

型钢专辑

鞍钢钢铁情报研究所

1978

目 录

日本钢公司君津厂宽缘工字钢梁轧机.....	(1)
日本钢管公司福山厂第二大型厂钢轨生产情况介绍.....	(18)
工字钢梁轧机用合成套装配辊降低成本和提高劳动生产率.....	(31)
英国斯肯索普新建中型轧钢厂.....	(41)
生产型材的新工艺.....	(50)
现代棒材和线材轧机的新发展.....	(56)
全部采用计算机控制的棒材轧机.....	(70)
美国共和国钢公司格里厂的冷精整操作.....	(78)
科罗拉多燃料和铁公司普韦布洛厂棒材和型钢的轧制和在线精整.....	(85)
圆钢和型钢产品的在线自动剪切、堆垛和捆扎包装.....	(98)

日本钢公司君津厂宽缘工字钢梁轧机

提要

日本钢公司君津厂宽缘工字钢梁轧机1972年投产，有如下主要特点：

- 1) 宽缘工字钢梁连续轧制；
- 2) 连续精整线；
- 3) 自动控制，三维空间仓库；
- 4) 计算机控制的生产控制系统。

一、介 绍

日本钢公司君津厂宽缘工字钢梁轧机，由于它在工字钢梁生产上第一次采用全连续轧制引起了国内外的注意。从1972年春季开工以来，该轧机在质量和效率方面取得了极好的结果而且远远超过同类的常规轧机水平。

工字钢梁轧机长期没有采用连续轧制的原因是，除变形机构复杂难以解决连轧需要的张力控制系统外，解决不了满足高效率连轧的精整设备能力。然而，君津厂宽缘工字钢梁轧机由于采用大长度冷却，大长度矫直和冷组锯锯断、精整线连续化和自动化以及用计算机判断和追踪产品流程，成功地解决了这些问题。以高速接受宽缘工字钢梁产品的自动控制仓库的产生也为这些问题的解决做出很大贡献。

二、轧机概要

1、轧机特点

该轧机只生产所有型钢中销售增长量最大的宽缘工字钢梁。生产产品的最大尺寸是H500毫米×200毫米，它们大部分用于做建筑框架。可以说该尺寸范围对于所有型钢的大生产是最适宜的了，因为除特殊标准和技术条件的缺少定单以外，它包括了在所有型钢中享受较大定单量的宽缘工字钢梁的全部尺寸范围。

(1) 设备特点：

轧机设备有如下特点：

- 1) 连续轧制；
- 2) 主要包括大长度冷却，大长度矫直和高度冷组锯锯切的连续精整；
- 3) 自动控制的仓库；
- 4) 计算机控制的完整的在线和离线控制系统。

（2）轧机及其产品特点

轧机及其产品有如下特点

1) 生产效率高, 最高是常规轧机的 2 至 4 倍

2) 产品尺寸精度高: 腿宽波动量在常规产品的二分之一以下。腰部偏差在常规产品的二分之一以下。产品全长腰高的波动量是零。产品的锯切长度和锯切垂直度在常规产品的二分之一以下。

3) 能够生产新产品: 高强度宽缘工字钢和用控制轧制方法生产低温用钢。也能生产薄壁宽缘工字钢梁。

4) 劳动生产率高: 是常规轧机的两倍以上

5) 每吨产品的生产成本低: 约为常规轧机的 3 / 4

6) 能够严格的控制交货时间

2、平面布置

图 1 所示为该轧机的平面布置。钢坯由设在邻近宽缘工字钢梁轧机的初轧机轧制。检查和处理以后钢坯用钢坯车运到宽缘工字钢梁车间。虽然现在只有一台加热炉, 将来还要为轧机增加两台加热设备。

轧机分成粗轧机组, 中间机组和精轧机组。粗轧机组包括四个 2 辊机架, 分别用 K_0 , BD , R_1 和 R_2 表示, 按叙述顺序排列。 BD 机架是轧机里配备的所有机架中唯一的一台可逆式机架。中间机组和精轧机组完成连轧任务。前者包括五个机架 U_1 , E_1 , U_2 , U_3 和 E_2 , 后者包括六个机架 U_4 , U_5 , E_3 , U_6 , E_4 和 U_7 。 U 表示万能机架, E 表示 2 辊立轧机架或轧边机。中间和精轧机组用 AMTC (自动最小张力控制系统) 控制, 使机架间的张力减到最小。

从精轧机组出来的产品长度通常是 120 米。在该车间产品不是马上被锯切而是先冷却。因此为此目的使用的冷床是一个具有 130 米长的大设备。冷却以后矫直可以极大地提高速度, 充分利用不锯切长度大的好处。采用这种大长度矫直法极大地减少产品纵方向腰高的尺寸波动, 这一点是值得注意的。

