

浅谈轧钢生产中的新技术应用

孙蓟泉, 陈娟

(北京科技大学, 北京 100083)

摘要: 介绍了近年来轧钢生产中围绕节能、降耗、提高产品质量和轧制生产连续化、自动化所采用的一些新技术, 包括一些轧钢生产中的共性技术及不同产品的新工艺、新技术。

关键词: 轧钢; 节能; 降耗; 产品质量; 新技术

中图分类号: TG335 文献标识码: A 文章编号: 1004-4620 (2005) 06-0001-04

Introducing the Application of New Technology in Steel Rolling Production

SUN Ji-quan, CHEN Juan

(University of Science and Technology Beijing, Beijing 100083, China)

Abstract: Over past years, some new technologies on steel rolling production are introduced, which are for energy conservation, consumption reduction, improving product quality and rolling production serialization and automatization, including some common technology in rolling production and the new process and technology of different products.

Key words: steel rolling; energy conservation; consumption reduction; product quality; new technology

1 前言

近年来, 轧钢生产中所涌现的新技术、新工艺主要是围绕节约能源、降低成本、提高产品质量、开发新产品所进行的^[1]。在节能降耗上, 主要技术是: 连铸坯热送热装技术、薄板坯连铸连轧技术、先进的节能加热炉等; 在提高产品性能、质量上, 主要技术是: TMCP技术、高精度轧制技术、先进的板形、板厚控制技术、计算机生产管理技术等; 在技术装备上, 主要是大型化、连续化、自动化, 即热轧带钢、冷轧带钢的连续化, 实现无头轧制、酸轧联合机组、连续退火及板带涂层技术等。这些技术的应用可极大地提高产品的竞争能力。

2 以节能降耗为目标的新技术

2.1 连铸坯热送热装技术

连铸坯热送热装技术是指在400℃以上温度装炉或先放入保温装置, 协调连铸与轧钢生产节奏, 然后待机装入加热炉。在轧钢采用的新技术中热送热装效益明显, 主要表现在: 大幅度降低加热炉能耗, 减少烧损量, 提高成材率, 缩短产品生产周期等。我国20世纪80年代后期开始首先在武钢进行热送热装试验, 90年代宝钢、鞍钢等在板带轧制中试验, 并逐步采用了热送热装技术。90年代中期以后我国棒线材大量采用了热送热装技术, 但是距日本和一些欧美国家的水平还有较大的差距。

连铸坯热送热装技术的实现还需要以下几个条件: (1) 质量合格的连铸板坯; (2) 工序间的协调稳定; (3) 相关技术设备要求, 如采用雾化冷却、在平面布置上尽可能缩短连铸到热轧之间的距离、通过在输送辊道上加设保温罩及在板坯库中设保温坑等; (4) 采用计算机管理系统。

根据国内目前的实际情况分析, 需要继续推广该技术, 已经采用的轧机应当在提高水平上下功夫。通过加强管理保证该技术的连续使用, 不断提高热装率和提高热装温度, 同时进行必要的攻关, 解决由于采用热装技术以后, 产生的产品质量不稳定问题^[2]。

2.2 薄板坯连铸连轧技术

薄板坯连铸连轧是20世纪80年代末实现产业化的新技术, 是钢铁生产近年来最重要的技术进步之一。采用薄板坯连铸连轧工艺与传统钢材生产技术相比, 从原料至产品的吨钢投资下降19%~34%, 厂房面积为常规流程的24%。生产时间可缩短10倍以至数10倍, 金属消耗为常规流程的66.7%, 加热能耗是常规流程的40%, 吨材成本降低80~100美元^[3]。

根据国外的统计, 目前薄板坯连铸连轧生产线可以生产的品种主要有: 低碳钢、低合金钢、普通管线钢、可热处理钢、弹簧钢、工具钢、电工钢、耐磨钢和部分不锈钢等。

现在, 薄板坯连铸连轧厂可以覆盖大多数的热轧带钢的品种范围, 但是一些高性能要求和高附加值的品种还不能生产。国外正在进行扩大品种的研究工作, 希望在短时间内能够使薄板坯连铸连轧的产品覆盖更多传统轧机生产的热轧带钢。目前的发展工作主要集中在低碳和超低碳深冲钢的生产、高牌号管线钢的生产、高强度钢的生产等几个方面。

