

## 热宽带钢轧机的板形控制技术

侯 张 宝

(武汉钢铁设计研究院)

**摘 要** 从热连接(HDR)观点考虑,介绍了精轧机组的合理选择,对轧机结构、机架配置和压下量分配等问题进行了探讨。

**关键词** 热轧,板带生产,宽带钢,板形控制

### SHAPC CONTROL OF WIDE HOT-STRIP

Hou Zhangbao

(Wuhan Iron & Steel Designing Institute)

**ABSTRACT** On the view of HDR, the reasonable choice of finishing block has been made, and the mill structure, stand assembling and the distribution of reduction are also discussed.

**KEY WORDS** hot rolling, sheet and strip production, wide strip, shape control

#### 1 轧机结构的发展

在热轧带钢生产中,带钢宽度总是小于工作辊身长度,因而导致辊身端部过分弯曲,影响产品质量,即使采用短辊身的支承辊仍不能完全适应产品宽度变化的要求。

为了克服常规四辊轧机的不足,发展了多种类型的新型轧机。

##### 1.1 利用轧辊移动的轧机

这种轧机有HC(包括HCW、HCM、HCMW)、CVC、UPC型。

CVC、UPC轧机均为工作辊可移动的四辊轧机,与HCW的差异主要在于移辊行程和辊型曲线的选用。CVC轧机为采用瓶型(亦称S型)曲线;UPC轧机采用雪茄形曲线;HCW则为平辊型。HCM、HCMW轧机为六辊轧机。

##### 1.2 利用轧辊交叉的轧机

PC轧机属这类轧机,其工作辊和支承辊成交叉布置,见图1。通过转角变化调整凸度值,其关系式为

$$\Delta C = \frac{b^2}{2D_w} \theta^2$$

式中  $\theta$ —转角;

$b$ —板宽;

$D_w$ —工作辊径。

##### 1.3 利用轧辊凸度可变的轧机

属于此类的轧机有VC、NBCM、NIPCO轧机。

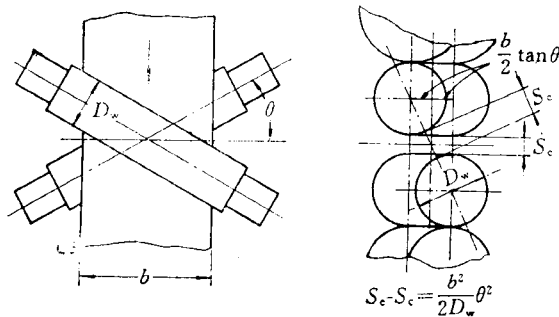


图1 PC轧机布置图

VC轧机利用液压直接调整支承辊凸度以控制轧件凸度。NBCM轧机采用大凸度支

承辊使工作辊和支承辊的接触长度随带钢宽度相应变化。NIPCO轧机的支承辊具有固定芯轴,其上装有若干静压轴承衬支承可旋转的辊套,通过液压改变衬垫间的压力分布,直接控制轧辊凸度。NIPCO轧机尚在试验阶段,其结构更适于作为冷轧机。

迄今,HCW、CVC和UPC轧机已获得广泛应用。中间辊移动的六辊轧机,因结构

较复杂,在热轧带钢领域中已为工作辊移动的四辊HCW轧机所替代。其它结构的轧机虽具有改善凸度和平坦度的效果,但没有分散磨损的功能,不能满足热连接(HDR)工艺要求。而在非热连接工艺中仍有应用价值。

在上述的轧机中,PC轧机具有较大的凸度控制范围和较高的控制精度,见表1。但是,PC轧机没有分散磨损的功能,因此不

表1 各种轧机的凸度控制能力

轧机结构		4H	4H+WRB	HCMW	HCW	CVC	PC
轧机系数	工作辊径, mm	$\phi 700$	$\phi 700$	$\phi 600$	$\phi 600$	$\phi 600$	$\phi 700$
	弯辊力, kN/c	950	1430	600	600	600	950
	特征值	—	—	$\delta \geq 0$	$\delta \geq 45$	$\delta \pm 140$	$\theta_0 \sim 1.5^\circ$
	带宽, mm	915~1524	914~1524	914~1524	914~1524	914~1524	914~1524
凸度控制范围, $\mu\text{m}$		50~150	70~220	230~350	180~240	180~550	350~1070

能实现自由顺序轧制,不能满足HDR工艺要求。为此,日本京滨厂在PC轧机上附加移辊功能,发展成PCS轧机,并于1989年投产,但由于结构较复杂,没能得到推广。

ORG工艺的发展使PC轧机获得了新的生命力,该工艺利用磨轮对工作辊进行在线研磨,从而可保证良好的辊型,满足了自由顺序轧制要求。并且与CVC轧机相比,具有可减少换辊次数、提高作业率、扩大同宽度轧制量和更加自由轧制等优点。因此,1988年以后,PC+ORG轧机的应用有超过移辊结构轧机的趋势,见表2。

