

首钢 6H3C 单机架可逆式薄板 冷轧机组技术特点

韦富强 李 普

(北京首钢设计院 北京 100043)

摘 要 本文介绍了首钢 6H3C 单机架可逆式冷轧机组的工艺设备参数、电气及自动化等,着重介绍了其技术特点,提出了其可能存在的问题,简要介绍了该机组现在的生产状况。该机组是目前世界上第一套通过中间辊交叉进行板型控制的轧机,也是世界上第一套投入工业生产的 6H3C 轧机。

关键词 首钢 单机架 六辊 冷轧机 交叉

THE TECHNICAL CHARACTERISTICS OF SHOUGANG 6H3C SINGLE STAND COLD REVERSING MILL

Wei Fuqiang Li Pu

(Beijing Shougang Design Institute, Beijing 100043)

ABSTRACT The technologic parameters, equipment characteristic, electric and automation, especially the technical characteristics of the Shougang 6H3C single stand cold reversing mill were introduced. Putting forward the potential problems and describing the actual producing status in brief. This 6H3C mill is the first set of the intermediate roll crossing mill in the world and also the first set of the industry used 6H3C mill.

KEYWORDS shougang, single stand, 6HI, cold rolling mill, crossing

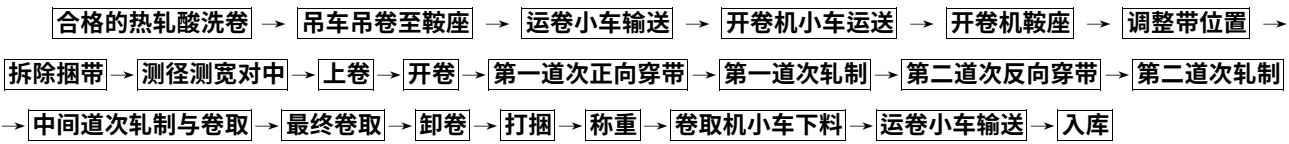
1 引言

板带是钢铁工业的主干产品。在板带产品中,冷轧薄板属于技术含量高,同时又是我国长期以来需要大量进口的钢材品种。为改善产品结构,适应市场需要,首钢与意大利 DANIELI(达涅利)公司合作设计,在首钢板材有限公司建设了一套单机架可逆式六辊冷轧机组。该轧机采用了目前世界上最新

的利用中间辊交叉进行板型控制的技术,是世界上第一套投入工业生产的中间辊交叉的六辊薄板冷轧机(简称 6H3C 轧机,即 6HI Cross Crown Control)。

