

现代化宽厚板厂热处理设备概述

王爱俊

(热轧部)

摘要 概要介绍了现代化宽厚板厂热处理区域主要设备及其发展动态,其中包括辐射管加热无氧化辊底式炉、明火加热辊底式炉、双步进梁炉等加热设备,辊式淬火机组、压平式淬火机组等淬火设备以及各自的适用范围,以期为宝钢宽厚板厂的建设提供一些有益的参考。

关键词 宽厚板厂 辐射管加热无氧化辊底式炉 辊式淬火机组

Introduction of the Heat Treatment Equipment in a Modern Wide Heavy Plate Mill Plant

Wang Aijun

(Baosteel Hot Rolling Department)

ABSTRACT The article introduces the main equipment and its late development in the area of heat treatment in a modern wide heavy plate mill plant, including radiant tube roller hearth furnace, direct-fired roller hearth furnace, double walking beam furnace, roller and plate quench sets as well as their applications under different situations, which will provide some useful references to the construction of a wide heavy plate mill plant in Baosteel.

Key Words Wide heavy plate mill plant Radiant tube roller hearth furnace Roller quench system

1 前言

随着我国国民经济的发展,尤其是在基础设施及综合国力还比较落后的情况下,造船、桥梁建设、石油及天然气管线敷设等工程都将得到较快的发展,对建设所需钢板的强度、韧性、焊接性能、内部缺陷控制、表面质量以及钢板尺寸形状等的要求也越来越高,而国内几个主要的中厚板厂因受设备老化、工艺落后、计算机控制水平低下等条件限制,仅能生产一些低级别、窄尺寸的钢板,远难满足市场的需求。针对此,新建的宽厚板厂必须采用国外诸多先进的生产工艺和控制手段,如控轧控冷(TMCP)、加速冷却(ACC)、直接淬火(DQ)、在线超声波探伤(UST)、钢板热处理、计算机全线自动控制等。其中,钢板热处理是其获得良好性能的最后保障。本文仅对该区域的设备型

式及其发展动态作一简要的介绍,以期为新建宽厚板厂的规划提供一些有益的参考。

2 宽厚板热处理工艺流程

钢板在轧制后,为均匀组织、细化晶粒、消除轧制影响、得到所要求的组织和性能,一般要进行正火、调质等热处理,为此建有相应的正火热处理线和调质热处理线,其工艺流程如图1所示。

轧制后的钢板,按热处理要求进行分类堆放、冷却,在进入辐射管加热无氧化辊底式炉中进行加热之前,为保证加热质量及防止炉辊结瘤,一般要进行抛丸处理,除去钢板在轧制及冷却过程中形成的氧化铁皮。

