

薄板坯连铸连轧技术发展现状

周 淳 吴 湘 刘 倩
(首钢机电公司,北京 100041)

摘要 根据国内外薄板坯连铸连轧技术的发展和特点,结合首钢机电公司制造三套薄板坯连铸机的经验,对中、薄板坯连铸连轧技术的发展趋势进行了展望。

关键词 薄板坯 连铸 连轧

Development of Thin Slab Continuous Casting and Continuous Rolling Technique

Zhou Chun Wu Xiang Liu Qian

Abstract The development and the characteristic of thin slab continuous casting and continuous rolling technique have been introduced. The development of middle and thin slab continuous casting and continuous rolling technique has been put forward combined the experience of making the three sets of thin slab continuous casters at SHOUGANG Machinery and Electricity Corporation.

Key Words Thin Slab,Continuous Casting,Continuous Rolling.

薄板坯连铸连轧是钢铁工业近年来最重要的技术进步之一。自 1989 年德国西马克公司在美国纽柯厂建成第一条薄板坯连铸连轧的热轧板生产线以来,西马克公司已建成投产 22 条 32 流薄板坯连铸连轧生产线,现全世界已有 50 多条生产线投产或在建。与传统二分段生产工艺相比,直接将连铸和轧制工艺结合可显著提高企业经济效益。从原料至产品,吨钢投资可下降 19%~34%,吨材成本可降低 80~100 美元,生产时间可缩短十倍至数十倍,厂房面积、金属消耗、热能消耗和电耗分别为常规流程的 24%、66.7%、40%和 80%。

1 关键技术

1.1 结晶器技术

薄板坯连铸机早期使用的结晶器分为两类:平板型和漏斗型,但发展到今天却出现逐步趋于接近的倾向。其上口面积加大,以利于浸入式水口的插入及保护渣的熔化。

德马克公司制造的结晶器最初采用立弯式(上部垂直,下部为弧形),后发展为小漏斗型(橄

榄型),其上口宽边最大厚度为 $60\text{mm} + (10 \times 2)\text{mm}$,保持到下口仍有 $1.5\text{mm} \times 2\text{mm}$ 的小鼓肚,近年来其鼓肚形状越来越大。

西马克公司所用的漏斗型结晶器,上口宽边两侧为平行段与圆弧相连,上口断面较大。漏斗形状在结晶器内保持到 700mm,出口处铸坯厚度为 50~70mm。在结晶器的两宽面板间形成一垂直方向带锥度的空间,漏斗区外的两侧壁平行,其距离相当于板坯厚度。该形状可满足浸入式水口伸入、保护渣熔化和薄板坯厚度的要求。

达涅利公司开发的全鼓肚型(凸透镜型)结晶器,其鼓肚形状贯穿整个铜板,一直延续到扇形段中部。结晶器出口为一组带孔型的辊子,可将铸坯鼓肚形状碾平。

奥钢联采用的是平板型直结晶器,浸入式水口为扁平状,钢水从两侧壁孔流出。实际上这应属中厚板坯,经研究得出,中板坯能耗低、成本低、质量高。

1.2 铸轧工艺

扇形段系统,尤其是带液芯压下的扇形段系

统是核心技术,是实现连铸与连轧生产工艺匹配的主要技术。为实现铸坯的直接轧制,达到大量节能的目的,需将铸坯的厚度限制在连轧所能接受的范围内,这样才能充分发挥连铸连轧在技术经济上的优势。

从连铸角度考虑,生产薄板坯会给结晶器和浸入式水口带来负担。若结晶器内腔厚度太小,则不利于浸入式水口的插入,且结晶器内熔池也太小,增加了钢水注流对凝壳的冲刷和钢液面的波动,不利于保护渣液渣层的形成和稳定,增加了浇注难度,故结晶器内腔的厚度不易太小。这样在连铸和连轧之间存在着对铸坯厚度有不同要求的矛盾。为解决这一矛盾,薄板连铸连轧在二冷区(扇形段系统)采用了液芯压下技术。

