

二重译丛

ER ZHONG YI CONG

带钢宽度控制专辑

3

第二重型机器厂技术情报科

1987.9

目 录

1	澳大利亚热轧宽带钢轧机的改造	(1)
2	缩小热轧带钢宽度不均性的方法	(3)
3	宽带钢热轧机粗轧机组轧件宽度的自动控制	(9)
4	热带钢粗轧机上板宽的自动控制	(11)
5	热轧粗轧机的宽度自动控制	(16)
6	板坯宽度大压下轧制	(23)
7	板坯宽度轧制时的变形和载荷特性的定式化	(28)
8	大宽度压下轧制中材料变形动态	(36)
9	带材热轧机粗轧时,板宽变形动态	(43)
10	板材热轧机立辊机架上轧件的临界力及压下量的计算	(47)
11	带材热轧机上进行粗轧时的板坯宽度大压下技术和减少切头措施	(50)
12	板坯宽度方向轧制的实验和分析研究	(55)
13	立辊轧机	(59)
14	立辊轧机	(61)
15	立辊轧机	(63)
16	立辊轧机	(65)
17	油压式立辊轧机	(68)
18	粗轧机的宽度控制	(70)

澳大利亚热轧宽带钢轧机的改造

M. K. Сафонова

王征尘 译

王时昉 校

1955年澳大利亚堪培拉港“Broken Hill Proprietary”厂投产的1660热轧半连续宽带钢轧机的改造至今还在继续着。轧机设备包括立式和卧式除鳞机,宽展机座,带有设置立辊轧机的四辊可逆粗轧机座和六机座精轧机组。机座轧辊尺寸的数据(工作辊和支承辊的直径 $\times$ 辊身长度)如下,mm:

除鳞机的轧辊直径

立式除鳞机的轧辊 1170

卧式除鳞机的轧辊 970

机座的轧辊尺寸

宽展机座 1080和1380 $\times$ 3300

粗轧机座 950和1360 $\times$ 1680

精轧机座 660和1260 $\times$ 1680

轧机最初的设计生产率(每年大约1百万吨),因为只有两台生产率为每小时107吨的推送式加热炉,所以受到了局限。板坯厚度为175~230mm。带卷的相对重量为每毫米带钢宽度不超过11kg,带卷的直径为1580mm。

增补二台同样生产率的加热炉和掌握精轧机组加速轧制法后,轧机上宽度为600—1575mm,厚度为1.6—9.5mm,带钢的年生产率增加到225万吨。1972年,用厚度自动控制系统装备了轧机,五台精轧机组的电动机换成了大功率电动机,改善了冷却系统,并安装了第3台地下卷取机。1980年,更换

了两台卷取机,从而能把厚度为12.5mm以下的带钢,卷成相对重量为每毫米宽度20kg以下,直径2095mm以下的带卷。

在1985—1987年所进行的价值为54 $\times$ 10⁶澳元的工程,是使板坯仓库自动化的工程,目的在于改善金属流通方法。用夹钳来替代桥式吊车的C型吊钩。这就可使连铸坯热装到炉子中去(温度大于500℃情况下)。热装的百分比达40%,从而保证节省燃料,并减少金属变成氧化皮的损耗。

此外,建造一台带有长度55m的步进梁的炉子,来取代四台推送式炉子,该炉子用焦炭煤气加热。这台炉子供加热厚度为230mm,长度为12.5m板坯用。炉子冷装的生产率将为415t/h。炉子将安装游码和现代结构的喷嘴。将借助电子计算机控制炉中加热制度。这就能保证板坯宽度和长度上温度分布均匀、生成氧化皮最少、节省燃料、轧机理想的生产率和带钢质量。除前端允许超过额定温度40℃以外,由于板坯在炉中均匀加热,粗轧机组出口处轧材长度上的温度变化将不超过10℃。为了板坯不受冲击地装料和出料,炉子将加装装卸设备。

在粗轧机组中,设置新的大功率可逆式四辊机座和装在其中的立辊轧机来取代卧式除鳞机和老式四辊宽展机座,它们具有下列的技术性能:

可逆四辊机座

辊子直径, mm

工作辊 1200

支承辊 1450

轧辊辊身长度, mm 1800

电动机数量×功率, MW 2×6

立辊轧机

车孔型后的轧辊直径, mm

1400/1100

电动机数量×功率, MW 2×4

板坯宽度最大压下量为210mm的情况下,在粗轧机组中用5—9道次,可把板坯厚度轧成25mm。预先给立辊轧机设置了宽度自动控制系统,它能保证合格带钢宽度的正公差小于12mm(改造以前为25mm)。

设置中间卷取装置,能够减少金属的黑斑,避免精轧机组中的加速轧制,同时把带卷重量从16t增加到30t(相当于每毫米带钢宽度不超过23kg)。

在精轧机组前面安装上有双刀的双减速器剪头机和改进了的去除氧化皮设备。

由于在最后三台精轧机座的电动机机械压下螺丝处,设置了带有液压压下机构的辊缝自动控制系统,可使合格带钢的厚度公差缩小50%。最后的四台精轧机座将安装有工作辊的抗弯曲系统(应力可达每个轴承座1MN)。这就可以得到表面高度平整的带钢(波浪高度和它的长度之比是2%)。全部精轧机座的工作辊都将有凹凸孔型。在精轧机组的前四机座中将采用工作辊的轴向移动(280mm以下)。因此合格带钢的厚度公差将成为:对带钢厚度4mm以下为 $\pm 15\mu\text{m}$,对4—6.5mm为 $\pm 20\mu\text{m}$,对大于6.5mm为 $\pm 30\mu\text{m}$ 。

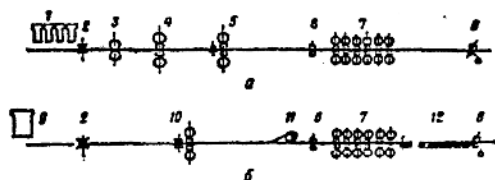
精轧机组的设备改造中,还规定安装低惯性传动装置的活套挑(在最后的三个机座间的间隔中)和机座间带钢冷却装置,并且

规定用功率为4.5MW的新电动机取代功率为3.5MW的6机座电动机和用硅可控整流器取代电动发电机。

在轧线上将安装新的测厚计,测宽计和平面测量器。预定把输出辊道的辊距从610减少到352mm,从而能轧制较薄的带钢。

由于改造的结果,带钢最小厚度从1.6减少到1.2mm,而带钢宽度和厚度之比从600增加到800。轧制终了和卷取处的温度公差为 $\pm 15^\circ\text{C}$ 。