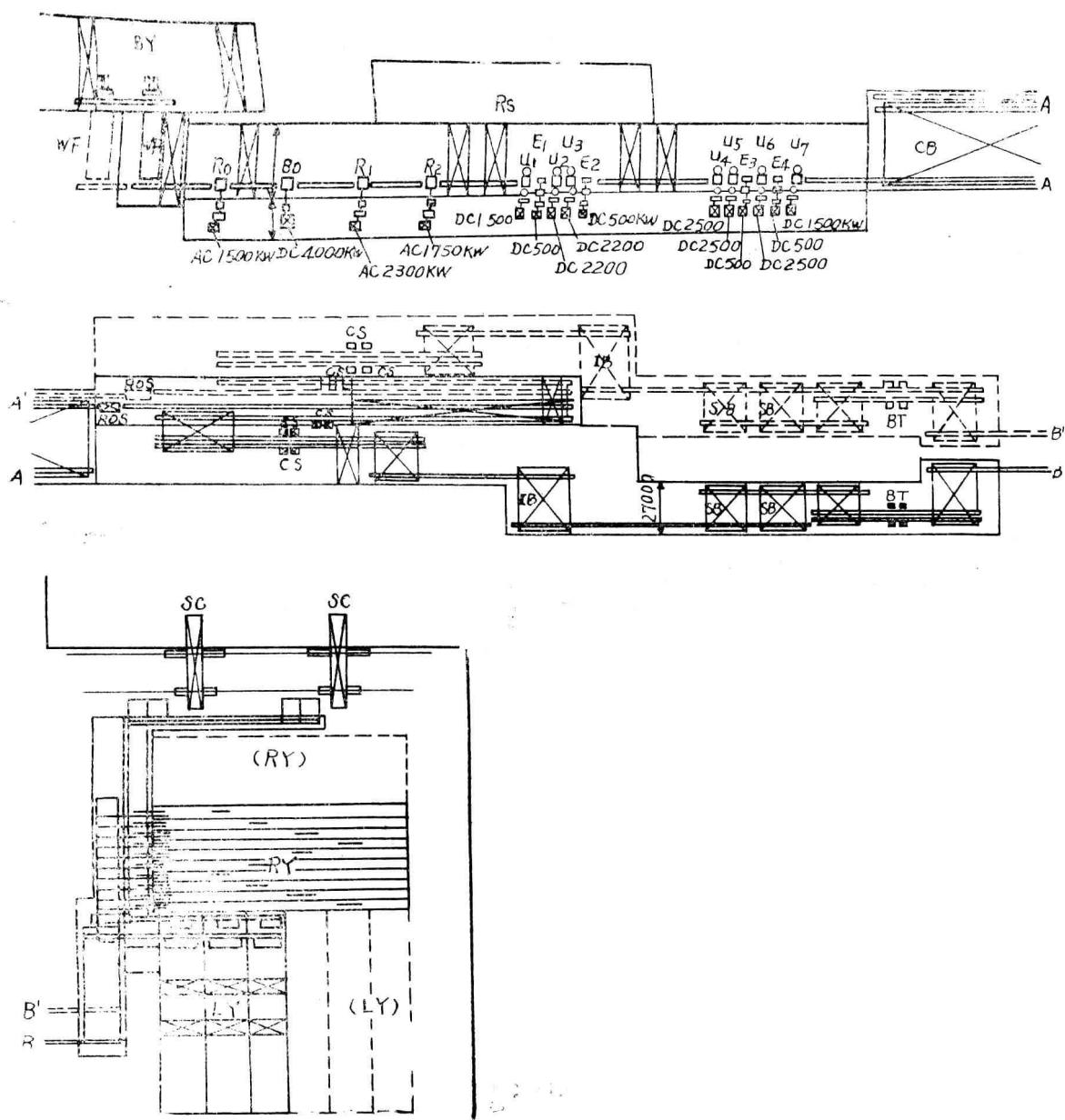
用户要求的定尺长度通常用冷锯锯切。为了这种目的使用三台冷锯。第一台冷锯切头切尾和切定尺的倍尺。第二台和第三台冷锯用于切定尺。

为了增加锯切效率, 该轧机采用成组锯切法。锯切指令的发出, 按定单规定的锯切数量的检查和锯切产品的跟踪全是用计算机完成的。锯切产品的检查项目包括裂纹检查和尺寸及外观检查。前者是当产品在裂纹检查台上纵向移动时用视力检查, 后者也是用视力当产品在检查台上横向移动时进行检查。经过检查的产品输送到堆垛台, 在那里按它们的尺寸, 长度, 标记和发货地点以及发货的标准捆扎单元组合等属性分类。产品标签是当产品在检查台时计算机打印出卡片并打印在产品上。这套轧机的设计用标签打印控制数的方法可查出产品生产经历。

经过如此的组合和捆扎以后, 产品用辊道运到自动控制的仓库并根据发货单和存货清单安排海洋或陆地运输。

3、轧机设备概要

表 1 所示为君津厂宽缘工字钢梁轧机设备概要。



- | | | |
|---------|------------|-----------|
| BY 钢坯场; | RoS 辊式矫直机; | BT 捆扎机; |
| WF 加热炉; | CS 冷锯; | RY 台架堆置场; |
| RS 轧辊间; | IB 检查台; | LY 普通仓库; |
| CB 冷床; | SB 垛床; | SC 发货吊车. |

图 1 君津厂宽缘工字钢梁车间平面布置图

三、连轧系统的发展

1、导致发展的背景

型钢轧制工程师们多年来梦寐以求像生产厚板和薄板的连轧法生产型钢。然而，宽缘工字钢梁弯曲的特性不能采用像生产薄板和线材所常用的活套控制轧制。同时，它也难以容忍由于张力轧制出现的厚度偏差，因为它的轧制长度比厚板薄板小。

