

日本轧钢技术的发展

轧 钢 科 译



冶金部北京钢铁设计院

日本轧钢技术的发展

《铁与钢 VOI 59 NO13 1973》

轧钢科译

冶金部北京钢铁设计院

译 者 的 话

本书是根据日本钢铁协会出版的(铁与钢)期刊, 1973年第59卷第13期《压延技术の进步》特集号译出。主要介绍日本战后轧钢生产技术的发展状况, 所以本书取名为<日本轧钢技术的发展>。

本着毛主席“洋为中用”的教导, 我们将《压延技术の进步》特集号翻译、印刷出来, 供我国从事轧钢工作的同志们参考。

日本轧钢技术的发展分为引进国外技术阶段, 掌握这些技术的阶段和发展这些技术及创造新技术, 新设备阶段。在阅读本书时, 要分析和批判的吸收。

为了系统和阅读的方便, 我们将原文章的排列顺序, 按专业重新进行了编排。

由于原文是由日本几家公司编写的, 所以有不少名词、符号等, 各篇文章都不完全统一, 我们在翻译时也未做全书的统一工作, 只是尽可能做到在一篇文章内前后一致。

我院情报、设备、工业炉等科室的有关同志也参加了本书的部分翻译工作。由于我们的外文水平和专业知识都不高, 在翻译过程中一定会有措词欠妥, 对原文理解不深, 甚至会有误译之处, 敬请同志们批评指正。

轧 钢 科

1974年10月

目 录

《轧制技术的发展》专集前言	1
初轧技术的发展	3
厚板轧制技术的发展	36
初轧、厚板轧机的发展	70
厚板生产的计算机控制	86
型钢轧制技术的发展	96
型钢轧机的发展	117
棒材、线材轧制技术的发展	128
钢管生产技术的发展	187
热轧带钢技术的发展	213
热轧带钢轧机的发展	239
冷轧带钢技术的发展	253
冷轧带钢轧机的发展	283
不锈钢轧制技术的发展	297
钢坯加热炉及钢材热处理炉的发展	328

《轧制技术的发展》专集前言

从日本钢铁生产的演变(图1)可看出,1972年度生产钢9700万吨,其中普通钢轧制产品共计超过7300万吨。在量的方面,轧制技术占钢铁生产技术的比重非常大。另外,如果考虑由轧制得到最终产品,则在质的方面显然也占重要的地位。

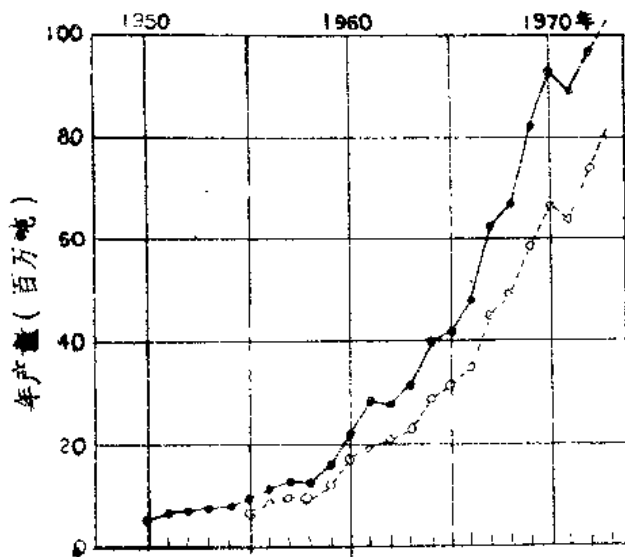


图1, 日本钢铁产量的演变(逐年)

实线：钢

虚线：普通钢轧制钢材

由于施行1953年及54年开始的第一次及第二次钢铁生产的合理计划,因此逐渐摆脱了战时破坏的状态,日本的钢铁界从各先进国家引进新式设备实行现代化,可以说是目前所能看到的钢铁技术发展史的开始。关于现在的钢铁技术,其发展大致可划分为三个时期。第一个时期是根据上述的合理计划引进新式设备的时期,相当于1951年到1960年左右。第2个时期持续到1965年左右,称为使用掌握新式设备的时期。接着第3个时期是从1967年左右开始,以过去的经验为基础,迎来了逐渐到来的、以本国技术为主建设新式设备并用这些设备进行生产的时期。看看这些发展时期的产量,就可知道第2个时期结束时轧制产品约为3000万吨/年,但是,接着大约只有五年的时间就飞跃地增加到约7500万吨/年的记录。

特别是最近建设的设备,其布置方面、包括运输装置在内的附属设备方面和主要轧机设备及其控制设备等方面的发展,无论从哪一方面来看确实都是很快的,十年前建设的设备已经成为旧式的了,令人感慨。设备方面不仅着重大型、高速、高精度和节省劳动力等方面的发展,而且必须注意到提高质量方面的发展。可是因已在《铁与钢》期刊中以控制轧制为中心汇编了《非调质高强度钢的发展》专集考虑这次写出遗留的设备方面的发展,会有深远的意义。这是计划编这次专集的情况。最近的发展已如上述,主要是用日本本国的技术建设

新式设备，当然是由于经营、规划和建设等部门的支持。这个时期的经验是日本有关工业技术全面划时代的事情，更不能漏掉，是与操作运转经验丰富而且优秀的操作人员紧密协同作业分不开的。可以说，显示了日本的全面工业水平。