轧机改造前后的设备分布配置法示于图上。



- 1—推送式炉; 2—立式除鳞机; 3—卧式除鳞机;
4—加宽机座; 5—有立辊轧机的可逆四辊机座; 6—剪头机; 7—精轧六机座机组; 8—1号卷取机; 9—步进梁式的炉子; 10—有立辊轧机的新式可逆粗轧机座; 11—中间卷取装置; 12—减小辊距的输出辊道。

轧机改造前(a)和改造后(b)的设备分布配置图

借助新的带卷运输系统将自动完成包装,打印和称量工作。

在堆积区拟定装设借助电子计算机的成品带卷传输和起运的控制系统,电子计算机的接口与轧机上金属通过处的跟踪系统相连。采用电子计算机GEC4190,将自动地控制轧机的工作。

新设备机械部分由西德“SMS 施罗曼西马克”厂供应、电气部分由“日本东芝电气”公司供应。

译自《Экспресс-информация—

Черная Металлургия. Прокатное и Трубное Производство》1986, №9 8-11

缩小热轧带钢宽度不均性的方法

Ю. В. Коновалов 等

王征尘 译 王时昉 校

近几年来,在提高宽带钢轧材厚度精度方面取得了显著进步:热轧宽带钢轧机(НЦГП)的所有产品在实际生产中已均达到指定的厚度公差范围。与此同时,工艺规程和各种轧机设备却不能保证得到在宽度方面有足够小量公差的带钢。

沿着带钢长度的宽度不均匀性,就是在同一批里,对合格成品率也具有显著的影响,它会使金属作为边料而耗损。若欲根据理论量回收金属,则减少带钢宽度不均匀性就是节约金属的潜力。若将宽度的偏差范围减少1 mm时,在现代的宽带钢轧机上就会节约金属大约1 kg/t。

对轧线个别段上轧件宽度形成过程的研究,尤其是对连续粗轧机组和可逆万能机座的研究还是不够的。关于宽带钢轧机的精轧机组中调节宽度的合理性和机座间拉力的稳定化问题,众多专家的意见尚不一致。根据国内试验的总结和顿涅茨黑色冶金科学研究所完成的研究结果,本文尝试着拟订了提高带钢宽度轧制精度的合理方法。

我们选择了伊里奇,日丹诺夫钢铁公司1700 轧机,卡拉干达钢铁公司(КапМК)1700 轧机和切列波维茨钢铁公司(ЧерМК)2000 轧机,作为宽带钢宽度轧制精度的对照分析对象。这些轧机分别是第一代,第二代和第三代轧机特色的代表。

轧制的板坯和铸坯〔1—4〕的宽度不均匀性统计研究表明:除额定值的极限偏差外,各个企业的板坯宽度精度指标区别不大

(表1)。

表1 各个企业轧出的板坯和铸出的板坯的宽度不均性 (mm)

指 标	轧出的板坯		铸出的板坯	
	伊里奇公司	КапМК	新利佩茨克钢铁公司	亚述冶金公司
$-\delta B_c$	-15	-20	-25	-25
$+\delta B_c$	+28	+19	+19	+25
ΔB_c	43	39	44	50
$\sigma \delta \bar{B}_c$	2.8	7.0	7.3	8.4
$\delta \bar{B}_c$	+5.3	+1.5	+0.8	-1.0
δB_c^a	6—20	5—23	6—33	5—25
δB_c^L	4—10	3—10	2—10	—

$+\delta B_c, -\delta B_c$ 为板坯宽度对额定值的上下偏差;
 $\delta \bar{B}_c, \sigma \delta \bar{B}_c$ 为宽度对额定值的平均值和平均方根偏差;
 ΔB_c 为对额定值的偏差范围;
 δB_c^a 为在一批中的宽度不均性;
 δB_c^L 为一块板坯沿长度的宽度不均性。

各种窄铸坯和各种宽铸坯相比,窄铸坯具有较大稳定的宽度(根据在多批中对宽度不均性的估计)和较大精确的宽度(根据对额定值的宽度偏差估计)。在同一批铸出的板坯和轧出的板坯中,其宽度不均性平均值是12—14 mm,而纵向宽度不均性的平均值是4—6 mm。

КапМК生产的三组〔符号同表1,单

位为mm) 28批轧制板坯(板坯选出量 276 件) 宽度不均性的更充分数据表明: 窄板坯宽度的稳定性高于宽板坯, 相反, 宽板坯的宽度轧制精度要高些(图 1)。板坯宽度对额定值的最大偏差超过容许值的二倍以上。

组	900—1100	1100—1300	1300—1530
$-\delta B_c$	-15	-20	-10
$+\delta B_c$	+19	+13	+9
ΔB_c	34	33	19
$\delta B_{c \max}^a$	19	23	18
$\delta B_{c \min}^a$	5	8	10
$\overline{\delta B_c}$	+3.5	-0.2	-0.5

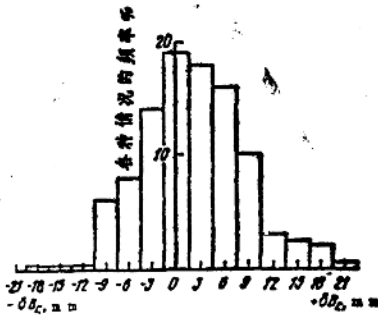


图 1 板坯宽度对额定值偏差 δB_c 的频率分布图 (KapMK1700 轧机)

顿涅茨黑色冶金科学研究所使用第一代轧机完成的各种合格带钢和粗轧坯料的厚度不均性研究, 载于参考文献 [5—7] 中。我们把用各代轧机进行宽度轧制的精度和稳定性的数据做了比较: 在伊里奇钢铁公司 1700 轧机上一 1144 块粗轧坯料, 用它们轧出的合格带钢厚度 2—10.6mm, 宽度 1020—1550mm; 在 KapMK1700 轧机上一 870 块粗轧坯料, 轧出的合格带钢厚度 2—12mm, 宽度 890—1550mm; 在 ЧепМК2000 轧机

上一 6500 块粗轧坯料, 轧出的合格带钢厚度 1.5—12mm, 宽度 1000—1700mm。

我们借助同一批合格带钢宽度波动 δB_c 和粗轧坯料宽度波动 δB_c^a 的频率分布图 (图 2) 分析了宽度的稳定性。从频率分布图中看到, 在所有被研究的轧机上, 粗轧坯料宽度的波动范围实际上是一样的, 而每台轧机上的合格带钢宽度波动范围, 比粗轧坯料大约大一倍, 达到 45—48mm。从列出的数据中得出结论是: 各批原板坯和粗轧机组之后坯料的宽度波动范围的最大值实际是相等的。