1.3 加热炉技术

薄板坯连铸连轧要求铸坯直接进入精轧机,故必须在线对铸坯予以加热保温。德马克公司采取先进入感应加热,再由克日莫那炉(Cremona)天然气加热保温;西马克采用均热炉用天然气加热。前者布局紧凑、污染小,但设备复杂;后者利于铸坯储存,且轧机出现故障时,整个生产线有缓冲时间。

1.4 相关技术

相关技术包括:结晶器材质、浸入式水口、结晶器振动装置、连铸保护渣、高压水除鳞和轧辊在线磨削等技术。这些技术的成功应用,有力支持了薄板坯连铸连轧工艺的发展。

2 国外发展概况和技术水平

2.1 德国西马克公司的紧凑式带钢生产技术(CSP)

CSP 工艺具有流程短、生产简便且稳定、产品质量好、成本低、市场竞争力强等突出特点。

CSP 工艺采用的关键技术:(1)漏斗型结晶器。它有较厚的上口尺寸(70~130mm),便于浸入式长水口的插入,长水口和器壁间的间距大于 25mm,有利于保护渣的熔化;(2)扇形段的改进和液芯压下技术的应用。改变喷嘴平均布置为按坯宽放置,解决了因坯宽不同造成的较窄断面铸坯边部冷却强度过大的问题,保证了铸坯冷却均匀,改善了铸坯质量。扇形段加长,有利于拉速的进一步提高。其长度由最初的 5.7m 增至 7.8m,并力

万万数据

求拉速达到 8m/min。液芯压下技术是在铸坯出结晶器下口后,对其坯壳进行挤压,液芯仍留于其中。经扇形段,液芯不断收缩直至薄板坯全部凝固。采用该技术后,结晶器下口厚度由 50mm 增至 70mm,上口随之增大,有利于长水口的插入。结晶器变大后可容纳更多钢水,在通过量不变的情况下,钢水流速减慢、变稳,有利于夹杂物上浮和拉速提高;(3)液压振动装置的应用。用于改善铸坯与器壁的接触,通过自由选择的非正弦波振动曲线,按选定的运动方程振动,可使负滑脱时间缩短,即减少熔融保护渣进入铸坯和器壁间隙的机会,有利于表面质量的提高;(4)电磁线圈的应用。电磁线圈安装在结晶器上部的两侧,具有控制液面平稳度和提高铸坯表面质量的作用;(5)在连轧区域采用新的高压水除鳞装置、精轧机在前加立辊轧机和板坯平整度控制技术等。

2.2 德马克公司的在线带钢生产工艺(ISP)

ISP 生产线的特点为:(1)生产结构紧凑,不使用长的均热炉,总长仅 180m。从钢水变成热轧带卷仅需 20~30min;(2)采用液芯压下和固相热轧技术;可生产厚 15~25mm、宽 650~1330mm 的薄板坯,如不进精轧机,可作为中板直接外售;(3)二次冷却采用气雾冷却或空冷,有助于生产较薄断面且表面质量高的产品;(4)感应加热炉长 18m,铸坯在此区段加热和均匀温度较为灵活,且升温有效;(5)将结晶器改为带小鼓肚的橄榄状,使薄片型浸入式水口壁厚随之增加。出钢孔改在底部,其寿命显著提高;(6)流程热量损失小、采用的铸轧技术和二冷气雾冷却方式等使 ISP 生产线能耗少。

2.3 达涅利公司的灵活性薄板坯轧制工艺(FT-SRQ)

该工艺设备包括:凸透镜型结晶器、带孔型的液芯压下、辊底式隧道炉、1~2 台粗轧机、加热辊道和 6~7 架精轧机。钢水在凸透镜型的结晶器内铸成中心带凸度的厚度为 80~90mm 钢坯,液芯钢坯出结晶器后由带孔型的辊子压成厚度为 70~80mm 的矩形断面板坯,切断后进入辊底式隧道炉均热,然后进入粗轧机轧至厚度为 25~35mm,经保温辊道进入精轧机。

2.4 奥钢联的中厚板坯生产技术(CONROLL)

该生产线浇铸厚度为 75~125mm 的板坯,板

坯较厚则压缩比大,从而可提高产品质量;板坯断面积大则拉速较低,从而降低了结晶器磨损,减少了拉漏几率;在卷重相同情况下,板坯定尺短,输送辊道和加热炉长度均较短,节省了投资,平板结晶器的加工、修复也相对容易,有色金属消耗低。

