

铸轧一体化技术的技术经济特点

Characters of Technical Economy in Casting—Rolling Technology

张 浩 杜江北

(北京科技大学管理科学系 北京 100083)

传统钢铁生产工艺中,连铸与连轧是两个独立的生产过程,钢水首先浇铸成钢坯,钢坯再经加热轧制成钢材。80年代后期,世界出现了连铸与连轧直接结合的铸轧一体化技术,这一新的工艺技术可大幅度降低钢铁生产的能耗和生产成本,并有利于减少环境污染。它的出现,标志着钢铁工艺技术一个新技术周期的开始。

一、铸轧一体化技术产生的背景

二次大战后,欧、美、日等发达国家的钢铁工业在本国政府的特殊政策扶植下,加上良好的外部环境,很快就恢复了。通过老厂改造和新建大型钢铁企业,进一步得到迅速发展,钢铁生产总规模至70年代中期达到顶峰。70年代中期以后,这些国家的钢铁工业进入停滞和萎缩时期,被称为“夕阳工业”,其中生产规模下降幅度较大的是美国、联邦德国、英国、法国等。

产生这种状况主要有以下原因:

(1)由于受第二次世界石油危机的影响,西方主要资本主义国家出现了经济萧条和危机,导致钢材需求量下降,出口减少。

(2)进入80年代,欧美等国的政府陆续取消了对本国钢铁工业的特殊优惠政策和政府补贴,使一些以生产钢铁产品为主的大型企业陷入困境。

(3)由于工资费用和环境保护费用的大幅增长,使钢铁生产成本不断上升,并居高不下,从而导致钢铁生产的利润下降,甚至出现连年亏损。由于这些国家的钢铁产品价格高,国际竞争力和出口下降,而进口增加。

(4)以生产钢铁为主的大型企业集团,70年代中期以后,为了适应社会经济结构的变化,为了分散经济动荡带来的风险,开始推行多角化经营战略,它们一方面收缩钢铁生产规模,另一方面又大力投资于利润率较高的新技术产业。

总之,欧美国家的钢铁工业70年代中期后进

入衰退期并陷入困境。要走出困境,必须在节能和降低生产成本方面有较大的突破。传统的生产工艺由于其固有的缺陷,不仅在节能和降低生产成本上已缺乏潜力,而且在适应市场需求变化方面也缺乏柔性。

一些欧共体国家,主要是联邦德国,从80年代初开始投入巨额资金,以降低能耗为中心,综合利用高新技术的成果开发钢铁生产新工艺,至80年代末期,技术开发与创新取得的最突出、最成熟的成果是铸轧一体化技术。1989年8月,德国西马克公司开发的CSP技术与设备在美国纽科(Nucor)公司的科劳福维尔(Crawfordsville)钢厂投产。铸轧一体化技术的开发成功与投入工业生产,被人们称为钢铁工艺技术发展的第三个黄金时期的开始,这一新技术将对未来钢铁工业的结构和布局产生重要影响。

二、铸轧一体化的基本技术特点

传统的工艺技术(包括铸坯热送和直轧),连铸生产与连轧生产是两个独立的生产过程,合格的连铸坯经加热后进入粗轧和精轧机组塑性成型为轧材。而铸轧一体化技术则是把连铸与连轧直接结合为一个生产过程。连铸机的特殊结晶器结构和压力装置使铸坯接近成品形状,部分轧制变形任务在连铸机上就完成了。接近成品形状的铸坯,在生产线上经感应加热将其调整至精轧所需要的温度后进入连轧机组。这一技术目前主要用于热轧带钢生产,由于流程短、结构紧凑,故又称为紧凑式带钢生产技术或在线带钢生产技术。已投入工业生产的铸轧一体化技术,按其具体技术特点不同区分,主要有CSP、ISP和CPR三种。

(1)CSP(Compact Strip Production)技术由德国西马克(Siemag)公司开发,连铸机生产的铸坯厚50毫米,带钢终轧厚度可控制在1.95—12.7毫米。CSP生产线年设计生产能力可在80~100万吨内

选择。至 1993 年世界上已有三条生产线投产。

(2)ISP(Inline Strip Production)技术是德国曼内斯曼·德马克(Mannesmann Demag)公司与意大利阿尔维迪(Arvedi)特殊钢公司联合开发的。由于连铸机配有大压下量装置,铸坯厚度可减至 15~25 毫米范围内,带钢终轧厚度最小可达 1.7 毫米。ISP 生产线年设计生产能力可在 30~220 万吨内选择。1992 年第一条 ISP 生产线在意大利阿尔维迪(Arvedi)钢厂投产。