因此为了实现宽缘工字钢梁连续轧制必须解决无张力轧制问题。但是，连轧时任何两个机架间的速度不平衡和因此而产生的产品上的拉力，产品上的前滑，轧机马达电流的改变和产品尺寸的变化现在仍然一无所知，因为宽缘工字钢梁不同于厚板和薄板，它的轧制变形机构有三个主要方向并且轧制时腰和腿出现复杂的变形特点彼此强烈抑制。

从棒材和其他产品的连轧经验中得到借鉴连轧时作用在宽缘工字钢梁上的张力将对产品尺寸有很大影响，必须解决轧制工艺和适宜的控制系统，使两个机架间出现速度不平衡减到最小程度，这样不致使产品尺寸发生变化。为了做到这一点，首先必须弄清楚上述的速度不平衡和有关各项之间的关系。1968年日本钢公司开始在它的八幡厂的技术研究协会的模拟轧机上用塑料和铅做试验。公司在界厂，广界和八幡厂的宽缘工字钢梁轧机上进行了现场试验和计算机模拟研究。图2所示为研究图解和宽缘工字钢梁连续轧制系统的发展过程。

君津厂宽缘工字钢梁轧机特点

表 1

尺寸范围	最大H500毫米×200毫米×12毫米/22毫米，最小H150毫米×75毫米×5毫米/7毫米
能力	第一阶段8万吨/月，第二阶段15万吨/月
劳动生产率	第一阶段160吨/月·人，第二阶段190吨/月·人

2、使用模拟轧机做的试验和研究

(1) 用轧制塑料代用品所做的研究

用H100×500毫米，H75×50毫米，或H50×50毫米，（即设计产品规格的 $\frac{1}{4}$ ）

进行塑料轧制研究，这一研究可取得如下的目的：

- 1) 弄清楚宽缘工字钢梁万能轧制的变形机构。
- 2) 轧制负荷，转矩和其他万能轧制特性的计算模型的变化。
- 3) 弄清楚由于张力而产生的前滑，负荷和转矩变化。

(2) 用连续轧制铅所做的研究

在用代用塑料试验以后，为了弄清楚有关连轧特性，在八幡技术研究协会最新装置的三机架模拟试验轧机上进行了连轧铅的试验。模拟研究是实际情况的五分之一，而且是三个规格即H80×40毫米，H60×40毫米和H40×40毫米。

用铅做试验的目的是：

- 1) 弄清楚宽缘工字钢梁的连轧特性

2) 宽缘工字钢梁连轧特性的理论基础

3) 连轧可能碰到的操作问题

(3) 模拟轧制试验的结果

因为模拟轧制试验结果已经做了详细报告, 这里只能扼要的叙述如下:

(i) 速度不平衡之间的关系和两个机架之间产生的拉应力

图3所示为产生的拉应力和速度不平衡之间的关系。可以看到万能机架间连轧保持如下的关系式:

