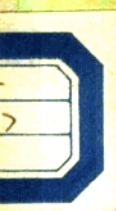




# 炉卷轧机专集

• LU JUAN ZHA JI ZHUAN JI

山西太原钢铁公司



## 出 版 说 明

“炉卷轧机专集”是应中国金属学会的要求为1988年北京国际薄板坯连铸、热轧宽带钢技术研讨会而组织出版的专题文集。

太钢是国际炉卷轧机协会的成员，是我国（除台湾省外）唯一拥有炉卷轧机的厂家。在专集里我们收集和整理了国际炉卷轧机协会各成员厂家的交流资料、调查分析数据、年会发表的论文和报告以及太钢炉卷轧机的有关材料。采用综述、总结及译文的形式，介绍国内外有关炉卷轧机的生产技术、工艺装备、技术改造等炉卷轧机的现状和发展趋势，介绍国际炉卷轧机会议的情况。

近年来，炉卷轧机引起了国内外钢铁企业、设计和轧机制造部门的兴趣，我们希望本专集能为我国炉卷轧机的发展和研究提供一些参考资料。由于我们技术水平和资料的限制，不仅专集的内容不够全面，错误也在所难免，欢迎各方面读者批评指正。

太钢技术刊物编辑部

一九八八年四月

# 目 录

|                          |                   |
|--------------------------|-------------------|
| 国际炉卷轧机协会第四届年会综述·····     | 黄福珪 刘 欣 许祖心 ( 1 ) |
| 太原钢铁公司五轧厂炉卷轧机生产实践浅析····· | 刘 欣 赵甲辰 ( 9 )     |

## 〔国际炉卷轧机协会交流资料〕

|                                                |                    |
|------------------------------------------------|--------------------|
| 紧凑式炉卷轧机HSRC轧制技术 (摘译) ·····                     | 张孝福 刘尔华 ( 19 )     |
| 输送辊道保温系统 (摘译) ·····                            | 孙定荣 许祖心 ( 30 )     |
| 热轧和冷轧机的板形测量及控制·····                            | 高 平 许祖心 ( 33 )     |
| 炉卷轧机轧制的带钢缺陷类型·····                             | 许祖心 刘尔华 ( 36 )     |
| 板型和断面控制调查表·····                                | 张国儒 张 兰 许祖心 ( 41 ) |
| 厚度自动控制·····                                    | 张国儒 高祥明 ( 56 )     |
| 国际炉卷轧机协会厚度自动控制 (AGC) 调查表 (摘译) ·····            | 高宗仁 许祖心 ( 60 )     |
| 热带轧机的水幕冷却系统·····                               | 张 兰 龙云乾 ( 63 )     |
| 炉卷轧机支承辊的剥落·····                                | 高宗仁 王一德 ( 71 )     |
| 炉卷轧机用的一种新工作辊·····                              | 王一德 许祖心 ( 74 )     |
| 热轧可逆式炉卷轧机工作辊的润滑 (摘译) ·····                     | 王志泉 王一德 ( 78 )     |
| 影响炉卷轧机支承辊磨损的主要因素·····                          | 张孝福 高祥明 ( 83 )     |
| VIBASA(维拉雷斯)工业公司生产的离心铸造轧辊的<br>特性与应用 (摘译) ····· | 王一德 许祖心 ( 85 )     |
| 芬兰热轧机完成由铬矿生产不锈钢的过程 (摘译) ·····                  | 黄 挺 许祖心 ( 89 )     |
| UNILUX1000表面检验记录系统·····                        | 雷凌光 许祖心 ( 91 )     |
| HIGHVEID钒钢有限公司·····                            | 雷凌光 许祖心 ( 91 )     |
| “板形及中凸控制”的结论及讨论·····                           | 高宗仁 许祖心 ( 94 )     |
| 热带轧机的测量装置——钢带尺寸控制·····                         | 高宗仁 许祖心 ( 95 )     |
| 锻钢工作辊的自动无损检验·····                              | 高宗仁 龙云乾 ( 96 )     |

## 〔HC〕轧机

|                             |                 |
|-----------------------------|-----------------|
| 日本金属工业公司炉卷轧机现代化 (SMK) ····· | 刘德明 刘 欣 ( 98 )  |
| 用于轧制中板的工作辊移动的轧机·····        | 吴达群 周 仲 ( 101 ) |
| HC轧机在热轧中的应用 (摘译) ·····      | 张 兰 高祥明 ( 104 ) |

# 国际炉卷轧机协会第四届年会综述

黄福理 刘 欣 许祖心

## 国际炉卷轧机协会 (IASMO)

国际炉卷轧机协会成立于1984年,是一个国际学术团体。协会的宗旨是为各成员提供论坛,交流有关炉卷轧机操作技术和维修方面的经验;现场考察炉卷轧机的生产和技术状况,促进各厂家炉卷轧机生产和技术的发展。

协会成员仅限于拥有炉卷轧机设备和正在进行生产的厂家,成员申请后由协会推荐并经三分之二多数成员投票通过。目前,经过确认的正式成员有22个,包括巴西、哥伦比亚、秘鲁、瑞典、南非、中国、美国、加拿大、日本、菲律宾、西班牙、芬兰和土耳其等国的22个厂家。待确认的有南斯拉夫和印度的两个厂家。这些成员共拥有21套炉卷轧机。据不完全统计,世界上现有炉卷轧机29台,没有参加协会成员的还有苏联、东德、卢森堡、意大利、阿根廷、墨西哥及中国台湾共8个炉卷轧机厂家。协会成员厂家占全世界炉卷轧机厂家的72%,具有相当的广泛性。太钢公司自1984年协会成立之始就成为协会成员,我公司的代表是李成经理。

国际炉卷轧机协会有正式的章程,一切组织活动都按章程规定办理。主要活动有:

1. 每年召开一次年会,轮流在各大洲的一个会员厂家举行;1984年至1987年已经按时召开了四次年会。第一届年会在北美洲的加拿大省际钢和钢管公司举行。第二届年会在非洲的南非海维尔德钢和钒公司举行;第三届年会在南美洲的巴西伊塔比拉特殊钢公司召开;第四届年会在欧洲的西班牙不锈钢制造公司召开。