2 机组主要工艺参数

- (1) 设备布置与组成如图 1 所示。
- (2) 生产工艺流程如下所示。



(3) 机组工艺参数：

原料 酸洗卷厚度 2.0~6.0 mm
宽度 700~1550 mm
成品冷轧卷厚度 0.2~2.0 mm
宽度 700~1550 mm

钢卷内径 508/610 mm
钢卷外径 900~2100 mm
钢卷重量 最大 30 t
轧制速度 最大 1623 m/min
主传动电机功率：

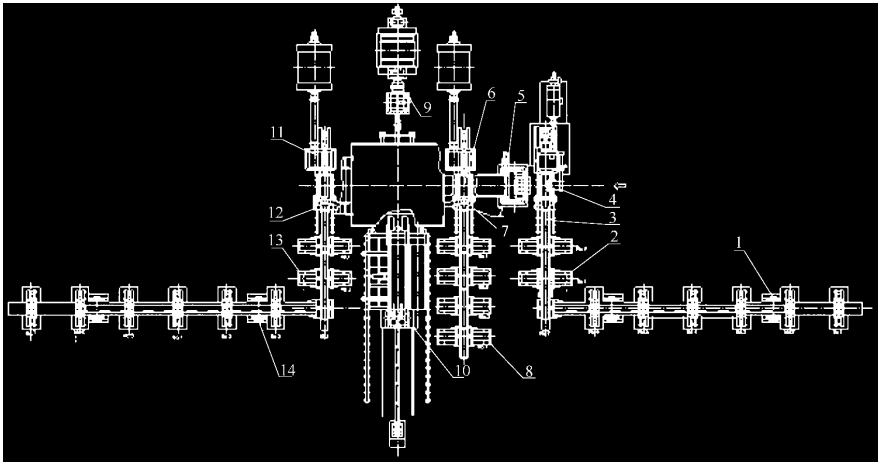


图 1 1750 mm 单机架可逆式冷轧机组设备布置图

Fig. 1 The layout of shougang 1750mm single stand cold reversing mill

1—入口钢卷小车 2—开卷机钢卷鞍座 3—开卷机钢卷小车 4—开卷机 5—夹送辊、喂料器、穿带导板；
6—入口卷取机 7—入口卷取机钢卷小车 8—入口卷取机钢卷鞍座 9—轧机机列 10—换辊装置；
11—出口卷取机 12—出口卷取机钢卷小车 13—出口卷取机钢卷鞍座 14—出口钢卷小车

开卷机 780 kW

卷取机 3200 kW(每台)

轧机 5800 kW

最大轧制力 22000 kN

工作辊直径 465~405 mm

中间辊直径 550~490 mm

支撑辊直径 1450~1300 mm

工作辊抽动行程 +/— 225 mm

工作辊弯辊力 正弯 80 t

负弯 80 t

中间辊弯辊力 正弯 100 t

负弯 80 t

中间辊交叉角 最大 1.2°

换辊时间 支撑辊 45 min

工作辊和中间辊 6 min

该轧机的主要板型控制技术是：

(1) 中间辊的交叉。其原理示意图如图 2 所示。

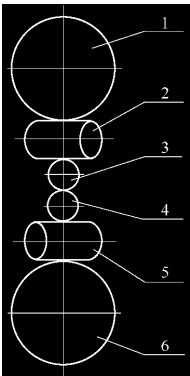


图 2 中间辊交叉原理示意图

Fig. 2 The sketch map of intermediate roll crossing

1—上支撑辊 2—上中间辊 3—上工作辊；
4—下工作辊 5—下中间辊 6—下支撑辊

交叉后的辊缝计算公式为：

$$\delta_1 = \frac{l^2 \alpha^2}{4(D_{IR} + D_{WR})}$$
$$\delta_2 = \frac{l^2 \alpha^2}{4(D_{IR} + D_{BUR})}$$

式中， δ_1 为中间辊和工作辊之间的辊缝值； δ_2 为中间辊和支撑辊之间的辊缝值； l 为工作辊辊身长度； α 为交叉角； D_{WR} 为工作辊直径； D_{IR} 为中间辊直径；

3 主要技术特点

3.1 6H3C 轧机技术特点

3.1.1 板型控制手段

冷轧技术的关键是通过控制辊缝来控制带钢的板型和平直度。现有的板型控制技术多是利用弯辊、抽动和冷却来增大对辊缝的控制范围。最新的 6H3C 轧机在保留现有控制手段的基础上增加了中间辊的交叉功能，可以对辊缝进行最大可能的控制。

D_{BUR} 为支撑辊直径。

交叉时,上下中间辊同步对称交叉,角度相同。中间辊的轴线交叉,改变了中间辊与工作辊及支撑辊的接触条件,从而实现高效、灵活、大范围的辊缝凸度控制,使轧机的辊缝凸度控制能力更高。中间辊交叉可以对板形曲线的 2 次方分量进行控制,且控制能力非常高。

(2) 工作辊的正/负弯辊,主要控制板形曲线的 4 次方分量。

(3) 中间辊的正/负弯辊,可以控制板形曲线的 2 次方分量。

(4) 工作辊的分段冷却,可以有效控制轧辊的热凸度,对局部板形的缺陷有很好的矫正能力。

(5) 工作辊的长行程抽动,能增大工作辊弯辊的板形控制能力,控制带钢的边缘降。

3.1.2 轧机的其他特点

(1) 该轧机为工作辊传动,配备了快速换辊装置。所有轧辊的轴承均采用滚动轴承、油气润滑方式,与传统的复杂油膜轴承润滑相比,耗油很小,承载能力高,轴承升温小且环境污染小。