钢板在炉内按热处理曲线进行加热升温、保温之后,抽出炉外,在辊道上(或冷床上)进行冷却作正火处理,或通过淬火机组和回火炉进行钢板的调质处理。

王爱俊 硕士 1973年生 1997年毕业于清华大学 现从事热工专业 电话 56648648 - 5873 邮编 200941

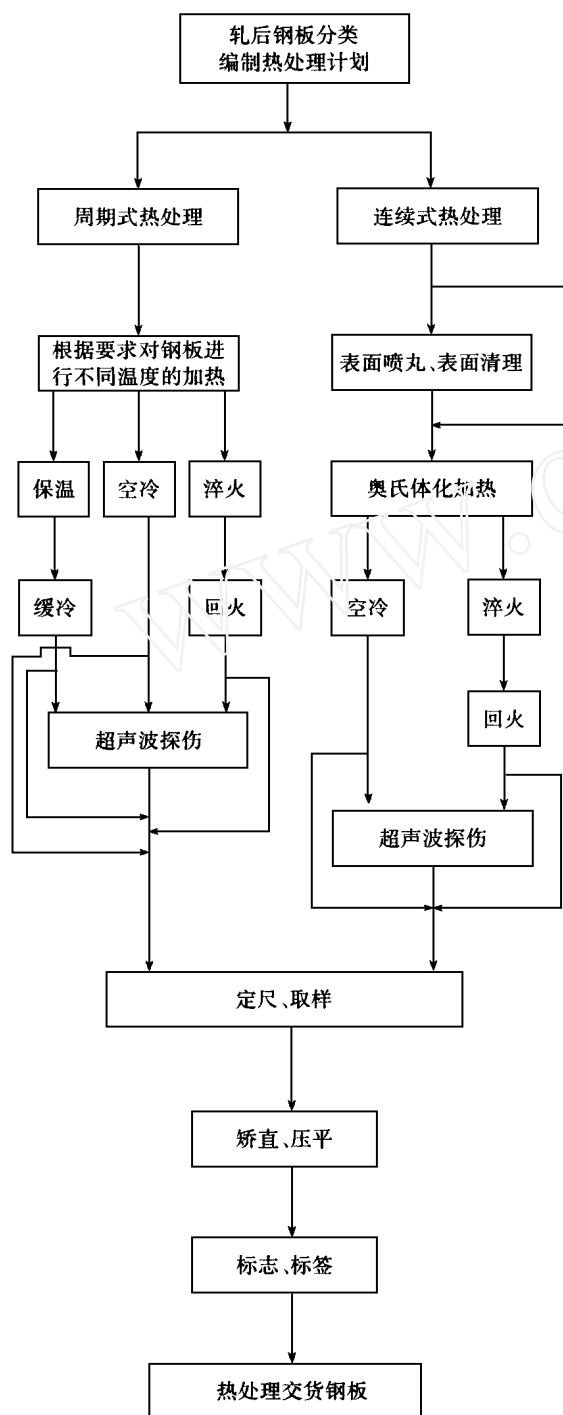


图1 宽厚板热处理工艺流程

对表面平直度要求较高的钢板,在热处理之后还需进行冷矫处理,随后进入成品库堆放等待发货。

3 宽厚板热处理炉

宽厚板热处理炉主要炉型分类见图2。

3.1 辐射管加热无氧化辊底式炉

辐射管加热无氧化辊底式炉通过对称布置在炉辊上下方的辐射管对钢板进行加热,炉子在运行时全密封,中间一般通以纯度为 99.99 % 的氮气作保护气,以防止加热过程中钢板的氧化和炉辊的结瘤。因其可保证入炉前经过抛丸处理的钢板在出炉后有好的表面质量,同时又可确保后续的淬火处理效果,故被国外现代化宽厚板厂广为采用。

炉子采用钢板焊接结构,并以型钢进行加固,内衬全部采用陶瓷纤维,内腔一般分为三个区段:进炉区、主炉区、出炉区。其中进出炉区分别装配有密闭的炉门和相应的压紧装置,通过幕帘与主炉区相隔,目的是在钢板快速进出时减少炉气和热量的散失;主炉区分为多个温度控制段以完成对钢板的加热。氮气通过布置在进出炉区处和均匀分布在主炉区炉顶的供给点供应。加热过程中钢板要进行摆动运行,以满足保温时间要求及防止炉辊受热弯曲变形。

3.1.1 辐射管及热处理炉炉温控制方式

燃烧所用辐射管都是自身预热式,各辐射管燃烧烟气可通过自带的换热器将燃烧空气进行预热,预热温度可达 500 ~ 520 °。烟气通过吸风机排出,辐射管内保持负压。

辐射管有直通式、套管式、U 形、W 形等多种型式,材质多采用陶瓷、耐热合金等材料。其中套管式辐射管及 U 形辐射管在宽厚板热处理炉中使用较为广泛。套管式辐射管内外套管可选用不同的材质,燃烧时具有温度分布均匀、热效率高、热膨胀影响小、拆装及维护方便等特点;U 形辐射管的燃烧段由耐热材料离心浇铸而成,弯曲段采用砂型铸造,单管燃烧容量大。

热处理炉炉温控制方式主要有两种:流量调节 PID 控制和 ON/OFF 控制。流量调节 PID 控制方式是在燃烧过程中,根据炉子设定温度的变化,对燃料、空气流量进行连续调节,具有双交叉限幅等防止出现缺氧或富氧燃烧情况的控制手段。ON/OFF 控制方式则是在不同的炉子设定温度下,通过控制进行燃烧的辐射管数量(即部分开、部分关)来达到所要求的温度,而且其开/关操作循环进行,这样既可保证稳定的炉温,又可防止辐射管的膨胀变形。在炉温调节过程中,空燃比可