$$\sigma = A \cdot (\Delta n / n_0)$$

式中 σ ——产生的拉应力

A ——系数

Δn ——轧辊转数不平衡

n_0 ——适当的轧辊转数

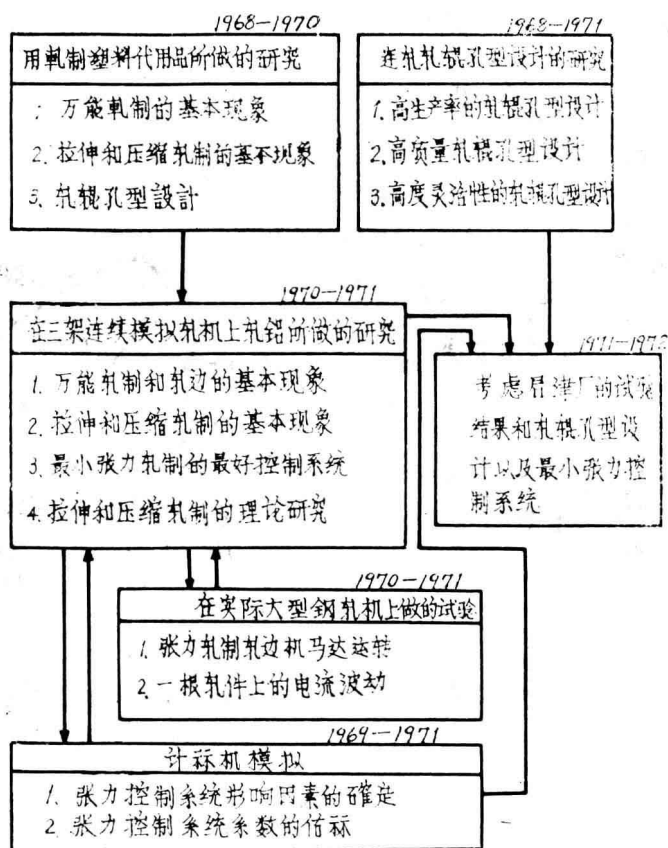


图2 宽缘工字钢梁连轧法的研究进程

(ii) 两个机架间产生的拉应力和轧制负荷之间的关系

图4所示为两机架间产生的拉应力对轧制压力的影响。轧制压力由于施加了拉力而降低, 后滑比前滑的影响大、而後者的影响是不简单的。

(iii) 两机架间产生的拉应力和轧制电流之间的关系

图 5 所示为两机架间产生的拉力和轧制电流之间的关系。电流量与施加的前张力和后张力成正比。

两机架间产生的拉应力对前滑系数的影响示于图 6。前滑系数与拉力成正比，可以用如下公式表示。

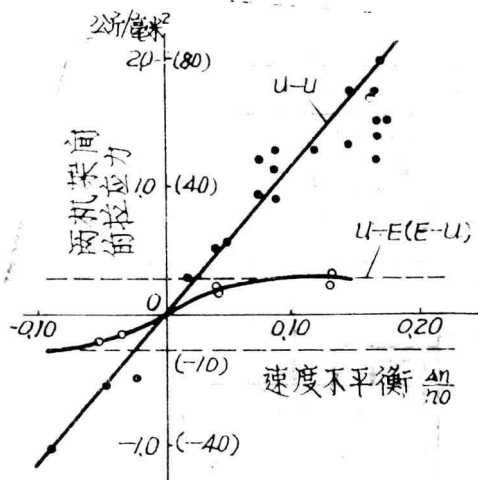
$$\delta = \delta_0 + (2\delta/2\sigma_b) \cdot \sigma_b + (2\delta/2\sigma_f) \cdot \sigma_f \dots\dots\dots (2)$$

式中： δ ——前滑系数

δ_0 ——不施加张力时的前滑系数

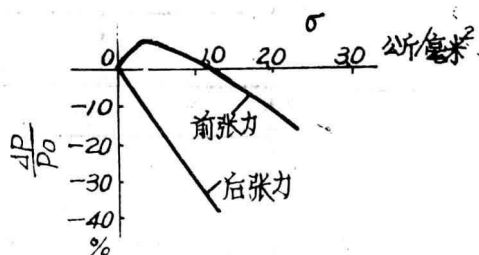
σ_b ——后能力

σ_f ——前张力



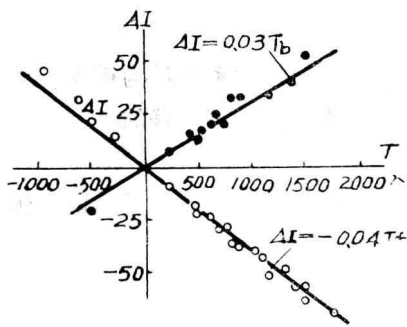
n_0 : 没有拉应力时轧棍转数
 Δn : 轧棍转数的不平衡
 U : 万能机架
 E : 轧边机架

图 3 产生的拉应力和速度不平衡之间的关系



σ : 拉应力, 公斤/毫米²
 P_0 : 不施加张力 轧制压力
 ΔP : 施加张力时轧制压力的改变

图 4 两机架间的拉应力对轧制压力的影响



ΔI : 电流变化
 T : 张力
 T_f : 前张力
 T_b : 后张力

图5 张力和电流变化之间的关系

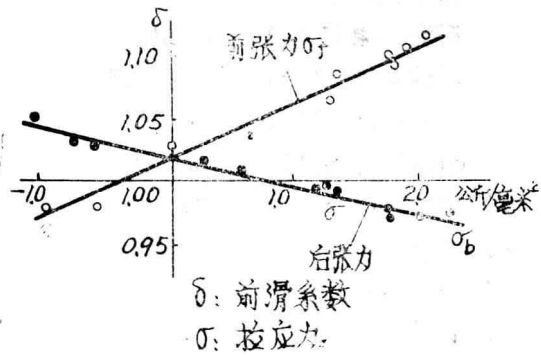


图6 前滑系数对拉应力的影响

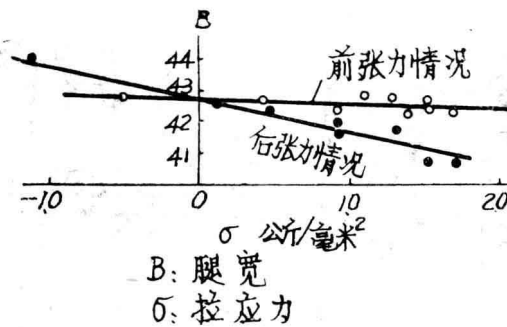


图7 在张力影响下的腿的宽度

(iv) 两机架之间产生的拉应力和轧制产品尺寸变化之间的关系

在宽缘工字钢的连轧中，它的腿宽最容易受拉力的影响。示于图7的这种拉力，可以用下列方程表示：

$$\Delta B = \Delta B_0 + (\partial \Delta B / \partial \sigma_b) \cdot \sigma_b + (\partial \Delta B / \partial \sigma_f) \cdot \sigma_f \dots\dots\dots (3)$$

式中：B——腿宽变化

ΔB_0 ——当张力为0时腿宽的变化

$\partial \Delta B / \partial \sigma_b = 0.5 \sim 1.0$ 毫米/公斤/毫米²

$\partial \Delta B / \partial \sigma_f = 0.2 \sim 0.5$ 毫米/公斤/毫米²

3、用动力学模拟的实际轧制情况的估计和张力控制系统的设计

连轧模拟轧机配备有控制张力的电流储存控制系统，以及时地发挥效用。除这以外，还共同做了两个互不相关的研究，一个是在生产的宽缘工字钢梁轧机上在线试验，另一个是理论分析，模拟模型在这次研究中大大前进了一步并获得如下的结果：

