

长钢精品螺纹棒材 生产工艺及设备的研究与应用

王 烈¹, 宋金虎², 吴明安², 侯 栋²

(1. 北京首钢国际工程技术有限公司 轧钢室, 北京 100043; 2. 首钢长治钢铁有限公司 轧钢厂, 山西 长治 046031)

摘要:分析了首钢长治钢铁公司 100 万 t/a 精品螺纹棒材生产线的工艺流程及车间平面布置, 重点介绍了该生产线采用的热送热装、蓄热步进炉、无槽轧制、在线热处理等新技术和新工艺。该生产线投产后, 月产量稳步提高, 取得了较好的经济效益和社会效益。

关键词:螺纹棒材; 工艺; 设备; 研究; 应用

中图分类号: TG335.6

文献标识码: B

文章编号: 1006-5008(2013)03-0055-04

RESEARCH AND APPLICATION OF PRODUCTION PROCESS AND EQUIPMENT FOR COMPETITIVE REINFORCED BAR

Wang Lie¹, Song Jinhui², Wu Ming'an², Hou Dong²

(1. Steel Rolling Section, Beijing Shougang International Engineering Technique Co., Ltd., Beijing, 100043; 2. Steelworks, Shougang Changchi Iron and Steel Co., Ltd., Changzhi, Shanxi, 046031)

Abstract: It is analyzed the process flow and workshop layout of 1 millions t/a competitive reinforced bar line of Shougang Changchi Iron and Steel Co., Ltd., introduced as emphasis the new technique and process adopted in the line such as hot delivery and hot charging, regenerative walking beam heating furnace, grooveless rolling, on-line heat treatment. After it put into production the output per month gets gradually increased, better economic and social profit got.

Key Words: reinforced bar; process; equipment; research; application

1 引言

钢铁工业“十二五”发展规划指出: 坚持结构调整、坚持绿色发展、坚持自主创新是钢铁产业发展的基本原则。特别是在面对原料价格高企、市场需求低迷的微利时代, 钢企要想生存发展必须创新工艺技术, 提高产品附加值, 同时节能降耗, 降成本赢市场。首钢长治钢铁有限公司正是以此为方针, 定位高端, 采用先进工艺建设了一条年产百万吨精品螺纹棒材生产线。

2 设计概况

首钢长钢精品螺纹棒材生产线设计年产量 100 万 t。产品为 $\Phi 12 \sim 50$ mm 的热轧钢筋、预应力钢

筋、矿用锚杆和高铁用螺纹钢筋等。产品钢种为普通碳素结构钢、优质碳素结构钢、低合金钢等。原料全部采用 150 mm $\times$ 150 mm $\times$ 12 000 mm 连铸坯, 综合成材率为 97%。

长钢精品螺纹棒材工程采用国内外先进的工艺技术装备和合理的平面布置形式, 坚持经济发展、资源节约和环境保护的一体化战略, 主要特点如下。

(1) 坯料采用热送热装工艺, 钢-轧界面紧凑布置, 辊道运输, 节省能源, 减少钢坯的库存量及库容。采用蓄热式步进加热炉, 并用工业微机和 PLC 构成控制系统, 具有生产操作灵活、钢坯加热均匀、减少能源消耗等优点。

(2) 全线 18 架轧机均采用短应力线高刚度轧机, 并采用平、立交替布置, 实现全线无扭转轧制, 轧机选型先进, 应力线短, 弹跳小, 为提高产品质量提供有效的保证。对小规格螺纹钢筋采用二、三、四切

收稿日期: 2012-12-10

作者简介: 王烈(1979-), 男, 高级工程师, 2002 年毕业于北京科技大学材料学院金属压力加工专业, 现在北京首钢国际工程技术有限公司从事工程设计工作, E-mail: mikingwl@163.com

3.1 连铸坯热送热装工艺

随着连铸技术的不断发展,高温无缺陷连铸坯的连续生产和热送热装已成现实,不仅减少燃料消耗,缩短生产周期,而且还降低氧化铁皮损耗,提高成材率,是轧钢车间节能降耗的重要措施之一。长钢棒材线在设计之初就充分考虑了热送热装工艺的实现,在平面布置上轧钢车间与炼钢车间仅一路之隔,实现了钢轧界面的短距离对接;在工艺设备设计中,充分考虑了热装热送的可能。炼钢车间为65 t转炉配6流连铸机,铸机后设长度为18 m的热坯台架作为热送的缓冲,在台架出口热坯通过地下隧道进入轧钢车间后经横移和提升机构进入5 m平台,称重测长后由入炉辊道送入加热炉,入炉温度在500~700℃之间;当轧钢车间进行换槽、换班等短时间操作时,热坯可在台架上进行缓冲;当轧钢车间出现问题、换辊等长时间停产时,热坯可在炼钢车间由天车下线也可在轧钢车间通过热坯翻转台架下线进入原料库储存,作为冷料等待组坯入炉。当炼钢车间出现问题、检修等停产时,轧钢车间采用冷坯生产。轧钢车间与炼钢车间设有生产通讯,通过生产调度和组织,实现高热装率。

