

# PS版基拉伸弯曲矫直质量的提高

## Improvement of Tension Leveling Quality of Presensitized Plate

供稿|刘应超, 刘坤英 / LIU Ying-chao, LIU Kun-ying

### 内容导读

为改善轧制后PS版基的板形质量,需要在最后一道工序进行拉伸弯曲矫直,如果控制不当,很容易产生新的表面质量缺陷。文章分析了1850拉伸弯曲矫直机组和PS版基拉伸弯曲矫直的原理以及生产实践中存在的问题,通过对1850拉弯矫直机组进行设备改造、完善工艺、操作规范、改善现场生产环境,大大增强了清洗效果,减少表面质量缺陷明显,提高了PS版基的表面质量。

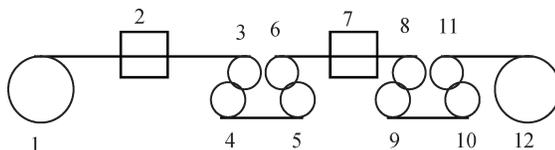
板带材在冷轧加工时,由于辊型和辊缝的形状等原因引起板带材的板形不良,会产生波浪(双边波浪、单边波浪、中间波浪、两肋波浪)、翘曲、侧弯及瓢曲和潜在的板形不良等问题<sup>[1-2]</sup>。这些缺陷产生的主要原因是由于轧件在宽度方向上的纵向延伸不均匀,出现了内应力的结果。为了消除板带材的板形不良,使板带材的内应力趋于均匀,必须要对其进行矫正。

常用的改善带材板形的方法有弯曲矫直、连续拉伸矫直和拉伸弯曲矫直。传统的矫直机组方法,如辊式矫直机、拉力矫直机等,对矫正厚度大于2 mm的带材,效果还可以,但对于薄带材却不能满足要求。连续拉伸矫直对瓢曲缺陷也无法矫正。综合比较而言拉伸弯曲矫直的效果最好,能消除带材的浪形、瓢曲、侧弯等三维形状缺陷,尤其是对于高强度和薄料,矫直效果好,效率高。无疑连续拉弯矫直机组正是矫正薄材的理想设备。

### 拉伸弯曲矫直

1850拉弯矫直机列配有开卷机、清洗系统、矫

直系统、卷取机等设备,矫直系统又包括两组张力S辊及矫直辊组,其设备简图如图1所示。



1—开卷机; 2—清洗装置; 3—入口1#张力棍; 4—入口2#张力棍; 5—入口3#张力棍; 6—入口4#张力棍; 7—矫直辊组; 8—出口1#张力棍; 9—出口2#张力棍; 10—出口3#张力棍; 11—出口4#张力棍; 12—卷取机

图1 1850拉伸弯曲矫直机组主要设备简图

拉伸矫直也叫纯张力矫直,不设小直径的钢棍矫直,利用两组S辊直径的拉力使带材产生一定的塑性变形,达到消除或减小带材残余应力的目的,使带材平整。即矫直板形主要靠S辊之间建立的张力对带材进行矫平,拉伸矫直要求S辊电机负荷大,特别是最中间的入口4#张力棍和出口1#张力棍,相应S辊的承受负荷也大,辊面容易损伤。

连续拉伸弯曲矫直相对拉伸矫直机组在双S辊之

作者单位: 华北铝业有限公司, 河北 涿州 072750

间安装有矫直辊组，可以使带材在拉应力和弯曲应力的叠加作用产生塑性变形，因此需要降低所需拉伸力。拉伸弯曲矫直的根本特点是在张应力水平远低于材料屈服极限的情况下使带材产生了塑性延伸<sup>[3]</sup>。

拉伸弯曲矫直是对带材进行拉伸和弯曲变形，通过弯曲应力和拉伸应力的叠加，使应力达到带材的屈服极限，将带材平直部分的纤维长度拉长，同时将波浪部分的纤维也拉长，弹性恢复后，铝带材的纤维长度保持相同，因而可以改善带材平直度<sup>[4]</sup>。

矫直单元的前后各有一套S辊，带材通过S辊时，产生一定的张力，带张力的带材通过矫直单元时，在拉应力和弯曲应力的联合作用下，产生塑性变形。同时，经过反复的正向、反向弯曲，使材料内部的残余应力和残余弯曲逐渐减小，甚至趋近于零。

### 生产实践

拉伸弯曲矫直是PS版基生产的最后一道工序，对于成品质量控制起着至关重要的作用。目前安装使用的1850拉伸弯曲矫直机设计上存在一定缺陷，机械精度较低，生产的PS版基表面缺陷较多。