3 我国的发展现状

3.1 兰州钢厂的薄板坯连铸机

1990 年 10 月,我国第一台薄板坯连铸试验机组在兰州钢厂热负荷试车成功,拉出国内第一块 $50\text{mm} \times 900\text{mm}$ 、长 6m 的薄板坯。

1993 年建设成批量生产薄板坯的半工业连铸机组。该机组采用平行板型结晶器,直弧形连铸机,铸坯带液芯多半径弯曲 $R=3\text{m}$,全凝固后经多点矫直。

3.2 三条 CSP 生产线

1996 年,西马克公司与珠江钢厂、邯郸钢铁公司和包头钢铁公司签订了三条 CSP 生产线的合同,1999 年 8 月珠江钢厂建成投产,2000 年 1 月邯钢建成投产,现在包钢设备正在安装。这三条生产线必将带动我国钢铁生产工艺和技术的进步。

珠钢是短流程钢厂,其生产线包括一台 150t 直流电炉、一台钢包炉和一台真空炉。薄板坯出结晶器时断面为 $50\text{mm} \times (1000 \sim 1350)\text{mm}$,经 5 架精轧机后产品厚度为 $1.2 \sim 12.7\text{mm}$ 。

邯钢的 CSP 拥有西马克公司的先进技术,采用两座 100t 氧气转炉,年生产能力 100 万吨。薄

板坯出结晶器时断面为 $(50 \sim 70)\text{mm} \times (900 \sim 1680)\text{mm}$,经液芯压下、一架粗轧机和 5 架精轧机后,成品厚度为 $1.2 \sim 20\text{mm}$,如预留的第 6 架精轧机安装后,可生产厚度大于 1mm 的热轧板。

包钢有三座 240t 顶吹转炉,采用一个中间罐为两流 CSP 铸机供应钢水,薄板坯出结晶器时断面为 $(50 \sim 70)\text{mm} \times (980 \sim 1560)\text{mm}$,经液芯压下和 6 架精轧机后,成品厚度为 $1.2 \sim 20\text{mm}$,年生产能力 200 万吨。

上述三条线均由德国西马克公司技术总承包,连铸设备全部由首钢机电公司负责。首钢机电公司在承制这三套薄板坯连铸设备过程中,消化吸收 SMS 公司有关技术,进行了大量技术攻关和转化设计工作,并在 SMS 公司质量专家的监督下,保证了产品质量。

4 结 语

薄板坯连铸连轧向轧制 1mm 以下规格薄板方向发展。通过采用低速浇铸、液芯压下的连铸工艺和大压下量、无头轧制工艺,使产品厚度达到 $0.7 \sim 0.8\text{mm}$,且进一步减少投资、降低成本,试图与冷轧板抢市场,实现以热代冷。

连铸坯向中等厚度($80 \sim 130\text{mm}$)发展,中厚板坯比 50mm 厚的薄板坯在节能、经济效益和成本方面均有优势;综合薄板坯和传统板坯成熟技术,提高产品质量;一些备件如结晶器铜板、水口寿命也更长;向无头轧制发展。 ♣

(上接第 18 页)

那么带钢即出现凸度,当凸度超出一定范围时则会出现明显的边浪;反之,则会出现中浪。弯辊功能就是根据轧制过程中出现的这些情况,调节弯辊力达到控制板形的目的。

上述窜辊和弯辊的计算均由计算机完成。窜辊只允许在两块带钢的轧制间隙中进行。弯辊分为设定和闭环控制两部分,在轧机咬钢前进行弯辊力的设定,咬钢后根据实测的轧制力、实测的凸度和平直度进行闭环控制。

万方数据

4 结 论

选择板形控制技术,应综合考虑热轧机的装备水平和其产品的要求。对于绝大部分为供冷轧原料产品的热轧机,选择 PC 或 CVC 轧机较好;对于以满足市场对薄规格钢板为主的热轧机,一般选择 WRB/WRS 技术;对于现有热轧机改造,一般采用 WRB/WRS 技术;而新建的热轧机目前国内外大多采用 PC 或 CVC 技术。 ♣