

2080 mm连续退火炉工艺流程及先进控制技术

Process Layout and Advanced Control Method for 2080 mm Continue Annealing Furnace

供稿|徐杨, 王智增, 周恒龙 / XU Yang, WANG Zhi-zeng, ZHOU Heng-long

内容导读

文章以邯钢2080 mm连续退火炉为研究对象, 简要介绍了连续退火炉的工艺流程布置和先进装备, 阐述了利用烟气余热对助燃空气和预热段的带钢进行预热以及生产过热水的余热回收技术, 通过控制炉辊凸度来预防带钢跑偏、热瓢曲和褶皱炉辊凸度控制技术, 通过向快冷段注入氢气提高冷却速率的高氢注入技术, 以及利用数学模型进行钢卷过渡管理等各种先进控制技术。生产实践表明, 先进的装备及控制技术保证了连续退火炉的稳定运行, 并在节能、温度控制、提高和改善产品质量及生产过程控制等方面取得了良好效果, 为企业带来了可观的经济效益与社会效益。

河钢邯钢邯宝冷轧厂2080 mm连续退火炉, 是一条先进的连续退火机组, 年处理能力100万冷轧板, 产品规格为厚度0.3~2.5 mm, 宽度900~2080 mm。产品定位于汽车面板及高档家电板, 品种涵盖CQ、DQ、DDQ、EDDQ、SEDDQ、DP和TRIP等。2080 mm连续退火炉是由比利时DREVER公司设计的立式退火炉, 采用全辐射管加热, 炉内氛围为 N_2 和 H_2 混合构成保护性气体, 其中 H_2 的含量为5%。在高强度生产期间, 快冷段炉内 H_2 含量可以达到20%^[1]。

工艺流程

2080 mm连续退火炉由预热段、加热段、均热段、缓冷段、快冷段、过时效段、终冷段以及水淬

烘干段等设备组成。连续退火炉工艺布置见图1。

先进装备

预热段

预热段分为预热1段和预热2段, 每个预热段配备2台变频调速循环风机, 采用保护气体循环喷吹的方式对带钢进行预热。预热段炉内的保护气体在循环风机作用下, 送至安装在排烟通道内的烟气/ HN_x 型换热器进行加热。加热后的保护气 HN_x 回送炉内风箱处, 通过窄缝式喷嘴喷向带钢两面, 对带钢进行预加热。通过回收烟气余热, 预热段将带钢温度提高到120~150 °C, 从而减少加热段煤气消耗, 达到节能的目的。

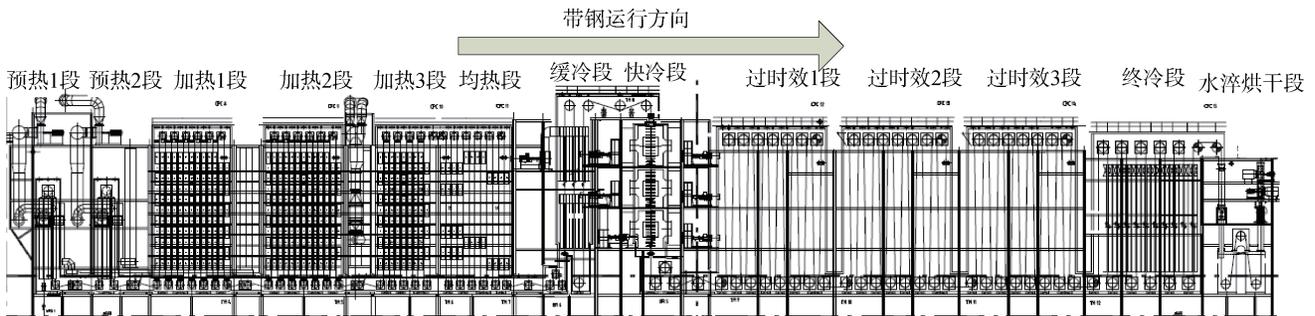


图1 2080 mm连续退火炉工艺布置图

加热段与均热段

带钢由预热段出口的底部通道进入加热段。加热段分为12个区域，均热段分为2个区域，在生产中可以选择均热段作为加热段使用。在加热段和均热段采用全辐射加热的方式对带钢进行加热，达到设定的退火温度。整个加热段和均热段共计安装378根辐射管，辐射管错开安装在带钢两侧，保证加热的均匀性。每根辐射管尾端安装有空气换热器，可将助燃空气预热到400℃左右。