拉伸弯曲矫直工序常见质量问题有表面划伤、印痕、麻点、板形差(肋浪、荷叶边)等。目前产生表面印痕、麻点大多情况下是因为表面清洗不到位，易造成表面油泥、铝灰聚集在矫直辊表面导致表面缺陷。清洗设备为一个碱处理、一个水处理。设备采用四个水箱组：一个预除油、一个除油、一个预清刷洗、一个水清洗，且一组清洗长度距离相当于1850 mm拉伸弯曲矫直全部清洗长度。该设备正常生产速度只能控制在80~110 m/min，若提高速度则容易产生表面划伤、矫直辊印痕、表面麻点等缺陷。

### 设备改造

为提高PS版基拉伸质量，提升设备精度，对1850拉伸弯曲矫直机组进行了改造。主要包括以下几个方面：改造清洗水箱，采用蒸汽加热，减少结垢且温控精准；增加过滤装置，提升水质；在矫直机组前加装自动喷油装置，保证弯曲矫直过程中的润滑效果；风干箱前增加风嘴，吹扫表面附着的铝灰等脏物；出口导辊下增加小S辊，减少出现矫直辊印、硬硌伤、震痕等缺陷；卷取前增加油雾润滑，

以避免由于料卷串层错动而产生的擦划伤。

### 水箱系统改造

1850拉伸弯曲矫直机组目前使用两个清洗水箱，1<sup>#</sup>水箱用作碱处理，对PS版基表面除油，3<sup>#</sup>水箱用作水处理，清洗表面脏物。水箱管路年久失修，部分锈蚀且内部脏物集聚，因而对水箱所有水管进行了更换。为改善水质，改自来水为循环软化水；为避免脏物进入水箱，在回水管路上增加了过滤装置。整体改造后的水质清澈透明。

清洗水箱原采用加热棒加热，加热棒易结垢且容易坏，用自来水清洗效果不佳，且水垢脱落容易附着在铝板上。将加热棒加热改为蒸汽加热。蒸汽加热温度控制精准，加热速度也大幅提高，见图2。

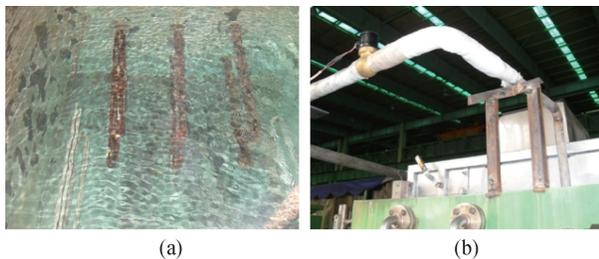


图2 改造前的加热棒加热(a)和改造后的蒸汽加热(b)

在清洗箱后风干箱前增加了两排风嘴，对清洗后的铝板进行吹洗，冲掉表面附着的铝灰等脏物，以求彻底清洁。

### 油雾喷射装置

在矫直机组前有油雾喷射装置，在PS版基矫直前进行润滑。原来采用手动喷壶喷洒，手动装置会造成油雾喷射不均匀，且劳动强度大。将手动喷壶改造成气阀控制自动喷油，润滑效果改善，且劳动强度降低，如图3所示。

### 出口导辊下增加小S辊

在张力辊后出口偏导辊下方增加小S辊，S辊为 $\phi 145$  mm胶辊。在不使用上矫直辊的情况下，带材通过小S辊时，产生一定的张力及弯曲变形，对板形起到一定矫正作用，可以避免PS版基出现翘头。通过使用加装的小S胶辊，可以取消使用上矫直辊，减少PS版基与小直径钢质矫直辊接触，从而减少出现矫直辊印、硬硌伤、震痕等缺陷，同时可以减少矫直



图3 改造后的自动油雾喷洒装置

辊更换及维护费用。

#### 卷取前增加油雾润滑

在PS版基卷取时由于上下层之间的错动容易造成表面擦划伤，后在卷取机前增加了一套自动油雾喷洒装置，增加了润滑，避免了铝板上下层之间错动而产生的擦划伤，见图4。



图4 卷取机前的自动油雾喷洒装置

#### 操作规范

为提高PS版基表面质量，需要改善清洗效果，而合适的pH值清洗液有助于清除冷轧后表面残油。通过实验摸索后，对清洗液的pH值及使用的脱脂剂进行了调整，对洗、烘干参数制定了规范。在弯曲矫直过程中，料卷会接触多根辊，很容易产生印痕等缺陷。为便于查找异物源同时减少辊印产生，确

