

公路护栏板用途热轧带钢尺寸的精益控制

张文辉

德龙钢铁有限公司, 河北 邢台 054000

[摘要] 热轧带钢的尺寸精度是考量带钢质量的重要指标。德龙钢铁有限公司 850 热轧带钢的尺寸公差控制已经达到了较高的水准, 同一标准的尺寸公差, 但由于带钢的使用用途不同, 会严重影响到客户的使用体验, 文中会结合带钢针对公路护栏板的使用用途, 对 850 带钢的尺寸公差的控制, 制定了相应的解决措施, 有效的解决了带钢不同用途的尺寸控制方法, 赢得了客户的好评!

[关键词] 尺寸精度; 公差; 公路护栏板

DOI: 10.33142/ect.v2i1.10664

中图分类号: TG142.1

文献标识码: A

Lean Control of Dimensions of Hot-rolled Strip Steel for Highway Guardrail Boards

ZHANG Wenhui

Delong Steel Co., Ltd., Xingtai, Hebei, 054000, China

Abstract: The dimensional accuracy of hot-rolled strip steel is an important indicator for considering the quality of the strip steel. The dimensional tolerance control of the 850 hot-rolled strip steel of Delong Iron and Steel Co., Ltd. has reached a high level. The same standard dimensional tolerance, but due to the different uses of the strip steel, it will seriously affect the customer's user experience. The article will combine the use of steel needles for highway guardrail boards, control the dimensional tolerance of 850 strip steel, and develop corresponding solutions, effectively solving the size control methods for different uses of strip steel, and winning praise from customers!

Keywords: dimensional accuracy; tolerance; highway guardrail boards

1 850 生产线概述

德龙 850 中宽带热连轧车间始建于 2002 年, 于 2003 年正式投产, 在当时正处于带钢市场的初期高速发展阶段, 带钢的集中后续使用用途大多为直缝焊管、螺旋焊管和冷轧基料, 对带钢尺寸精度的要求相对较低, 现有的生产过程控制和工艺控制足以能满足客户的使用要求。现随着带钢焊管和冷轧市场的趋于饱和, 带钢的竞争力度剧增, 850 带钢的销售量及生产量逐年下降, 而近几年随着中国基建市场的巨幅增长, 公路护栏板的市场前景广为开阔, 为了保持 850 带钢的竞争力, 公司相继开发出了护栏板使用用途的新品种带钢, 公路护栏板的销售市场一路高涨, 很快就占到 850 带钢产能半数的产量, 但是由于公路护栏板的生产工艺不同于焊管和冷轧, 对尺寸公差的要求又相对较高, 按照以往的设备和工艺生产出来的不同用途的带钢尺寸达不到客户的使用要求, 造成客户的质量投诉, 严重影响了客户的使用体验。后期公司召开了公路护栏板尺寸精益控制研讨会, 会上邀请公路护栏板厂家技术人员和公司技术中心主任, 就针对公路护栏板的生产过程控制和使用用途进行了研讨分析, 确保所生产的护栏板产品达到使用要求, 所以我们针对我厂的设备设施及现有工艺进行逐步分析。

850mm 生产线采用推钢式加热炉, 由于推钢式加热炉固有的结构特点, 加热时炉底纵水管及其滑轨极易引起

“黑印”缺陷, 在坯料加热过程中, 造成坯料加热不均匀, 致使坯料产生“黑印”。这种坯料“黑印”的出现, 造成了后续轧制过程的厚度不均问题, 同时由于精轧无 AGC 厚度自动控制功能, 无法有效调控, 自投产以来一直存在着厚度不均的问题。为了提高带钢厚度的均匀性, 课题组对标同类型企业, 对炉型的结构, 炉底纵水管和滑道布置进行对比, 分析当前加热炉的实际产能超过设计产能、炉底水管热阻过小、固定梁上耐热块结构尺寸的差异等多方面的因素, 均成为坯料黑印产生的原因。黑印是由于坯料在加热炉内加热不均匀而造成的, 针对研究分析同类型企业推钢式加热炉改造后的优势, 考察改造企业, 组织加热炉升级改造, 同时从加热温度、在炉时间、轧制参数等方面入手, 确定了影响带钢厚度均匀性的各项因素, 并对各个参数进行优化试验, 达到提高带钢厚度均匀性的目的。并结合目前德龙 850 带钢的生产过程控制, 完成二级升级改造, 投用 AGC 厚度自动控制系统, 根据中间坯厚度及开轧温度, 采用预压下控制方式针对精轧后机架轧制力进行自动修正, 调试阶段带钢整体厚度波动明显改善, 约降低了 0.05mm~0.08mm。