缓冷段

带钢由均热段底部通道进入缓冷段。缓冷段分为2个区域，每个区域配备1台变频调速循环风机，采用循环保护气体喷吹冷却方式将带钢冷却至规定的温度。炉内的保护气体在循环风机的作用下，送至水/HN_x型换热器进行冷却。冷却后的保护气HN_x回送至炉内的风箱处，通过窄缝式喷嘴喷向带钢两面进行冷却。为了防止带钢的冷瓢曲以及保证产线停车后重起产线期间冷却段的温度，在缓冷段底部通道、底辊室和顶辊室都安装有电加热器。

快冷段

带钢由缓冷段顶部通道进入快冷段。快冷段分为3个区域，每个区域配备2台变频调速循环风机，采用循环保护气体喷吹冷却方式进行冷却。为了提高带钢在快冷段的冷却速度，快冷段设计有可移动式风箱以及高氢注入技术。快冷段设备配置见图2。

快冷段3个区域中每个区域都安装一对可移动式风箱，风箱的长度分别为5.2、5.0和5.0 m，风箱宽度为2.15 m，风箱与带钢间距可在40~110 mm间进行调节。为了保证带钢宽度方向风箱上温度的均匀性，

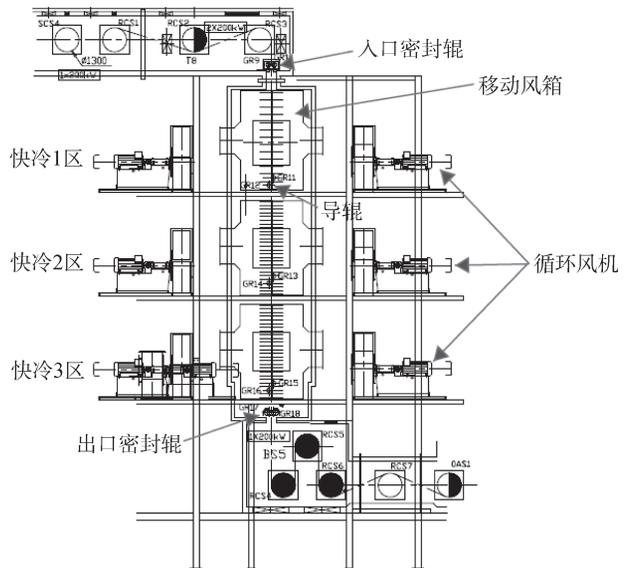


图2 快冷段设备配置图

风箱在带钢宽度方向上被划分为五个区域(275-275-1050-275-275，单位：mm)，由边部挡板来控制各个区域的风量。此外，为减少高强钢生产过程中带钢的抖动，快冷段出口配备有一组张紧辊，各个区域之间配备有导辊，避免带钢与风箱喷嘴接触产生划伤。

过时效段

带钢由快冷段底部通道进入过时效段。过时效段分为3个区，每个区配备1台变频调速循环风机和4组电加热元件，以此保持带钢过时效温度并维持规定时间。在炉子升温期间及产量较低时，电加热起主要作用；在炉内温度高于过时效温度时候，循环风机起主要作用。

