

专论与综述

# 我国薄板坯连铸连轧技术主要特点及发展趋势

昌先文,刘 谦

(中冶南方工程技术有限公司,湖北 武汉 430223)

**摘 要:**介绍了我国薄板坯连铸连轧技术的特点,并指出了该技术进一步提高产能、扩大品种和规格、加强半无头轧制和铁素体轧制新工艺的研发、开发热轧板酸洗后直接镀锌产品、形成成套技术和设备的供货能力的发展趋势。

**关键词:**薄板坯连铸连轧;生产线;技术特点;发展趋势

中图分类号: TG335.5      文献标识码: A      文章编号: 1004-4620(2011)02-0010-03

## 1 前 言

薄板坯连铸连轧是20世纪80年代末开发成功的生产热轧板卷的新技术,该项技术发展很快,世界各钢铁发达国家已相继开发了各具特色的薄板坯连铸连轧技术,主要有SMS开发的CSP(Compact Strip Production)、DEMAG的ISP(Inline Strip Production)、日本住友的QSP(Quality Slab Production)、达涅利的FTSR(Flexible Thin Slab Rolling)和VAI的CONROLL(Continue Rolling)以及美国蒂金斯(Tip-pins)的TSP(Thin Slab Production)等6种类型<sup>[1]</sup>。

实践证明,薄板坯连铸连轧具有三高(装备水平高、自动化水平高、劳动生产率高)、三少(流程短工序少、布置紧凑占地少、环保好污染少)和三低

(能耗低、投资低、成本低)等优点,使薄板坯连铸连轧技术越来越显示出它的生命力和竞争力<sup>[1]</sup>。

近年来,我国处于钢铁生产高速增长的新时期,同时也加快了工艺流程结构优化的步伐,特别是一批大、中型钢铁企业进行了产品结构转型或流程优化,使薄板坯连铸连轧技术得到了快速发展,现在我国已成为采用薄板坯连铸连轧技术的主要国家之一。

## 2 我国薄板坯连铸连轧生产线概况

到2010年12月,我国已有14家钢铁企业的15条薄板坯连铸连轧生产线相继投产,设计产能超过3 500万t/a。表1为我国已建成的15条薄板坯连铸连轧生产线的主要工艺参数和产能情况。

表1 我国15条薄板坯连铸连轧生产线的主要工艺参数和产能

序号	企业	生产线形式	连铸机	轧机组成	薄板坯规格(厚×宽)/mm	产品规格(厚×宽)/mm	设计年产量/万t
1	珠钢	CSP	2流	6	(50~60)×(1 000~1 350)	(1.2~12.7)×(1 000~1 350)	180
2	邯钢	CSP	2流	1+6	(60~70)×(900~1 680)	(1.0~20)×(900~1 680)	246
3	包钢	CSP	2流	6	(50~70)×(980~1 560)	(1.0~20)×(980~1 560)	200
4	鞍钢	ASP(1 700)	2流	2+6	(100~135)×(900~1 550)	(1.5~8.0)×(900~1 550)	250
5	鞍钢	ASP(2 150)	4流	1+6	(100~150)×(1 000~2 000)	(1.5~19)×(780~2 000)	400
6	马钢	CSP	2流	7	(50~90)×(900~1 600)	(0.8~12.7)×(900~1 600)	200
7	唐钢	FTSR	2流	2+5	(70~90)×(850~1 680)	(0.8~12.7)×(850~1 680)	250
8	涟钢	CSP	2流	7	(50~70)×(900~1 600)	(0.8~12.7)×(900~1 600)	200
9	本钢	FTSR	2流	2+5	(70~90)×(850~1 750)	(0.8~12.7)×(850~1 750)	280
10	通钢	FTSR	1流	2+5	(70~90)×(950~1 560)	(0.8~12.7)×(900~1 560)	140
11	济钢	ASP(1 700)	2流	1+6	(100~150)×(900~1 600)	(1.5~12.7)×(900~1 600)	250
12	酒钢	CSP	2流	6	(50~70)×(850~1 680)	(0.8~12.7)×(850~1 680)	200
13	国丰	ASP(1 450)	2流	1+6	(130~170)×(600~1 300)	(1.2~12.7)×(600~1 300)	200
14	武钢	CSP	2流	7	(50~90)×(900~1 600)	(0.8~12.7)×(900~1 600)	250
15	梅钢	FTSR	2流	2+5	(70~90)×(900~1 560)	(1.0~6.35)×(900~1 560)	250

