

Z
N 3306

日本轧钢技术现状



鞍钢钢铁研究所情报室

一九七五年一月

14-20

初 轧 技 术 的 发 展

一、序 言

随着近年来日本钢铁工业的发展，初轧技术也以新建初轧厂为中心取得了很大进展。其一是通过设备的大型化来扩大生产能力；其二是引进自动化技术和电子计算机以期节省人力和实施最佳的车间管理。比如，旧有板坯初轧机的年产能力为200~300万吨，而最近则出现了年产500~600万吨的初轧厂。也有的工厂从均热炉到初轧，以至钢坯的精整全线实现自动化，使用计算机节省了大量劳动力。这些进步也可以看成是钢铁产量显著提高的必然结果，但这对降低成本影响极大，从这点来看，对于初轧和连续铸造的对比也应重新加以认识。

本文想概要地介绍一下初轧技术在最近的进展，同时在可能的范围内，谈谈今后的发展方向。

二、均 热 炉

1. 均热炉的形式

均热炉形式的变迁是从蓄热式开始，经过上部二向换热式或下部燃烧换热式，发展成现在几乎是清一色的上部单向换热式。这一方式得以推广的原因是：

- (1) 单位炉底面积平均占用的均热跨面积小、价格低廉；
- (2) 同(1)相联系的，均热跨长度短，因此，钢锭车的运送时间短，符合近年出现的高效率轧机的要求；
- (3) 与上部二向式相比，炉内温度不均的缺点，也因烧嘴的改进而逐渐得到了克服。

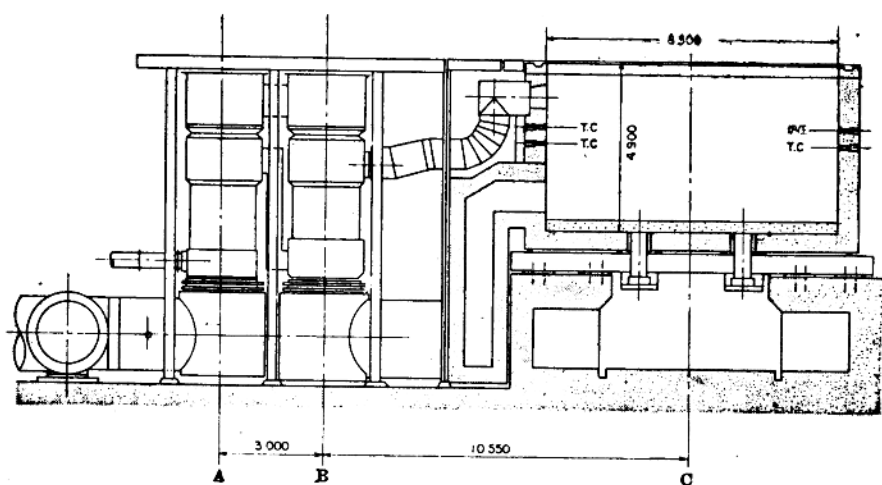
尤其是使上部单向炉和轧制线垂直构成“T或Π字型布置”时，平面布置更为合理，图1、图2是其典型例子，但除了细节外，可以说是个大致上已经完成了的设备。均热炉容量也与转炉相应地逐步增大，最近建设250吨/坑的炉子已经没有问题了。

2. 换 热 器

换热器大体分为格子砖换热器和金属换热器。前者的优点是预热空气温度高，即热回收效率高，但设置空间大、维修时间长，因此逐渐被淘汰了。而金属换热器则弥补同时气密性优良，燃烧用空气压可以取得大一些，因此，可以使用高速烧嘴，有助于炉内温度均匀化，所以，金属换热器得到了迅速推广。