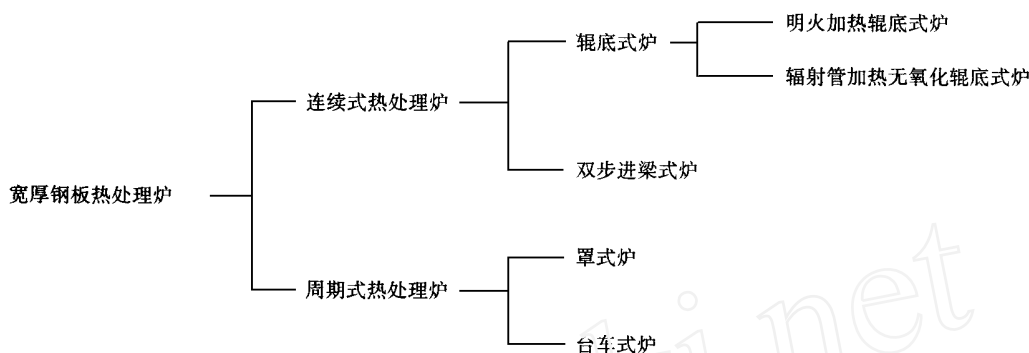


图2 宽厚板热处理炉炉型分类

始终保持恒定。

3.1.2 炉辊及其传动控制方式

热处理炉炉辊多采用耐热合金(25 %Cr, 20 % Ni)铸造而成,中间不需水冷,只需在与炉墙接触的辊头处进行空冷以保护轴承即可。炉辊传动侧固定,另一端自由膨胀。在炉子运行过程中,配备有炉辊零速检测装置,以防止运行过程中炉辊的意外停转以保护炉辊。

炉辊的驱动方式有单独驱动和链式驱动,链式驱动中比较典型的是炉辊的双链驱动方式,如图3所示:

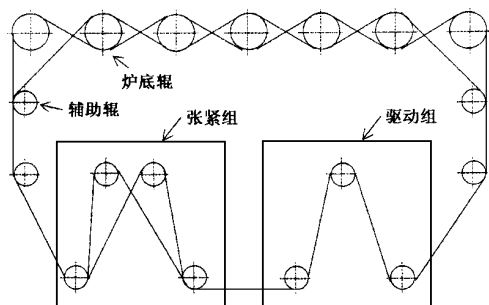


图3 双链驱动系统示意图

炉辊轴端结构如图4所示。

在该系统中,每根辊子上装有两个链轮,一个是辊子的传动链轮,另一个是套在炉辊轴端,不用键连接,链轮与轴之间可随意滑动的自由链轮。相邻辊子的传动链轮和自由链轮交替布置,这样每根链条每隔一个传动一根辊子。采用这种系统,既可以充分利用链传动的优点,同时也可保证链条有足够的包角。每条链装有各自的张紧装置,两条链共用一个传动轴。双链系统可以确保

炉辊在往复操作中有良好的传动性能,为安全起见,还配备有在掉电时炉辊的手动驱动系统。炉辊一般进行分组控制,以适应不同长度钢板的热处理要求。

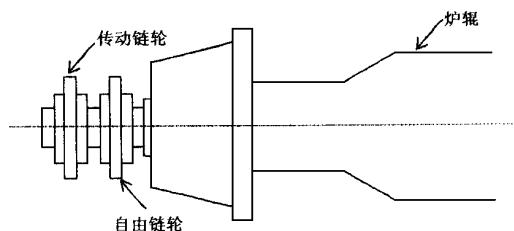


图4 炉辊轴端结构示意图

3.2 其它型式热处理炉

3.2.1 明火加热辊底式炉

明火加热辊底式炉是采用常规烧嘴对钢板进行明火加热。烧嘴对称或交错布置在炉子两侧壁,对钢板上下表面同时加热,其加热效率要比辐射管的高,但加热过程中不可避免要在钢板表面产生氧化铁皮。