1) 两机架之间产生拉应力的增长可能与一次时滞关系接近。

2) 对于一个有 5 % 的不平衡速度, 两台机架间就产生 2.0~3.5 公斤/毫米² 的拉力和腿宽变化 2~5 毫米。

3) 虽然电流储存法对于控制两机架间产生的最小拉力指示系统最为重要。

4) 为了控制拉力, 两个相邻万能机架间所提供的活套控制是足够的。

4、研究结果在轧机上的应用

君津厂的宽缘工字钢梁张力控制系统是根据上述研究结果设计的。自动最小张力控制系统 (AMTC) 有如下特点:

1) 电流储存法是该系统的基本程序。

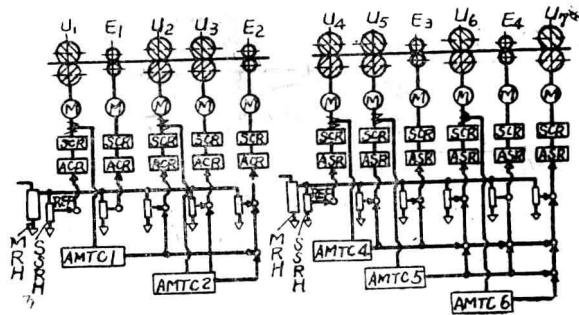
2) 用比例积分法控制活套。

3) 轧机模拟和张力方程始终能够提供适宜的张力控制与所轧制的钢坯断面积和轧制速度是一致的。

4) 取得了成功的控制, 其中唯独相邻两机架间的速度偏差在全过程中得到控制。

5) 采用计算机学习控制是作为轧制下一个坯料的反馈系统。

包括上述特点连轧机控制系统示于图 8。



M—马达, SCR—可控硅整流器, ASR—速度控制设备, REF—基准,

MRH—主变阻器, SSRH—机架速度变阻器, AMTC—自动最小张力控制

图 8 君津宽缘工字钢梁连轧机列的控制系统

图 9 所示为君津厂宽缘工字钢梁轧机连轧机列马达电流变化和腿宽变化的例子。必须注意腿宽变化只在 ± 0.3 毫米范围内。表 2 所示为中间和精轧机列设备的技术条件。照片 1 是宽缘工字钢梁连轧照片。

四、连续精整过程的发展

尽管某些单独设备实现了自动化, 但常规型钢轧机采用的精整过程包括许多不连续的操作部分。尤其是对于采用连轧的君津厂需要发展一种完全不同于常规的精整工艺, 以便在整个轧制过程中不降低速度完成精整操作。

常规型钢轧机用热锯把轧材锯成定尺长度, 但是对君津厂想用这种方法获得满意的

锯切能力是不可能的。因此决定采用几乎世界上所有厂家都未曾采用过的高速冷锯。采用高速冷锯使锯切速度由常规的最高20毫米/秒（低速冷锯）提高到350毫米/秒，将来只要改进夹持方法最多可以同时锯切10根。

采用这种高速冷锯是伴随大长度冷却和大长度矫直之后而来的。450米/分的矫直速度比常规的最高100米/分高得多。图10所示为君津厂的冷却、矫直和锯切设备布置的比较。

中间和精轧机设备的技术条件

表 2

制 造 厂			型 式 SKG（西马克连接式轧机）连接式轧机				
机	项 目		轧 辊 尺 寸	轧辊转数 转/分	轧机马达功率 千瓦	轧机马达转数 转/分	减 速 比
中间机列	U ₁	H V	1200φ 900φ×270L	12.5/31.2	1500	200/500	1/16.04
	E ₁	—	750φ×700L	25.0/62.5	500	200/500	1/8.023
	U ₂	H V	1200φ 900φ×270L	17.8/44.5	2200	200/500	1/11.21
	U ₃	H V	1200φ 900φ×270L	2.41/60.3	2200	200/500	1/8.32
	E ₂	—	750φ×270L	47.6/119	500	200/500	1/4.233
精轧机列	U ₄	H V	1200φ 900φ×270L	31.1/93.4	2500	140/420	1/4.49
	U ₅	H V	1200φ 900φ×270L	37.9/124	2500	140/420	1/3.69
	E ₃	—	750φ×700L	76.9/192	500	200/500	1/2.613
	U ₆	H V	1200φ 900φ×270L	46.7/140	2500	140/420	1/3.03
	E ₄	—	750φ×700L	100/250	500	200/500	1/2.028
	U ₇	H V	1200φ 900φ×270L	51.6/155	1500	165/495	1/3.19

切成定尺长度的产品首先接受检查。产品是按照用途标记，长度和发往地点，以及最后发货色装等进行分类。所有这些过程以前几乎都是用人力，现在全是用计算机自动控制完成。甚致连那些自动化设备也是用移送机和辊道连接而成为连续式的。这样程序的效能和劳动生产率有了显著提高。表3至表7所示为精整线设备的技术条件，照片2和照片3说明在生产中的这些设备。