A 842333



A—低温侧换热器；B—高温侧换热器；C—均热炉；T.C—热电偶。

图 1 最近的换热式上部单向均热炉举例

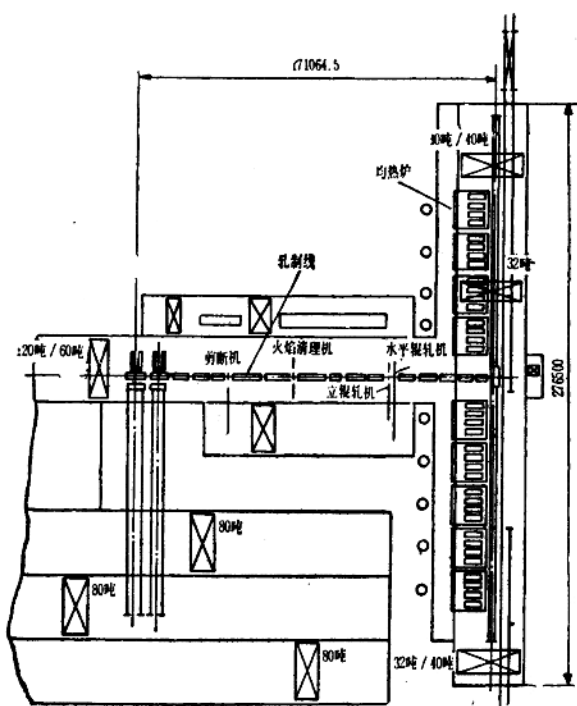


图 2 T型均热炉布置图

金属换热器从热交换方式来看,可分为辐射式、对流式和二者的组合式。对流式易于被废气中的烟尘堵塞,而辐射式就不用担心这个问题,从而采用以辐射式为主的换热器逐渐增多。图3是最近的辐射下悬式换热器之一例。

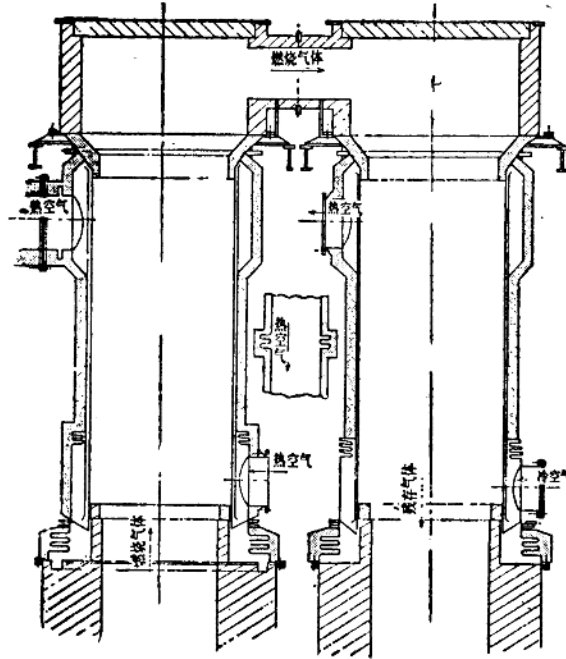


图3 辐射型下悬式金属换热器

金属换热器是用耐热钢或耐热铸件制成的,因此,在使用时应充分注意。就是说,本身温度过高,则产生高温氧化、硷腐蚀,相反,本身温度过低,则产生硫酸腐蚀。最近,换热器保护装置的重要性突出起来,其方法如下:

- (1) 测定预热空气温度并通过控制稀释空气量,使之不超过一定限度(约 500°C);
- (2) 测定废气入口温度并通过控制稀释空气量,使之不超过一定限度(约 1100°C);
- (3) 实测换热器内筒温度,超过一定限度(约 700°C),就发出警报、中断燃料;
- (4) 测定废气中的氧量,如产生未燃烧现象,发出警报;
- (5) 使用极限开关,测定换热器内筒的热膨胀,如有异常,发出警报;
- (6) 在预热煤气时,测定预热器前后的废气温度,出口温度上升时,即按气体漏失发出警报。

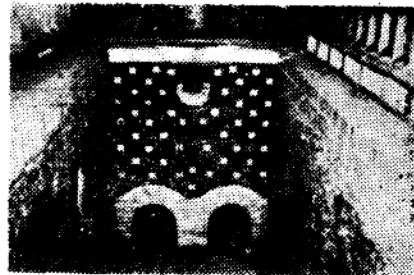
今后,金属换热器在改进材质的同时,充实这些保护措施,也将有助于延长寿命。

3. 炉体材料

从均热炉的炉体材料上来看,问题不大。但在格子砖换热器的均热炉中,其材质的选定和砌筑方法则是个重大问题。炉体砌筑主要是用硅砖以及耐火土、高铝氧粉和铬镁砖,但最近也有的使用塑料耐火材料砌筑炉墙(照片1)。塑料结构和砖结构的比较这

里不多涉及了,要提的一点就是前者的总费用是后者的二倍左右,因此,大多数工厂尚未全面采用塑料耐火材料。今后,在炉墙的局部修补上,结合利用施工时间短、干燥升温简单的浇注成形耐火材料的情况会增多。