正好得到在这个发展时期中参与完成任务的执笔者协助，在简洁的叙述中充满了丰富的内容。当计划编本专集时，我们真是高兴。

日本的经济已经结束了扩大数量的时期，转而进入提高质量的时期，但是，本专集中收集的，已经达到世界第一流轧制技术水平的大设备，其中用外国先进技术来发展的，还占相当大的比率。希望将来真正用日本人所发明的新技术来建设的设备占其中大部份的一天能早日到来。

初轧技术的发展

1 前 言

近年来,在日本钢铁工业发展的同时,初轧生产操作技术也以新建车间为中心得到很大发展。其第1是由于采用大型设备使生产能力增加;第2,采用以节省劳动力和实现至佳运转状态为目的的自动化系统和计算机。例如,从前板坯初轧机的年生产能力为200~300万吨,最近出现了年生产能力为500~600万吨的车间。据报导有的车间已实现从均热炉开始的初轧到钢坯精整的连续作业线上实现了自动化,使用计算机大幅度节省了劳动力。这些发展是钢铁产量增长的必然结果。将促使成本大大降低,因此初轧坯和连续铸钢坯的比较必须再重新评价。

本文将尽可能概要地介绍这些初轧技术最近的发展,以及今后发展的方向。

2 均热炉

2.1 炉子形式

均热炉形式的演变过程是,开始为蓄热式,经过上部双向换热式或者下部燃烧换热式,到现在新建的炉子全部是上部单向换热式。这个形式被欣赏的理由是:

- (1) 炉床单位面积所需要的厂房面积小,投资便宜。
- (2) 与(1)相关,因均热炉厂房长度缩短,钢锭车的运转周期缩短,符合高产量吨钢的要求。
- (3) 与上部双向炉型比较,存在的缺点是炉温不均匀,但随着烧嘴的改进是能逐步改善的。

特别是上部单向换热式炉型的厂房和轧制线成垂直布置方式后(即“T字形或者Π字型布置”),对生产来说是高效率的布置,图1、图2是其代表示例。除细节部分外,大部分设备可以说都包括了。均热炉容量也与转炉相配合,并逐渐增大,最近,250吨/坑级的均热炉只是建设的问题。

2.2 换热器

换热器有两种不同的结构,即砖换热器和金属换热器。前者的优点是预热空气温度高也就是说热回收率高,但因设备占地大,补修时间长等原因,用的不多。采用金属换热器后便弥补了它的缺点,为了达到更好的气密性和燃烧用空气压力大,使用下述的高速烧嘴,可使炉内温度均匀,因此已广泛使用。