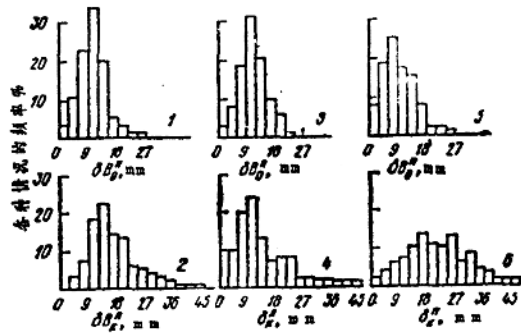


图 2 各批合格带钢宽度偏差 δB_c 和粗轧坯料宽度偏差 δB_c^a 的频率分布图: 1, 2—ЧепМК的 2000 轧机; 3, 4—KapMK 的 1700 轧机; 5, 6—伊里奇钢铁公司的 1700 轧机

我们根据粗轧坯料和合格带钢的宽度对额定值偏差的分布经验曲线, 评价了各种轧机的宽度轧制精度 (图 3)。粗轧坯料宽度和合格带钢宽度对额定值的最大偏差 $\delta B_{c \max}$ 和 $\delta B_{k \max}$, 在各种轧机上实际上是一样的。粗轧坯料宽度的平均最小值偏差要比合格带钢大, 其大出的值相当于精轧机组

中拉缩的值 ($\Delta B_{\tau} = \overline{\delta B_{0\max}} - \overline{\delta B_{k\min}}$)。

在伊里奇钢铁公司1700轧机上看看到的宽度拉缩值最大,为12mm;在KapMK1700轧机上拉缩值是9mm,ЧепМК2000轧机上是6mm。对这些轧机来说,连合格带钢的平均纵向宽度不均性 $\overline{\delta B_k} = \overline{\delta B_{k\max}} - \overline{\delta B_{k\min}}$ 变化特性也是类似的,但是粗轧坯料的平均纵向宽度不均性 ($\overline{\delta B_0} = \overline{\delta B_{0\max}} - \overline{\delta B_{0\min}}$)—4; 5; 6mm。ЧепМК2000轧机上粗轧坯料的最大纵向宽度不均性是由三机座连续粗轧机组机座间拉力以及其波动影响造成的。根据分布曲线(图2),在ЧепМК2000轧机上20%带钢具有比容许值高(+30mm)的末端;宽度在KapMK1700轧机上为75%;而在伊里奇钢铁公司1700轧机上为90%。在ЧепМК2000轧机和伊里奇公司1700轧机上轧制的带钢,只有很少部分(1—2%)具有比额定值小的最小宽度。从列出的分析得出结论是:ЧепМК的国产现代化2000轧机上轧制出的带钢,其宽度精度和稳定性最好。

根据轧线上轧件宽度的动力学统计分析

证明:尽管粗轧机座立辊有平整能力,粗轧坯料同原板坯相比较,宽度的稳定性仍然不会提高。在KapMK1700轧机上进行了专门试验,确定原板坯加热温度和它们的宽度对粗轧坯料宽度的影响。现已查明,用同一炉里加热的,宽度波动范围为10mm的原板坯来轧制出一批粗轧坯料,其宽度不均性是2.5mm,即降低3/4。用固定宽度的原板坯,在不同炉中加热,温度差异范围为70℃时,轧制出一批粗轧坯料的宽度不均性是7mm。可见,用立辊的平整能力实际上是不能补偿基本的不稳定因素(板坯加热温度的变化)。

在一批板坯的宽度波动范围增加到20mm以上时,粗轧机组的宽度平整总效应便看不到,而在个别情况下,粗轧坯料的宽度不均性还有所增长。这是由于一批原板坯宽度的实际波动范围和对额定值的偏差同粗轧机座立辊的绝对压下量互相制约之故。当把轧机调好到额定宽度轧制时,而这批原板坯宽度对额定值有负偏差,那么,实际上这些原板坯的宽度不均性就不会得到均整。根据统计,这种原板坯所占比例达到50%。

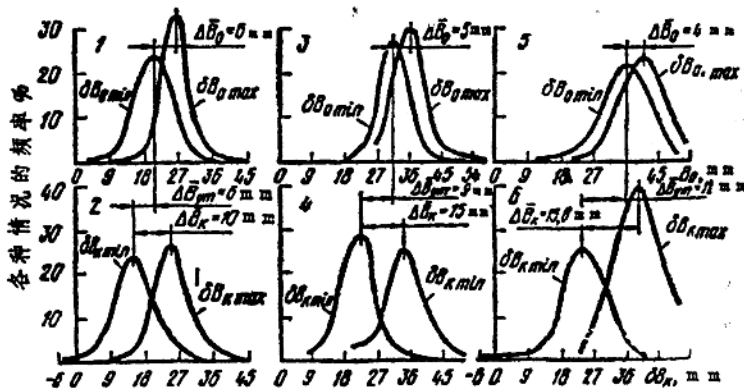


图3 在各种轧机上粗轧坯料宽度和合格带钢宽度对额定值偏差 δB_0 和 δB_k 的频率分布(其余符号见本文)

就其组成而言, ЧепМК2000 轧机具有三机座连续粗轧机组, 机组轧制轧件是带着拉力进行的。沿着轧件长度和同一批里轧件的温度变化, 会导致机座间拉力大小的变化, 从而会引起粗轧坯料宽度的附加变化。

合格带钢比粗轧坯料的沿着长度和同一批里宽度不均性大, 这取决于下列因素:

首先, 在精轧机组中机座间拉力大, 这种拉力会将带钢长度上主要部分的宽度拉缩;

其次, 使轧件成形的邻近机座工作辊的外形不相适应时 (例如在邻近机座上新的和磨损了的轧辊相组合时), 则宽度高度变形不均匀, 这种不均匀变形会导致带钢全长的宽度被拉缩;

再者, 沿着正在轧制带钢长度上有温度差, 它会改变金属变形的阻力和带钢长度上的宽度拉缩程度;

最后则是金属温度的高低不稳定, 从而, 机座间拉力大小也不稳定。

就是在机座间拉力的大小不超过金属变形阻力的情况下, 精轧机组中的总拉缩也会达12mm (图3)。在所有研究的轧机上, 仅仅带钢尾端的宽度大于粗轧坯料宽度1.5—3mm, 这是在没有后拉力情况下拉缩力下降的缘故。可见, 在精轧机组中, 甚至在带钢端部上, 总的自由宽展实际上也完全为拉缩所补偿。由此得出结论, 关于按照宽展公式的计算是无权威的, 因该公式没有考虑到由于高度不均匀的变形而带来的宽度拉缩。