## 3 我国薄板坯连铸连轧生产线特点

### 3.1 工艺流程布置紧凑

整个工艺流程是由炼钢炉(电炉或转炉)一炉

收稿日期:2010-12-24

作者简介:昌先文,男,1974年生,2005年毕业于东北大学材料加工工程专业,工学硕士。现为中冶南方工程技术有限公司工程师,从事轧钢工艺设计与研究工作。

外精炼装置—薄板坯连铸机—物流的时间节奏与温度衔接装置—热连轧机5个单元工序组成,将原来分开布置的炼钢厂和热轧厂有效地组合在一起,铸机和轧机连接成一条紧凑的带钢生产流水线,高温无缺陷连铸坯直接装入加热炉,经过短时间的快速加热或补热后直接轧制成材。轧机布置紧凑,轧制过程中温度及速度容易控制及保证,与常规热连

轧相比,设备重量约减轻1/3,厂房面积减少约30%,降低建设投资从而降低生产成本。

整个工艺流程中炼钢炉、薄板坯连铸机和热连轧机是刚性较强的工艺装置,特别是薄板坯连铸机目前只能在3~6 m/min的拉速范围内浇铸,因此它在温度、时间节奏以及物流流量等参数上的刚性较强。合理组织炼钢炉、薄板坯连铸机和热连轧机的生产节奏,使之匹配和协调,对提高生产线的产量十分重要。

### 3.2 轧制温度较高

薄板坯连铸连轧生产线钢坯进入精轧机的开轧温度一般控制在1 100~1 150 ℃,比常规轧机进精轧机的温度高100~150 ℃。因此,即使精轧机架数减少为5架或6架,也能轧制超薄热轧带钢。

### 3.3 大部分生产线与转炉相匹配

早期大部分薄板坯连铸连轧生产线的连铸机与电炉相匹配,形成常说的“短流程”。我国除珠钢CSP的炼钢炉是电炉外,其余14套生产线均是和转炉相匹配,用转炉供应钢水对提高生产效率、降低生产成本及提高钢水纯净度更为有利。

### 3.4 产品品种和规格

经过10多年的生产实践,工艺技术不断完善,我国薄板坯连铸连轧的产品品种不断扩大,已覆盖了绝大部分常规热轧生产线的产品品种。目前薄板坯连铸连轧已能生产的品种有碳素结构钢、优碳钢、低合金高强度钢、集装箱用钢、管线钢、耐候结构钢、汽车结构钢、超低碳钢工具钢、硅钢等,覆盖了85%以上的常规热轧产品。

在产品规格方面,厚度一般在0.8~20 mm,宽度在700~1 750 mm,实践表明,薄板坯连铸连轧工艺与传统热连轧工艺相比较,更适合于生产热轧薄规格的产品,因此大部分生产线在生产3~4 mm厚度规格的同时,提高了薄规格产品的比例。武钢CSP的产品大纲中厚度为1.8 mm以下的产品占45%,武钢、涟钢、唐钢、珠钢都试轧出了0.78~0.97 mm厚的热轧卷。

### 3.5 拉坯速度和铸坯厚度

薄板坯连铸机目前只能在3~6 m/min的拉速范围内铸坯,为减少漏钢现象并保证铸坯质量,我国实际生产中一般控制在5.5 m/min以下。

薄板坯厚度一般在60~70 mm。考虑到生产效率、铸坯内部质量和外部质量等方面,钢铁公司将薄板坯厚度控制在70~90 mm。

### 3.6 轧机机架数量及轧制速度、主电机容量

20世纪90年代我国建设的几条生产线中,机架为6架,如珠钢CSP和包钢CSP,新建的几条生产线

均增至7机架,唐钢在FTSR线上安排了2架粗轧机和5架精轧机,马钢、涟钢及武钢CSP均配置了7机架精轧机组。轧制速度由12 m/s提升到23 m/s。主电机容量由4 000 kW增至10 000 kW,其主要参数已向常规热连轧靠拢<sup>[2]</sup>,为轧制高强度钢和薄规格产品提供了保障。