增加薄板坯连铸连轧品种所采取的主要措施归结起来主要有: 改进电炉原料结构, 普遍进行铁水预处理, 加强钢水精炼, 配备真空精炼设备, 从根本上改善钢水的纯净度; 改进结晶器的结构; 二冷普遍采用轻(软)压下技术, 并根据钢种、铸速对二冷区域轻(软)压下的起、终点、压下量及压下速率进行智能化控制; 加大铸坯厚度以增加压缩比, 提高浇铸过程中结晶器液面的稳定性; 进行粗轧; 多次高压水除鳞; 进行铁素体轧制等7个方面。这样不仅全面提高了热轧薄带卷的质量, 而且可扩大产品品种范围。

从工艺理论上分析, 薄板坯连铸速度快、凝固传热强度大, 只要控制低的系统浇铸温度, 加上电磁搅拌、轻压下等技术, 铸坯质量就可以达到或接近传统板坯连铸的质量。快速边部加热、均热, 多道次高压水除鳞, 加上新流程的精轧机组配备了最新的技术装备, 轧制质量可以优于部分传统热轧机组的轧制质量, 在同样的洁净钢生产条件下, 新流程生产各种优质薄带材应当可以达到传统流程的质量水平, 只是在新的压缩比和热衔接条件下, 需要继续探索和完善工艺技术和装备。

2.3 节能加热炉技术

高效蓄热技术是目前世界上先进的燃烧技术, 可以从根本上提高企业能源利用率, 对低热值煤气进行合理利用, 最大限度地减少污染排放, 很好地解决燃油炉成本高、燃煤炉污染重的难题。该技术是1982年由英国开发的, 此后, 世界上一些工业发达国家相继开发和采用了这项技术^[2]。

新型蓄热式炉技术能最大限度地回收出炉烟气的热量而大幅度节约燃料、降低成本, 还能提高炉子的产量, 同时减少CO₂和NO₂的排放量, 有利于环境保护, 因此引起普遍重视和迅速推广。新型蓄热式加热炉技术的重大突破主要表现在两个方面: 一是蓄热体改为陶瓷小球、蜂窝体等陶瓷质蓄热体, 表面积比格子砖大了几十甚至上百倍, 因而传热效率很高, 蓄热室体积大大减少; 二是换向设备的改造和控制技术的提高, 使换向时间大大缩短, 可靠性增强。传统蓄热室的烟气温度为300℃、600℃, 而新型蓄热室烟气排出的温度只有200℃或更低。新型蓄热室可以将空气或煤气预热到比炉烟气温度只低100℃左右, 热效率可达到70%以上。

我国钢铁企业高炉煤气放散率为13.72%, 如果将放散煤气全部利用, 可节约260万t标煤。采用高效蓄热技术后, 可实现轧钢加热炉的高效、低耗和清洁生产, 生产成本可大大降低, 提高产品竞争能力。

2.4 热轧工艺润滑技术

对许多轧机而言, 采用工艺润滑能降低轧制压力、转矩和能耗, 特别是对钢板轧机尤为重要。轧板时往往因为轧制力能参数而限制了允许压下量, 在薄板轧机上采用润滑可以减薄轧制带钢的厚度, 以及减少轧辊磨损而改善产品表面质量^[2]。

钢的热轧温度一般在800~1250℃, 在变形区轧辊表面的温度可高达450~550℃, 因此, 需要用大量的水冷却轧辊。在这种情况下, 热轧润滑剂应具备以下性能: (1) 对轧辊表面有牢固的附着能力, 不易被水冲掉; (2) 高温下有良好的抗氧化及耐热性; (3) 抗乳化性好, 轧制后容易与冷却水分离。