炉盖密封部的砂封砖由于炉盖开闭的急热急冷和钢锭上的下落物的影响,损伤最为严重,而且,如果损伤发生在坑与坑之间的共用墙上,则补修困难,从而,对日常维修来说,这是个伤脑筋的地方。对砂封砖的材质(多为高铝氧粉)和形状下了一些工夫,而最近正在尝试不用空气幕的方式(也不用盖的提升设备)及砂封,而用毛毡状的耐火材料实施密封。



照片 1 用塑性耐火材料补修炉墙

4. 燃烧装置及控制装置

均热炉所用的燃料是高炉煤气、焦炉煤气、和高炉焦炉混合煤气,最近又增加了转炉煤气,另外,关于液体燃料,除了重油外,还有的工厂使用焦油。由于近来的防止公害问题,低硫燃料不足,不得不使用液化石油气、液化天然气以及粗气油等新的燃料。这就要改变燃烧控制装置,尤其是在用粗气油的时候,需要研制具有安全措施的燃烧系统。

改良烧嘴的主要着眼点是如何缩小上部单向炉内的温差。由于燃烧用空气压力的升高,研制了螺旋式隔板烧嘴(进烧嘴前的空气压力是 250~300 毫米汞柱),改善了燃烧气体的循环状况,减少了炉内温度不均的现象。但在采用上部单向炉时,从绝大多数情况来看,仍未改善烧嘴正下方的钢锭底部之低温状态。对此,正考虑采取如下措施:

(1) 在采用煤气烧嘴时,在烧嘴前端的煤气出口侧也安装上旋转装置,使用短火焰,并增大整个的旋转能(图 4);

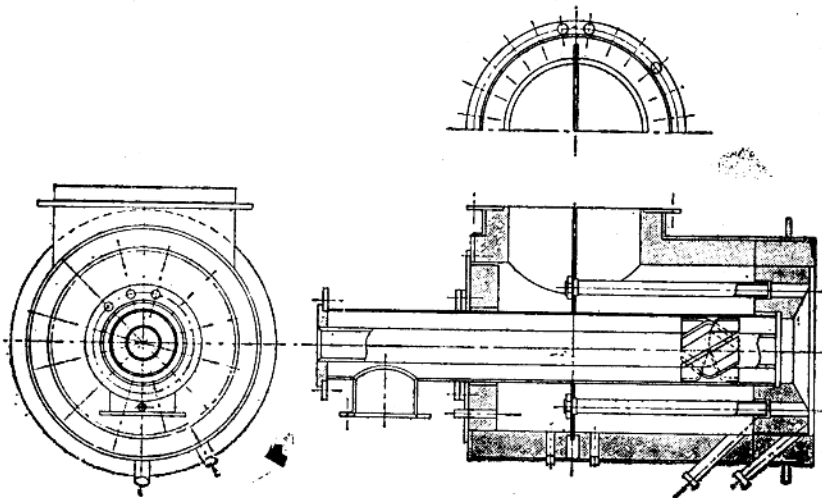


图 4 旋转烧嘴

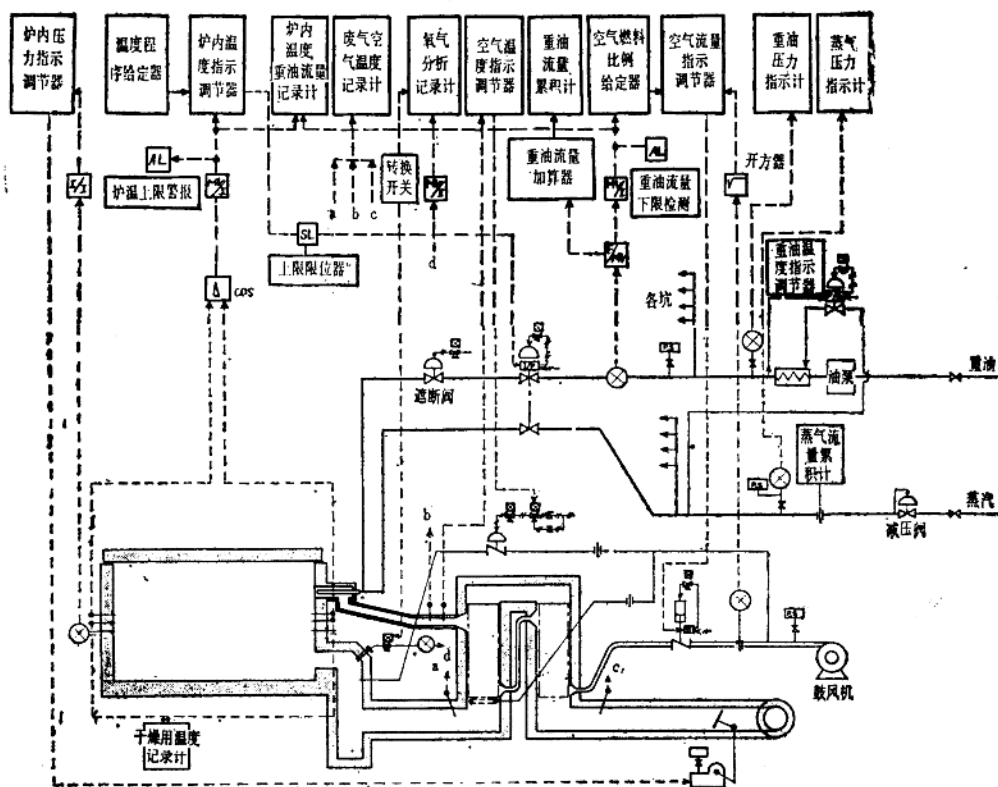
(2) 在采用煤气烧嘴时，在原来的煤气出口增设自由混合型的二次燃烧部，利用调节后补加热混合型的一次燃烧煤气和二次燃烧煤气之流量比，以取得任意长度的火焰；