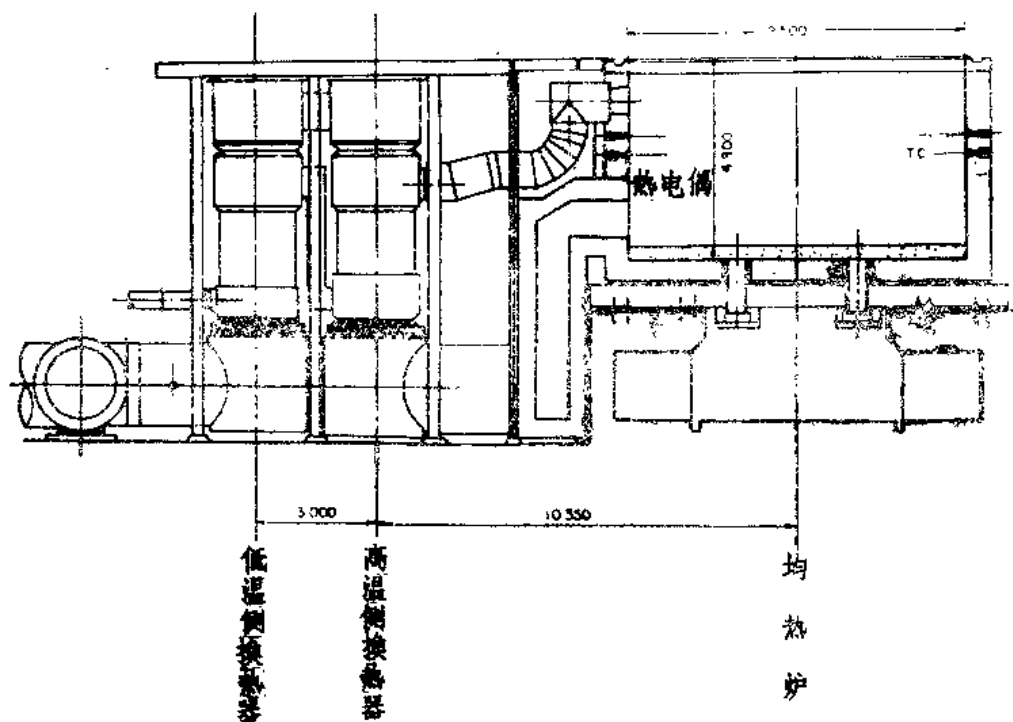


图 1 最近的换热式上部单向均热炉图

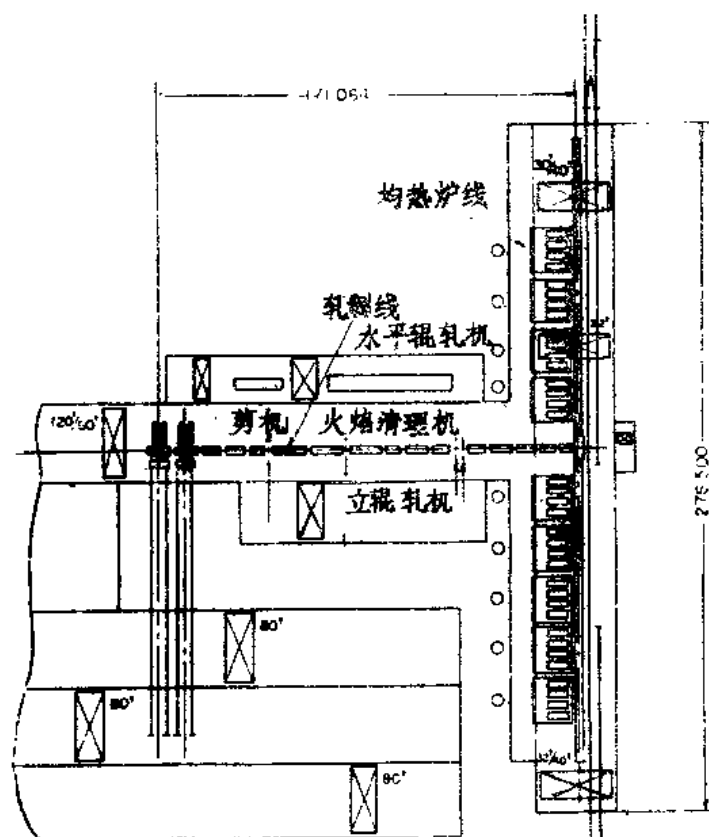


图 2 T字型均热炉布置图

金属换热器根据其热交换方式可分为辐射型、对流型和混合型。对流型在排除气体中粉尘容易堵塞，而辐射型为主的换热器不要担心煤气中粉尘堵塞问题，因而采用增多。图3中的示例是最近的辐射吊下式换热器。

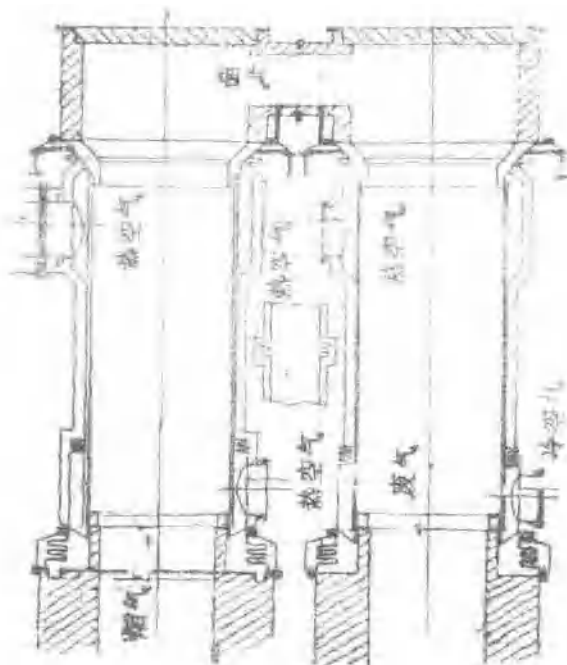


图3 辐射型吊下式金属换热器

金属换热器是用耐热钢或者耐热铸造材料制造的，因此，使用应十分注意。换热器本体在过高温度下使用时将引起高温氧化并受到碱腐蚀，反之温度过低又会发生硫酸腐蚀。在取近，换热器的保护装置正受到重视，办法是采用以下措施。

- (1) 测定予热空气温度，当超过一定限度（约500℃）时，立即加入适量的冷空气量以降低温度。
- (2) 测定予热器排出气体的出口温度，当超过一定限度（约1100℃）时，立即加入适量的冷空气量以降低温度。
- (3) 实测换热器内筒温度，超过一定限度（约700℃）给出警报，切断燃料。
- (4) 测定排出气体中的含氧量，发出未燃烧的警报。
- (5) 使用极限开关等测定换热器内筒的热膨胀，发出膨胀异常的警报。
- (6) 在煤气予热的部位，测定予热器前后的排出煤气的温度，在出口处温度上升时，发出煤气漏气的警报。

今后在发展金属换热器材料研究的同时，充实这些保护装置能延长寿命。

2.3 筑炉材料

作为均热炉的筑炉材料，存在问题不多。砖质换热器在材料的选定和筑炉方法方面存在大问题。炉体结构主要用硅质砖，多使用粘土砖、高铝砖、铬砖，最近出现用塑性耐火材料砌炉壁。对用塑性耐火材料和耐火砖砌筑的结构有争论，前者的总费用约为后者的二倍，因此塑性耐火材料尚未在车间全面采用。今后炉壁部分的修补应考虑使用浇注成型的耐火材料壳

体, 充分利用其施工时间短, 干燥升温简单的特长。

炉盖密封部分的异型砖, 因炉盖开闭时急冷急热和钢锭表面金属氧化物剥落物使之受到剧烈的损伤, 并且在孔洞和壁上进行修补是困难的, 所以日常的炉体补修存在问题。应在异型砖的材料(多是高炉砖)和形状上想办法。最近, 正在试验空气屏蔽式的炉盖密封(不要炉盖卷扬装置)和不用砂子密封而用黏状耐火材料来密封的炉盖密封方法。