根据二级系统的学习情况, 对常规轧制规格进行数据汇总, 调查厚度精度的波动情况得知, 热轧卷板厚度精度明显提高。所以我们在实践中不断总结经验, 重新制定了一套公路护栏板的轧制工艺和设备工艺, 用以满足公路护

栏板的尺寸要求。

德龙钢铁公司 850 热轧板带钢项目于 2003 年建成，总投资 6 亿元，是国内首批该规格生产线，被列为河北省重点项目。年设计生产能力 100 万吨，产品厚度 2.5~13.4mm；宽度 450~750mm，广泛应用于螺旋直缝焊管、高速公路护栏制造及冷轧带钢生产，市场前景广阔。

加热炉→粗轧→精轧→层流冷却→卷取→成品收集

2 公路护栏板市场研发

在 2018 年公司开始拓展带钢市场，首次承接公路护栏板的轧制任务，公司上下人心精神振奋，集中精力开始致力于公路护栏板的轧制生产。

公路护栏板是由两片波形钢护栏板及两者之间固定夹放的两根立柱构成，两根立柱固定夹装在两片波形钢护栏板之间。在公路正常营运时，该护栏利用插拔立柱可方便地插入开口处预先设置的插拔孔内，起到隔离和防护作用，同时与公路外边上的护栏带相呼应，整齐划一，美观配套。

车辆与其碰撞时，由于波形钢护栏板有良好的防撞性能和吸收能量的作用，既不容易被撞毁，同时又可对车辆和司乘人员起到很好的保护作用。当路面维修或其他原因需要开通时，可方便地把开口处的各组护栏立柱拔出移走，开辟通道，便于车辆通行。

波形梁护栏钢柔相兼，具有较强的吸收碰撞能量的能力，具有较好的视线诱导功能，能与道路线形相协调，外形美观，可在小半径弯道上使用，损坏处容易更换。组合波形梁护栏可在窄中央分隔带上使用。对于车辆越出路（桥）外，有可能造成严重后果的区段，可选择加强波形梁护栏。现众所周知的波形护栏板主要分两波护栏板和三波护栏板，三波护栏板一般应用在有可能造成严重后果的区段，所以三波护栏板的使用量相对较小，但是对防撞等级的要求较高，也就是说对带钢的质量等级要求更高。

由于生产模式上的固有思维，在 2018 年年中以后开始接到个别客户的质量异议，提出带钢的厚度控制偏薄，达到公差以下-0.1mm，翻看前期质量检查跟踪表，并未发现有带钢厚度偏薄现象；后经过公司技术科和现场生产技术人员讨论研究，决定调整公路护栏板的公差参数，厚度公差按-0.05mm 控制。在 2019 年年初又有客户陆续提出质量异议，反馈带钢厚度偏厚，翻看前期质量检查跟踪表，并未发现有带钢厚度超厚现象，这一不正常现象引起了公司的高度重视，随后派出生产技术人员和销售员前往客户厂家进行实际测量确认，带钢边部厚度正常，但是护栏板单片重量超重，即客户认为是厚度超厚造成单片重量超重，造成客户生产的成材率偏低。经与客户沟通了解护栏板的生产工艺，又到护栏板生产现场进行实地观察，最后通过与护栏板厂家技术人员相互探讨，了解到护栏板对带钢尺寸的需求。

客户要求：3.0mm 厚度非标护栏板厚度不低于 2.95mm，国标护栏板厚度不低于 3.05mm；4.0mm 厚度非标护栏板厚度不低于 3.95mm，国标护栏板厚度不低于 4.05mm；非标锌层厚度单侧 0.04mm，国标锌层厚度单侧 0.09~0.10mm，要求原料带钢厚度下差为 0~0.10mm。

