cnki.net

而影响轧钢工对轧件的判断，做出错误调整产生断带事故。轧机出口卡伦赛卷取机在大圆盘转动过程中的椭圆度对卷取张力和轧件厚度产生影响，轧机为保证成品厚度对轧机进行调整，压下缸调整过大也是轧机断带的一个原因。

2.1.3 原料影响

在轧机发生断带事故后，通过对上游工序进行反查结合对断带的钢带进行取样分析，原料的板形问题、原料异物压入、原料存在的夹杂类炼钢缺陷也足以使轧机断带。图3为分层造成断带的图片。



图3 分层照片

2.2 改进措施

2.2.1 工艺方面

轧制过程中，动态变规格参数设定、轧机张力波动、原料基础数据输入、轧机参数设定、轧辊精度、轧机热辊制度等因素都是造成断带的原因。

在轧机动态变规格时梳理工艺制度并做出了明确的规定，详见表2。为降低断带事故的发生，在焊缝通过轧机时，操作工要手动降低轧制力，降幅要达到15%左右。

表2 轧机动态变规格制度

参数名称	变化范围
原料最大厚度变化/mm	0.6
成品最大厚度变化/mm	0.4
宽度最大变化/mm	250
屈服强度最大变化/MPa	120

当轧件在机架间出现张力大幅波动时，往往伴随断带事故的发生。在每次机架内没有钢带时都进行无带标定、每周两次标定轧机区域张力测量辊、轧机前纠偏辊钢带偏离中心线0.6 mm轧机快停、轧机前纠偏辊辊偏离中心线6 mm轧机快停。

为保证轧制的稳定性，在酸轧机组入口使用千分尺等测量工具对原料的厚度宽度进行测量比较，发现数据异常时进行确认，以杜绝此类原因产生的断带事故。

轧件在酸轧入口上线后，即时生成轧制表，对关键的数据如轧制力、弯辊力、前后张力等进行检查确认，发现异常及时进行修正，以确保轧制的稳定性。

修订了轧辊验收标准见表3，并规定了下线轧辊的冷却时间以及上线轧辊的热辊时间，使得轧制更加平稳。

表3 轧辊验收标准

轧辊验收项目	工作辊	中间辊	支撑辊
辊型曲线偏差/mm	0.005	0.005	0.020
锥度/mm	≤0.01	≤0.01	≤0.02
裂纹	20	20	40
暗伤	30	30	50
轧辊表面粗糙度	表面粗糙度均匀	表面粗糙度均匀	表面粗糙度均匀

2.2.2 设备方面

梳理了轧机设备的检查维护周期，重点包括轧机前张力辊、压下系统、机架间张力测量辊、卡伦赛卷取机转盘驱动，见表4。

表4 主要设备维护要点

设备名称	检查项目	检查内容	检查周期	更换周期
轧机前张力辊	螺栓紧固	使用500 kN·M力矩扳手	1周	4个月
	外观检查	运行平稳，钢带无浪形		
压下液压缸	螺栓紧固、碟簧完好	使用3 000 kN·M力矩扳手	1周	2年
	外观检查	运行平稳，无泄漏		
张力测量辊	螺栓紧固	使用100 kN·M力矩扳手	1周	1周
	外观检查	运行平稳，无异常响动		
卡伦赛卷取机转盘驱动	螺栓紧固	使用1 000 kN·M力矩扳手	1周	
	外观检查	运行平稳，振动值小于0.25 mm		

2.2.3 原料方面

针对不同的原料缺陷采取不同的控制措施进行

（下转第65页）

(C)1994-2023 China Academic Journal Electronic Publishing House. All rights reserved. http://www.cnki.net

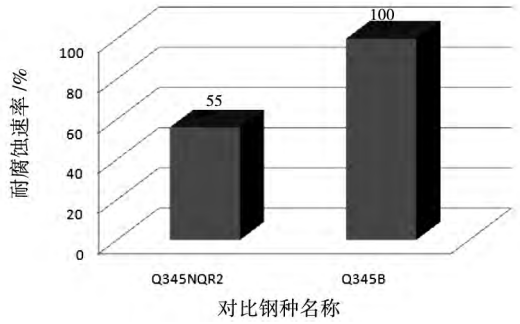


图 2　周期浸润试验结果

从以上结果可以看出，Q345NQR2 耐腐蚀 H 型钢的试验结果符合技术要求的相对腐蚀率≤60% 的规定。

4　结论

(1) 在生产 Q345NQR2 耐腐蚀 H 型钢，在化学成分方面采用 Nb 微合金化，添加 Cu、Ni、Cr、P 等耐腐蚀元素，组织和力学性能及耐腐蚀性能满足技术要求。

(2) 生产 Q345NQR2 耐腐蚀 H 型钢，转炉出钢 w[S] ≤0.015 %，出钢温度≤1 680 ℃。精炼就位温度≥1 550 ℃，LF 精炼采用铌铁、钛铁等进行微合金化，用 Si - Ca 线进行处理。铸机采用恒拉速控制，铸机拉速不大于 0.95 m/min。

(3) 根据 Q345NQR2 的异型坯的规格和厚度，Q345NQR2 的均热段温度≥1 290 ℃，保证 Q345NQR2 的开轧温度≥1 150 ℃，终轧温度≤900 ℃。

参　考　文　献

[1] 刘志勇，陈邦文，陈吉清等. 武钢铁路车辆及集装箱用耐候钢的现状及发展[J]. 钢铁研究，2009，37(6)：55 - 57.
[2] 杨作宏，陈伯春. 谈微合金元素 Nb、V、Ti 在钢中的作用[J]. 甘肃冶金，2004，12(4)：20 - 22.
[3] 付俊岩. Nb 微合金化和含铌钢的发展及技术进步[J]. 钢铁，2005，40(8)：1 - 6.
[4] TB/T 2375 - 1993，铁路车辆耐腐蚀用钢执行标准[S].

(上接第 28 页)

处理，并通过在活套出口、拉矫机出口、酸洗槽出口等位置增加的摄像头对原料情况时时监控。具体采取措施见表 5。

表 5　异常原料处理方案

原料缺陷名称	采取措施
钢带有较大的浪形	增大拉矫机延伸率、轧机降速轧制、空过轧机
钢带酸洗效果不好	调整酸液浓度温度、添加定量缓蚀剂
钢带厚度异常	变更轧制计划、空过轧机
钢带宽度异常	变更轧制计划
钢带存在夹杂、异物压入等缺陷	轧机降速轧制、空过轧机

3　结束语

包钢 1 780 mm 冷连轧机断带主要包括焊缝断带和非焊缝断带两类，冷连轧生产线从热轧原料、工艺参数设定调整、设备精度保障等方面查找原因，制定措施降低断带事故的发生，使得断带次数从月均 9 次降至 2 次，取得了较好的经济效益。

参　考　文　献

[1] 徐超，朱正勤. 冷轧断带原因与分析[J]. 安徽冶金科技职业学院学报，2004，(4)：30.
[2] 严开龙，李宏渊. 马钢冷轧轧机断带原因的分析与对策[J]. 安徽冶金，2006，(4)：36.
[3] 李志强，高恩运. 2012 中国(唐山)绿色钢铁高峰论坛暨冶金设备、节能减排技术推介会论文集/推介指南[C]. 激光焊机影响断带的原因及控制措施. 唐山：河北省冶金学会，2012.

(C)1994-2023 China Academic Journal Electronic Publishing House. All rights reserved.　http://www.cnki.net