机座间拉力的大小和稳定性对宽度的稳定性具有极复杂的和多方面的影响。在 ЧепМК [8] 2330/1700 轧机上试验研究表明: 机座间拉力的稳定化在实际轧制情况下不会象很多专家都认为那样减少, 而反会增加合格带钢主要长度上的宽度不均性, 因为稳定化会限制精轧机组本来的平整能力。

只有在精轧机组机座进口处扰动值 (坯料温度和宽度变化) 很小, 且从带钢平面度的观点来看, 轧制过程很稳定的情况下, 机座间拉力的稳定化才会把合格带钢的宽度不均性缩小到粗轧坯料宽度不均性的水平。我们现实轧制条件的特点是粗轧坯料的温度和宽度波动范围大和工作辊的磨损相当不均匀, 正是靠提高机座间拉力的水平来保证轧制稳定性, 而它们的自然波动就是对带钢主要部分宽度的稳定因素。

进入精轧机组和从精轧机组出来时, 拉力的稳定化是必要的。它减少带钢宽展端部的长度或使其更加精确些, 增加被拉缩的带钢主要部分的长度。在带钢主要长度上, 可以提高宽度的稳定性, 但不是采用稳定化的办法, 而是根据进入处的扰动情况, 例如根据粗轧坯料的宽度和温度的偏差, 来调整机座间拉力的大小。

只有按照铸坯连铸机 (МНЛЗ) — 热轧带钢轧机 (ИЛСГП) 和板坯初轧机 — ИЛСГП整套工艺线去解决才能解决, 沿着带钢长度和同一批带钢中降低宽度不均性的课题。主要措施和方法列入表2, 借助这些措施和方法在实践中可以消除热轧带钢的宽度波动。在评价采用各种措施的结果时, 我们是以下列情况为依据的。在上一批原板坯中, 加热温度波动的最大范围是70—80℃。在各批原板坯和粗轧坯料中, 宽度波动的最大范围是160mm, 合格带钢是45mm。在现有这些条件下, 粗轧机组宽度平整的平均系数等于1.5。板坯额定宽度和用这些板坯轧制成合格带钢的宽度之间的比例处于最佳情况下, 平整系数增加到4, 而在立辊上压下量分布处于最佳情况下, 系数增加到2.5。原板坯和合格带钢额定宽度之间的最佳比例, 我们是根据在立辊上对轧件的额定压下制度及稳定性的保证条件, 以及各种轧机的立辊开度对合格带钢额定宽度偏差的一致性来选定

的。对窄轧件来说,在最初的粗轧机座上,立辊最佳压下量等于3—4%,对宽轧件来说,等于1.5—2%,而在最后的机座上,则不超过10—15mm。精轧机组进口处的粗轧

坯料温度楔是50—100℃,而与其相适应的粗轧坯料宽度不均性达10mm。精轧机组机座间拉力的合理值,低于现有拉力的一半,因而也使带钢端部宽度的不均性减少一半。

表2 缩小热轧带钢宽度不均性的方法

措 施	目 的	达 到 方 法
1. 缩小一批板坯宽度波动范围和降低宽度对额定值的正偏差到10mm以下	降低粗轧坯料和合格带钢的宽度不均性6—10mm,即相应降低25—40%和13—22%	在铸坯连铸机上:板坯浇铸参数稳定化,按钢流不同更换结晶器的合理作业表; 在板坯初轧机上:钢板加热温度稳定化,按道次自动控制轧件宽度,核算立辊的磨损
2. 缩小一批原板坯加热温度的波动范围到30℃以下	降低粗轧坯料宽度不均性4—7mm(15—27%)和合格带钢宽度不均性6—9mm(13—20%)	原板坯在加热炉里的加热采用自动工作制度,严格控制原板坯加热温度
3. 选择原板坯和粗轧坯料额定宽度的最佳比	降低粗轧坯料和合格带钢的宽度不均性2—3mm(7.5—11.5%和4.5—6.5%)	原板坯加工合理化,采用用合理设计换辊顺序方法限定相邻粗轧机座水平轧辊的磨损差
4. 粗轧机座立辊压下量分配最佳化	降低粗轧坯料和合格带钢的宽度不均性2—3mm(7.5—11.5%和4.5—6.5%)	借助计算机控制使粗轧机座立辊辊缝的调整最佳化
5. 协调连续轧机组水平轧辊和立辊的速度	降低粗轧坯料和合格带钢的宽度不均性2—3mm(7.5—11.5%和4.5—6.5%)	用自动调节相邻机座速度比系统装备连续粗轧机组
6. 调节粗轧机组的轧件宽度	平均降低粗轧坯料和合格带钢的宽度不均性18mm(70%和40%)	用沿粗轧坯料长度自动调节平均宽度系统装备粗轧机组
7. 粗轧坯料长度上的温度稳定化	平均降低合格带钢的宽度不均性9mm	粗轧坯料尾端遮罩或预热,粗轧坯料中间卷取
8. 在精轧机组中把机座间拉力稳定在低水平上	降低合格带钢的宽度不均性6—7mm(13—15.5%)	在工作辊连续操作时间内带钢断面尺寸轧制顺序合理化,轧辊液压成型
9. 在精轧机组中调节带钢的宽度	平均降低合格带钢的宽度不均性23mm(+50%)	用带钢的宽度自动调节系统装备精轧机组

评价粗轧机组中宽度自动化调节系统的效益时,我们查明了,由侧滑痕迹造成的粗轧坯料纵向宽度不均性是不能调节的,而在评价精轧机组的宽度自动化调节系统时,则弄清了,宽度增加的可能性是有限的,并且在提高机座间拉力时,带钢端部的宽度不均性要增加。

采用每项措施时都将粗轧坯料和合格带钢宽度不均性降低程度进行比较,结果表明,带钢宽度稳定化的最有效方法是在精轧机组中安装宽度自动化调节系统。粗轧机组和精轧机组的宽度自动化调节系统(CAPLH)同时并用时,可以使带钢主要部分的宽度不均性下降到5 mm以下,使带钢端部下降到9 mm以下。采用其它措施也能保证带钢宽度稳定性大约达到这样的程度(6—7 mm),然而要求花的费用大得多。采用下列的综合措施最好:板坯加热的温度稳定化,连续粗轧机组的水平轧辊和立辊的速度配合协调和用CAPLH装备粗轧机组和精轧机组。