2. 4 燃烧装置和控制装置

均热炉所用的燃料为高炉煤气、焦炉煤气和混合煤气, 在最近增加了转炉煤气, 在液体燃料中, 除使用重油外, 有的车间也烧焦油。根据近来公害防止要求, 低硫燃料供应缺乏, 所以必须使用 L P G, L N G, 乃至石脑油 (naphtha) 等新型燃料。期望发展改造这些燃料的燃烧控制装置, 特别是使用石脑油时包括安全措施在内的燃烧系统。

烧嘴的改进主要看: 如何实现缩小上部单向炉内温度差。随着燃烧用空气压力的增大, 螺旋紊流式烧嘴(烧嘴用的空气压力为 $250 \sim 500 \text{ mmHg}$) 得到发展, 煤气燃烧循环良好。炉内偏热得到减少。不过, 所有使用上部单向炉的车间, 全部存在钢锭下部加热温度过低的苦恼问题。对此, 现在考虑有下面措施:

(1) 在使用煤气烧嘴时, 烧嘴头部的煤气出口侧装上旋转装置, 使火焰缩短, 而全部旋转的能量是很大的(图 4)。

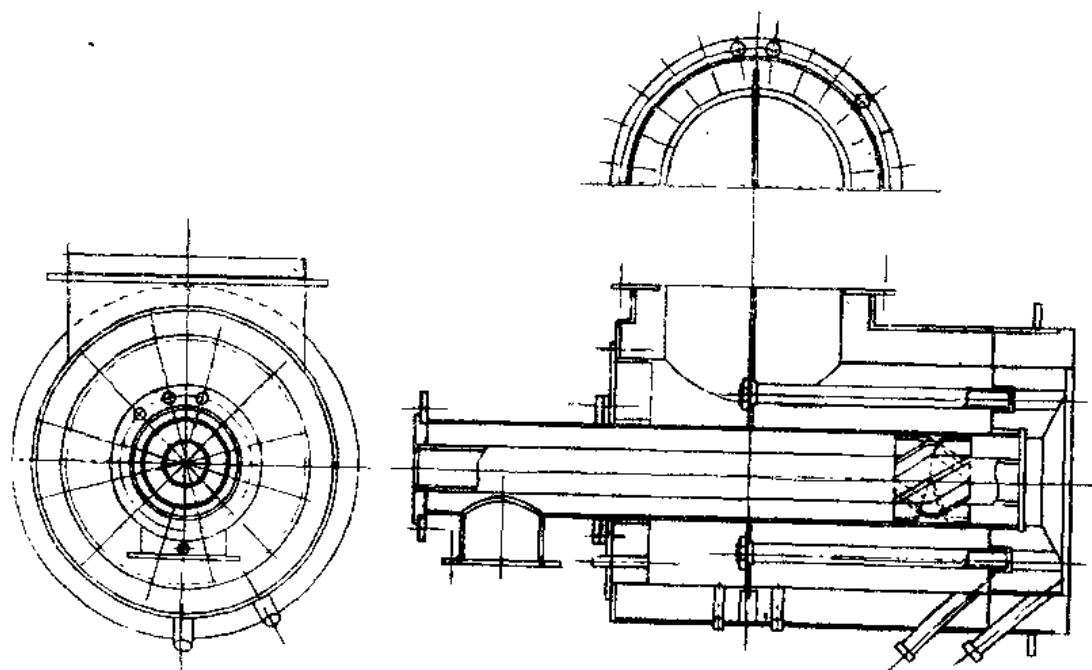
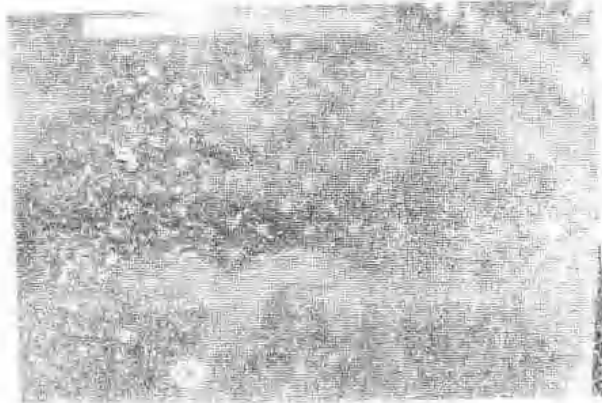