通过试验可得出以下结论:

- (1) 采用热轧工艺润滑, 轧制压力比初期轧制时的轧制压力降低得多。
- (2) 轧辊表面状况: 由于使用润滑剂附辊面上生成了薄膜, 使辊面始终保持光滑的状态。
- (3) 轧辊磨损: 由于轧制力的降低和轧辊表面生成薄膜, 轧辊磨损量通常可减少30%。
- (4) 成品形状及断面改善: 由于轧辊磨损的减少和轧制压力的降低, 使成品的形状和断面得到改善。
- (5) 轧制动力消耗降低: 由于轧制力的降低, 轧制动力的消耗约下降8%。

3 以提高产品性能、质量为目的的新技术

3.1 TMCP技术

TMCP技术是通过控制轧制温度和轧后冷却速度、冷却的开始温度和终止温度, 来控制钢材高温的奥氏体组织形态以及控制相变过程, 最终控制钢材的组织类型、形态和分布, 提高钢材的组织 and 力学性能。通过TMCP可以替代正火处理, 利用钢材余热可进行在线淬火一回火(离线)处理, 取代离线淬火一回火处理, 改善钢材的力学性能, 大幅度减少热处理能耗^[2]。

TMCP技术的核心包括: 钢材的成分设计和调整、轧制温度、轧制程序、轧制变形量的控制、冷却速度的控制等; 在装备上主要是采用高刚度、大功率的轧机, 以及高效的快速冷却系统和相关的控制数学模型。

采用TMCP技术的控制冷却线, 可以使用高密度管层流、水幕层流和气雾冷却系统。这些技术目前国内均已掌握, 国内设计的高密度管层流冷却成套设备包括高位水箱、水量分配器、流量调控装置、冷却区前后吹扫装置、侧吹扫装置、控制阀门、检测仪表、控制系统和钢种数学模型。

TMCP技术的关键是选择合理的冷却装置和控制模型。国内开发的TMCP技术采用世界先进水平的高密度管层流冷却装置, 配备高精度温度控制软件。采用TMCP技术, 目前已经开发的新品种包括X70、HJ58D、B620、DB685等低合金高强度钢, 可以降低钢种的Mn、Nb、V、Ti合金含量, 降低冶炼成本; 取代Q345D、Q345C、DH36、16MnR等钢种的正火处理工艺, 实现HG70、HG785等钢种的在线淬火, 减少生产工艺环节, 降低能源消耗。另外, 通过TMCP技术, 还可以提高钢板性能合格率1%~3%。

3.2 高精度轧制技术

为了提高轧钢产品表面质量和尺寸精度, 在轧钢生产中针对一些不同产品而开发了相应的技术^[4]。

3.2.1 板带轧制技术 热轧板坯的在线调宽, 采用重型立辊、定宽压力机实现大侧压, 重型立辊每道次宽度压下量一般为150mm, 定宽压力机每道次宽度压下量可达350mm以上; 宽度自动控制(AWC)系统, 宽度精度可达5mm以下; 液压厚度自动控制(AGC)带钢全长上的厚度精度已达到 $\pm 30\mu\text{m}$; 板形控制, 研制开发了HC、CVC、PC等许多机型和板形仪, 可实现板形的自动控制; 全液压卷取机, 助卷辊、液压伸缩采用踏步控制, 卷筒多级涨缩, 可更好地控制卷形。

3.2.2 型钢轧制技术 型钢生产中采用的柔性轧制技术、切分轧制技术和紧公差精密轧制技术, 实现了H型钢自由尺寸轧制、延伸道次无孔型轧制、多辊万能孔型轧制; 其产品公差范围可控制在1/4~1/10。