此外,为了提高热装率和生产稳定性,对轧钢孔型系统进行优化,提高孔型公用性,减少换辊次数;优化轧制工艺,采用切分轧制提高小规格产品小时产量。加热炉针对生产组织中出现的冷热坯混装情况,采用预热-加热-均热三段式结构,预热段设上下组合式空煤气双蓄热烧嘴8对,冷坯入炉时增开烧嘴提高加热能力,热坯入炉时关闭烧嘴降低加热能力,保证加热段和均热段的稳定,使钢坯出炉温度满足生产要求。通过生产实践,热送热装工艺可以降低燃料消耗30%~50%,其烧损比冷装减少了大约0.03%。

3.2 双蓄热步进式加热炉

小型连轧车间加热炉常用的炉型主要有推钢式和步进式。相对于推钢式加热炉,尽管步进式加热炉有投资高,结构复杂等不足,但其具有加热质量好、氧化烧损小、生产组织灵活、更加适应热送热装工艺等优点。特别是随着加热炉技术的不断发展,更多的先进设计理念和节能环保措施被应用到该炉型上,使其成为目前国内轧钢厂广泛采用的一种先进炉型。长治棒材线采用了空煤气双蓄热、侧进侧出上下加热步进梁式加热炉,不仅生产运行符合高产、优质、低耗、节能和生产操作自动化的工艺要求,而且还具有以下特点。

(1)采用自主研发的双蓄热上下组合式低 NO_x 调焰烧嘴和分散换向技术,保证炉压稳定,减少钢坯氧化烧损和炉膛散热损失。蓄热体采用换热效率高、体积小的蜂窝体,使空煤气蓄热温度达到1000℃,烟气温度的在150℃以下,最大程度回收热量,提高炉子效率,减少 CO_2 和 NO_x 排放量。

(2)炉温自动控制段分为三段,保证钢坯加热温度的均匀性,提高钢坯加热质量并适应冷热混装工艺。各段炉膛温度采用双交叉限幅控制,保证热负荷变化时的合理燃比,提高系统的响应速度使之适应热负荷周期快速变化的需要。

(3)采用双层框架斜坡滚轮式炉底步进机械,全液压驱动,配备自有专利技术的节能型液压系统,降低装机容量和系统规模,实现低速运行,轻托轻放,节约能耗。同时设有可靠的防跑偏装置,易于安装调试,运行可靠,维护量少。

(4)高合金耐热垫块与炉底纵梁均采用错位技术,减少钢坯“黑印”。合理配置炉底纵梁,采用大跨度立柱支撑,在保证所有钢坯运行平稳的条件下力求减少冷却水管的表面积。

(5)配备完善的热工自动化控制系统,确保严格的空燃比和合理的炉压等控制,使热损失减少到最小。采用实用、可靠、先进的电控仪控,保证炉子的安全正常生产,实现操作自动化。

3.3 无孔型轧制

无孔型轧制是指使用不带轧槽或孔型的平辊轧制高宽比较小的轧件,也称为无槽轧制^[1]。与常规孔型轧制相比,无孔型轧制具有如下优点。

(1)节能:由于无孔型轧制变形均匀,同样变形量的情况下轧制力小,电机负荷小。据八钢高线厂2004年生产数据,轧制能耗降低约7%^[2]。

(2)辊耗低:无孔型轧制时轧辊原始辊径小,同样辊身长度利用率更高,轧辊车削量小,加工简单,使用寿命可提高2~4倍。

(3)因轧辊无孔型,改变坯料尺寸和产品规格时仅需调节辊缝和进出口导卫即可实现,提高了轧机作业率。

(4)由于变形均匀,轧件头尾部质量好,理论上切损减少,成材率高。

无孔型轧制的缺点是:由于轧件在平辊间轧制,失去了孔型侧壁的夹持作用,易出现歪扭托方。歪扭使轧件进入下游轧机时对导卫磨损严重,轧辊磨损不均;脱方导致下游轧机负载增加,轧件角部出现尖角裂纹,易产生折叠等表面缺陷。