我公司产品现状：

厚度下差最主要的问题为三点差过大，三波护栏板三点差达到 0.10~0.20mm，边降严重可达 0.25mm。

另外，客户集中反馈的问题有两方面，首先是带钢厚度超下限严重，不能满足使用要求；再者就是单片重量偏大，影响产品的成材率。

3 问题点原因分析

分析思路：公路护栏板的生产工艺不同于焊管和冷轧，首先焊管在生产过程是需要裁边处理，这样才能保证焊缝的平直度，而冷轧则是要求厚度越薄越好，便于冷轧再加工。我们在带钢实际生产过程控制中，带钢宽度则是按照+8mm 控制，会给客户留出裁边的余量，而我们生产中质量检查人员在测量带钢厚度时，也会避开带钢最边部，直接测量距离带钢边部 5mm 处的厚度值，以此处的厚度值为带钢厚度的下差最大值，而带钢在轧制过程中，由于受轧辊辊型、轧辊的弯曲挠度和板坯受热不均匀的影响，带钢沿横向方向都是呈现中间厚，两边薄的状态，而在最边部的厚度差值达到最大，这种现象称为带钢的三点差，也称为带钢凸度，凸度的差值会随着带钢宽度的增加而增加，两波护栏板使用的带钢成品宽度为 455mm，三波护栏板使用的带钢成品宽度为 710mm，这样同样的生产工艺和过程控制生产出来的带钢在厚度上无法满足公路护板的尺寸要求；在宽度控制上，由于公路护栏板不需要裁边处理，可以直接生产成型，这样宽度如果还是按照+8mm 控制，也就是说护栏板的原料宽度最小为 453mm 或 718mm，造成横向上的宽度超差偏大，也会造成护栏板单片重量的超重。可以得出的结论就是要满足公路护栏板尺寸的要求，一是在宽度控制上改变，二是在厚度控制上对带钢横向厚度凸度进行精密控制。其中重点是做好带钢厚度凸度的控制。

3.1 宽度精度的控制

针对宽度的改进，相比于厚度比较容易控制，在保证客户要求的最小宽度前提下，尽量把带钢宽度控制在最小。最终要求宽度控制：宽度控制要进行窄范围控制，减少超宽对客户带来的损失。原则“保下限，越窄越好”。三波护栏板热态 $\geq 4\text{mm}$ ，平均值按+6mm 控制。两波护栏板热态 $\geq 2\text{mm}$ ，平均值按+4mm 控制。

德龙 850 带钢的宽度主要是由粗轧大立棍进行控制，精轧小立棍只起到一个中间坯对中导向的作用，而测宽仪则是安装在精轧轧机出口的层流辊道处，粗轧操作工无法直观地第一时间观察到带钢的宽度曲线，都是在精轧通板后需要精轧操作工用对讲机通知粗轧进行调整，这样无形

会造成信息的延误。为解决此问题，经生产、机修、技术科和设备科在现场观察研究，解决方案是在粗轧出口的E辊道处新加装一个测宽仪，同时让自动化技术人员在粗轧操作台和精轧操作台分别加装宽度显示器，生产技术人员通过粗轧出口的宽度值和精轧出口的宽度值的对比，能够精准把握带钢成品的宽度，便于更加精度地调整带钢的成品宽度。但因为在役的测宽仪使用年限长，误差大，通过联系外部测量机构，对测宽仪进行校准，减少轧制过程中在线测量的误差；在此基础上，精轧区再新增一台测宽仪，通过与原测宽仪和实测数据对比，保证了产品尺寸精度的准确性。

3.2 带钢厚度精度的控制

对护栏板厚度影响最大的就是带钢凸度的变化，带钢的凸度在生产中是无可避免的，凸度的大小主要受轧辊辊型、轧辊的弯曲挠度、板坯受热均匀度的影响。我们也要从这几方面着重入手采取相应的控制措施来加以控制。