(2) 该轧机配置了两套轧线标高调整机构,分别位于上支撑辊轴承座与牌坊之间和下支撑辊轴承座与牌坊之间。由于增加了一套调整机构,轧线标高的调整更为精确和方便。

(3) 为了实现稳定轧制,工作辊的中心线与中间辊的偏移距为 5 mm,支撑辊的中心线与中间辊的中心线再偏移 5 mm。即工作辊与支撑辊的中心线的偏移距为 10 mm。

(4) 该轧机为全液压轧机,液压系统的作用占有重要地位。系统采用泵-蓄能器组合形式,系统响应快,节省了泵的数量。液压泵选用了恒压变量泵,系统压力稳定,输出流量能随设备需要调整,节能效果好。AGC 和弯辊、抽动为高响应的伺服系统,与板形仪和测厚仪、激光测速仪配合,能快速纠正轧件偏差,提高产品合格率。

(5) 工艺润滑系统采用稳定型乳化液。能降低轧制力,减少轧制能耗,减少轧辊磨损,有利于提高带钢质量。

(6) 轧机出口配备了事故剪,便于事故的处理。

(7) 出入口测厚仪均可移出线外,便于维护和保养。

(8) 轧机入口侧装备了自由张力辊,用于为首道次轧制提供后张力。与传统的夹板式结构相比,减少了消耗。

由于上述技术特点,使该轧机有下列优点:

1) 板形优良,即便是轧制条件如带钢宽度、轧制负荷、压下率等在较大的范围内变化时,仅采用一种工作辊原始凸度就能获得优良的板形,产品的尺寸精度高,表面质量好。

2) 轧制压下率大,由于该六辊轧机板形控制能力强,相比于传统的四辊冷轧机,可实现大压下轧制。

3) 生产率高,由于大压下轧制,减少了轧制道次,从而可提高生产率。

4) 工作辊原始凸度不变,采用一种原始工作辊凸度来满足所有轧制条件,可减少轧辊备件数量,有利于磨辊,也避免了因不同凸度辊的选择与配置而带来的不便。

5) 操作简便,容易实现稳定轧制,不会因轧制负荷等条件的变化而更换不同辊形的轧辊。

6) 有利于改善边缘降和减少边部裂纹,通过调整工作辊位置,可改善带钢边缘降和提高收得率,而且因边部裂纹减少,减少了断带故障的发生。

3.2 机前、机后设备特点

(1) 开卷机导辊采用主动辊,利用液压马达驱动,操作可靠,利于带钢头部的顺利打开和穿带。

(2) 卷取机的卷筒钳口结构更为合理,活动夹紧部件动作灵活,布置在芯轴内部,带卷的卷紧力不会影响其动作,有利于延长其使用寿命。外支撑采用 DANIELI 公司的新设计结构。与其老设计比较,刚性更好,有利于轧制更薄带钢,提高板形质量。

(3) 开卷机钢卷小车、卷取机钢卷小车采用连杆机构,不但可以采用行程较短的液压缸,而且大大降低了设备基础的深度,增加了地下室的面积,安装维护方便,从而降低了工程投资。其结构示意图如图 3 所示。