图 4 旋转烧嘴



照片 1 用塑性耐火材料修补的炉壁部分

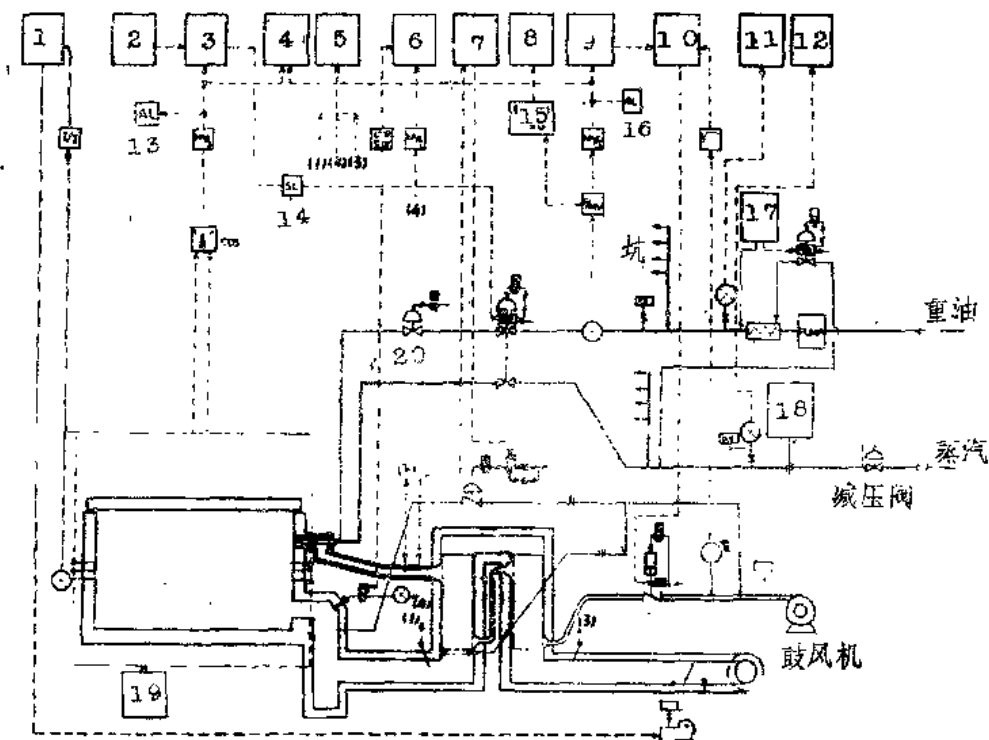
将信号变换成电流。(在操作上使用油压和气压)。在图 5 中示例的是一般的均热炉控制系统图。在最近,已有把这个调节器部分替换成数字计算机的 DDC (直接数字控制装置)。均热炉的 DDC 多是闭环控制。这是有利的,但对其评论还是以后的问题。

(2) 在使用煤气烧嘴时,在原烧嘴的煤气出口处,增设予先混合型的二次燃烧嘴,调节后混合型的一次燃烧用煤气和二次燃烧用煤气的流量比,可得到任意的火焰长度。

(3) 另一方法是在烟道口内用辐射烧咀来加热钢锭的低温部。

关于重油烧嘴,希望进一步发展可能任意调节火焰长度的装置。

控制装置的主要对象为炉内温度控制,燃料空气比控制和炉内压力控制,都采用电气方式的控制装置,是



- 1 - 炉内压指示调节计, 2 - 温度程序给定器, 3 - 炉内温度指示调节计, 4 - 炉内温度重油流量记录计, 5 - 废气温度记录计, 6 - 氧气分析记录计, 7 - 空气温度指示调节计, 8 - 重油流量积算计, 9 - 空燃比给定器, 10 - 空气流量指示调节计, 11 - 重油压力指示计, 12 - 蒸汽压力指示计, 13 - 炉温上限警报, 14 - 上限限制器, 15 - 重油流量加算器, 16 - 重油流量下限测定, 17 - 重油温度指示调节计, 18 - 蒸汽流量积算计, 19 - 干燥用温度记录计, 20 - 开闭器,

图 5 均热炉控制系统图

废气的含氧量分析计，最近，大部分已稳定并有实用可能。通常3~4个坑设置一台分析器，采用顺序切换的使用方法，用来确定最佳燃料空气比和上述的未燃烧情况的报警。因分析系统的时间常数大，只把温度取为给定值，反馈“控制氧”来达到适当的燃料空气比，是相当困难的。然而，如同高炉煤气和高炉焦炉混合（B-CMIX）煤气混合使用的场合，其混合比例的变化和理论空气量的变化造成了控制燃料、空气比的极端困难性，是今后必须加强研究的课题。

2.5 均热炉辅助设备

随着钢锭的大型化和轧机的高效化，均热炉吊车现已大容量化和高速化，最大容量50吨（其他国家），提升速度30米/分（日本）。夹紧机构已改进成自重式，且建设费用低廉，最近建成的均热炉吊车大多数是这种自重式。又，从均热炉吊车来远距离操纵捣盖机和钢锭车不仅在新建工厂中，就是在老厂中，也因其节省劳动力，效果显著得到普及。

钢锭车也同样大容量化了，特别是因为双锭轧制普遍，所以要求把两块钢锭并列搬运，然后放在受料轨道上串列排列，这种方法已成为高产量轧机的标准型式。此外，从均热炉到轧制线运送钢锭的方法，有的是把轨道一直延伸到均热炉前，或者象图6那样，把钢锭车布置在环形轨道上等方法，可做到快速运送钢锭。