(3) 用设在排气孔内的辐射烧嘴另行加热钢锭的低温部。

对重油烧嘴，也正有待于通过远距离调整，以便取得任意长度的火焰。

控制装置的主要对象是炉内温度控制、燃料空气比例控制和炉内压力控制。其绝大部分是采用变换电流信号的电力控制装置（在操作端使用油压和空气压）。图5是一般均热炉控制系统图举例。最近，用数字计算机取代了这个调节器部分，已有一台直接数字计算机正式使用。据称这种直接数字控制对均热炉这类控制环节较多的情况更有利，但对其进行全面评价，还是今后的一个课题。

废气氧分析计最近已达到稳定实用。通常是每3~4个坑设一台分析器，使用时依次变换。其用途是给定适当的燃料空气比例，并用于预报上述的未燃烧现象。要反馈到燃料空气比例，以使氧浓度符合要求值，这种“氧控制”，因分析系统的时间常数大而相当



I/I—电流转换器；AL—警报器；MV/I—微伏电流转换器；
COS—转换开关；SL—极限开关；F/MV—流量毫伏变送器；
P,S—压力表；I/P—电气转换器；P/D—阀门定位。

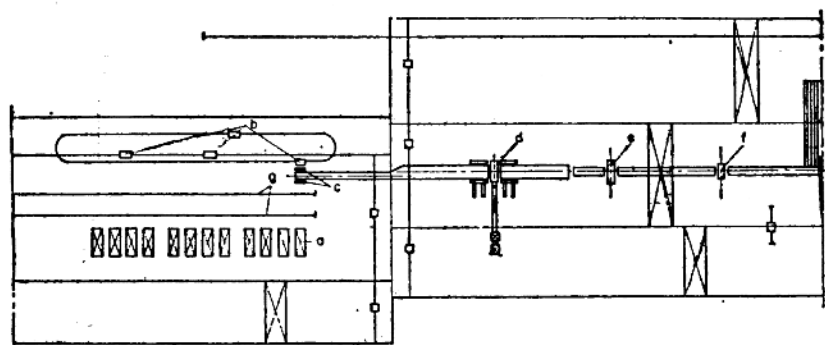
图5 均热炉控制系统图

困难。但在将转炉煤气同高炉焦炉混合煤气一起使用时，如果混合比例变化，则理论空气量也随之变化，这样的燃料空气比例控制极为困难，从措施来看，则“氧控制”最为合适，可以说是今后应大力研究的一个课题。

5. 均热炉辅助设备

随着大型钢锭的出现和轧机效率的提高，装入机也扩大了容量、提高了速度，世界上的最大容量达50吨，提升速度达30米/分（日本）。吊起装置中，经过改进的强力自重式占新设装入机的大多数，其设备费用也较为低廉。此外，从装入机上对揭盖机、钢锭实施远距离操纵，这对节省人力作用很大，因此，不仅在新工厂，就是在旧工厂中也迅速得到普及。

钢锭车的容量也同样扩大了，特别是因为串列轧制的普及，用钢锭车同时运二根钢锭，然后在受料辊道上进行串列编排的这种方法，已成为高效率轧钢厂的标准方式。此外，做为将钢锭从均热炉送至轧制线的运送手段，或者是将辊道直接延长至均热炉前，或如图6所示，将钢锭车配备成环行状 谋求提高运送效率。