通过与国内钢铁企业的调研和交流,长钢棒材工程设计确定了粗轧前四架采用无孔型轧制工艺的成熟方案,并对其他架次预留了后期开发的条件。为了解决无孔型轧制过程中易出现的问题,实现稳定生产,首先对轧制规程进行优化,在实现 65% 的大变形条件下用充分宽展的方法形成带圆弧的方坯,避免角部尖锐。然后,对导卫装置进行了改进。在精度上对导卫提出了更高的要求,进口导卫间隙的大小设定更加接近料型尺寸,限制轧件扭转,而且直线段长度加长,尽可能接近轧辊辊缝和轧件变形区,保证轧件稳定。同时使用耐磨合金提高使用寿命。出口导卫的扩张角度尽可能大,形成对轧件入口导卫的包绕状,防止轧件窜移。立式轧机入口采用抽拉旋转组合式的新型落地导卫,方便更换和调整。此外生产中对轧机的预装和导卫的调整规程进行严格要求,减少工艺事故的发生。目前,前四架的无孔型轧制很稳定,但第五架轧机由于是矩形进椭圆孔,主电机负荷居高不下,有待下一步改善。

3.4 多线切分工艺

切分轧制技术起源于 20 世纪 70 年代,目前该项技术已得到广泛应用,并逐步发展到“一切四”、“一切五”等多线切分技术。切分轧制能够极大提高小规格产品的产量,平衡轧机能力,提高孔型系统公用性。特别是该技术对主要工艺设备无特殊要求,具有投入少、产出高、降能耗的特点。但切分轧制中轧件易受到料型、温度、速度和导卫等因素影响而变得不稳定,易出现折叠、缺肉等表面质量问题,还会导致后部工序的咬入困难和跑钢堆钢。

长钢棒材线在设计中对小规格产品分别采用了 $\Phi 12\text{ mm}$ 四切分、 $\Phi 14\text{ mm}$ 三切分、 $\Phi 16\sim 20\text{ mm}$ 二切分的轧制工艺,投产后还开发了 $\Phi 14\text{ mm}$ 四切分和 $\Phi 22\text{ mm}$ 二切分工艺。为了加强切分轧制的稳定性,对轧辊、导卫、活套等各环节进行了精细工作,一方面对轧辊辊缝调整精度和孔槽的过钢量严格控制,增加轧辊和导卫的冷却水量和水压,适应多路冷却,降低轧辊磨损和崩槽。对部分精轧机轧辊材质由无限冷硬铸铁改选用碳化钨硬质合金轧辊;另一方面选择成熟可靠的导卫产品,改进立式活套结构,提高耐磨性和稳定性。对后部冷却、精整工序采用标准规程操作,确保稳定顺产。

3.5 热处理工艺

长钢精品棒材线在工艺和设备设计中充分考虑了控轧控冷工艺的实现。全线配备了高刚度短应力线轧机 18 架,分为粗中精 3 组;在中轧机组后布置了 1#预水冷段,对轧件进行中间冷却,水冷后设回复段,均匀心部与表面温差,实现对精轧机开轧温度的控制。在精轧机组出口布置了自主研发的在线余热处理装置,实现对钢筋的快冷淬火。该装置是以 THERMEX(轧后余热淬火)和 Tempcore(自回火)工艺为基础,结合首钢多年生产研发经验设计而成的湍流环喷冷却器。它不仅优化了冷却管和喷嘴的形状、尺寸,配以适当的水压和流量打破轧件表面蒸汽膜,并形成稳定的湍流使棒材和冷却水之间的热交换系数达到最大值;而且具有设备模块化、通用性强,调节范围广、操作简便、控制精确、模型自学习等特点。为了适应不同规格产品的成品机架变化,在精轧机组间还设置了机间快速冷却器,保证对成品轧件的即时淬火。通过采用轧后余热处理工艺实现了在线生产各等级热轧钢筋、830 MPa 预应力钢筋、SMG500~600 矿用锚杆钢和 HRB500Z 高铁用钢筋等产品。

此外,为了实现预应力钢筋产品 PSB 830~1 080 MPa 的系列化供货和高强度锚杆钢的开发,还配备了一条调质热处理线。该线设计年处理量 1.5 万 t,平均小时产量 2.1 t,主要产品为 $\Phi 20\text{ mm}$ 以上规格的高级别钢筋。该生产线全长 68 m,主要由上料机构、传送辊道、淬火感应加热系统、淬火系统、回火感应加热系统、回火冷却系统和卸料机构组成,总装机容量 1 325 kW。

4 结语

长钢精品螺纹棒材生产线工艺设计先进,车间布局合理,不仅实现了吨钢占地和能源消耗远低于设计标准,而且采用热送热装、蓄热步进炉、无槽轧制、在线热处理等多项节能创新工艺和先进装备实现了产品的高质量和高附加值,自投产以来运行稳定,月产稳步提高,推动了长钢的快速发展。

参考文献

- [1]徐春,王全胜,张弛.型钢孔型设计[M].北京:化学工业出版社,2008.
- [2]李子文,肖国栋,等.高速线材轧机无槽轧制技术的开发与应用[J].轧钢,2008,(1):31~33.