终冷段

带钢有过时效段底部通道进入终冷段。终冷段

共分为5个区域，每一个区域配备1台变频调速循环风机，采用循环保护气体喷吹冷却方式将带钢冷却至出炉温度(0~150 ℃)。炉内的保护气体在循环风机的作用下，送至水/ HN_x 型换热器进行冷却，冷却后的保护气 HN_x 回送至炉内的风箱处，通过窄缝式喷嘴喷向带钢两面进行冷却。

水淬烘干段

带钢由终冷段顶部通道向下经过2对出口密封辊进入水淬段，之后经过3对挤干辊到达烘干机。水淬槽包含2个槽体，水由第二个槽体溢流到第一个槽体，与带钢运行方向相反，形成逆流式热交换系统。水淬槽内的水通过2个循环泵(1用1备)进行循环。烘干段采用空气/过热水型换热器对空气加热，然后喷吹到带钢表面对带钢进行干燥处理。

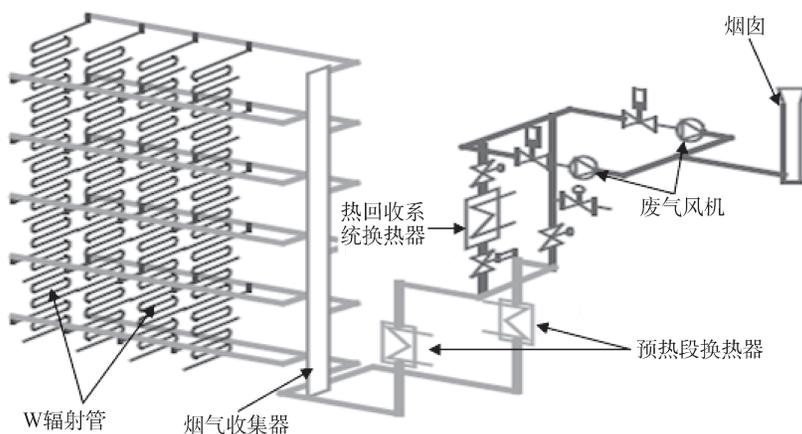


图3 余热回收工艺流程图

炉辊凸度控制

连续退火炉炉辊根据其位置分布具有自己的原始凸度，是保证带钢在炉内高速运输过程中不跑偏的必要条件之一，同时保证炉辊的凸度也是预防带钢热瓢曲和褶皱的重要手段。2080 mm连续退火炉主要通过两个方面来保证炉辊凸度。

在加热段，采用在炉辊室和加热室之间安装有防辐射屏来减少炉墙和辐射管对炉辊的影响，同时在加热1段和加热2段采用热凸度风机控制技术来改善带钢对炉辊凸度的影响。热凸度风机控制技术是在加热1段和加热2段配备3台变频调速循环风机，将加热段顶辊室的保护气体抽出来，

先进控制技术

河钢邯钢2080 mm连续退火炉主要采用了多项先进控制技术。

余热回收

余热回收是连续退火炉节能降耗一大亮点，其工艺流程见图3。首先，助燃空气被安装在W型辐射管尾部的同流换热器预热到400 ℃，预热后的助燃空气可以提高燃烧效率，减少 NO_x 的生成；其次，烟气通过烟气收集器和烟气管道到达预热段，通过换热器对预热段的保护气进行加热，对带钢进行预热；最后，烟气到达热回收系统，通过换热器对水进行加热，产生的过热水水温可以达到140 ℃，之后用于机组清洗烘干段、水淬烘干段和平整机烘干段^[2]。

通过水/ HN_x 型换热器对保护气进行冷却，然后对炉辊两边进行喷吹冷却，以保证整个炉辊长度方向温度分布趋于均匀，从而实现炉辊凸度控制的目的。

在冷却段，采用在炉辊室炉墙上安装电加热元件，保证炉辊室温度，尤其炉辊两端的温度，从而保证炉辊凸度。在机组停车后重新起线时，这种方式对于改善加热段来的热带钢对冷炉辊凸度的影响具有明显作用。