召开年会是协会的主要活动之一,年会的

内容包括参观、考察、发表论文、介绍有关厂家的设备、工艺、技术及产品质量情况、专题讨论等,广泛进行技术交流。

协会设主席,由各届年会的东道主厂家的代表轮流担任。每届年会由上任主席主持,会议东道主厂家的代表自动成为当年的现任主席,主持协会的日常活动。

2. 协会设立六个组,由主席委托某些厂家负责,每年向各成员厂家寄发调查表进行专业性的技术调查,经过整理和总结后把调查资料寄送各成员厂家。这六个组分别为:

卷取机卷筒;

轧辊和轴承;

AGC和板形控制;

带钢表面质量;

自动化;

节能。

此外,主席还组织各厂家之间进行有关炉卷轧机生产和技术发展方面不定期的资料交流,各厂家之间也可以单独进行横向的技术交流。

## 国际炉卷轧机协会第四届年会

第四届年会于1987年10月5日至9日在西班牙不锈钢公司召开,太钢公司的三名代表首次参加这次国际炉卷轧机协会的年会。受到与会各厂家代表的欢迎。通过参加年会使我们开阔了眼界,认识和结交了国外同行,了解到国际上炉卷轧机的现状、发展水平和趋势。对今后我公司炉卷轧机的技术改造和发展有许多启示。我们分下面几个部分介绍年会的情况:

1. 参加第四届年会的厂家和代表

协会正式成员生产厂家15个如下表所列:

表 1

| 序 号 | 国家或地区 | 厂 名         | 代 表 姓 名 及 职 务                         | 人 数 |
|-----|-------|-------------|---------------------------------------|-----|
| 1   | 巴 西   | 伊塔比拉特殊钢公司   | William M. Maluf<br>热轧带钢厂厂长·协会第三任主席   | 3   |
| 2   | 加 拿 大 | 希德贝克·多斯科公司  | Norman Couture<br>板带厂工程师              | 4   |
| 3   | 瑞 典   | 法格斯塔不锈钢公司   | Andres Luhr<br>工程师                    | 3   |
| 4   | 南 非   | 海维尔德钢和钒公司   | T. E. Jones<br>工程师                    | 2   |
| 5   | 瑞 典   | 苏拉哈马钢公司     | Arne Lundgren<br>工程师                  | 2   |
| 6   | 美 国   | 华盛顿钢公司      | William J. Farmer<br>热轧带钢厂厂长          | 3   |
| 7   | 南 非   | 米德尔堡钢和合金公司  | Keith D. luyt<br>钢分公司主管操作的经理, 协会第二任主席 | 3   |
| 8   | 美 国   | 海恩斯国际公司     | Ronald H. Radzilowski<br>负责操作的经理      | 1   |
| 9   | 芬 兰   | 奥托昆普公司      | Mikko Pietila<br>负责技术开发的经理            | 3   |
| 10  | 加 拿 大 | 省际钢和钢管公司    | Real Cassivi<br>轧钢厂厂长, 协会第一任主席        | 1   |
| 11  | 日 本   | 日本金属工业公司    | Seishiro Aichi<br>相模原制铁所热轧厂厂长         | 2   |
| 12  | 西 班 牙 | 西班牙不锈钢制造公司  | Rafael G. Salazar<br>热轧厂厂长            | 4   |
| 13  | 中 国   | 山西太原钢铁公司    | 赵甲辰<br>五轧厂厂长                          | 3   |
| 14  | 哥伦比亚  | 静河钢公司       | L. Alejandro Rodriguez<br>工程师         | 2   |
| 15  | 土 耳 其 | 埃德米·埃雷利钢铁公司 | Atamer Giyiei<br>工程师                  | 2   |
| 合 计 |       |             |                                       | 38  |

参加会议的非正式成员代表共 7 家, 包括计划新建炉卷轧机的钢厂, 有关不锈钢生产厂

轧钢设备制造厂和轧辊生产厂, 咨询公司等如下表所列。

表 2

| 序 号 | 国家或地区 | 厂 名                      | 代表姓名及职务                 | 人 数 |
|-----|-------|--------------------------|-------------------------|-----|
| 1   | 印 度   | 穆坎德钢公司                   | I.M.D/costa<br>设计部主任    | 1   |
| 2   | 日 本   | 日新制钢                     | 设乐正隆<br>工程师             | 1   |
| 3   | 日 本   | 日立制作所                    | 饭田芳彦<br>日立工场主任工程师       | 1   |
| 4   | 美 国   | 联合工程公司                   | V.Ginzburg<br>工程师       | 1   |
| 5   | 比 利 时 | Marichal Ketin<br>轧钢厂    | Philippe Thomas<br>销售经理 | 2   |
| 6   | 西 班 牙 | Fundicion Nodular<br>轧钢厂 | J.L.Omet Quesada<br>工程师 | 3   |
| 7   | 瑞 典   | LQ咨询公司                   | Tan A.Landgist<br>工程师   | 2   |
| 合 计 |       |                          |                         | 11  |

## 2. 介绍炉卷轧机的建设和改造的情况

70年代末开始,特别是80年代以来,炉卷轧机有了新的发展,许多国家都在建造新的炉卷轧机或改造旧的炉卷轧机,这与60年代大量拆除炉卷轧机或改造成半连轧的情况形成鲜明的对照。这届年会上介绍了1987年12月投产的芬兰奥托昆普公司1800mm HCMW 炉卷轧机,介绍和参观了1985年10月投产的西班牙不锈钢公

司1800mm HCMW 炉卷轧机,还介绍了日本金属工业公司炉卷轧机改造的技术和效果,代表了80年代炉卷轧机的最新水平和发展趋势。

芬兰和西班牙这两套炉卷轧机几乎是类似的两套目前世界上先进的炉卷轧机, HCMW 轧机和自动控制系统都是日立的技术,有关生产工艺流程及基本参数介绍如下:

## 2.1 工艺流程

表 3

产品规格及生产能力

| 项目名称        | 芬兰奥托昆普公司                                        | 西班牙不锈钢公司                                        |
|-------------|-------------------------------------------------|-------------------------------------------------|
| 钢 种         | AISI300和400系列                                   | AISI300和400系列                                   |
| 卷板规格        | 厚度2.5~10mm<br>宽度800~1625mm<br>卷重≤26吨/卷(18kg/mm) | 厚度2.5~9.0mm<br>宽度690~1600mm<br>卷重27吨/卷(18kg/mm) |
| 中厚板规格       | 厚度8.0~30mm<br>宽度1050~2500mm                     | 厚度10~60mm<br>宽度690~1600mm<br>长度4~12m            |
| 生产能力<br>卷 板 | 22万吨/年<br>100吨/时(4~6卷/时)<br>20万吨/年              | 408吨/年<br>20万吨/年                                |
| 中厚板         | 2万吨/年                                           | 20万吨/年                                          |