(3)CPR(Casting Pressing Rolling)技术是德国西马克公与蒂森(Thyssen)公司和法国 Usinor Sacilor 公司联合开发的,它在 CSP 技术基础上吸收了 ISP 技术的某些优点。连铸坯厚度 15~24 毫米,终轧带钢厚度最小为 2 毫米。

美国查帕拉尔(Chaparral)钢公司,在引进德国接近成品形状的连铸技术基础上,开发了连铸与大型型钢轧机联机生产系统,生产型材。生产线于 1991 年投产。年生产能力 60 万吨。我国上海宝山钢铁总厂在浙江宁波的新建厂及邯郸钢铁总厂扩建中,计划引进铸轧一体化带钢生产系统。

三、铸轧一体化生产技术与传统技术的经济比较

与传统的连铸、连轧生产工艺比较,铸轧一体化技术在经济上有以下优点:

1. 投资少

铸轧一体化生产线结构紧凑,流程短。以热轧带钢生产线为例,从连铸机钢包旋转台至热轧带钢卷取机的生产线长度,传统连铸、连轧线约 900m,即使采用热送或直轧技术,其生产长度最多可缩短至 500m。在铸轧一体化技术中,连铸坯已接近成品形状,从而大大减少了连轧工作量,缩短了轧制生产线,把原来在空间上相隔离的两个生产厂直接衔接为一个生产单位。这种紧凑的结构可使生产线长度缩短至 175m,从而大大减少了设备投资和基建投资。根据德国文献资料提供的数据,一条 ISP 生产线与同样生产能力的传统生产线相比,前者的投资费用约为后者的 35~40%。

2. 能耗低

由于连铸坯接近成品形状,结构紧凑,流程短,所以热损失少,轧制过程所需要的热量几乎全部来自连铸坯本身。同时轧机的动力消耗也大为减少。同样 150 万吨的生产规模,从连铸开始至终轧完,ISP 生产线与传统生产线相比,能耗降低 70%。

3. 生产成本低

铸轧一体化生产线流程短,生产人员和管理人员少,消耗低,流动资金占用少,因此生产成本大幅减低。美国纽科公司 CSP 热轧带钢生产线投产 40

个月的实践表明,与传统工艺比较,每短吨热轧带钢生产成本降低 65 美元(一短吨=2000 英磅)。德国曼内斯曼·德马克公司为土耳其设计的年生产能力 150 万吨的 ISP 带钢生产线,定员只有 195 人,其中包括科技与管理人员 15 人。

4. 生产周期短,资金占用少

铸轧一体化生产线由于结构紧凑,流程短,从液体钢水开始浇铸至成品热轧带钢生产出来,生产周期只有 15~30 分钟。如此短的生产周期大大减少了流动资金占用量,这不仅有利于降低成本(流动资金的利息支出少),并可大大缩短交货期。

5. 柔性大,适应能力强

铸轧一体化生产线,连铸与连轧可联机生产热轧带钢,也可脱机由连铸机生产可供销售的厚板或薄板坯,生产线的设计生产能力可在较大范围内选择。铸轧一体化生产线不仅适用于大量生产,也适于多品种小批量生产,在市场需求发生变化,生产任务不足情况下仍可低成本地维持生产;而传统生产工艺则缺乏这种柔性。在市场经济条件下,由于经济周期性的波动,市场需求量的变化是不可避免的,多品种小批量将是未来生产发展的总趋势。铸轧一体化技术所具有的柔性,使它在市场竞争中将越来越显示出其极强的适应能力。

6. 有害气体排放少

传统的生产工艺,已经变冷的铸坯需重新加热至轧制所需温度,因此消耗大量燃料。铸轧一体化生产技术则不同,轧制所需要的热能主要来自铸坯本身。免去了铸坯加热或只需补偿少量热损失,从而大大减少了燃料燃烧所排放的 CO₂、SO₂ 和 NO_x 等污染大气的有害废气。

四、几点启示

(1)铸轧一体化及其相关技术的兴起,将使未来钢铁工业的工艺技术和技术装备发生巨变。在今后十年内,这一技术将逐步取代传统技术,在新建和改扩建的钢铁企业中得到广泛采用。

(2)铸轧一体化技术尤其适用于以废钢为原料的规模较小的电炉钢厂,即电炉一连铸连轧短流程钢厂。用这一技术装备起来的短流程钢厂不仅可以生产中小型钢材,也可以生产过去不宜或不能生产的宽带材。它们在投资、能耗、成本、劳动生产率和市场适应性等方面优于传统的大型钢厂,有很强的竞争力。这将导致短流程钢厂在未来加快发展。它们在生产布局上,将趋向于靠近产品消费地区。