首先辊型是指在生产过程中为了保证带钢板型的平直度，而磨削出带有一定弧形的曲线辊，德龙850带钢生产线轧辊采用的是正弯辊型，轧辊的直径中间要比两边略小，这样在轧制中可以有效的控制带钢浪形的产生，辊型参数的设定也是经过长时间的实验论证来确定的，但同时由于这种辊型（我们称为旧辊型，见表1）的影响，会导致生产出来的带钢凸度偏大，尤其在轧制710mm带钢三波护栏板时，带钢的凸度最大时能达到0.2mm左右，而护栏板的尺寸公差要求为-0.1mm，这样生产出来的带钢厚度是无法满足护栏板的使用要求。经过与技术科研究，结合磨辊车间，对轧辊的辊型参数进行技术改进。一边摸索着对辊型的不断改进，一边对改进后生产的带钢进行数据测量，最终确定的一套新的轧辊辊型参数，见表2。利用此辊型生产出来的带钢，在横向上凸度最大可以控制0.1mm以内，平均凸度能控制到0.8mm以内，最终轧制出的带钢尺寸能满足客户三波护栏板的使用要求。

表1 轧辊的旧辊型

F1	F2	F3	F4	F5	F6	F7
-14	-14	-12	-12	-8	-8	-6

表2 轧辊的新辊型

F1	F2	F3	F4	F5	F6	F7
-10	-8	-6	-6	-6	-4	-4

再者带钢在轧制过程中，在轧件的变形抗力作用和轧辊的弹跳变形影响下，轧辊的工作辊和支撑辊会发生一定程度的弯曲变形，成为工作辊的弯曲挠度和支撑辊的剪切挠度。850带钢在生产过程中，由于轧制生产计划编排不合理，经常会有宽窄混轧的现象，如果长时间轧制窄坯料，会造成轧辊工作辊中间的磨损加剧，在进行生产轧制时，会进一步增大轧辊的弯曲挠度和剪切挠度，若此时再进行

宽坯料的轧制，会进一步使带钢横向凸度变大。为了改进这一现象，通过与销售和生计划员的沟通，合理安排组织生产，对护栏板生产任务进行集中轧制，严格按照先宽后窄，先薄后厚的轧制原则进行组织生产，在计划轧制护栏板任务之前，集中对粗轧平辊、精轧支撑辊、精轧工作辊和卷曲夹送辊进行统一更换，优先集中轧制三波护栏板的生产计划，在粗轧平辊和精轧支撑辊的使用中期集中轧制两波护栏板的生产计划，在粗轧平辊和精轧支撑辊的使用末期，再进行轧制焊管的生产计划。并针对不同用途及不同厚度区间带钢，制定不同的测厚仪设定值，厚度 $\geq 6.0\text{mm}$ 时，设定值下标0.04mm，厚度 $< 6.0\text{mm}$ 时，设定值下标0.02mm，通过试验数据统计，通板厚度均控制在目标厚度以下，较试验前厚度波动减小了约0.10mm~0.20mm；通过进行客户质量走访，邯钢恒力、天创、洪孚等厂家均反映带钢厚度精度控制在要求范围内，满足使用要求。经过此排产计划的改进，对三波护栏板，两波护栏板的厚度控制均能起到较好的控制效果。

最后，850生产线加热炉属于推钢式加热炉，在板坯加热的受热均匀能力上要稍逊于步进式加热炉，板坯在加热炉中由于受四支轨道梁的影响，温度要低于其他部分，纵向上会有四个黑印的产生，在后期进行轧制过程中，黑印部分在轧制过程中变形抗力要远大于其他部分，会产生一个比较大的厚度波动。为了确保护栏板的厚度精度，减小带钢厚度的波动，对加热炉耐热滑轨的进行重新选型，从而改善板坯表面产生黑印温差，经查阅资料与市场调研，完全不用水冷的所谓“无水冷滑轨”技术在国内外均有过实践的经验，但这种无水冷滑轨也存在使用时间较短、价格较为昂贵等现象，因此并未在国内得到广泛的使用。为减少板坯黑印温差，滑轨布置上多采用加大滑轨间距一般为（200~350mm）的方法，根据加热工艺温度选择不同材质。加大滑轨间距，能使板坯黑印温差降到80~120℃，但仍有不足，黑印温差虽有所降低，但仍大于50℃，难以满足轧机AGC系统的要求，滑轨间距加大，滑轨顶面温度增高，滑轨的单位面积负荷增大，摩擦力增大，滑轨使用寿命降低；滑轨间有较大间距，在氧化铁皮积满时，会影响减少黑印温差的效果。通过查找资料与厂家调研，择优对850线滑轨进行升级改造。一方面是改采用汽化冷却，在采用水冷却的情况下，一般而言炉底管的管壁的温度均在90~100℃左右，而采用汽化冷却器管壁温度则可达到200~300℃之间。这种通过提高管壁温度的方式，能够使黑印得到有效的减小，同时节约大量的冷却水，并可对冷却水带走的大量热量进行回收。另一方面是改变滑块的形状及材质，合理地设计滑块的形状，减小上表面的热损失；提高滑块的高度，从而提高滑块上表面的温度，进而减小滑块与热坯的温差；此外，还可以减小滑块与坯料的接触比，保证加热炉的高效稳定顺行；经大量查阅资料与市场