CAPLH的工作效率多半取决于调节方法,调节作用施加的形式和位置,沿轧制线直接或间接宽度传感器的分布。因为原板坯温度和宽度可能有波动,这会成为粗轧坯料宽度波动的主要隐患,所以在粗轧机组中根据扰动情况调节宽度是合理的。按照粗轧坯料的宽度偏差来调节是无效的,其原因在于调节作用有很大的滞后,若欲发挥调节作用,通常要将粗轧机座立辊的压下螺丝多压下一些。

实际上在已知的方法和系统中,精轧机组的带钢宽度都是靠变化机组间的拉力来调节的〔9—11〕,用相邻机座轧辊速度不一样的办法来达到拉力的变化。此类调节系统的根本缺点是,带钢端部的宽度不能调节,因为端部轧制时没有拉力。

顿涅茨黑色冶金科学研究所,新克拉马

托尔斯基机器制造厂(HKM3)的设计部门和基辅自动化研究院(KHA)研究出一系列沿着带钢整个长度调节宽度的方法和装置,这些方法和装置当宽度上高度变形不均匀时,利用变形区的宽度拉缩,起调节作用〔9—14〕。

结论

就宽带钢轧机的整个轧线而言,对缩小宽度不均性的综合看法可以归纳为,提高热轧带钢宽度精度的方法有如下几种:

提高轧制原板坯和铸坯的精度;

缩小原板坯轧制前加热温度的波动范围;

粗轧机座立辊压下制度最佳化;

在精轧机组中缩小粗轧坯料的温度楔和拉力大小;

用CAPLH装备粗轧机组和精轧机组。

评价各种措施表明,在粗精轧机组中采用CAPLH效率最大。所提出的措施,一部分已运用在一系列的热轧宽带钢轧机上(粗轧机座工作辊的换辊程序表运用在伊里奇公司的1700轧机上,调节带钢端部的宽度运用在卡拉干达钢铁公司1700轧机上),一部分已被新克拉马托尔斯基机器制造厂设计部门和基辅自动化研究院用来为新装2500轧机和现有KapMK1700轧机以及荣获列宁勋章的新利佩茨克钢铁公司2000轧机设计自动调节系统。某些方案建议在改进工艺,改造热轧宽带钢轧机和为它们装备自动化系统时使用。

参考文献

1. Коновалов Ю. В., Галкин Д. П., Додока В. Г. и др. Повышение точности листовой прокатки. М.: Металлургия, 1978. 295 с
2. Еремин Ю. А., Балон Д. И., Коновалов

- Ю. В. и др. —Сталь, 1972, № 3, с. 239—243.
3. Балон Ц. И., Еремин Ю. А., Коновалов Ю. В.—Производство листа: Науч.тр/МЧМ СССР. М.: Металлургия, 1975, № 3, с. 164—173.
 4. Фурман Ю. В., Сумской А. Г., Дубинин В. П. и др.—Усовершенствование технологии производства толстолистовой стали: Науч. тр./МЧМ СССР. М.: Металлургия, 1981, с. 43—45.
 5. Коновалов Ю. В., Еремин Ю. А., Руденко Е. А., Савин В. А.—Сталь, 1974, № 7, с. 626—628.
 6. Коновалов Ю. В., Руденко Е. А., Мещерякова А. А. и др.—Теория и практика производства широкополосной стали: Науч. тр/МЧМ СССР. М.: Металлургия, 1979, № 3, с. 15—17.
 7. Руденко Е. А., Коновалов Ю. В., Оробцев В. В. и др.—Сталь, 1980, № 4, с. 288—301.
 8. Коновалов Ю. В., Воропаев А. П., Руденко Е. А. и др.—Технологические основы автоматизации листовых станов. Киев: Техника, 1981, 128 с.
 9. А. с. 1041189(СССР)/Коновалов Ю. В., Гринчук П. С., Опрышко И. А. и др. Оpubл. в Б. И., 1983, № 34, с. 27.
 10. А. с. 1013010(СССР)/Коновалов Ю. В., Оробцев В. В., Руденко Е. А. и др. Оpubл. в Б. И., 1983, № 15, с. 39.
 11. А. с. 946711(СССР)/Коновалов Ю. В., Оробцев В. В., Руденко Е. А. и др. Оpubл. в Б. И., 1982, № 28, с. 46.
 12. А. с. 787124(СССР)/Руденко Е. А., Коновалов Ю. В., Оробцев В. В. и др. Оpubл. в Б. И., 1980, № 46, с. 37.
 13. А. с. 908445(СССР)/Коновалов Ю. В., Оробцев В. В., Руденко Е. А. и др. Оpubл. в Б. И., № 8, с. 35.
 14. А. с. 375109(СССР)/Еремин Ю. А., Паршин А. А., Балон Ц. И. и др. Оpubл. в Б. И., 1973, № 16, с. 16.
- 译自《Сталь》1986, №6, 33—37

宽带钢热轧机粗轧机组轧件宽度的自动控制

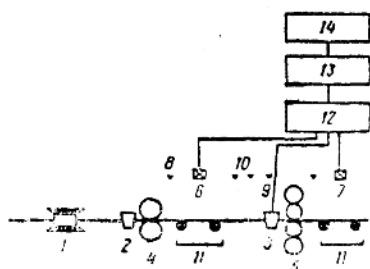
М. К. Сафонова

王征尘 译 王时昉 校

为了缩小合格带钢宽度不均匀性和排除原始板坯宽度带来的限制,在日本加古川“神户制钢所”制造厂的热轧宽带钢轧机上采用了粗轧机组轧机宽度自动控制系统。轧机粗轧机组中的设备分布方案和宽度的自动控制系统示于图1中。

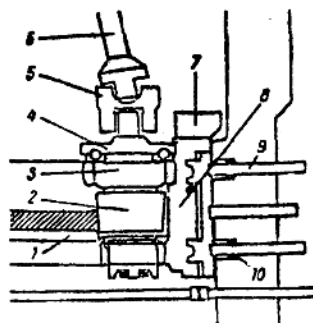
轧机粗轧机组包括二个卧式机座(双辊式和四辊式),在它们前面设置立辊轧机。

在№2机座所有侧轧道次中都采用宽度自动化控制。为了提高测定轧制应力的精度,用新的滚式支座和横梁来补充№2机座立辊轧机的不足,以便改进控制辊子位置的系统。这就使妨碍测定轧制应力的摩擦力波动稳定起来。用液压压下机构装备的立辊轧机方案示于图2。



1—立式除鳞机；2、3—№1和2机座的立辊轧机；4、5—№2双辊卧式机座和№2四辊卧式机座；6、7—新结构的和普通结构的宽度量具；8—10—热金属传感器；8—供测量辊子用的，9—供前端用的，10—供后端用的；11—测定辊；12—直接数字控制装置；13—宽度自动控制系统的电子计算机；14—控制轧制的电子计算机