五、自动控制的仓库的发展

君津厂最大优点之一是它正好位于关东地区，那里对宽缘工字钢梁需要量最大。为了充分地利用这种优点，严格地控制交货时间是重要的。

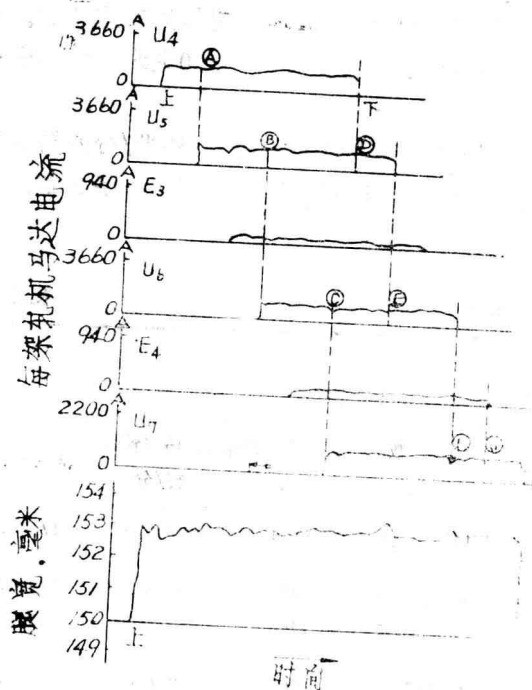


图9 连轧机马达电流变化和腿宽变化例子

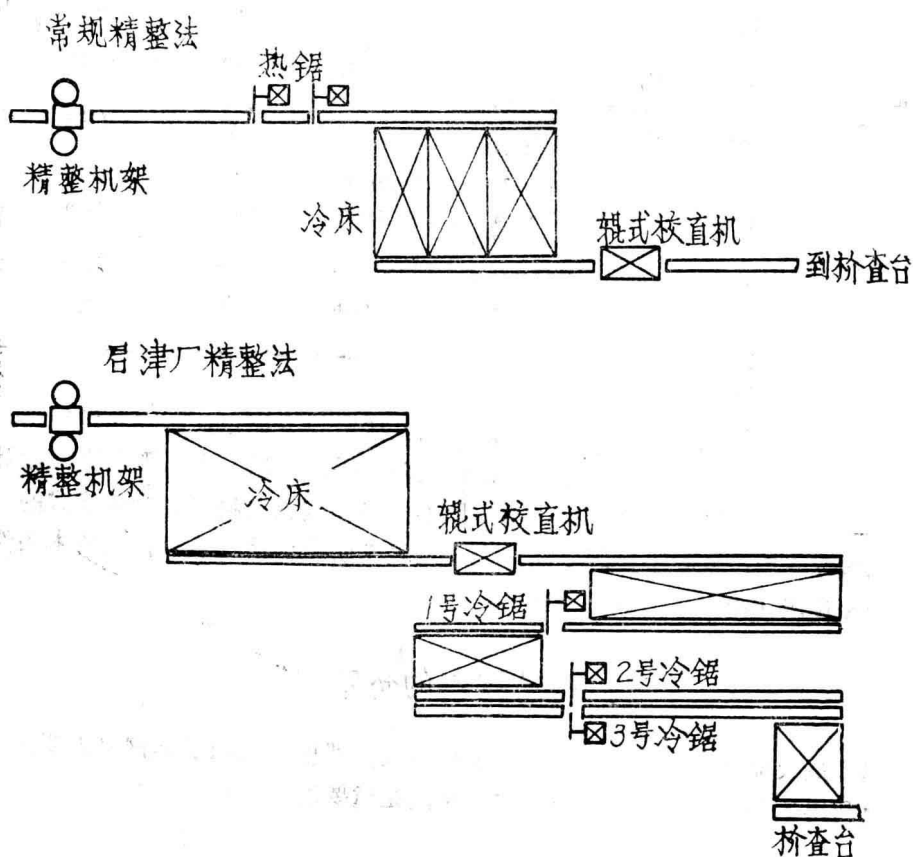


图10 常规法与君津法精整过程的比较

冷 床 的 技 术 性 能

表 3

制 造 厂	大 同 工 业 有 限 公 司		
矫直格栅	结构	步进式	
	电机动力	横移 直流	22瓩 2组
		升高 直流	150瓩 2组
翻钢机	结构	转动杆式 2组	
	电机动力	直流 11瓩 2组	
链条托运机	结构	负荷式	
	能力	最大660吨	
	链条	节距	1000毫米 131条
	电机动力	直流	11瓩 6组

辊 式 矫 直 机 技 术 条 件

表 4

制 造 厂	日 立 造 船 和 工 程 有 限 公 司 —— 德 马 克	
矫直速度	0.3~7.5米/秒	
矫直辊数	4个上辊, 5个下辊	
辊径	Φ840毫米	
辊矩	850~1400毫米	
主电机动力	直流110瓩×4	

高 速 冷 锯 技 术 条 件

表 5

制 造 厂	川 崎 重 工 业 有 限 公 司 —— 施 罗 曼		
冷锯	锯片	Φ1600毫米 t=10毫米	
	锯切速度	低速范围40~175毫米/秒, 高速范围180~350毫米/秒	
	锯片元周速度	120米/秒	
	电机动力	交流270瓩, 3300伏, 1500转/分	
	锯切进尺	液压式, 冲程2100毫米	
	项 目 型 式	移 动 挡 板 式	
		1号冷锯	2.3号冷锯
锯切定尺机	挡板数	9	6
	定尺范围	14~36米	6~21米
	横移速度	0~300毫米/秒	0~300毫米/秒
	横移距离	3米	3米