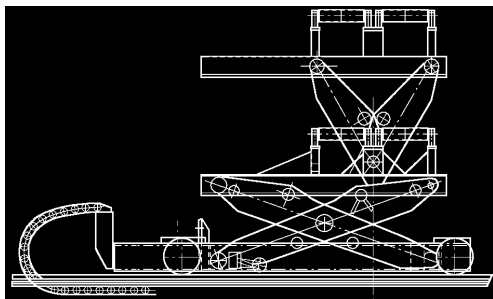


图 3 杠杆式上料小车

Fig. 3 The link mechanism of coil car

(4) 入口、出口运卷小车采用悬臂结构,既解决

了和杠杆式上料小车的交叉运输问题,又可以使设备基础的深度与杠杆式相当,大大降低了工程投资。其结构示意图如图 4。

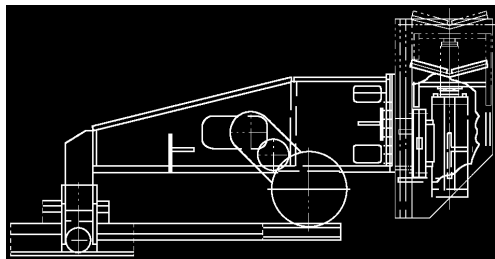


图 4 悬臂式上料小车

Fig.4 The overhanging coil transfer car

3.3 电气设备装备特点

主轧机和前后卷取机采用交流传动系统,电机采用 3.3 kV 异步电机,交流变频器采用交-直-交,带公共直流母线方式,三电平变频,具有高电压,大功率,能耗低,谐波分量小,设备体积小特点。开卷机电机电压采用 690V,变频传动柜整流和逆变单元全部采用 IGBT 功率柜。传动系统的响应速度比传统的直流调速提高极大,使得冷轧机秒流量控制功能的精度有很大提高。35 kV 和 6 kV 高压配电系统采用变电站综合自动化控制系统,计算机终端站一台,集保护、控制、监测于一体,并在 CRT 画面上可随时监控高压系统的运行情况,以确保整个电力系统的可靠运行。其他辅助传动的电气设备采用先进的全数字控制装置,具有运行监控、自动故障诊断、系统自动保护、神经网络最佳化调节等功能。

3.4 自动化控制特点

自动化控制采用二级计算机控制,并预留今后发展全厂的管理级计算机控制的可能。自动化设备有二级计算机服务器一台,快速数据分析 PC 机一台,工程师站一台,HMI(人机接口)两台,笔记本编程器一台,打印机两台。一级自动化配置有 HIPAC 多微机高性能处理器一套,Siemens 公司 S7-400PLC 一套。在轧制规程、自动厚度控制、板形控制等方面,采用达涅利与阿萨尔多公司针对 6Hi/3C 轧机联合开发的一系列应用软件,共十二个数学模型,以实现工艺过程的全自动控制。轧制仪表主要有板型仪一台,张力计压头 4 个、X 射线测厚仪 2 套、液压缸内位置传感器 2 套,激光测速仪 2 套。全车间实

现两级自动化控制,一级自动化主要控制功能有带钢厚度自动控制 AGC、HGC、带钢速度控制、卷取机张力控制、带钢加、减速控制、带钢准确停车控制。板型控制有轧辊冷却精细控制、工作辊弯辊控制、工作辊窜动控制、中间辊交叉控制、中间辊弯辊控制、支撑辊倾动控制等自动化功能。二级自动化实现的主要功能有轧机的生产计划管理、过程数据的收集、轧制策划、设定值的模型计算等。用于自动厚度控制的主要数学模型有轧制力和轧制力矩模型,流量应力模型、摩擦力模型、前滑模型、带钢温度模型。用于板型控制的主要数学模型有轧辊热凸度模型、板型模型、辊系变型模型。

4 几个仍然需要验证的问题

(1) 根据外方的理论分析,利用中间辊交叉进行控制板型的效果应该是十分理想的。但是实际效果如何,有待于实践的进一步验证。2004 年年底曾经进行过一次交叉试验,在无带钢、轧制负荷为 500 t、交叉角度为 0.2° 的情况下,出现了工作辊轴承烧损的现象。

(2) 中间辊交叉后,由于轧辊间接触应力的分布不均匀和局部增大,对轧辊磨损有多大影响尚待观察。

(3) 中间辊交叉后,各轧辊轴向力均有不同程度的增大,其增大程度及增大后对轧辊轴承寿命、轴承座的密封和寿命的影响尚需要验证。

(4) 中间辊交叉后,破坏了现有理论认为的稳定轧制条件,能否稳定轧制需要验证。

(5) 如果中间辊交叉功能不理想,在交叉功能不能使用时,该轧机能否相当于普通的六辊轧机? 由于中间辊不能抽动,是否只会增加无谓的轧辊消耗。

(6) 如果交叉功能不能使用,仅靠工作辊和中间辊的正负弯辊、工作辊的抽动能否满足正常的轧制生产对板型控制的要求。

5 结语

目前,这套世界上第一台中间辊交叉的六辊薄板冷轧机组已经完成了设备的除中间辊交叉功能外的调试和试车。在没有使用中间辊交叉功能的情况下,已经轧制出了厚度为 0.20 mm 的板型合格的冷轧产品。从现有的运转情况来看,该机组基本运转正常,除中间辊交叉功能没有投入使用以外,其余功能基本达到设计要求。