图1 轧机粗轧机组中的设备布置方案和宽度的自动化控制系统



1—原板坯；2—轧辊；3—轴承底座；4—滚式支座；5—联轴节；6—轴；7—伺服阀；8—液压缸；9—螺栓；10—测压计。

图2 有液压压下机构的№2机座立辊轧机方案

宽度的自动控制系统内在№1机座后面装置了新结构的光学宽度测量器。该测量器与安装在№2机座后面的普通测量器不同的

特点是，测量动作快和测量准确，以及视界面广。新的测量器装有硬体室，室内有以充电耦合联接的一些仪器。被测量的轧件和宽度测量器的特性如下：

轧件尺寸，mm:	
宽度	600—2080
厚度	300以下
轧件温度，℃	700—1300
测量器的侧向视野，mm	±700
测量器的快速动作，mm	40
测量精度，mm	±1

宽度的自动控制系统有以下四个机能：

第一个机能（原板坯末端段长度2 m上的收缩补偿）在№2机座的每个侧轧道次中完成。借助新结构的宽度测量器确定№1机座各道次后轧件全长上的宽度。根据第一个道次的结果，或用安装在№2机座后面的普通结构测量器测量轧件宽度的数据，来计算以后各道次中在№2机座入口处轧件宽度的数据。此时，由于原板坯末端收缩所造成轧件末端上的宽度偏差，几乎完全能得到补偿。

系统的第二个机能是在侧轧第一道次中控制原板坯中部的宽度。用楔形原板坯侧轧轧件时这个机能特别重要。因铸坯连铸机（МНЛЗ）结晶器宽度变化成新尺寸所得到的这种原板坯份额有5%。采用宽度自动控制系统轧制楔形板坯时，在№2机座入口处的宽度是1528—1549mm，而在出口处是1527—1535mm（给定宽度1530mm）。因此，这样的原板坯在МНЛЗ上已经取消了气割，保证了热装料轧制的可能性。

第三个机能是对黑斑所造成宽度偏差的补偿（由于滑道管产生的），这个机能在原板坯中部侧轧时完成。高精度测量轧制应力时，黑斑带来的宽度偏差从+5减少到+2.5mm。

第四个机能是在水平辊和立辊上确定最佳全套压下程序。

由于采用这一系统减少了切头和缩小了带钢的宽度不均性,因而导致金属废料的减少。

译自《Экспресс-информация

—Черная Металлургия.
Прокатное и Трубное
производства>
1986, №10, 1—3

热带钢粗轧机上板宽的自动控制

口山本等

王心泉 译 王时昉 校

1 绪言

板宽精度的改善,可以减少由于修正原料带来板宽不足的次品,以谋求利用率的提高。另外,今后新的操作技术,例如低温加热热轧制法以及板坯按宽度分类集中,炼钢—热轧的直送轧制等都会使板宽精度受到不良的影响。即使为了解决这些问题,以更好的发挥它们的效应,确立板宽自动控制也是很重要的。本报导从这一观点出发,叙述的是关于已经实用的板宽自动控制装置。其特征如下:

(1) 根据宽度轧制前的实际板宽和温度以及经水平轧制后,要达到的标准板宽,将立辊开度做预测控制。

(2) 全长各部分包括前,后端部,用同一的控制模型进行统一的控制。

(3) 对于由板坯在连续式加热炉中产生的水冷滑轨造成的黑印带来的板宽变动也能控制。

2 机器结构

本设备被装置在福山钢铁厂第二热轧厂最后的粗轧机E5—R5上。它的机器结构如图1所示。另外,计测机器规格列于表1。

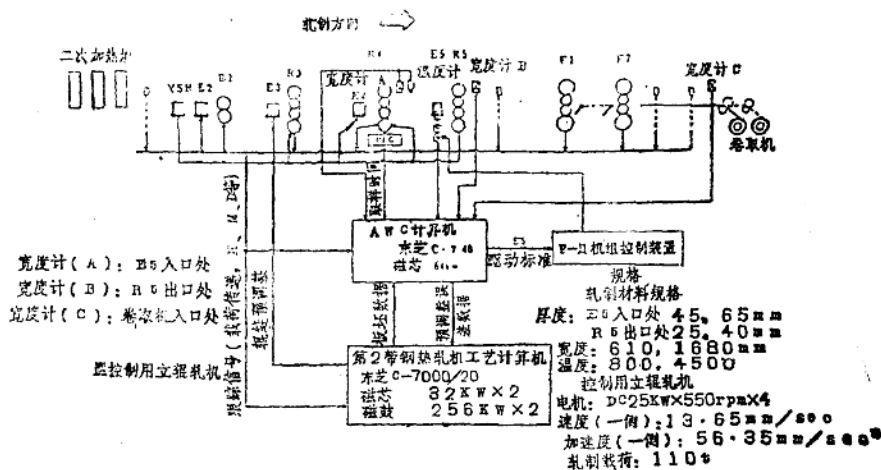


图1 第二热轧厂轧机及板宽自动控制装置

表1 计测装置规格

计测装置	规格
宽度计 mm	测量范围: 600—1800(仪器)±25(偏差)
Sec	响应特性: 0.04
mm	精度: ±0.5
温度计 ℃	测量范围: 700—1200
Sec	响应特性: 0.001 (63%, 传感器侧)
℃	精度: ±10
	传感器: 硅元件
压力计 t	测量范围: 0—100
t	精度: ±2
	传感器: 应变仪

3 控制方法

3.1 基本模型

宽展模型的主要内容,首先是对宽度轧制和轧边凸起变形的评价,尤其是对水平轧制和宽展之间关系的评价。在评价时由胶泥模型进行了实验以及在第二热轧厂进行了现场实用轧机的试验。

由宽度轧制所产生的被称为轧边凸起的局部变形示于图2。首先必须评价的是其高度(HD, HR),尖峰位置(A),变形区域(B)。根据前面所叙述的实际尺寸等,把轧边凸起断面用四次式,换算成近似矩形时,等效平均轧边凸起高度(Hdm)可以整理成如下面的式子:

$$H_{dm} = \frac{(10A^2 - 8AB + B^2)B^3 \cdot \Delta H_D}{30A^2(A-B)^3} + \frac{(10A^2 - 5AB + B^2) \cdot \Delta HR}{30A^2} + H_0 \quad (1)$$

$$A = 8.7H_0^{0.35} \cdot \Delta W_0^{0.07} \quad (2)$$

$$B = 3.3H_0^{0.77} \cdot \Delta W_0^{0.28} \quad (3)$$

$$\Delta H_D = 9.8 \times 10^{-2} H_0^{0.56} \cdot \Delta W_0^{0.70} \quad (4)$$

$$\Delta HR = 2.8 \times 10^{-2} H_0^{0.72} \cdot \Delta W_0^{0.73} \quad (5)$$

式中:

A: 轧边凸起尖峰位置, B: 轧边凸起变形区域, H₀: 宽度轧制前钢板厚度, ΔW: 宽度压下量, ΔH_D = (H_D - H₀): 轧边凸起最大高度, ΔHR = (H_R - H₀): 轧辊接触增加量。

然后,考虑有轧边凸起的材料作水平轧制时的宽展,与无轧边凸起时相比是以轧边凸起断面为条件的一定比率增大的。将Siebel的式子变形就成(6)式

$$\Delta W = \left\{ a \left(\frac{H_{dm} - H_0}{H_{dm} - H_1} \right)^2 + b \right\} \frac{(H_0 - H_1) \sqrt{RH(H_0 - H_1)}}{H_0} \quad (6)$$

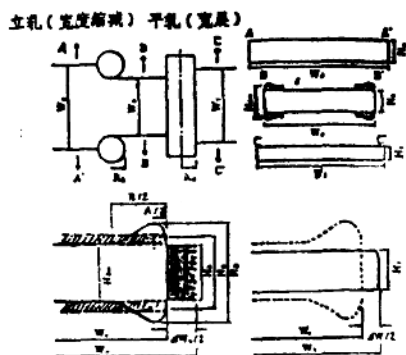


图2 宽展轧制和边轧时的变形图

3.2 控制模型

把前项的宽展模型作为依据,研究了在实际轧机上的宽度压下量(E5宽轧制)和宽展量(R5水平轧制)的关系。研究的结果如图3所示。由此得到下面两个结论:

(1) 即使同一宽度压下量, 钢板温度越高, 宽展量就越小。特别是用宽度大的原材料时, 其结果, 在现场可以观察到, 钢坯在连续加热炉中产生的水冷滑轨造成的黑印性钢板, 其板宽变动和宽度变形的倾向是一致的。

(2) 即使同一宽度压下量, 板宽越宽, 宽展量越大。但是, 这个现象在用胶泥模型轧制时可能观察不到(b)。

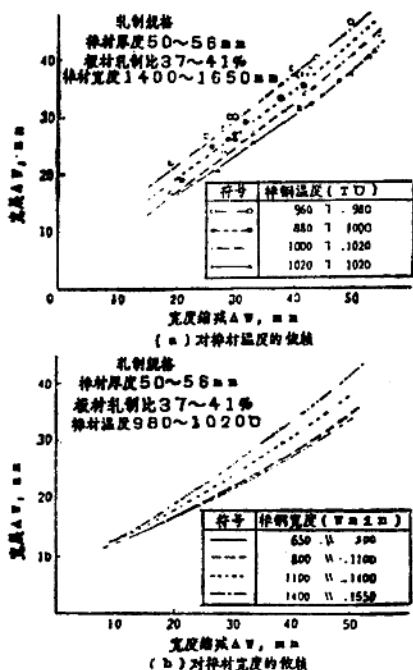


图3 宽度压下量对平轧后宽展的效应

以上面的结论为基础, 以用简单的模型控制轧(辊)间和轧(辊)处宽度的变化为目的, 进行了控制模型的研制。在基本模型上是把在一定宽度轧制时产生的轧边凸起断面作为矩形来看待。用宽度轧制前板厚(H_0)和宽度压下量(ΔW_0)评价了等效平均轧边凸起高度(H_{dm})。然而, 用这个模型

时, 没考虑钢坯在连续式加热炉中产生的由水冷滑轨造成的黑印所引起板宽变动。因此, 为了用控制模型评价由于钢坯在连续式加热炉中产生的由水冷滑轨造成的黑印所带来的轧边凸起断面的差别, 又代入了宽度方向的平均变形阻抗。另外, 也考虑到前后端部的不稳定变形, 而推导出了以下模型公式:

$$H_{dm} = 1.64 \times 10^{-6} H_0^{0.7} \Delta W_0^{1.2} \quad (6)$$

$$K_{fm}^{0.10} \cdot \alpha(L) + H_0 \quad (7)$$

$$K_{fm} = 0.40 \times P(5000/TK) \cdot$$

$$\varepsilon^{0.41} \varepsilon \cdot f(T_k \cdot Ceq) \quad (8)$$

$$\varepsilon = L_0 \{ W_0 / (W_0 - \Delta W_0) \} \quad (9)$$

$$\varepsilon = \{ 2\pi \cdot R_E \cdot N_R / (60 \sqrt{R_E \cdot \Delta W_0}) \} \varepsilon \quad (10)$$

$$f = 1.26 \times 10^{-4} T_K + 0.075 Ceq - 0.05 \quad (11)$$

式中:

H_0 : 宽度轧制前板厚, W_0 : 宽度轧制前板宽, ΔW_0 : 宽度压下量, K_{fm} : 宽度方向平均变形阻抗, d : 前后端修正, L : 距前后端距离, T_k : 钢板绝对温度, R_E : 立辊半径, N_R : 立辊转数, Ceq :

碳当量, ε : 变形, $\dot{\varepsilon}$: 变形速度。

前后端部在宽度轧制时, 因为材料纵向流动, 轧边凸起生成小, 所以水平轧制宽展小。因此, 产生了轧件宽度减小。然而, 一般作为解决这一问题的措施, 是采取按一定的特性曲线, 将立辊的开口度快速开闭的方法(短行程法)。不过, 由于对用这个方法时的宽度, 温度的跳动尚未评价, 所以不妥之处尚多。因此, 为了用本模型评价前后端部的板宽动态, 将平均轧边凸起高度用距前后端距离的函数作了修正。一方面保持与中央部分的连续性, 另一方面用简单的宽展式

也能把全长的宽度动态作出评价。实际上如图 4 所示, 对于同一宽度压下量, 应该使前后端部的宽展比中央部分小, 因而平均轧边凸起的高度减低了。另外, 轧边凸起生成后水平轧制的宽展, 是以前面所述的基本模型为标准, 用轧边凸起压下比带来的宽展增大率作评价。但是, 由于考虑到前项叙述的绝对板宽带来的轧边凸起断面的差异, 导致宽展量之差, 我们作了下面所示的变形:

$$\Delta W = \left\{ a(W) \left(\frac{H_{dm} - H_0}{H_{dm} - H_1} \right)^2 + b(W) \right\} (H_0 - H_1) \sqrt{\frac{R_H (H_0 - H_1)}{H_0}} \quad (12)$$