堆 垛 台 技 术 条 件

表 6

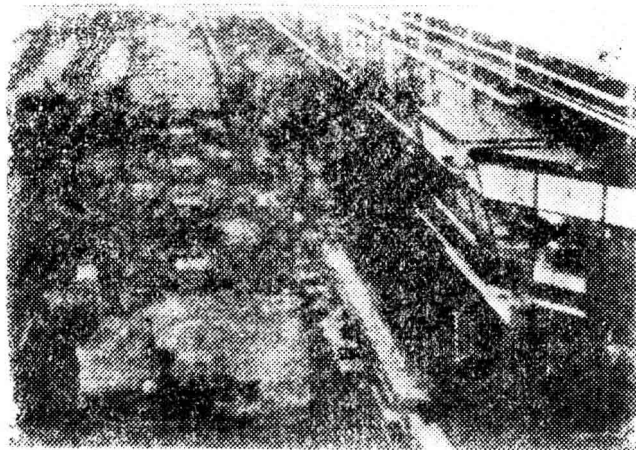
制 造 厂	Ube 工业有限公司
尺寸	25米宽×15.2米长×2.5米深
收进设备	四爪链式移送机
横移设备	链式移送机（负荷式）
分开设备	推出装置
回转装置	四翼全转动式
堆垛设备	升降机，升降机头，堆垛推杆，堆垛头
放出设备	绳式移送机

捆 扎 机 技 术 条 件

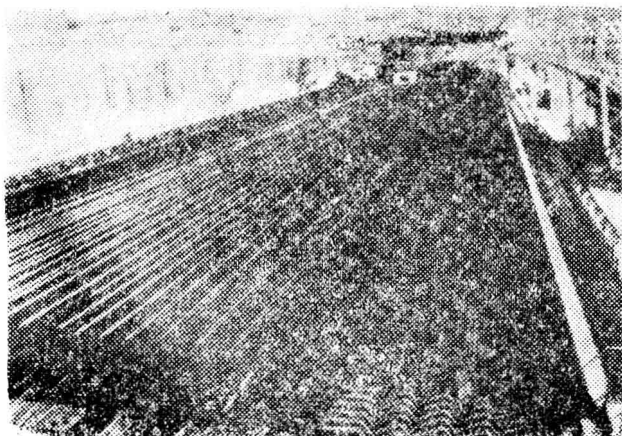
表 7

制 造 厂	住仓工业有限公司
型式	自动环捆扎式
捆扎能力	最大800×550，最小150×100毫米
环的尺寸	0.9厚×32宽（毫米）

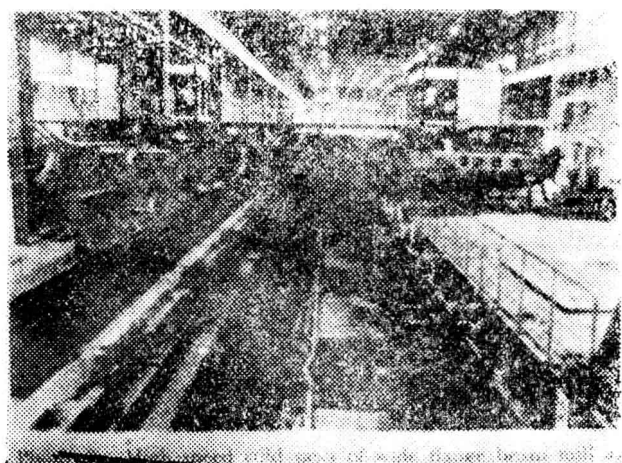
由于采用了连续轧制和精整，使得宽缘工字钢梁轧机的生产能力比这类中任何常规轧机都大几倍，从车间运到仓库一捆产品最快只需 8 秒钟。常规类形的仓库不仅不能完成这样高的产品流动速度，即使能行，那末要想处理每月15万吨至18万吨的生产能力的场地人员必将是很大。鉴于这种原因，为宽缘工字钢梁研制了三维空间仓库。虽然用于储存少量的，轻重产品的那些仓库被某些工厂所用，但是世界上还没有一家有如此大规模，自动化的，直通轧机并作为在线部分的三维空间仓库。



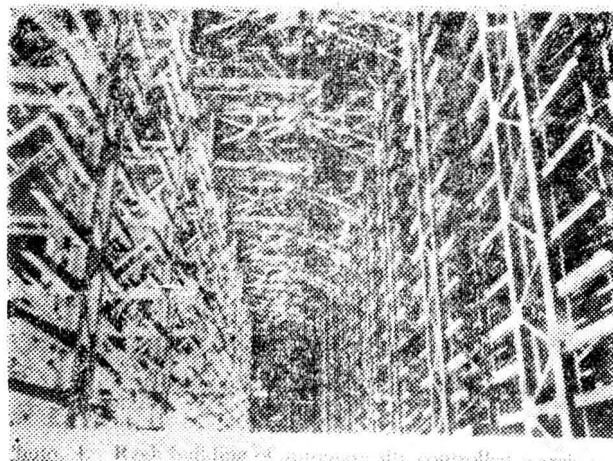
照片 1 君津厂H—工字钢连续轧制



照片2 君津厂宽缘工字钢轧机冷床



照片3 君津宽缘工字钢梁轧机高速冷锯



照片4 君津厂宽缘工字钢梁车间自动控制仓库存货格架

仓库里的所有设备都是在计算机指挥下自动操作，从入口到出口的操作都是用计算机控制的。仓库有如下特点：

- 1) 仓库能满足高效率轧机的产量，卸货量最高每捆 8 秒，
- 2) 劳动生产率高 (2.5~3.0倍) ；
- 3) 占地面积小；
- 4) 生产成本低 (降低20%) 。