2.6 均热炉的操作

对于采用钢锭热装的联合企业的均热炉操作，缩短运锭时间是关键。假如运锭传测时间过长，造成炉子效率降低和燃料消耗的增大，反过来传测时间过短，造成大型钢锭的内部质

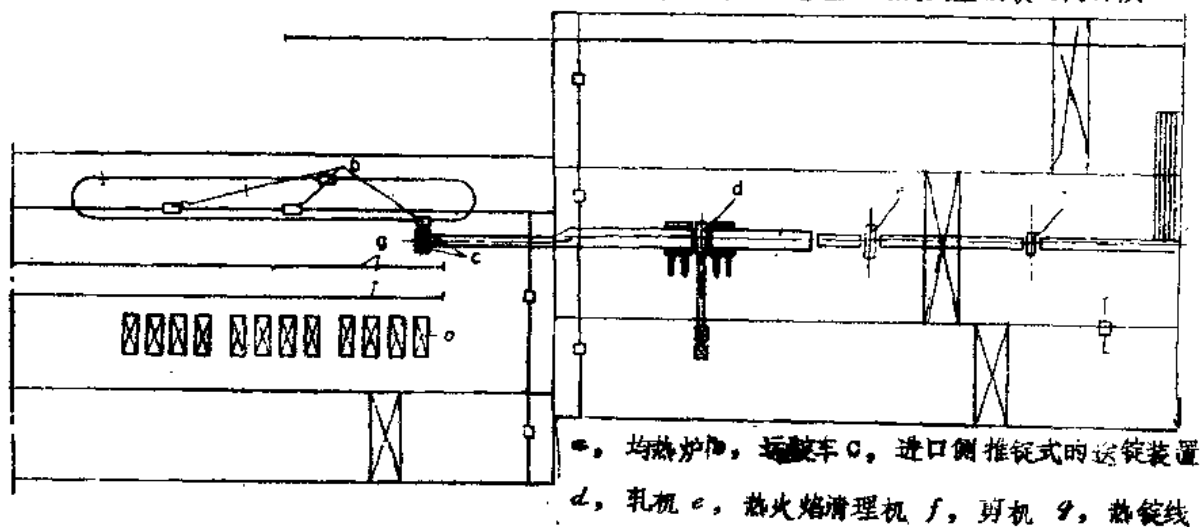


图6 具有环形运行式钢锭车的初轧车间

量降低（膨胀，严重偏析）。因而，处理大型钢锭时的管理要点是下面两个：

- (1) 如何确定质量所允许的传测时间下限？
- (2) 在实际作业中如何把送锭时间接近上面所述的传测时间下限值？

关于(1)，设钢锭的凝固过程为热传导过程，按热传导方式进行计算，参考计算结果，以试探方式来确定各工厂中的质量所允许的传测时间。这样确定是符合实际情况的。图7是基于某条件，为求得最佳的传测时间所计算的钢锭温度分布的结果。现在这项最佳传测时间是

150分钟。对于2影响大的是，与炼钢厂的位置关系，联络系统或均热炉计划的安排。对于大型钢锭的场合，传捆时间大量超过最佳传捆时间的情况是不多的，但是如果沒有建立联络网而产生混乱就不行了。安排计划是按从前熟练操作工人经验确定的，将来用计算机控制时，在实时方面，可得到最佳计划，这是将来发展的方向（参照6.2项）。