式中,

H_0 : 宽轧制前板厚, H_1 : 水平轧制后板厚, R_H 水平辊半径, W : 钢板绝对板宽, H_{dm} : 等效平均轧凸凸起高度, $a(W)$, $b(W)$: 常数。

在这里,关于常数 $a(W)$ 和 $b(W)$ 对所使用的全部实际轧机的资料来说其绝对板宽的函数都采用了类同的数值。

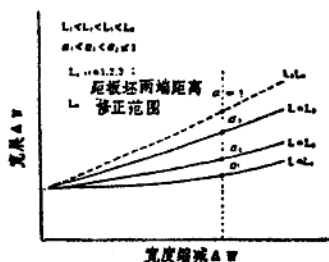


图 4 前后端效应对宽展模型的修正

3.3 控制方式

本板寬控制的控制程序在圖 5 上表示。

(1) 根据实际轧机入口侧钢板宽度及温度进行前馈控制;

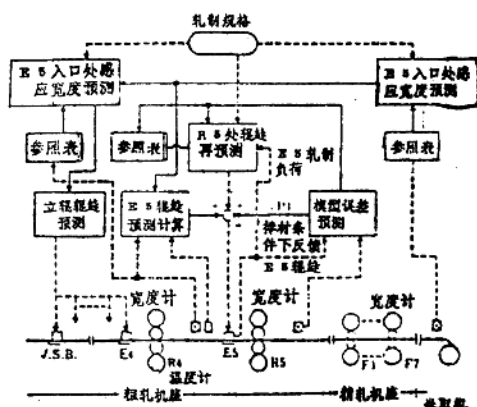


图 5 板宽自动控制的程序

根据用控制立辊入口侧的实际钢板宽度及温度,使粗轧机出口侧的钢板宽度成为标准宽度的模型式,把立辊开口度连续做预测计算,考虑模型误差修正后的轧辊常数,来设定立辊开口度。

(2) 根据粗轧机出口侧板宽的实际情况进行反馈,

使用粗轧机出口侧板宽的实际宽度,根据控制模型式,把再次计算的立辊开度和实际的误差量向轧辊处反馈,修正立辊开度。

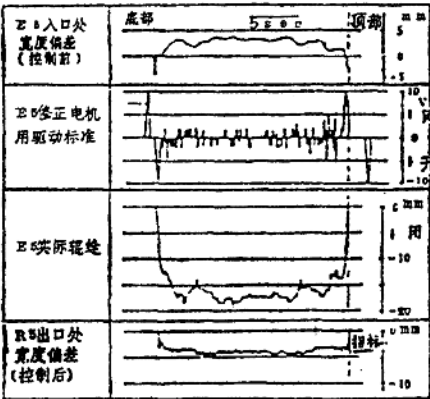
另外, 本板宽控制是在简单轧机上, 以改善辊间和轧辊处宽度变动作为目的。因此, 为了取得大的宽度调整范围, 理应将立辊宽度压下量在设备限度(荷重、压曲、咬入限度等)内, 取较大的值, 从而, 找准立辊入口侧的板宽。为此, 本板宽控制, 为谋求宽度压下程序精度的提高, 参照立辊入口侧板宽的实际值, 又作了改进, 使之能向从 VSB 到 E. 的开度预调装置作出预示。再者, 粗轧机出口侧标准板宽, 以前是由操作者依靠手动设定的。然而, 为了防止由于粗轧机出口侧标准板宽设定不好而造成的不符合产品宽度标准, 卷取机入侧宽度实际值

(产品宽实际值)也须参照各种轧制规格设定,并须使之可以自动反馈。

4 控制结果及其成效

根据前章叙述了的控制模型和方法进行控制时的E5入口侧板宽(控制前板宽)、R5出口板宽(控制后板宽)、E5驱动信号以及E5开度实际值,以图6来表示。另外,图7示出了,在实际应用本控制装置时改善的实例,(a)为普通板坯,(b)为斜板坯。根据这个结果,我们知道钢板前后端部宽度的减小以及钢板在连续式加热炉中产生的水冷滑轨造成的黑印性的板宽变动得到了改善,这有助于制品宽度变动的减少。此后,为了确认效果,就大量的钢板,关于粗轧机出口侧板宽以及卷取机入口侧的板宽进行了板宽精度的评价。评价的结果如图8所示。

另外,象这样的板宽精度改善的效果,可使本文开始叙述的修正带的减少,谋求合格率的提高。作为它的实际例子,把第二热轧厂酸洗线修正材料合格率的变化以图9表示。可以确认有助于作为初期标准的修正材料合格率的改善。



板坯尺寸:220×850mm 钢卷1·22×853mm

图6 板宽自动控制动力学特性

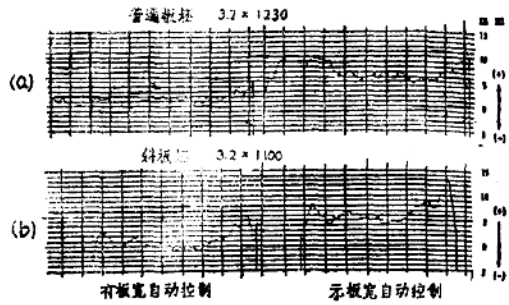


图7 采用板宽自动控制后宽度精度的改善

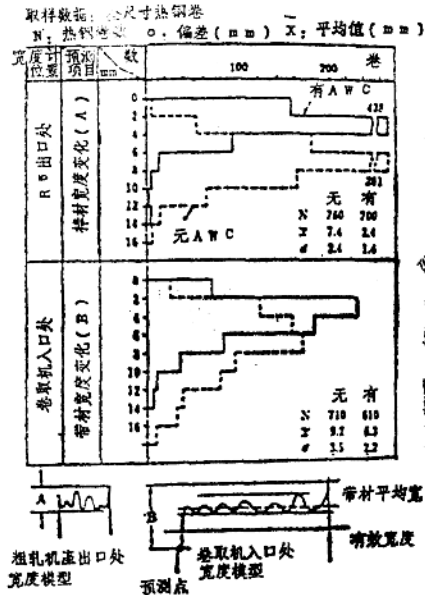


图8 宽度精度对比

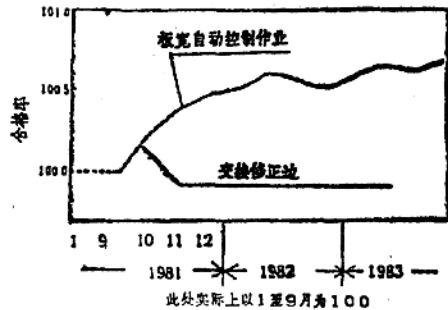


图9 酸洗线上修正带的材料合格率