定了依据常见辊周期排查辊印源的方法规定清洁生产制度。

#### 清洗工艺参数规范

为提高除油清洗效果，对清洗液的pH值及使用的脱脂剂进行了调整。原清洗液pH值控制在8.5~9，后调整为pH值控制在11以上。以往使用的脱脂剂为中温强碱性脱脂液，含有较高的氢氧化钠、碳酸钠、硅酸钠、多聚磷酸钠等物质，容易造成环境污染。现在，改用中温弱碱性脱脂液。这类脱脂液一般不含氢氧化钠和磷酸盐等对环境污染严重的物质，而是含有较多的表面活性剂，不仅清洗效果良好，而且也有利于环境保护。

经过比较不同清洗参数下的拉伸效果，并结合客户对产品的要求，对清洗、烘干参数进行规范：低压清洗温度不低于70℃；储水箱水温不低于75℃；当除油脂处理水箱清洗液pH值低于11时，加脱脂剂25 kg左右；热风烘干箱温度大于70℃。

#### 印痕的检查及辊系清理

为提高PS版基表面质量，也需要对印痕进行检查，对可能出现问题的辊系及时清理。1850拉伸弯曲矫直工序可能产生印痕的辊系主要有：出入口夹送辊(φ300 mm)、1—3号挤干辊(φ250 mm)、展平辊(φ200 mm)、8辊张力辊(φ800 mm)和矫直辊(φ35 mm)。严格执行清理各辊系的制度，每班开始工作前都必须用纱布蘸丙酮清理各辊系。同时，质检人员加强检点，发现PS版基印痕缺陷时，必须根据印痕的周期性和上下表面特点判断出造成印痕产生位置并及时清理。

#### 改善生产环境

由于生产环境对产品表面质量的影响非常大，因此必须进行改善。1850拉伸弯曲矫直机组机列长、设备多，目前已经连续运转多年，进行过多次改造，部分设备已废弃不用，如在线切边机、2#水箱、红外加热烘干箱等。设备老化严重，多处存在漏水漏油现象，卫生死角多，现场环境差。

根据精益生产及生产质量6S体系的要求，将1850拉伸弯曲矫直机组作为生产质量6S体系及可视化管理示范区，进行综合管理改善。主要包括三大

类内容。设备：主要设备编号标示、仪表的标示、各种控制箱的名称标示、管路及流向标示；生产现场：通道及工作区域标示、物料区域划分及标示、区域线、定位线标示、清扫工具放置区域标示；消防与安全：消防器材位置标示、消防器材使用方法标示、消防通道规划及标示、逃生线路图标示、安全标示、安全护栏标示、墙角、坑道、墩柱标示。参照制定的可视化标准实施后，彻底改变了原来脏乱差的局面，整个1850拉伸弯曲矫直生产线面貌焕然一新。

### 结束语

PS版基的拉伸质量主要取决于端面质量、板形质量、表面质量三方面。端面质量要求端面整齐，无错层、塔形等缺陷。板形质量要求拉伸后的带材板形平整。表面质量要求表面粗糙度 $\leq 0.3 \mu\text{m}$ ，表面清洁无残留轧制油污，无新增表面缺陷，如印痕、擦划伤等。

1850拉伸弯曲矫直具有开卷自动对中、卷取自动纠偏功能，所拉伸的铝卷基本能满足端面质量要

求。根据来料状况合理控制拉伸参数如速度、开卷/卷取张力、延伸率等可以控制板形。

目前改进工作主要针对表面质量开展，集中在改善清洗效果、避免擦划伤、印痕等缺陷。通过1850拉伸弯曲矫直设备改造、完善工艺及操作规范、改善生产环境等措施，PS版基表面质量得到很大提高，表面擦划伤、表面麻点麻坑等缺陷大幅度减少。

### 参考文献

- [1] 肖亚庆, 谢水生, 刘静安. 铝加工技术使用手册. 北京: 冶金工业出版社, 2005
- [2] 潘金生, 田民波, 全健民. 材料科学基础. 北京: 清华大学出版社, 2011
- [3] 孟宪跃, 张洪锐, 霍洪波. 拉伸弯曲矫直机在铝带精整中的应用研究. 机械设计与制造, 2014(5): 173
- [4] 唐波. 矫直机在冷轧精整中的应用. 四川冶金, 2014, 36(6): 78

作者简介: 刘应超(1982—), 男, 硕士研究生, 工程师, 主要从事铝及铝合金板带箔产品的生产工艺研究及产品质量控制, E-mail: liuyingchao99@126.com。



摄影 黄秋敏