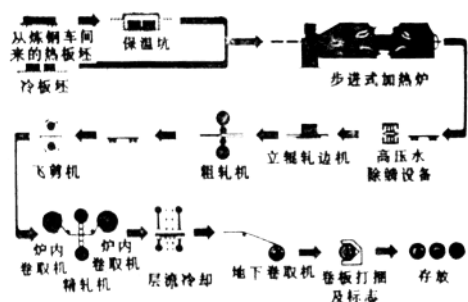


图1 炉卷轧机车间工艺流程图

热轧工艺（见图1）由一台中心计算机控制，配有监控27个工作点的闭路电视。

## 2.2 产品规格及生产能力见表3

## 2.3 主要设备参数

1) 加热炉：两个厂基本相同

型式：步进式1座

尺寸：28.2×13.3m

加热温度：≤1280℃

板坯尺寸：150~200×690~1625×4000

~12700mm

小时产重：120t/h

燃料：天然气或油

2) 高压水除鳞设备

水压：150N/cm<sup>2</sup>

板坯运行速度：6m/s

3) 立辊轧机

| 项 目   | 芬兰奥托昆普公司   | 西班牙不锈钢公司   |
|-------|------------|------------|
| 轧辊直径  | 750mm      | 900~970mm  |
| 开口度   | 700~2700mm | 650~1750mm |
| 压下速度  | 60.5mm/s   | 50mm/s     |
| 主传动电机 | 2×600kW DC | 4×225kW DC |

4) 4 辊轧粗机：见表4

5) 飞剪机：见表5

6) 炉卷轧机 (HCMW) 及炉内卷取机

两套炉卷轧机都是日立制造，基本相同，

见图2及表6。

7) 地下卷取机：见表7

表4

4 辊粗轧机

| 项 目    | 芬兰奥托昆普公司               | 西班牙不锈钢公司               |
|--------|------------------------|------------------------|
| 工作辊尺寸  | φ900 - φ1000 × 2750mm  | φ870 ~ φ950 × 1750mm   |
| 支承辊尺寸  | φ1440 - φ1660 × 2750mm | φ1260 ~ φ1370 × 1750mm |
| 轧辊开口度  | 300mm                  | 250mm                  |
| 最大轧制压力 | 4400t                  | 3500mm                 |
| 压下速度   | 35mm/s 液压AGC           | 20mm/s                 |
| 主电机功率  | 2×6000kW DC            | 2×5000kW DC            |

表5

飞剪机

| 项 目    | 芬兰奥托昆普公司           | 西班牙不锈钢公司           |
|--------|--------------------|--------------------|
| 剪切钢板尺寸 | 10~35 × 800~1625mm | 20~35 × 690~1600mm |
| 剪切速度   | 2~3m/s             | 1.5~2.5m/s         |
| 剪切力    | 6300kN             |                    |

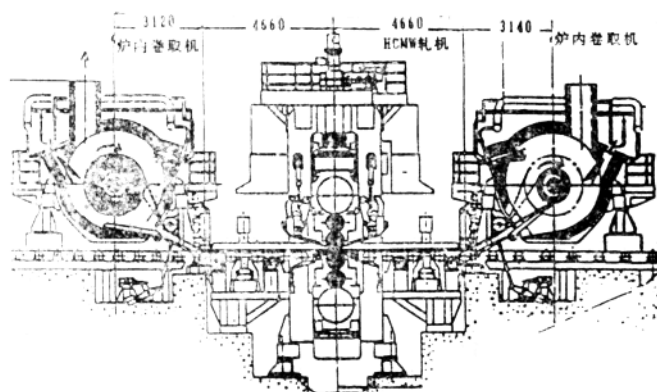


图 2

表 6

| 项 目     | 芬兰奥托昆普公司                                          | 西班牙不锈钢公司                                          |
|---------|---------------------------------------------------|---------------------------------------------------|
| HCMW 轧机 |                                                   |                                                   |
| 工作辊尺寸   | $\phi 630 \sim \phi 690 \times 1800 \text{ mm}$   | $\phi 630 \sim \phi 690 \times 1800 \text{ mm}$   |
| 中间辊尺寸   | $\phi 630 \sim \phi 690 \times 1800 \text{ mm}$   | $\phi 630 \sim \phi 690 \times 1800 \text{ mm}$   |
| 支承辊尺寸   | $\phi 1250 \sim \phi 1370 \times 1800 \text{ mm}$ | $\phi 1370 \sim \phi 1260 \times 1800 \text{ mm}$ |
| 最大轧制速度  | $10 \text{ m/s}$                                  | $10 \text{ m/s}$                                  |
| 主电机功率   | $2 \times 5000 \text{ kW DC}$                     | $2 \times 5000 \text{ kW DC}$                     |
| 工作辊移动量  | $210 \text{ mm}$                                  | $200 \text{ mm}$                                  |
| 工作辊移动速度 | $20 \text{ mm/s}$                                 | $20 \text{ mm/s}$                                 |
| 中间辊移动量  | $630/515 \text{ mm}$                              | $500 \text{ mm}$                                  |
| 中间辊移动速度 | $20 \text{ mm/s}$                                 | $20 \text{ mm/s}$                                 |
| 压下速度    | $10 \text{ mm/s}$ (配有液压AGC)                       | $10 \text{ mm/s}$ (配有液压AGC)                       |
| 最大轧制压力  | $4000 \text{ t}$                                  | $3300 \text{ t}$                                  |
| 炉内卷取机   |                                                   |                                                   |
| 保温炉     | 封闭式                                               | 封闭式                                               |
| 最高加热温度  | $1200^\circ\text{C}$                              | $1200^\circ\text{C}$                              |
| 卷筒      | 水冷 $\phi 1200 \text{ mm}$                         | 水冷 $\phi 1200 \text{ mm}$                         |
| 最大卷取直径  | $\phi 2120 \text{ mm}$                            | $\phi 2100 \text{ mm}$                            |
| 最大卷重    | $26 \text{ t}$                                    | $28.8 \text{ t}$                                  |
| 最大卷取速度  | $10 \text{ m/s}$                                  | $10 \text{ m/s}$                                  |