3.2.3 棒、线材轧制技术 棒、线材轧制广泛采用了摩根第六代V字形精轧轧辊箱结构组成的微型模块式轧机, 可扩大产品规格范围, 提高生产能力, 其结构紧凑、换辊方便、利用率高, 使最高设计速度达到140m/s, 产品尺寸精度可达 $\pm 0.1\text{mm}$, 生产率提高15%以上, 轧机利用率提高5%~10%, 产品精度高, 公差可达 $\pm 0.1\text{mm}$, 椭圆度0.1, 可实现自由尺寸轧制, 自由定径范围 $\pm 0.3\text{mm}$, 还可通过机前水冷提高机械性能。

3.2.4 无缝管轧制技术 在无缝管轧制生产中, 直接采用 $\Phi 80\sim\Phi 560\text{mm}$ 的连铸管坯, 使其内部质量和尺寸公差都优于轧制管坯, 金属收得率可提高10%~15%, 节能40%~50%, 管坯成本降低20%~50%。

另外, 采用锥形穿孔机提高了穿孔效率, 扩管比可达1.4~2; 限动(半限动)芯棒轧管机的应用, 使钢管内壁光滑, 工具消耗低, 钢管降温少, 可取消定径前的再加热炉; 最新开发的三辊可调限动芯棒连轧管机(PQF)可轧制高强度和壁厚更薄的钢管, 对头尾可进行预压下, 以减少管端增厚。

4 以生产连续化、自动化为目的的新技术

4.1 无头轧制技术与半无头轧制技术

无头和半无头轧制技术是近年出现的新技术，无头轧制主要应用在热轧带钢和棒线材生产中，半无头轧制主要应用在薄板坯连铸连轧生产中。传统的分块轧制方式轧机要频繁的咬钢、抛钢，甚至升速降速，钢材头、尾部的质量难以保证，并且轧机作业率低下、尺寸精度的控制也有一定的困难^[5]。

无头轧制技术是指粗轧后的带坯在进入精轧机前，与前一根带坯的尾部焊接起来，并连续不断地通过精轧机，这种技术扩大了传统热带轧机的轧制范围，可批量生产0.8mm的超薄带钢。

实现无头轧制后预计可以得到以下效果：

(1) 由于中间坯全长在恒定张力的作用下进行轧制，因此轧制的带钢厚度精度高、板形波动减少，与传统轧制法相比，成材率可提高0.5%~1.0%。

(2) 带钢按照一定的轧制速度连续轧制，不受传统轧制法的速度规范的限制，可使生产率提高15%。

(3) 能生产薄规格产品。因为用传统的轧制法轧制薄板时不稳定，要跑偏、甩尾、浪形等，而无头轧制无此现象，提高了钢带行走的稳定性，所以可生产0.8~1.0mm的薄带材。

(4) 可进行润滑轧制和加大压下量轧制，为生产深冲性能良好的热轧板创造条件，同时由于润滑轧制，也使产品的表面光滑性提高。

(5) 无头轧制使钢带全长都在恒张力下轧制，故走行稳定，可进行强力冷却，从而可生产薄且强度高的带钢。

由传统的连续式热带轧制发展成为无头轧制，其关键是把相邻的中间坯的头部和尾部焊接起来，连续不断地向精轧机组供应中间坯，因此，必须解决以下技术难点：(1) 在前一块中间坯进行精轧的条件下，如何确保与后一块中间坯进行焊接所需的时间。(2) 如何防止中间坯温降，并保证焊缝与母材的组织及强度接近。(3) 如何将焊接后的带坯经精轧机组轧制后，在高速时及卷取前再切断，分别卷取。

半无头轧制主要用于薄板坯连铸连轧生产线，主要是为生产薄规格热轧带钢设计的，该生产线的基本设备配置与传统的薄板坯连铸连轧大体相同，但是技术有很大变化，在工艺上称为半无头轧制技术。比如CSP连铸的薄板坯出结晶器时厚63mm，经过液芯压下后离开连轧机时铸坯厚48mm。此时铸坯不剪断进入隧道式加热炉（传统的CSP技术铸坯剪断为40余米），加热炉可达300余米，铸坯经均热以后进入7机架连轧机组轧制成材。半无头轧制技术利用了连铸坯可以较长的特点，减少了穿带过程产生的带钢温度降低、厚度不易控制和生产不稳定的问题，因此非常有利于薄规格的轧制。