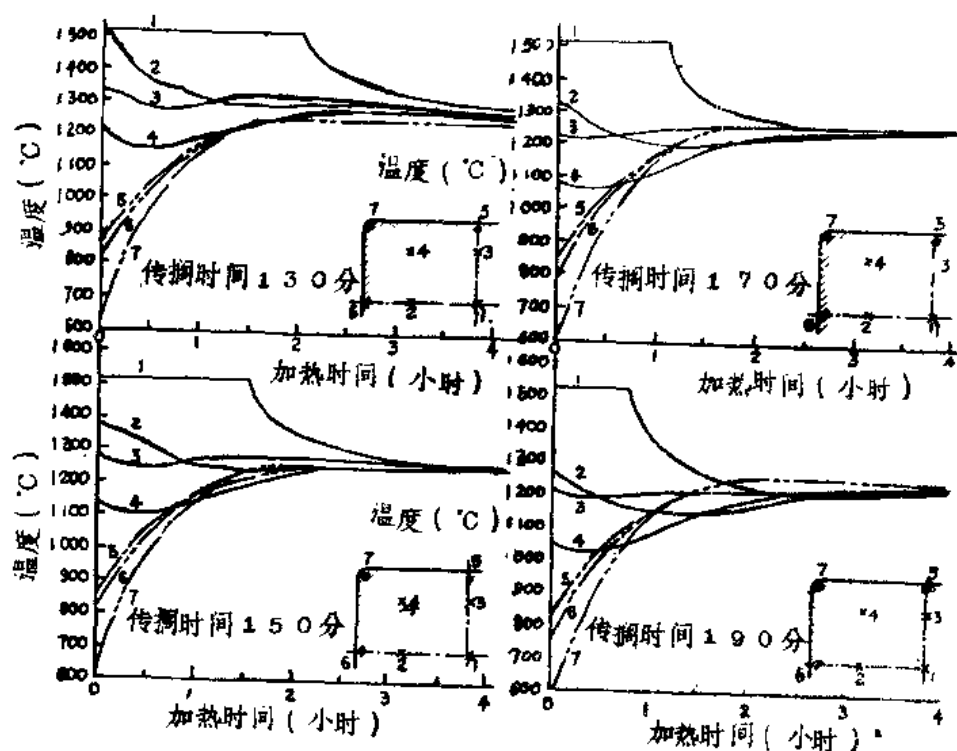


图7 依传到时间的不同绘制的钢锭的温度分布图

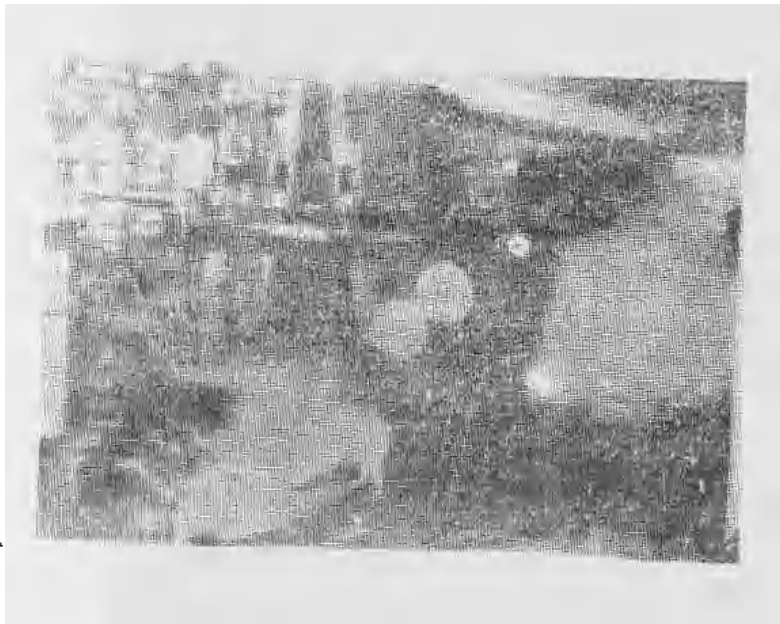
3 初轧、钢坯轧制

3.1 初轧机

随着钢锭单重的增大, 只有一个途径即是初轧机轧辊尺寸和马达输出功率增大。最近建成的板坯初轧机能力已达到月产80万吨左右(参照表1)。总的趋势是采用高效率的万能轧机生产板坯。在型钢开坯方面, 急需发展生产大型H型钢用的异型坯的长辊身的初轧机, 以及为配合高产钢坯轧机设置的方坯初轧机。为了能与年产钢300~400万吨大型高炉转炉相适应, 要求这些轧机有高的生产能力。(H: 宽边工字钢)。

3.2 板坯轧机

作为上面所说的板坯初轧机, 在新建的车间中全部采用的是二辊式万能轧机(照片2)



照片2 万能板坯初轧机

表1 日本最近建设投产的初轧机例子

工厂名	建设年	用户	轧机公称尺寸		主马达额定功率		电动机台数	电动机容量
			水平	立辊	水平	立辊		
有 限 公 司	1968	热带钢 厚板	$\phi 1300$ $\times L2800$	$\phi 1040$ $\times L2400$	5700kw $\times 2$	3750kw $\times 1$	3	300万吨/年
本 动 机	1969	热带钢	$\phi 1300$ $\times L2800$	$\phi 1040$ $\times L2320$	5700kw $\times 2$	3750kw $\times 1$	3	300万吨/年
名古屋(2)	1969	厚板	$\phi 1300$ $\times L2800$	$\phi 1000$ $\times L2500$	5600kw $\times 2$	3750kw $\times 1$	40	300万吨/年
加古川(1)	1970	热带钢 厚板	$\phi 1320$ $\times L2800$	$\phi 1040$ $\times L2400$	5600kw $\times 2$	3750kw $\times 1$	40.6	500万吨/年
鹿 岛	1970	热带钢	$\phi 1370$ $\times L2800$	$\phi 1040$ $\times L3050$	6720kw $\times 2$	3750kw $\times 1$	40	600万吨/年
福 山(2)	1969	大型坯 钢坯 (板坯)	$\phi 1350$ $\times L3400$		5600kw $\times 2$		40	300万吨/年
和 山(2)	1969	钢坯	第1 $\phi 1270$ $\times L2800$	第2*) $\phi 1150$ $\times L2800$	第1 3750kw $\times 2$	第2*) 2250kw $\times 2$	10	初期 130万吨/年
君 津(2)	1971	钢坯	第1 $\phi 1300$ $\times L2700$	第2 $\phi 1300$ $\times L2700$	第1 3500kw $\times 2$	第2 3500kw $\times 2$	21	300万吨/年

(•) 钢坯轧机的粗轧机

万能初轧机的特点是板坯轧制时不要翻钢, 生产能力高。图8中所示的是: 在同一水平轧机马达输出功率的情况下, 大开口度轧机与万能轧机的标准轧制表比较。从中看出, 万能轧机比大开口度轧机轧制时间减少30%, 板面侧面变形效果良好, 轧制操作简单, 适于轧机操作自动化等是其优点。

轧机 型式	轧制程序 (图中的数字表示轧制道次/版)	轧制时间的内容	
		合计	比例
大开口度轧机	129.8s	41.1s	41%
		42.2s	
		43.9s	59%
		32.6s	
实际轧制时间 55.0s (42.3%)			
万能 轧机	1 周期 88.9s	4.5s	19%
		12.0s	
		34.5s	81%
		37.9s	
实际轧制时间 39.2s (44.2%)			

图 8 大开口度轧机和万能轧机轧制所需时间比较

万能初轧机最成问题的是立辊轧机的传动机构，经过长时间摸索之后已经定型，如同图 9 那样，其左右固定着减速箱，它包括伞齿轮和减速齿轮，它们与轧辊的连接方法是通过一个长轴。其机构和优点为：