表 7

地下卷取机

| 项 目   | 芬兰奥托昆普公司                            | 西班牙不锈钢公司                            |
|-------|-------------------------------------|-------------------------------------|
| 型 式   | 3 辊式                                | 4 辊式                                |
| 卷筒直径  | 胀缩 $\phi 760 / \phi 725 \text{ mm}$ | 胀缩 $\phi 760 / \phi 722 \text{ mm}$ |
| 主电机功率 | 750kW DC.                           | 500kW DC.                           |

## 2.4 带钢厚度控制

1) 带钢纵向厚度同板差靠日立提供的 AGC 系统, 通过计算机自动控制, 主要有 5 个功能:

厚度控制: 具有温度、压力、厚度补偿。

速度补偿: 在速度变化时保证带钢厚度变化不大;

张力补偿: 在张力发生变化时使厚度变化很小;

头尾补偿: 在轧制带钢头尾时, 自动调整辊缝减少头尾超厚;

测厚仪监控: 使用测厚仪在线测量厚度, 对压下进行正负反馈。

2) 带钢横向同板差靠中间辊及工作辊的移动来保证。西班牙不锈钢公司将 HCMW 轧机在实际操作中中间辊不移动, 而是把上中间辊的传动侧和下中间辊的换辊侧各 500mm 长度内车成阶梯形 ( $\Delta D = 35 - 40 \text{ mm}$ )。工作辊采用平辊型, 在一个换辊周期中根据轧钢量移动一周, 一般工作辊一个周期的轧钢量为 750 吨。

## 3) 带钢厚度偏差:

标准水平:

| 厚度规格 (mm)      | 公差范围 (mm)     |
|----------------|---------------|
| $\leq 3.0$     | $\pm 0.20$    |
| $3.5 \sim 4.0$ | $\pm 0.30$    |
| $\geq 4.5$     | $\pm 10\%$ 厚度 |

实物水平比标准水平高得多, 厚度公差为  $\pm 0.10 \text{ mm} \sim \pm 0.15 \text{ mm}$ , 基本上达到了连轧机的水平。

## 2.5 炉卷轧机的技术发展已经逐渐成熟

从芬兰和西班牙的两套炉卷轧机上明显地看到炉卷轧机的趋势炉卷轧机最适合于生产不锈钢和硅钢的中型企业, 一般一套炉卷轧机年产 20 万吨供冷轧不锈钢薄板和冷轧硅钢片的热轧卷板, 其产量和质量都能满足要求, 而投资又比较省, 同时炉卷轧机的粗轧机还有能力生产部分中厚板, 在品种规格上比较灵活和多样化。正由于轧机的品种趋于专业化, 因此对产量没有过多的追求, 炉卷轧机生产的卷板主要用做冷轧的坯料, 产量以满足冷轧的需要为限。巴西伊塔比拉特殊钢公司, 南非米德尔堡钢和合金公司等厂家的情况也是如此。南非的厂家曾经对世界炉卷轧机的产品比例做过调查统计, 说明了炉卷轧机生产特殊钢的比例很大, 这在经济上是合算的。当然如果生产碳素钢, 产量就可以大大增加, 但是在经济上不合算。

由于炉卷轧机的设备逐渐完善, 带钢轧机的许多新技术在炉卷轧机上得到应用, 其过去存在的一些缺点得到了克服。芬兰和西班牙的这两套 80 年代的炉卷轧机集中了热轧带钢的最新设备和技术, 主要特点是:

① 轧机设备大型化。设计允许的最大轧制负荷可达 4000 吨, 主传电动机容量达  $2 \times 5000 \text{ kW}$ 。因此强化了炉卷轧机的轧制, 更有利于合金钢的轧制。

② 增加卷重。最大卷重已达 27 吨, 单位宽度的卷重达  $18 \text{ kg/mm}$ , 达到了热连轧的水平, 克服了炉卷轧机卷重小收得率低的缺点。

③采用液压压下和厚度自动控制装置,提高轧制速度。特别是HC轧机的应用,使轧件的尺寸精度提高到相当于连轧机的水平,改善了带钢的板型。

④采用快速换辊装置及高铬或高铬—钼轧辊,再加上HC轧机的使用,克服了轧辊磨损大的缺点,使换辊频繁的问题得到解决。

⑤提高自动化操作水平。采用了计算机控制,实现热轧过程全自动化,解决了炉卷轧机轧制道次多,操作频繁和复杂的难题。

⑥配备层流冷却设施,改善带钢性能。

炉卷轧机的技术发展,新设备和新技术的应用使炉卷轧机具有新的生命力。不仅新建的炉卷轧机达到很高的水平,同样老轧机的改造也取得很好的效果。日本金属工业公司是日本第一个生产不锈钢的厂家,该公司相模原热轧带钢厂的炉卷轧机是1969年从西德引进的,至今已轧制200万吨不锈钢带钢,轧机日益老化,为了提高产品质量,扩大生产能力和减少操作人员,从1984年开始用一年的时间完成了从加热炉至端部卷取机的全线改造,取得了可观的经济效益:

1) 提高了炉卷轧机生产能力

①板坯加热炉

—改用大型烧咀,提高了加热能力

—改造换热器,助燃空气温度从300℃提高到500℃

—改换燃料的种类

—改变滑道热块的材质

②炉卷轧机

—增大过电机功率

—提高轧制速度

—加大炉卷卷筒尺寸

—增大炉卷卷筒电机功率

—加大最大轧制宽度

③效果

—助燃空气温度从300℃提高到500℃

—加热炉能力提高10%

—生产能力从36.9吨/小时提高到4.5吨/小时,提高了22%

—滑道降温从20℃减少到10℃

—燃料消耗降低15%

—炉卷卷筒寿命提高一倍多

—炉卷卷筒材料可采用低牌号合金

2) 提高了产品质量

①减小纵向厚度偏差

—引进AGC系统

—引进调整控制系统

—减少精轧道次间停顿时间

②改善带钢横向断面形状

—采用工作辊移动系统

—采用工作辊弯辊系统

③改善带卷形状,减小塔形

—加大端卷卷筒尺寸

—采用两级胀缩卷筒

—增大端卷电动机功率

—增大夹送辊电机功率

④减轻表面划伤程度

—使工作辊转速与输出辊道转速相匹配

1) 节省劳动力

①改善设备

—把三个操作台合并成一个

—采用中央操作监控系统

—采用故障监控系统

—设置在机器旁操作的手动操作箱

—采用自动化机械设各,包括快速换工作

辊,带卷打捆机,标号机,称量机。

②数字式操作控制

—使用多级计算机的数字式控制

—设置用于数字式控制的多种传感器,包括HMD, CMD, 压力传感器, 激光器等

—数据自动收集和记录系统

③数字式过程控制

—板坯加热炉

a) 燃烧控制

b) 空气压力控制

c) 板坯装炉和跟踪控制

d) 自动操作

—粗轧机

a) APC包括: 轧辊定位, 轧制速度, 侧导板定位(宽度), 立辊定位(宽度), 冷却水控制

b) 除鳞高压水和压缩空气控制

c) 自动逆转控制

d) 自动减速控制

—精轧机

a) APC包括各部分的定位控制, 轧制速度, 轧制张力, 弯辊力, 侧导板(宽度)

b) 自动厚度控制

c) 自动调整控制

d) 自动减速

e) 自动操作, 包括夹送辊, 侧导板除鳞压缩空气和冷却水

f) 炉卷内的自动卷取

—切头剪

a) 头尾自动剪切

—端卷

a) APC, 包括夹送辊(间隙)定位, 侧导板(宽度)定位和卷取张力控制

b) 自动尾部停止控制

c) 带卷自动打捆, 标号称重和输送

—带卷报表

a) 数据自动记录

b) 带卷报表的输出

带钢断面形状的检查

a) X射线板形仪: 每5卷以及轧制周期的最后一卷检查一次断面形状

—效果

a) 可以在操作台控制粗轧机、精轧机和端卷

b) 从粗轧机到端卷的整条轧制线全部自动化

c) 轧制线实行一人操作

d) 炉卷生产的劳动力从51人减到32人

### 3. 第四届年会发表的技术论文

会议发表技术论文11篇, 主要围绕改进产品质量、检测、轧辊及能源消耗等几个方面(部分论文我们已编译刊登在本专集的译文部分)。

1) 南非米德尔堡钢公司发表了炉卷轧机所用的板坯和轧制带钢可能产生的缺陷原因及应采取的措施。

2) 美国华盛顿钢公司介绍了在各种生产状态下轧辊的使用和磨损情况。

3) 比利时Marichal Ketin轧钢厂介绍高铬特殊轧辊在美国华盛顿钢公司和加拿大希德贝克·多斯科公司热轧厂的使用情况。

4) 加拿大希德贝克·多斯科公司发表了影响支承辊磨损的因素的论文。

5) 美国华盛顿钢公司发表“Unilux表面质量检查方法”的论文。

6) 加拿大希德贝克·多斯科公司发表了有关热轧带钢表面除鳞问题的论文。

7) 哥伦比亚静河钢公司介绍该公司炉卷轧机生产工艺和设备。

8) 南非海维尔德钢和钒公司介绍了其新设计的万向接轴的使用效果。

9) 土耳其埃德米·埃雷利钢铁公司对各厂家炉卷轧机的能源消耗进行了比较和总结。

10) 华盛顿钢公司对各厂家所用的X射线测厚仪进行了归纳。

11) 加拿大希德贝克·多斯科公司对各炉卷轧机厂家所用的板型和横向同板差的控制方法进行了总结。

国际炉卷轧机协会第四届年会是一次广泛技术交流的会议, 成员之间十分热情和友好, 技术比较公开, 我们感到参加年会活动是有益的。会议决定今后每一年半召开一次年会, 第五届年会定于1989年春在日本金属工业公司召开。

# 太原钢铁公司五轧厂炉卷轧机生产实践浅析

刘 欣 赵甲辰

本文介绍了太钢炉卷轧机的生产经验与各项数据,并对今后的改造提出了初步设想。

## 太钢五轧厂的概况

五轧厂是生产中板及卷板的2300/1700毫米的热轧钢板厂。主体设备由苏联新克拉马托重型机器制造厂KHM3制造,少量配套设备是由富拉尔基第一重型机器厂等单位制造。

五轧厂于1965年建厂,1966年中板生产线投产,1972年卷板生产线投产。至1987年底,全厂设备总台数为693台,设备总重量为14701吨,固定资产原值13009万元,净值6607万元,全厂

职工1458人,其中工人1151人,全员劳动生产率321.75吨/人年,工人劳动生产率417.36吨/人年〔<sup>2</sup>〕。

1987年我厂共生产中卷板46.9万吨,其中中板为23.5万吨,卷板为23.4万吨。全年生产不锈钢中卷板5.81万吨,其中不锈钢中板2.51万吨,不锈卷板3.3万吨。品种规格如表1所示。1986~1987两年的质量、消耗主要经济指标的对比见表2。

表 1

1987年品种规格及产量一览表

| 类 别                | 品 种    | 代 表 钢 号      | 规格(厚×宽×长) (mm)           | 产量(千吨) |
|--------------------|--------|--------------|--------------------------|--------|
| 中<br><br><br><br>板 | 优 质 板  | 20g          | 6~20×1600~1860×4000~8000 | 135.3  |
|                    | 低 合 金  | 16Mng        | 6~18×1600~1800×4000~8000 | 19.0   |
|                    | 船 板    | 3C           | 6~10×1600~1800×6000~8000 | 9.1    |
|                    | 普 碳 板  | A3           | 6~20×1600~1800×4000~8000 | 4.4    |
|                    | 不 锈 板  | 1Cr18Ni9Ti   | 5~20×1600~1800×4000~6000 | 2.5    |
|                    | 其 它    | 903等         | 6~20×1600×1800×4000~8000 | 65.0   |
|                    | 小 计    |              |                          | 235.3  |
| 卷<br><br><br><br>板 | 普卷低合金卷 | A3<br>16Mn   | 3.0~4.0×1050×-           | 150.4  |
|                    |        |              | 4.5~8.0×1050×-           | 35.5   |
|                    | 不 锈 卷  | 1Cr18Ni9Ti   | 4.5×1050~1260×-          | 33.0   |
|                    | 其 它    | 08Al<br>DT4等 | 2.5~4.5×1050×-           | 15.1   |
|                    | 小 计    |              |                          | 234    |
| 合 计                |        |              |                          | 469    |