4.2 冷轧板带及涂镀层技术

冷轧板带技术发展主要表现在：酸洗—冷轧联合机组，可提高成材率1%~3%，提高机时产量30%~50%，减少中间仓库5000~10000m²，降低轧辊消耗40%~50%，并降低了生产成本和建设投资；连续退火技术，其产品质量高、板形好、表面光洁、性能均匀，可提高成材率1%~3%，钢种多样化，节能20%以上，生产周期由10天缩短到1天以内，设备占地面积小。

4.3 计算机生产过程管理技术

在钢铁生产流程中，无论是以铁矿石为原料，还是以废钢为原料，炼钢、连铸、热轧都是不可缺少的三大关键工序。它们之间呈现顺序加工关系，不仅存在物流平衡和资源平衡问题，而且由于高温作业，还存在着能量平衡和时间平衡问题。钢水要保质保量并按一定节奏送交连铸工序，以实现更多炉次的连铸，连铸高温坯的运送要与热轧的轧制计划有机结合，争取更高的装炉温度和热装比。这就要求将这三道工序视为一个整体，实现一体化管理，做到前后工序计划同步，物流运行准时化，充分利用高温潜热，取消或减少再加热过程，降低能耗，减少烧损，缩短生产周期，减少在制品库存，增加企业效益和市场竞争力。

一体化管理是指炼钢—连铸—热轧生产的一体化管理，统一计划，统一调度，以此指导炼钢—连铸—热轧的生产，使物流连续高效运作。一体化管理是钢铁企业近期生产组织追求的目标，其核心就是计算机生产过程的管理与调度系统^[2]。

炼钢、连铸、热轧一体化管理系统，以L4系统为核心，在与整体产销作业一致的整合化原则下建立热轧DHCR作业与管理的相关系统。热轧DHCR系统主要开发内容包含生产计划编制系统、生产跟踪、合同跟踪及动

态调度系统、热轧DHCR生产组织支持系统及三炼钢L3系统升级改造。同时就热轧DHCR系统对于炼钢L3、热轧L3系统所应具备的功能提出需求，以完成整个系统的整合。系统上线后达到热轧连铸坯热装温度650℃、热送钢种DHCR率75%的目标。

5 结束语

钢铁材料具有成本低、强度高、易回收、能再生等特点，广泛应用于国民建设的各个领域。在人们能够所预见的未来，还没有任何一种材料能够动摇钢铁材料的霸主地位，而作为钢材成型的支柱技术的轧钢生产工艺也无法取代。因此，近些年我国钢产量迅猛发展，一些企业都在忙于建设新项目。但由于国际市场钢材需求量已呈下降趋势，我国钢材需求也接近饱和状态，而我国的一些企业，特别是民营企业近几年所上的项目，相当一部分都是低水平重复建设，缺乏竞争力。因此，要想在激烈的竞争中占领市场，必须要淘汰落后的工艺与设备，大量采用新工艺、新技术。笔者介绍的是近年来轧钢生产中采用的新技术，希望能为企业在新上项目及工艺改造时提供一定的参考。

参考文献：

- [1] 张树堂, 周积智. 未来轧钢技术创新与展望[J]. 轧钢, 2003, 20 (1) : 1~3.
- [2] 唐荻. 新形势下对轧钢技术发展方向和钢材深加工的探讨[J]. 中国冶金, 2004, (8) : 14~22.
- [3] 毛新平. 薄板坯连铸连轧半无头轧制工艺[J]. 钢铁, 2003, 38 (7) : 23~27.
- [4] 黄庆学, 梁爱生. 高精度轧制技术[M]. 北京: 冶金工业出版社, 2002.
- [5] 康永林, 周成. 板带热轧无头轧制技术分析及其应用进展[J]. 山东冶金, 2004, 26 (5) : 1~5.

[返回上页](#)