表2 PC/ORG轧机的发展

年 度	轧机类型				
	HCW	HCM	CVC	UPC	PC
1982~1987	42	10	25	—	10
1988~1994	10	—	16	10	18
合 计	52	10	41	10	28
所占百分数, %	36.9	7	29	7	19.8

## 2 调凸轧机的合理配置

关于控凸结构轧机在精轧机组的布置有

不同看法。80年代初日本普遍认为,布置在出口段3~4个机架处(F3~F7)即可具有足够的调凸能力;而欧洲的观点是,布置在前段3~4个机架处(F1~F4)能获得理想效果。

断面控制的目标是使带钢断面凸度达到预设值以满足后道工序的要求,例如,变压器、电动机用带钢、纵切带钢应具有尽可能平的凸度;而用作冷轧的热轧带钢或在冷轧后还需进一步加工的带钢,如镀层带钢等可容许一定的断面凸度,以提高收得率和作业率。此外,对平坦度也有严格要求,特别是当带钢厚度较小时,如其宽度方向的长度延伸差 $>0.01\%$ ,即可导致边部浪形或中间瓢曲。如果带钢断面有 $10\mu\text{m}$ 的厚度变化则会对平坦度产生明显影响。

对轧制时金属流动的研究指出:在厚度较大时金属易于横向流动,具有较大的断面凸度调节能力。在热带钢轧机上当厚度 $<6\sim 8\text{mm}$ 时,不可能获得良好的调节能力,反之,材料纵向流动时,当厚度较小时,极易引起平坦度的恶化,见图2。

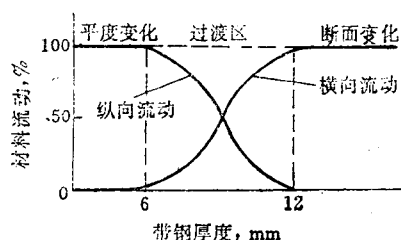


图2 带钢厚度与材料的流动关系

控制凸度和平坦度的关键是在较大厚度断面时就使断面凸度达到要求的数值,在以后的机架中使轧制前后相对凸度差保持不变。

80年代中,日本采用在后段(F4~F7)加HCM、HCW、VC或PC轧机,仅新建的广畑厂在F1~F6上全部采用PC轧机。其中水岛、君津和名古屋最初在轧线前段采用NBCM型结构辊型以控制前段凸度,1986年后又在前段增设HCW或PC轧机,成为全部轧机都具有调凸功能的机组。并且原采用PC(PCS)轧机的工厂也都增加了ORG功能。鹿岛、和歌山的VC轧机增加了WRS功能,以满足HDR、HCR工艺要求。计划1995年投产的千叶(新)厂在F1~F7架上全部采用PC轧机。

近年新建的代表世界水平的轧机,如南朝鲜POSCO的4套轧机,均在后段采用PC或HCW轧机,并于最近在PC轧机上均加上ORG功能。而且认识到凸度控制应在较大断面时完成,计划在前段再加上PC功能,从而形成全线PC精轧机组。

法国的Sollac Dunkerque厂,澳大利亚的BHP、Port厂均将后段改造成HCW或CVC轧机,比利时的Chertal和美国的Weirto厂全部机架改成UPC或CVC轧机。新建的加拿大Dofasco轧机F1~F7架全部为CVC轧机,新建的3个最现代化的薄板坯热连轧厂的全部精轧机也都采用具有调凸功能的轧机(CVC或UPC)。

我国宝钢2050mm轧机的精轧机F1~F7

全部采用CVC技术,移辊量为 $\pm 100\text{mm}$ 。CVC加弯辊功能后,其凸度调节量可达 $550\sim 650\mu\text{m}$ 。运行情况基本良好,达到目标凸度值的约占86.7%。存在的问题是:①平度仪尚未加入闭环控制。②入口带坯凸度无实测值,影响计算机数模计算精度。③数模中没有考虑轧辊的不均匀磨损、热凸度和冷却水影响,故模型精度不够理想。④特别是目前后3个机架(F5~F7)移辊功能故障,不能很好的投入使用,影响产品质量。

武钢1700mm轧机,最近将后4架(F4~F7)改造成HCW轧机,移辊量为 $\pm 150\text{mm}$ ,精度 $\pm 2\text{mm}$ ,弯辊力由原 $940\text{kN}/\text{箱}$ 提高到 $1980\text{kN}/\text{箱}$ ,凸度控制范围约为 $40\sim 106\mu\text{m}$ ,实现闭环控制,可使同宽度轧制量提高1倍以上,1个轧制单位中宽度逆变量可达 $300\text{mm}$ ,凸度值 $\pm 24\mu\text{m}$ 者占90%,平坦度值为 $\pm 30\text{I}$ 者占95%。