### 3.7 生产能力

薄板坯连铸机设计产量已出现单流150万t/a,二流可达到280万t/a。我国的薄板坯连铸连轧厂一般都能在投产后迅速实现月达产和年达产。包钢、马钢、涟钢的CSP、鞍钢的ASP、唐钢的FTSR生产线都达到或超过了原设计的年生产能力。唐钢FTSR生产线日产超万t,并在2005年率先实现年产量超过300万t<sup>[3]</sup>。

### 3.8 采用新技术

薄板坯连铸连轧的半无头轧制工艺是将连铸坯长度定为基本卷重钢卷所用坯的长度的数倍,通常为4~6倍,通过精轧机进行连续轧制,在进入卷取机之前用1台高速飞剪将其分切到要求的卷重。半无头轧制工艺对生产超薄带钢十分有利,实现连续轧制而提高产品质量,显著提高了轧制的作业率和成材率。

铁素体轧制是在轧件进入精轧机前完成奥氏体向铁素体的转变,可用来轧制超低碳钢等超薄带钢,同时减少氧化铁皮的产生和工作辊磨损,降低运输辊道冷却水的消耗,提高表面质量。

以液芯压下、半无头轧制、铁素体轧制、超薄带生产等新技术为标志的第二代薄板坯连铸连轧技术在马钢、涟钢CSP和唐钢FTSR等成功应用。

### 3.9 工艺装备具有多样性

我国薄板坯连铸连轧工艺装备具有多样性。工艺技术有CSP(如武钢、涟钢、马钢等)、FTSC(如唐钢、本钢)和ASP(如鞍钢、济钢)等;轧机有CVC(如武钢、涟钢、马钢)和PC(如唐钢、本钢);轧机组成有F6、F7(如珠钢、包钢、酒钢为6架,武钢、涟钢、马钢为7架),也有R2+F5(如唐钢、本钢)以及R1+F6(如邯钢、济钢等)。这种多样性的实践为我国连铸连轧技术进行工艺比较、技术改进和未来的优化提供了研究、开发的基础。

## 4 我国薄板坯连铸连轧的发展趋势

### 4.1 进一步提高产能

几乎所有薄板坯连铸连轧线都特别注意充分发挥轧机的能力(250万~300万t/a)。双流薄板坯连铸机的年生产能力为200万~250万t,而与之相配的一条装备完善的热连轧线的年生产能力可达

300万t以上。轧机部分的投资约占总投资的2/3,铸机的产量是充分发挥投资效益的重要因素,我国今后还需适当提高连铸机拉速、增加铸坯厚度等,最大限度地提高连铸部分的生产能力,以充分发挥薄板坯连铸连轧的投资效益。

双流薄板坯连铸机的产量有望达到250万~300万t/a,将来还要研究以单流薄板坯连铸机进行高速浇铸(如8~12 m/min)配合一套热连轧机,并进行半无头轧制,实现年生产能力350万t左右,形成更优化的流程配置<sup>[3]</sup>。

#### 4.2 进一步扩大品种和规格

在用户要求不断提高和激烈的市场竞争的条件下,我国薄板坯连铸连轧生产厂必须完善这一新兴板带生产技术,进一步扩大产品品种,深入研究批量生产不锈钢、取向硅钢等高附加值产品的生产技术。如武钢CSP、梅钢FTSR以生产硅钢为目的,并在取向硅钢生产方面取得突破,马钢CSP也欲进行技术改造,生产硅钢。生产规格方面,将向超薄、大宽度方向发展。随着技术进步,薄板坯连铸连轧生产的热轧板的最小厚度预计可达到0.6 mm。