3.2.2 双步进梁式炉

双步进梁式炉具有两组可循环运动的步进梁,可实现钢板在炉内的连续运动。炉子采用明火单面加热,在加热效率和钢板温度均匀性方面要较辊底式热处理炉差。因步进梁与钢板无相对滑动,故在加热过程中不会划伤钢板表面。

3.2.3 罩式炉和台车式炉

由于结构较简单,在此略过。

4 宽厚板淬火设备

热处理过程中,钢板的冷却较加热对其性能

有更重要的影响。淬火设备选型及运行状况、针对不同规格钢板的淬火速度控制、钢板上下表面淬火水量控制等是保证热处理钢板性能的关键因素。

钢板的淬火设备主要有以下两种:辊式淬火机组和压平式淬火机组。特厚钢板的淬火采用淬火池完成,此略。

4.1 辊式淬火机组

辊式淬火装置由两组平行辊道组成,水嘴位于辊道之间,上辊道组可垂直移动。在钢板进入淬火机组之前要调整上下辊道组间的辊缝,使其略小于钢板厚度,同时要打开水嘴开关。经加热的钢板从炉内快速抽出后,以同样的速度快速运行进入淬火机组。此时,淬火机组上辊道组被顶起,钢板受到夹紧力,在淬火机组内连续运行完成淬火处理,运行速度根据板厚进行调整,其中薄板的速度要快,厚板的速度要慢,在处理极厚钢板时,还要在淬火机组末端的低强度区进行摆动运行以实现所需的淬火时间。淬火完成后,钢板通过输出辊道输出。

为提高淬火效果,辊式淬火装置根据水压的不同常分为三个区域进行控制:高压区、中压区、低压区。其中高压区对淬火效果影响最大;中压区主要用于破坏高压区淬火所产生的水蒸气膜,以提高传热系数从而加强淬火效果;低压区主要用于减少钢板内余热形成的自回火现象,其中又可分为多个区域,根据板厚的不同来进行相应的选择。

在淬火处理中,为保证钢板上下表面形成等量的马氏体,其初期(高压区)的冷却速度应大于其临界冷却速度,同时上下表面的水量应保持一定的比例,一般为1~1.5,同时淬火水温应保证在30℃以下。

采用辊式淬火机组的优点是需热处理钢板的长度不受淬火装置的限制。

4.2 压平式淬火机组

压平式淬火机组由上下两组固定在框架上的压头组成,水嘴位于压头之间,上框架可垂直移动,下框架固定,位于下压头之间的一系列辊道装在一个可上下移动的框架上。

钢板从炉内抽出后,压平淬火机组的上框架带动上压头向上运动,同时位于下压头之间的运

输辊道上升,钢板经运输辊道进入上下压头之间,运输辊道下降,上压头压下。上下压头将钢板夹紧,位于压头间的喷嘴从钢板上下表面同时喷水,进行淬火处理。随后上压头打开,运输辊道上升,钢板经运输辊道出淬火机组,完成淬火过程。

喷嘴沿宽度方向可分为三个区域进行控制,这样可针对不同宽度的钢板采用不同的区段控制,从而可节省耗水量。

5 宽厚板热处理设备发展动态

为获得低成本高性能钢板如低合金高强度钢板等,国外宽厚板厂都加强了对控轧控冷(TMC)、加速冷却(ACC)、直接淬火(DQ)等生产工艺和控制过程的研究和使用,如合金元素对奥氏体再结晶区域、未再结晶区域、两相区域的影响,轧后钢板冷却速度对钢板性能的影响,另外还有轧制过程和冷却过程的自动化控制及相应的模型软件开发等。所有这些技术都可称之为“在线热处理”,如控轧控冷可代替某些等级钢板的正火处理,加速冷却和直接淬火可代替某些等级钢板的淬火处理。“在线热处理”技术的研究和使用,显然可以起到节能降耗、提高生产率的效果。但对性能要求较高的钢板,上述工艺目前还不能在强度、韧性,特别在平坦度指标上达到令人满意的结果,还难以全部取代后续的常规热处理。