表2

1986~1987年合格率、成材率对比表

| 项 目          | 合 格 率 (%) |       |            | 成 材 率 (%) |       |            |
|--------------|-----------|-------|------------|-----------|-------|------------|
|              | 1986年     | 1987年 | 1987比1986± | 1986年     | 1987年 | 1987比1986± |
| 中卷板合计        | 99.42     | 99.44 | +0.02      | 90.92     | 91.21 | +0.32      |
| 中板合计         | 99.71     | 99.69 | -0.02      | 86.77     | 87.39 | +0.62      |
| 卷板合计         | 99.15     | 99.20 | +0.05      | 95.25     | 95.35 | +0.10      |
| 不锈卷板         | 97.85     | 98.10 | +0.25      | 92.45     | 93.12 | +0.67      |
| 不锈 厚度>6mm    | 98.54     | 98.57 | +0.03      | 82.99     | 83.52 | +0.53      |
| 中板 5.0~6.0mm |           |       |            | 77.03     | 77.74 | +0.71      |

## 工艺流程、主要设备布置及基本评价

目前我厂占地面积共有95000米<sup>2</sup>，厂房建筑面积65000米<sup>2</sup>。在厂房内布置了两条生产线。设备布置与工艺流程如图1，轧制线主要设备配备如图2。

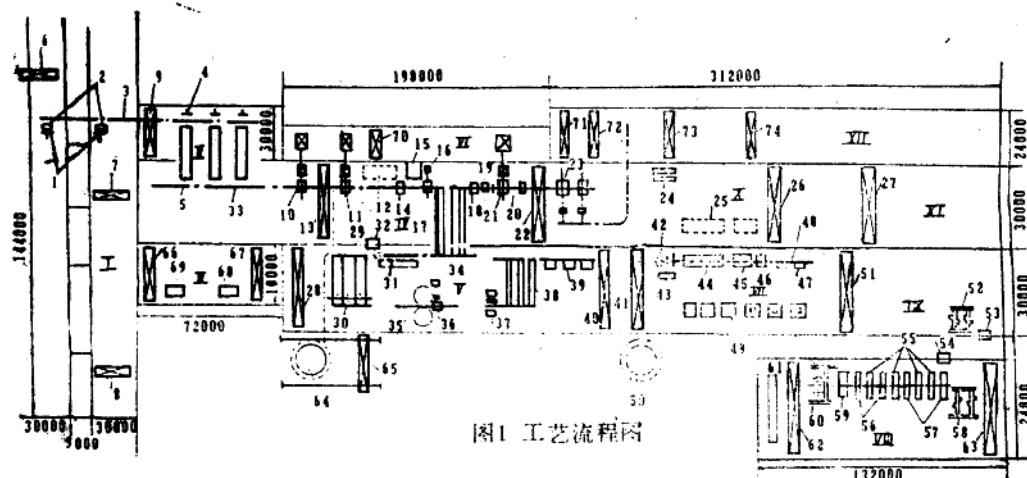
中板工艺流程：

合格板坯（初轧坯+连铸坯）入板坯库→装炉→加热→出炉→高压水除鳞→二轧可逆轧机宽展（7~11道次）→高压水除鳞→万能轧机轧到最终厚度（7~9道次）→测厚→热矫→冷床→水冷辊道冷却→冷矫直机矫直→1号检查台检查上表面→翻板→圆盘剪切侧边→

## 工艺流程图(图1)分区明细

| 区 号 | 名 称   | 区 号 | 名 称   |
|-----|-------|-----|-------|
| I   | 原料区   | I   | 加热区   |
| II  | 磨辊区   | IV  | 轧钢区   |
| V   | 精整区   | VI  | 主电室   |
| VI  | 热处理区  | VII | 酸洗区   |
| IX  | 研磨区   | X   | 包装区   |
| XI  | 中板成品库 | XI  | 卷板成品库 |

侧刀剪剪切头尾及定尺→2号检查台检查→喷字、打钢印→垛板台垛板→根据钢种不同或入库或进入热处理车间。



工艺流程图 (图1) 图号明细

| 标 号      | 设 备 名 称          | 标 号   | 设 备 名 称    |
|----------|------------------|-------|------------|
| 1,2,3,10 | 上料机与装炉辊道<br>2辊轧机 | 4,5   | 推钢机与加热炉    |
| 12,14    | 油库与热板库           | 11    | 万能轧机       |
| 21       | 炉卷轧机 (1200mm)    | 15,16 | 热矫机及高压水泵房  |
| 35,36,37 | 圆盘剪机与侧刀剪机        | 19,20 | 前后保温炉      |
| 17,18    | 中板冷床及飞剪机组        | 23    | 端部卷取机与送卷链条 |
| 68,69    | 磨辊间车床与磨床         | 42~49 | 常化炉与罩式炉    |
|          |                  | 50,64 | 水塔与沉淀池     |

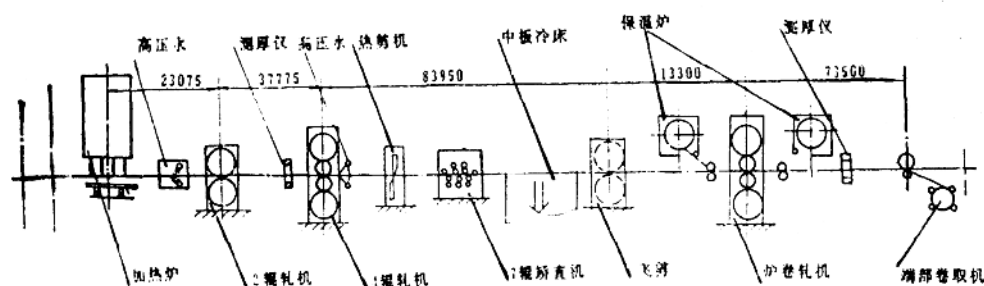


图2 太钢五轧厂轧制线主要设备配置简图

热处理车间工艺流程:

待处理板入热处理库→进行热处理(方式:罩式炉、常化炉)→矫直→酸洗→修磨→包装→入成品库。

卷板工艺流程:

合格钢板坯(初轧坯或连铸坯)入库→装炉→加热→出炉→高压水除鳞→2辊轧机轧制(3~5道次)→高压水除鳞→万能轧机轧制(3~5道次)→飞剪切去头、尾→炉卷轧机轧制(3~9道次)→测厚→端部卷取机卷取→钢卷输送链→钢卷成品库。

从以上两条(中、卷板)工艺流程看,有以下几个问题对产量、质量不利。

1) 既要生产中板,又要生产中卷板,故难以组织生产。单线生产中板则轧机能力大(2

辊轧机和4辊万能轧机),加热、轧制能力可达到45~50万吨/年,而精整线的设计能力仅为10万吨/年,因此在生产过程中,经常由于精整线堵塞而使设备利用率不高。为了平衡精整线的加工能力,只好采用小交叉轧制来组织生产(轧制两块中板,轧制一块卷板)。这样又造成上料辊道坯料的输送困难,加热炉能力不平衡,中、卷板坯料互相堵塞。多年来设备利用率一直难以搞上去,轧废频率增多,未轧成最终厚度的中间产品也相应增多。除历史上的原因之外,这些是我厂多年未能达到设计产量的重要原因之一(1984年才达到设计产量)。

2) 质量的提高受到较大的限制,这是由于中卷板交叉轧制(2~3:1)时,因其板宽相差悬殊(中板宽度1700~1900mm,卷板

宽度为900~1260mm), 使轧辊磨损及热凸度沿辊身长度分布不均匀, 造成中板横向同板差大, 板形不好。对于卷板而言, 由于2辊轧机、万能轧机能力小, 轧制道次增多(有时超过14道), 加之轧制线太长, 万能轧机给精轧机送料厚度又薄(13~14mm), 使沿途温降过大, 炉卷轧机开轧温度仅能达到850~880℃, 这样即增加了精轧机的负荷, 又对轧辊质量提出了更严格的要求, 产品质量也很难保证, 很难轧出规格较薄, 板形较好的高质量产品。

### 生产状况及影响因素

我厂自1966年8月份投产以来(卷板在1972年5月份投产)到1987年底共生产中卷板420万吨, 中卷板比例基本上是各占50%, 历年产量变化如图3所示。

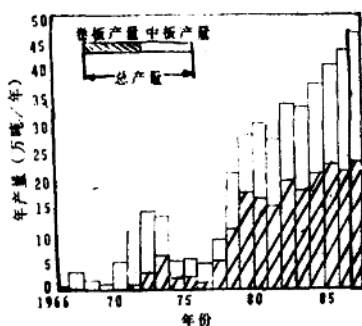


图3 历年产量变化图

从图3中产量的变化, 结合五轧厂的具体实践可以说明以下几个问题:

- 1) 中板生产1971年达到设计产量(10万吨/年), 1972年达到12万吨左右, 当时基本上没生产卷板, 因此也就不存在交叉轧制的问题。
- 2) 1972~1976年, 历史时期的特殊性是影响产量上升的一个极重要因素, 但这时为了提高设备利用率开始采用交叉轧制, 由于没有经验, 没有一整套完善的管理办法, 使产量不仅没有上升, 反而出现产量下降的趋势。
- 3) 从1976年到1980年, 随着管理的加强,

在生产组织上逐渐适应了小交叉轧制的生产方式, 而且炉卷轧机攻关取得了突破性的进展(如轧机调整取得了重大突破), 尽管中卷板薄规格产品不断增加, 产量还是逐年有较大幅度的上升。由1976年的5万吨/年, 经过四年达到30万吨/年。

4) 在1981~1984年, 我厂采取了一些提高质量的措施(如高压水改造, 炉卷轧机的液压微调及轧辊攻关均取得了好成绩), 而且还进行了大修, 另外对中卷板的板形控制有了经验, 使产量和质量进一步提高, 直到1984年达到了设计产量。而且也开始大批量生产不锈钢卷板, 逐年产量如图4所示。

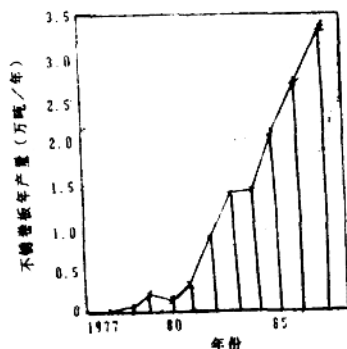


图4 历年不锈钢卷板产量变化图

这一段时间(历时12年)如此之长, 除了上面提到的特殊的历史时期是个主要原因之外, 设计(主要是轧机布置)和设备(主要是炉卷轧机的先天不足)上的缺陷也是不应忽视的重要原因。

在1984~1987年, 产量进一步提高的潜力已经不大, 重点是抓产品质量, 虽然在产量质量上逐年都有增长, 但还是满足不了用户及冷轧厂的质量要求。

### 质量状况与分析

炉卷轧机的生产工艺及其五轧厂的平面布

置, 决定了在产品质量上存在以下几方面的问题:

### 1. 同板差大

由于作业线太长(158m)和炉内卷筒与拉辊能力限制了送料厚度的增加(只能送13~14mm), 致使炉卷轧机的开轧温度偏低, 仅在850~880℃之间, 因此增加了炉卷轧机的负荷、道次、轧辊变形与磨损。尽管近年来采取了一些措施(如输送辊道的速度由2.5m/s提高到5m/s, 试用过保温罩等)但开轧温度偏低的现象没有得到根本扭转。由于开轧温度偏低, 使卷板的同板差(纵向、横向)较大, 在一般情况下钢板的同板差如图5、6、7、8所示。