统计分析表明,在实际应用中,几乎各厂均趋向于全部机架采用调凸轧机。

### 3 调凸轧机压下量的选择

过去认为,压下量与平坦度密切相关,因此在实际生产中,精轧机尤其是后段机架上的压下量不能过大,否则会使平坦度恶化。但近年来,深入研究平坦度机理与实践证明,压下量与平坦度无关。只要宽度方向单元长度延伸差在限定范围内,就能保持平坦度良好;反之,即使小压下量时,若单元长度延伸差超过限度,就会出现平坦度缺陷。例如,在已建的3套薄板坯热连轧工厂中,其平均压下量为 $42.5\%\sim 52.7\%$ ,比常规轧机的 $30\%\sim 35\%$ 大很多,而产品平坦度和凸度指标均为世界一流水平。

通常,压下量和轧机力能参数的关系随压下量增加变形阻抗增大,轧制力和力矩增大,但达到一定限度时,即呈现坯料温升效应,变形阻抗将会降低,轧制力基本上同常规轧制,但轧制力矩因大压下量使力臂系数增加而稍有增加(见图3),因此,利用具有

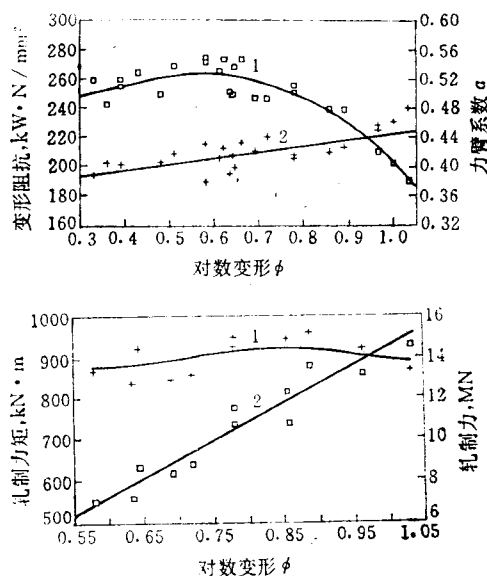


图3 压下量和轧机力能参数关系

- a) 1—变形阻抗变形曲线; 2—力臂系数变化曲线  
b) 1—轧制力变化曲线; 2—轧制力矩变化曲线

调凸轧机的常规轧制技术实现大压下量轧制是完全可能的。

#### 4 结语

①常规四辊轧机不能满足产品高质量凸度、平坦度和HDR、HCR工艺要求,应采用具

有移辊功能的轧机(CVC、HCW、UPC)或具有交叉和在线研磨功能的PC+ORG轧机。

②无论采用什么形式的控凸功能的轧机,均必须与强力弯辊技术匹配才能获得良好的效果。

③PC+ORG轧机具有较大的凸度调整能力,能减少换辊次数,提高作业率,扩大同宽度轧制量和更加自由轧制等优点,更适合热连接工艺的要求,但一次投资费用较高,并需考虑ORG软件编制时间和生产的关系。仅PC轧机可获得高质量凸度、平坦度指标,但不能满足热连接工艺要求。

④控制凸度和平坦度的关键在于控制轧件宽度方向单元延伸差,凸度和平坦度密切相关,首先应在较大厚度时(前段机架)稳定凸度,再在后段机架较小厚度时使已经获得的凸度保持不变,这是获得最佳质量的手段。因此,精轧机组中各机架都采用控凸型轧机是较好的方案。

⑤压下量与平坦度无关,可以在有条件(有控凸功能)的轧机上进行大压下量轧制研究,取得经验后逐步推广。

(上接第40页)

#### 3 轧机投产后的经济技术指标

本轧机在年产 $1.5 \times 10^4$ t的轧钢厂投入试生产,目前已运转3年,使用效果很好。

在原成品机列,已有2架二辊短应力线轧机,成品精度较好;而使用SD—1型三辊轧机后,成品尺寸精度又有明显提高;而且中间轧件尺寸稳定,中间轧废少,经济技术指标明显提高。主要表现为:

- ①成材率由97%提高到99.3%。  
②由于使用此轧机试车时间短,而且调

整1次后24h内不再调整,因此作业率可提高25%。

- ③产量提高25%。  
④半成品精度为0.1~0.6mm。  
⑤电耗降低4%。

SD—1型高刚度无牌坊三辊轧机的结构,如上平衡装置、轴向调整和“U”形架等在国内同类轧机中,具有独到之处。它为国内中小型轧钢厂的粗、中轧机列技术改造提供了一种新型适用机型。

#### • 书讯 •

《实用轧钢技术手册》

杨宗毅主编

定 价: 57.50元(含邮费)

联 系 人: 张登科、李培禄

汇款地址: 北京沙滩嵩祝院北巷39;

开户银行: 中国农行北京东西北分理处

邮政编码: 100009 电话: 4015599-233

帐 号: 801122-15