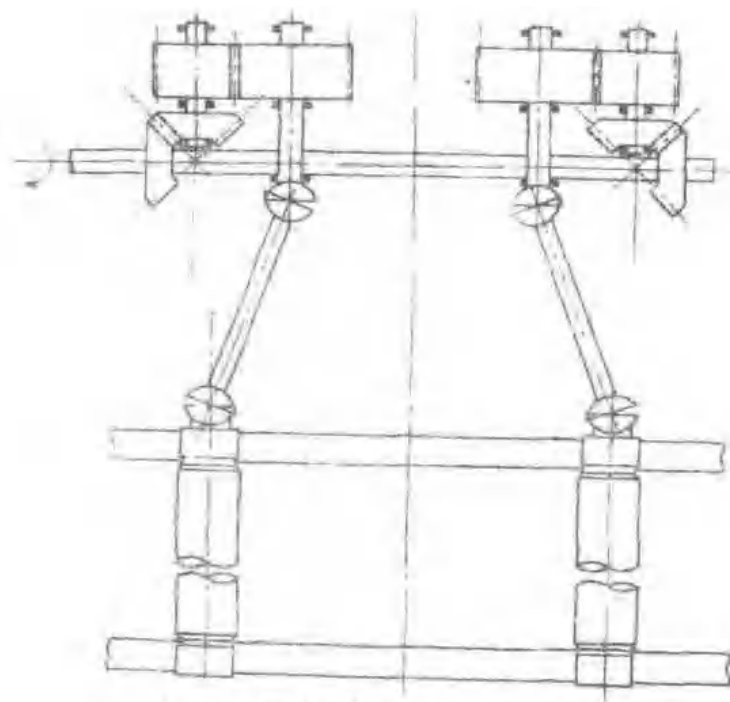


图 9 立辊轧机结构

(1) 减速箱固定在机架上部，构造简单，刚性大，振动小。

(2) 伞齿轮之后是减速齿轮，使马达轴和轧辊轴中心错开，因而更换轧辊容易，同时伞齿轮承受的扭矩小。

(3) 把上述的减速齿轮按于伞齿轮上面，使带有长连接轴的轧机整体，马达轴和吊车梁高度都可以降低。

在初轧中，各道次的前滑率的变化是大的，因而在万能轧机的水平辊与立辊的速度配合（压下量补偿）方面及轧机维护方面存在着问题。一般是将立辊马达

速度的下降特性取得大些，多数例子避免对正反转的前滑率补偿，而理想的情况可在一道中进行压下量补偿。这样做，当轧机为手动操作时几乎是不可能的而自动操作时就很简单了，这也是考虑轧机自动操作的理由之一。

立辊开口度调整机构既是轴的支点又是全部立辊的传动机构，但，对于承受激烈冲击的初轧机来说是不合适的，所以必须把压下螺丝做成滑动式。现在采用较多的形式是：左右开口度调整用机械连锁，由于它能单独调整亦可同步调整，使压下调整变得容易多了。

万能初轧机和大开口度轧机相比较投资高这一点是不可否认的。但如将大开口度轧机的推床延长，以实现双鞍轧制，则水平辊初轧机年产量将相当有立辊的万能轧机，那末对于同一钢坯尺寸用同样建设费用，也可得到同样生产能力了。这个道理可从图8中得到证明，即在万能轧机中，水平轧机和立辊轧机之间的通过时间是大的，从这点出发，今后建设月产约为30~40万吨的轧机就更为必要了。

3.3 方坯初轧机

方坯初轧机是给大中型型钢轧机供方坯和钢锭坯的，同时也能给小钢坯轧机开坯，其中有最近建成的可轧制钢锭坯（粗坯）最大级的大开口度轧机能生产供轧制腹高达一米的H型钢用钢锭坯，轧辊辊环直径为 $\phi 1500$ ，轧辊有效长度为3300~3400L（参照表1）

在图10中示出，轧制钢锭坯用的轧辊和其轧制表，从孔型中可看出，轧制中轧件翻转的道次是多的。

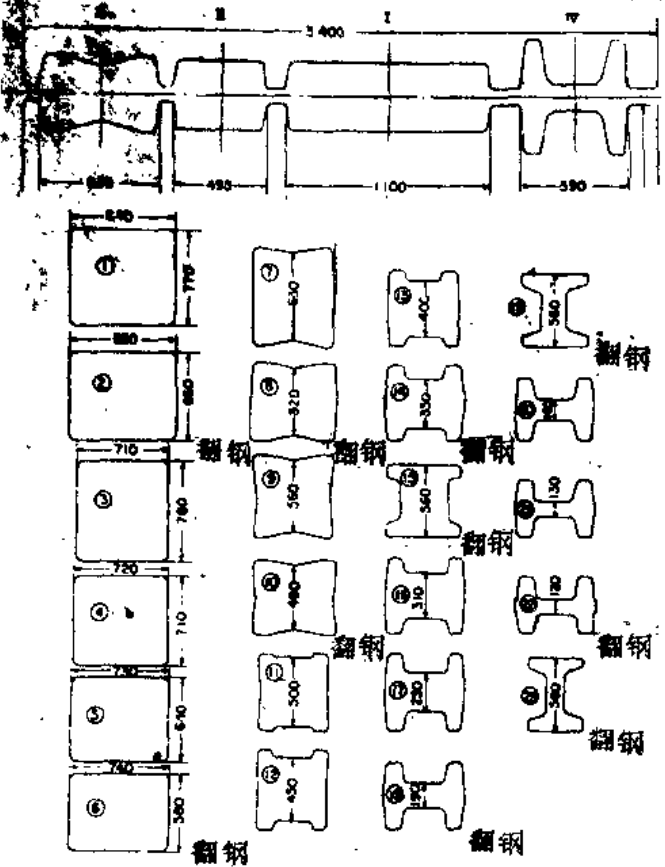


图10 轧制钢锭坯的水平轧辊和孔型表