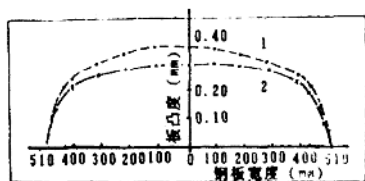


图5 炉卷轧机轧制3道时成品钢板的最大凸度  
工作辊处于末期, 曲线1是1Cr18Ni9Ti板的情况, 曲线2是A3板情况, 钢板4.5×1020×—

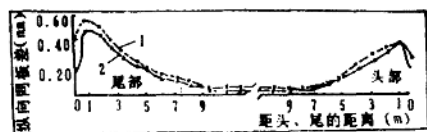


图6 轧制3道时(不补压)钢板纵向同板差分布  
曲线1, 1Cr18Ni9Ti钢板  
曲线2, A3钢,  
轧制规格4.5×1020×—

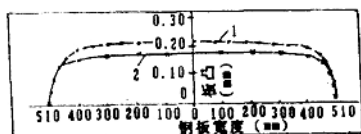


图7 轧制5道时钢板凸度分布曲线  
曲线1, 1Cr18Ni9Ti, 规格4.5×1020×—  
曲线2, A3, 规格4.0×1020×—

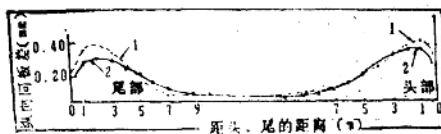


图8 轧制5道时纵向同板差曲线  
曲线1, 1Cr18Ni9Ti, 4.5×1020×—  
曲线2, A3规格4.0×1020×—

为了减少卷板的纵横同板差, 几年来采取了以下措施:

#### 1) 缩短换辊周期:

由600~800吨/次减少为400~500吨/次, 这样减少了轧辊的磨损。轧辊磨损与轧制量之间的关系图如图9所示。工作辊与支承辊的磨损曲线如图10。

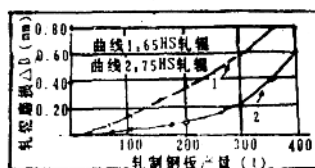


图9 轧制产量与工作辊磨损程度之间的关系

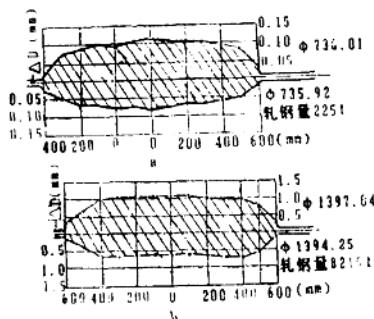


图10 (a) 工作辊磨损图 (b) 支承辊磨损图

#### 2) 采取压尾操作法

即在轧制时对钢卷头部与尾部增加压下量, 减少纵向同板差, 图11是采用压尾轧制与一般轧制纵向同板差的对比图。



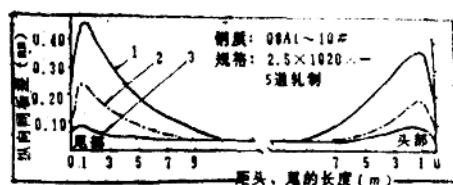


图11 压尾操作和AGC投用对纵向同板差的影响

曲线1：自然操作下的曲线

曲线2：压尾操作下的曲线

曲线3：AGC投用时的曲线

3) 在炉卷轧机上安装了液压微调系统, 实现了对钢板的纵向厚度的自动控制 (AGC), 在少量钢种上进行了试生产, 其效果是使纵向同板差为 $\leq 0.10\text{mm}$ , 纵向厚度的实测曲线如图11中的曲线3所示。但AGC系统由于设备、控制系统以及开轧温度太低等多方面原因, 投用率很低 ( $\leq 2\%$ ), 因此在质量的提高上还没有起明显的作用。

4) 由于炉卷轧机的特殊性, 每轧一道都必须把头部喂入炉内卷筒, 目前我厂这套喂料装置只能保证一次喂成率75~80%, 而且喂料速度较低1.0~1.5m/s, 再加上轧机主传动的准确停车控制不可靠, 增加了头尾在炉外的时间, 增加了头尾与钢板中部的温差, 轧制5个道次之后, 其温差可达到80℃~100℃左右, 这样使纵向厚度差进一步加大, 特别是在头尾5~6m左右, 纵向厚度差多达0.5mm左右, 采用压尾操作可以减少到0.30mm左右。

## 2. 关于板形控制

我厂炉卷轧机没有较好的控制板形的手段, 而板形控制只能采用50年代以前的一些原始办法, 即轧机调整, 冷热辊型控制, 采用平整道次等办法<sup>[3, 4, 5]</sup>。

## 3. 关于表面质量

表面质量主要为氧化铁皮和表面划伤。从我厂实际生产与产品使用来看, 氧化铁皮是由于高压水没有清除干净, 加热炉产生的一次铁皮。没有因保温炉的保温使钢带表面产生厚的二次氧化铁皮化影响产品质量, 即未在冷轧厂

及一般用户造成质量问题。而表面划伤则由于保温炉下面的炉底辊维护困难 (经常不转), 再加上轧机前后夹板、拉辊及导板变形等很容易造成钢板表面划伤, 近几年来虽经多次攻关, 但直到现在还时有发生, 历年划伤废品与利用品 (冷轧用卷) 如图12所示。

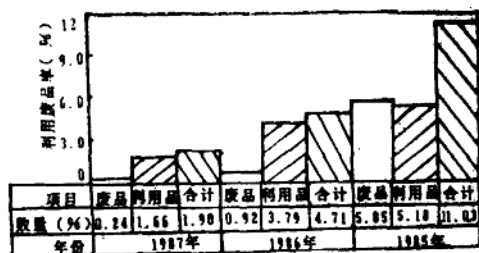


图12 1985~1987年不锈钢板表面划伤的废品利用品变化图

## 4. 关于边部质量

在炉卷轧机轧制时, 由于反复进入轧机前后的保温炉 (炉内温度950℃~1000℃), 使边部能及时得到热量补充, 增加其可变形性, 因此在炉卷轧机轧制时边部质量较好, 一般供冷轧的坯料不需要进行切边, 但由于板坯问题和在前部轧制造成的裂边是没有办法消除的。

就以上情况看, 我厂的这台炉卷轧机, 尽管近几年来也进行了一些改造, 但还是很原始的炉卷轧机, 其坯料已经不能很好地满足目前冷轧厂 (太钢六轧、七轧) 的要求, 也不能充分地满足较先进的直缝焊管机组对原料的要求, 特别是对于一些精度要求比较高的冷轧品种用坯 (如不锈钢板, 矽钢片, 荫罩带钢等) 还有一定差距, 必须进行改造。

## 成材率情况及解决办法

我厂这套炉卷轧机 (三个机架) 分为两个机组, 前两台为2300mm机组, 可生产5~20×1600~1800mm×4000~8000mm中板, 后一台 (炉卷轧机本体) 及辅助设备为1700mm机组, 可生产2.5~6.0×1000~1500mm卷板, 近几年中板和卷板的成材率如表3。