(3)我国是世界产钢大国,又是中小钢铁厂众多的国家。中小钢铁厂在利用我国分散的矿产资源,满足所在地区钢铁需求方面起着举足轻重的作

(下转第 11 页)

“胶球”；还可能由两个夸克和两个反夸克组成的强子，称为“四夸克态”；还可能由一对正反夸克和一个胶子组成的强子，称为“混杂子”。现在实验已发现的 150 种介子中，有两种是胶球的有希望的候选者，有一种有可能是四夸克态。

1974 年发现了第四味夸克，称为“粲夸克”。1977 年发现了第五味夸克，称为“底夸克”。理论上预言还应存在第六味夸克，称为“顶夸克”，实验上到现在还没有发现。从实验上去寻找顶夸克是当前粒子物理实验研究的中心课题之一。

七、夸克层次粒子的分类

在已发现的四百多种粒子中，规范玻色子和轻子还没有被观察到有内部结构，还可以看作是“点”粒子。强子是由夸克和胶子所组成的复合粒子，强子和规范玻色子以及轻子不属于同一层次。现在还没有观察到夸克和胶子有内部结构，它们也还可以看作是“点”粒子，是属于和规范玻色子以及轻子同一层次的粒子。

现有对粒子物理世界的认识的基础上，可以对现在认识的“点”粒子进行分类，即在夸克层次对粒进行分类。粒子可以分成三类：

(1)规范玻色子：四种相互作用的媒介粒子，性质见表 2。

表 2				
	强作用	电磁作用	弱作用	引力作用
粒子	胶子	光子	W、Z 粒子	引力子
自旋	1	1	1	2
个数	8	1	3	1

共 13 种。实验上没有观察到自由状态下的胶子，但胶子在粒子相互作用过程中的存在已经有充分的实验验证。由于引力相互作用太弱，现在还没有引力子存在的直接实验证据。

(2)费米子：自旋量子数为 $J=0.5$ ，包括轻子和夸克

按照电弱统一理论，自然界的费米子是成组地存在的。一组费米子称为—“代”费米子，其中包括一个中微子，一个带电轻子，两味夸克，其中一个带

2/3 单位电荷，一个带负 1/3 单位电荷。现在已知自然界至少存在三代费米子，它们的性质见表 3。

表 3				
粒子类型	轻子		夸克	
电 荷	0	-1	2/3	-1/3
重子数	0	0	1/3	1/3
色状态数	1	1	3	3
第一代	中微子 ν_e	电子 e	上夸克 u	下夸克 d
第二代	中微子 ν_μ	μ 子	粲夸克 c	奇异夸克 s
第三代	中微子 ν_τ	τ 子	顶夸克 t	底夸克 b

这样由于夸克有三种色状态，每一代费米子包含有八个粒子，三代共有 24 种费米子，再加上它们的反粒子，共有 48 个费米子。当然，实验上现在还没有发现顶夸克和顶反夸克。

(3)黑格斯粒子：自旋量子数为零的粒子
按照电弱统一理论，电磁相互作用和弱相互作用本来是统一的电弱相互作用，具有较高的对称性，所有的费米子都没有质量。但是在能量较底的范围，这对称性自发地破缺了，统一的电弱相互作用分解成为性质极不相同的电磁相互作用和弱相互作用，同时除了中微子外，所有的费米子都获得了质量。电弱相互作用的对称性自发破缺的实现要求自然界存在自旋量子数为零的粒子，称为黑格斯粒子。电弱统一理论要求自然界至少存在一个中性的黑格斯粒子。理论对于这个中性黑格斯粒子的所有的相互作用性质和运动行为都有精确的描绘和预言，但对它的质量却完全没有给出预言。现在实验上还没有发现这种黑格斯粒子，从实验上去寻找黑格斯粒子是当前粒子物理实验研究的中心课题之一。

按照现在对粒子物理世界结构规律的认识，深入到夸克层次，粒子物理世界是由 62 种粒子构成，其中有 54 种的存在是实验上已经确立的了，还有八种现在实验上还没有观察到其存在的证据。

(责任编辑 孙立明)

(上接第 31 页)

用。这些钢铁企业的总体工艺技术和装备水平远远落后于世界水平。今后这些企业的技术改造不能再搞低水平重复，而应尽量采用世界先进技术。特别是要结合我国国情，在消化引进技术的基础上，把开发适合我国特点的铸轧一体化技术放到战略位

置上来，使铸轧一体化技术不仅装备于电炉钢厂，而且装备于高炉—转炉钢铁厂。从而使我国钢铁工业的总体技术水平在今后若干年内跨上一个新台阶。

(责任编辑 王宏章)