这样,新建的宽厚板厂在积极引进前述国外先进的生产工艺和控制手段时,还应根据市场发展需求配备定位在生产高强度、高韧性、易焊接等高级别钢板的常规热处理线。

热处理区域的诸多设备、控制手段也都在不断的发展当中,它们各自所适用的范围也在逐步发生变化。

(1)加热设备中,连续式热处理炉主要用于厚度在5~120 mm范围(双步进梁炉可达200 mm)钢板的常化、调质热处理,周期式热处理炉主要用于一些特厚(约300 mm)、特重(约80 t)钢板的常化、调质、退火热处理。

双步进梁式炉,梁的承重能力较大,双梁系统在一个平面内对钢板进行抬升,在明火加热的情况下亦没有象辊底式炉中因炉辊的结瘤对钢板表面划伤的问题,但钢板在炉内的运动与辊底式炉相比受到了很大的限制,难以进行分组控制,给热

处理生产的组织带来困难,尤其是其抽钢速度最大仅能达 22 m/min(辊底式炉可达 60 m/min),会严重影响后续的淬火处理效果,对薄板来说更是如此。因而其只适用于一些单重较大、厚度较厚钢板的正火处理。

明火加热辊底式炉,受炉底辊材质的影响,早期大多用于钢板的回火处理,而且有的炉辊还需要水冷。随着炉辊材质和制造水平的不断提高,炉子燃烧控制系统不断完善,燃烧过程中炉内含氧量控制在 2%~4% 范围内,钢板的氧化和炉辊的结瘤问题才逐渐得到控制,其使用温度也才逐步提高,现亦可用于钢板正火处理时的加热。因钢板在加热过程中形成的薄氧化铁皮层仍会影响后续的淬火效果和淬火均匀性,故钢板淬火处理前的加热宜采用辐射管加热无氧化辊底式炉来进行。

辐射管加热无氧化辊底式炉,辐射管、炉底辊的材质和控制水平也在不断提高。如采用不同比例的 Ni、Cr 组合以提高其耐高温性能和寿命,对辐射管结构设计进行改进以增强其温度分布均匀性,炉子燃烧控制采用先进的数学模型和仪表系统,以提高控制的精确性和响应性等等。

(2) 淬火机组中,压平式淬火是一种较为早期的淬火方式,尽管其可以较好地限制钢板在淬火时产生的变形,并使水流更易于均匀地作用在钢板上,且耗水量远比辊式淬火机组小,压头的材质和结构(如采用十字沟槽)也在不断改进,但淬火时仍不可避免地会在压头与钢板接触处产生阴影

效果,影响淬火均匀性。采用该机组对薄钢板进行淬火,处理后钢板的平坦度可得到较好的保证,这方面辊式淬火机组要稍差一些。

辊式淬火机组的发展主要集中在如何提高淬透性能,保证钢板上下表面得到等量的马氏体,减少因钢板上表面积水形成的回火带现象等方面,采取的措施包括淬火水嘴的设计改进、辊型的设计、淬火过程的水量、水压的准确控制等,其对 10 mm 以上钢板的淬火处理已能保证很好的平坦度。

6 拟建中的宝钢宽厚板厂热处理区域建设考虑

国内诸多中厚板厂热处理设备的装备水平都比较落后,仅武钢有一套在 1994 年从德国进口的无氧化加热辊底式炉和辊式淬火机组,这就大大限制了国内中厚板质量、性能的提高。基于此,拟建中的宝钢宽厚板厂必须借鉴国外经验,配备先进的、高水平的热处理设备,建立定位较高的热处理生产线。综合控轧控冷、加速冷却等工艺和热处理区域诸多设备的发展,宝钢应考虑采用辐射管加热无氧化辊底式炉、辊式淬火机组建一条调质热处理线作钢板的加热、正火、淬火处理;再建一条采用明火加热辊底式炉的正火热处理线作钢板的正火及回火处理,同时应配备先进的自动化燃烧控制及淬火控制系统。

编辑 龚根生

(收稿日期 1999 年 7 月 5 日)

(上接第 7 页)

标,生产使用效果良好,消除了行车不正常啃轨并影响生产顺行的现象和厂房的结构隐患,取得了宝钢有结构隐患厂房整治的阶段性成果,进一步

丰富和发展了宝钢工业建筑的维护管理技术。

编辑 马凯利

(改稿日期 1999 年 3 月 16 日)