表 8 所示为自动控制仓库的技术条件，照片 4 是在操作中的仓库。

自动控制的格架式仓库的技术条件 表 8

项 目	技 术 条 件
面积	7 4000 米 ²
建筑尺寸	176米(宽)×64米(长)×26米(高)
格架尺寸	1490(宽)×12500(长)×960毫米(高)(760毫米)
格架数	610×10排=6100个位置
堆垛吊车	10台
产品单位储存重量	最重6吨
尺寸	最大650毫米宽×15米长

六、 生产控制系统的研制

这台轧机最高生产速度每根产品3.5秒，不可能用人力实现跟踪和其他生产控制。因此可以肯定的说采用连续轧制和连续精整的高效率轧机的实现取决于所使用的控制系统的成功或失败。

控制系统的设计主要是针对如下几点：

- (1) 系统必须能够保证高效率，高速度生产。
- (2) 系统必须是能够大幅度减少劳动的最佳人一机械系统。
- (3) 系统必须实现严格的交货时间控制和在一个系统一控制机构下对用户供快速的和准确的情报服务工作。

生产控制系统包括离线和在线系统。离线系统履行 (1) 生产控制， (2) 程序处理， (3) 钢坯需要量计算， (4) 炉料构成， (5) 生产指令和数据收集， (6) 发货程序， (7) 发货指令和数据收集， (8) 生产状况数据收集和 (9) 所有类型的控制表报的准备。另一方面，在线系统要完成 (1) 钢坯控制数据收集， (2) 各种操作指令， (3) 操作效果数据收集， (4) 跟踪， (5) 自动操作和预调， (6) 产品目录数据收集， (7) 发货指令和数据收集， (8) 所有类型 (资料) 的收集和 (9) 计算机之间的数据转换。图11是在线系统的作用说明。

七、 轧机操作效果

该轧机于1972年2月1日开始试轧，同年4月1日开始工业性生产。从试轧开始以来，一直是正常运转。产品的尺寸精度特别好，测量从开始试轧产品所测的值在日本工业标准公差界限范围以内。宽缘工字钢梁的尺寸精度通常是用腿宽波动，腰偏离中心和腰高的波动来表示。君津厂轧机产品表示的值优于所有上述三种常规轧机产品。表9所示为它们之间的比较。就效率和产量而言该轧机的操作也表明机组的运转是顺利的。特别是操作率非常高，在95%以上，而常规轧机大概在85%左右。图12所示为从开工以来每项控制记录的变化。

君津厂宽缘工字钢梁轧机和常规轧机之间质量比较

表 9

项 目	轧 机	君津宽缘工字钢梁轧机	常 规 轧 机
腿宽波动		$\sigma=0.2\sim0.3$ 毫米	
腰偏离中心		$\bar{x}=0.2\sim0.5$ 毫米	
长度方向腰高的波动		$\sigma=0.3$ 毫米	

在与生产系统发展的同时，符合于妥善利用连轧特性的新产品也在努力进行。迄今在该领域产品的发展包括有轻型宽缘工字钢梁和低温使用的高强度宽缘工字钢梁。表10所示为生产的轻型产品的规格。

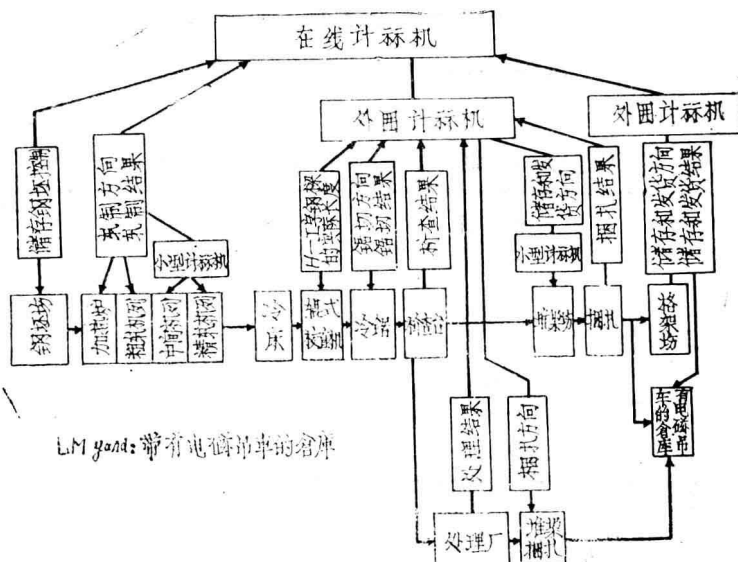


图11 君津厂计算机生产控制系统