调研,决定对 850mm 生产线推钢式加热炉滑块进行升级改造,滑块类型改造为孔洞式滑块,设计直径、数量不等的隔热孔洞,从结构上增加滑块热阻,减少滑块顶部热流向水管传递,提高全炉顶部温度,使其等于或趋近于坯料加热过程中炉内各段坯料表面温度,减少或消除坯料经由滑轨传导至水管的热量损失,将现有的纵水管上的滑块由单列改为双列并使两列滑块呈交错排布,滑块间距由原来的 12mm 增加到 70mm,同一列相邻滑块间距为 220mm,既避免了相邻滑块距离较小造成的应力集中、水管使用寿命短的问题,又减少了滑块与坯料的接触面积和时间,使水管黑印区域得到了 60%左右时间的加热,提高了水管黑印的温度。由于受到横水管不能改动的限制,对滑块相对水管的绝对高度不做改动,这样也能使滑块的使用寿命得到保证,同时能大大降低滑块的制造费用,从而减少改造投入,减少滑块与坯料的接触时间或接触面即不连续滑块。滑块高度可选 70~120mm,通过减少坯料在加热过程中与滑块的接触面积和时间,减少滑块与坯料的接触比,使黑印部分在悬空时能够得到一定的加热时间,从而提高黑印减少处的坯料温度。然后在可控条件允许下,改进加热工艺规程,适当提高板坯的最高温度和延长板坯的在炉时间,护栏板计划的板坯加热最大温度由 1310℃提升到 1330℃,板坯在炉时间由 90-120 分钟延长到 100-130 分钟,以进一步提高黑印部分的温度,使板坯受热更加均匀,减少板坯纵向上的温度差,这样在轧制过程中可以减小带钢成品的厚度波动。经此工艺规程改进后,带钢的厚度精度有了进一步的提高,厚度波动曲线有了明显改进。

4 结论

影响护栏板带钢尺寸精度的因素是多方面的,必须采取综合措施才能使其得以控制和提高。通过分析热轧带钢生产中信息的沟通反馈、轧辊的辊型、生产组织的优化排产、轧制过程中轧辊的弯曲挠度和剪切挠度的变化,板坯的受热均匀度都是引起带钢尺寸波动的原因。针对这几种原因,逐步一一开展攻关工作,使得带钢尺寸精度控制能力有所改善,特别是护栏板用户对带钢尺寸波动质量异议有了明显下降,因为德龙钢铁 850mm 生产线产品尺寸精度有了明显的提高,所有材质、规格带钢厚度公差控制在±0.060mm 以内,命中率达 96.00%以上,产品尺寸精度满足客户需求,得到了客户的认可及好评。

[参考文献]

- [1] 闫萍,赵建勇. 热轧带钢厚度波动及其控制措施[J]. 唐钢,2020(3):46-47.
 - [2] 田亚娟,武秀琪. 加热炉炉温控制策略研究及仿真分析[J]. 南方金属,2020(4):2-1.
 - [3] 吕海,糜留芳,张大为,等. 金属材料及热处理[M]. 武汉:华中科技大学出版社,2011.
 - [4] 邓文英. 金属工艺学[M]. 北京:人民教育出版社 1981年2月第一版修订版上册,2010.
 - [5] 王可勇,邓华凌,宋云京,等. 金属热处理[M]. 北京:中国水利水电出版社出版,2006.
- 作者简介:张文辉(1988.6—),毕业院校:石家庄铁道大学,所学专业:金属材料工程,当前就职单位:德龙钢铁有限公司,职位:轧机班组长,职称级别:工程师(中级)。