#### 4.3 加强半无头轧制和铁素体轧制新工艺的研发

半无头轧制和铁素体轧制新工艺对轧制超薄厚度产品、提高产品质量、降低辊耗等方面十分有利。我国涟钢CSP、唐钢FTSR等薄板坯连铸连轧生产线均进行了半无头轧制和铁素体轧制的小批量生产,但还没有进行大批量生产,这些新技术还需进行系统的研究与开发,应用这些技术实现高速稳定轧制,进一步提高产品质量和成材率并降低辊耗,同时有利于进一步拓展超薄规格的产品。

#### 4.4 开发热轧板酸洗后直接镀锌产品

建筑材料、普通容器和空气管道等常以厚度为

0.8~1.5 mm的带钢为材料,而且对板材的性能和表面状态没有特殊要求。常规热轧生产线难以生产这种规格的产品,相同规格的冷轧带钢价格比热轧带钢高很多,而薄板坯连铸连轧适合生产超薄规格的产品,生产薄规格的热轧薄带代替部分市场需求的冷轧板,开发热轧板酸洗后直接镀锌的产品以获得更好的经济效益和市场竞争能力,是薄板坯连铸连轧一个重要的发展趋势。

#### 4.5 形成成套技术和设备的供货能力

我国薄板坯连铸连轧工艺面临不断完善和发展的问題,全面掌握这一先进生产工艺技术的核心技术,并充分了解关键技术设备的设计与制造技术,逐步形成用于该生产线成套技术和设备的供货能力,使其更加符合国内的要求,降低投资成本,进而加速我国热轧薄板技术达到世界先进水平。

## 5 结 语

我国薄板坯连铸连轧经过10多年的实践和发展,工艺及装备技术都有明显提高,生产能力、生产效率、产品质量都取得了长足的进步。我国将继续对优化工艺制度、提高生产效率、改进产品质量和产品结构、关键技术设备设计与制造等问题进行研究,进一步提高我国薄板坯连铸连轧生产技术,使之与常规热连轧既竞争又互补,形成合理分工,以满足市场需求。

#### 参考文献:

- [1] 田乃媛.薄板坯连铸连轧[M].2版.北京:冶金工业出版社,2004.
- [2] 孙决定,丁世学.我国薄板坯连铸连轧生产技术特点[J].钢铁研究,2005(3):59.
- [3] 殷瑞玉.中国薄板坯连铸连轧的进展与展望[J].钢铁,2006,41(7):2-6.

## Main Characteristics and Development Trend of Thin Slab Casting and Rolling Technology in China

CHANG Xian-wen, LIU Qian

(WISDRI Engineering and Research Incorporation Limited, Wuhan 430223, China)

**Abstract:** This article describes the characteristics of Thin Slab Casting and Rolling technology and indicates its development trends such as further increasing outcome, expanding quality and specification, strengthening research for semi-endless rolling and ferrite rolling, developing hot dip galvanized products produced from CSP coils as well as supplying packaged technology and equipment.

**Key words:** thin slab casting and rolling; production line; technological characteristic; development trend

信息园地

### 分布式发电量创新高 日发电达1 148万kW·h

2011年3月份,济钢分布式发电3.09亿kW·h,日最高发电量1 148万kW·h,创济钢发电历史新高。根据生产用户需求,济钢生产部、能源环保部、能源动力厂等相关部门和单位密切配合,细化煤气分配机制,调整煤气结构,优化升级燃气发电运行模式,于3月底成功增开1台燃气发电机、1台汽轮发电机,结束了燃气发电13台发电

机不能同时运行的历史,形成了高炉、焦炉煤气系统和发电供电系统、生产工艺系统的有机动态结合体系;燃气发电运行方式的优化,使发电机组设备零闲置、高炉煤气区间零放散成为现实,系统的调节余量、兼容功能得到极大提升,生产结构更趋科学、有序,实现了二次能源的高效利用、闭环控制。(郭延军)