高氢注入

2080 mm连退炉采用先进的冷却技术——高氢注入技术和可移动风箱技术。高氢注入即在高强钢

生产期间,除了向快冷段注入保护气 HN_2 外,额外部分向快冷段各区域直接注入纯 H_2 ,以提高快冷段的氢气含量,从而提高冷却速率。通过高氢注入,快冷段 H_2 含量最高可以达到20%,配合风箱移动,快冷段带钢冷却速率可以达到 $160\text{ }^\circ\text{C/s}$ 。使用高氢注入功能除了可以大幅度提高带钢的冷却速率外,还可以使带钢均匀冷却,保证冷却后带钢板形^[3]。同时由于高浓度 H_2 的存在,使得带钢表面变得非常洁净,从而改善带钢表面质量。

先进的过程控制系统

该退火炉采用德国Siemens公司的PCS7作为控制系统软件来提高可操作性,同时还采用比利时DREVER公司先进的数学模型进行过程控制。其中加热段采用了最佳预测控制,在钢卷规格、退火曲线及产线速度发生变化时,为钢卷过渡生产提供最佳带温过渡管理,实现精确平滑的生产过渡。其他各工艺段采用热平衡物理模型,控制方法采用反馈控制及自学习控制,保证了整个控制系统的控制精度及响应速度。

结束语

河钢邯钢2080 mm连续退火炉是一条先进的连续退火机组,工艺装备水平居世界先进行列。通过运用余热回收、炉辊凸度控制、高氢注入及数学模型控制等各项先进控制技术,更好地保证了连退炉的稳定运行,在节能、温度控制、提高和改善产品质量及生产过程控制等方面取得了良好效果,保证了大批量生产汽车板和家电板的品种质量,为企业带来了可观的经济效益与社会效益。

参考文献

- [1] Foloory Mashall. *Specification of Furnace*. Belgium: DREVER International S.A., 2008
- [2] Besll Cstals. *Functional Description*. Belgium: DREVER International S.A., 2009
- [3] 王凯,张贵杰,周满春,等.冷轧高强度热处理工艺技术的发展.金属世界,2009(4): 52

作者简介:徐杨(1985—),男,大学本科学历,学士学位,助理工程师,现工作岗位为河钢邯钢邯宝冷轧厂生产技术室, E-mail: ray8578@126.com。

(上接第54页)

- 程, 2015, 35(4): 44
- [2] 李增达,张福良,胡永达,等.铋矿开发利用现状及发展趋势.中国矿业,2014,23(4): 11
 - [3] 龙涛,陈其慎,于汶加,等.中国铋供需形势分析及对策建议.中国矿业,2016,25(5): 11
 - [4] 邢翔,郭建秋.铋的应用及其资源分布.矿产保护与利用,2009(3): 19
 - [5] 夏彬.铜阳极泥稀贵金属回收工艺及优化.铜业工程,2011(3): 34
 - [6] 姜国敏.铜阳极泥综合渣中铋的回收.金属矿山,2008(6): 142
 - [7] 涂相林.分碲液除锡的研究.铜业工程,2011(3): 29
 - [8] 王俐.高铜高铋高碲中和渣综合利用新技术研究.矿产综合利用,2011(3): 33

作者简介:张伟旗(1965—),男,江西余江人,高级工程师,工学学士,中国机械工程学会高级会员,主要研究方向:有色冶金、铜加工、矿山机械、机电设备工程、教育教学研究,通信地址:335424江西贵溪市冶金路15号江西铜业集团铜材有限公司, E-mail: Zhangwq678@126.com。

郑春到(1963—),男,汉族,江西南昌人,高级工程师,学士,冶金高级研究员,现从事稀贵金属湿法冶金工艺研究。研究方向:有色冶金、稀贵稀散元素提取工艺技术及有色重金属环保治理。通信地址:335424江西贵溪市冶金路19号江铜贵溪冶炼厂冶金化工研究所。E-mail: yjs@gy.jxcc.com。