- a - 均热炉； d - 轧机；
b - 钢锭车； e - 火焰清理机；
c - 钢锭输送机； f - 剪断机；
钢锭推出机； g - 热锭线。

图6 配备有环形式钢锭车的初轧厂

6. 均热炉操作

对于以处理热锭为主的联合钢厂之均热炉操作来说，传搁时间的控制是个重点。传搁时间太长，则均热炉效率降低，燃料的单位消耗增大，相反，如果传搁时间太短，对大型钢锭来说，则会使钢坯内部质量降低（造成气泡，浓厚偏析）。从而，处理大型钢锭时，其管理要点可归纳如下两点：

- (1) 如何在质量要求允许的条件下，确定传搁时间的下限；
- (2) 在实际操作中，如何使传搁时间接近上述的下限值。

关于第（1）点，目前的实际情况是，将钢锭的凝固过程做为热传递、热传导式来计算，并参考所得结果，以逐次尝试方式，各工厂分别确定。图7是在一定条件下，为

了求最佳传捆时间而计算钢锭温度分布的结果，这时，最佳传捆时间为 150 分。关于第（2）点，初轧厂和炼钢厂的位置、联络系统和均热炉的出炉计划都有很大影响。在处理大型钢锭时，运输时间一般不会远远超出最佳传捆时间，但如果不确立一个联络网，那也难免要造成混乱。出炉计划过去是由熟练操作人员制定的，现在正向用计算机进行实时处理以取得最佳计划的方向发展（参阅本篇六一 2 节）。

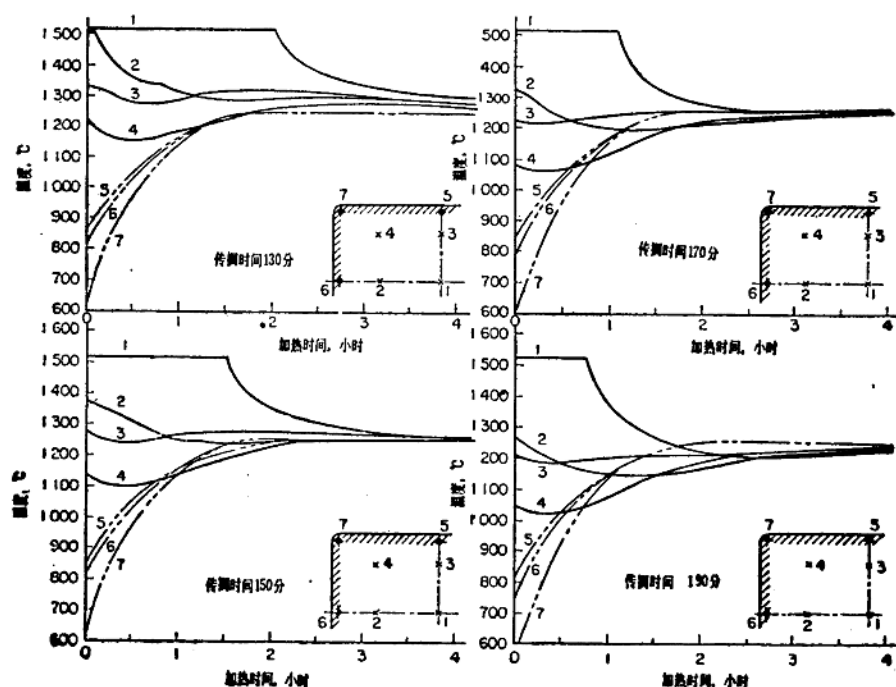


图 7 不同传捆时间的钢锭温度分布

三、初 轧

1. 初 轧 机

随着钢锭单重的增大，初轧机的公称轧辊尺寸、电动机功率也不断增大，在最近新设的板坯轧机中，有的单机能力可能达到了月产 60 万吨左右（参见表 1）板坯开坯的趋势是采用万能轧机，可以提高效率；在为条钢用料的开坯方面，由于大型宽缘工字钢需要量剧增，为适应轧制异形坯的长辊身轧机和高效率小方坯轧机，而设置了方坯初轧机。要求每年能够处理 300~400 万吨粗钢，相当于一座大型高炉的年产量。

新建初轧机举例(日本)

表 1

工 厂 名	君津 (1)	水岛 (2)	名古屋 (2)	加古川 (1)
建 设 年	1 9 6 8	1 9 6 9	1 9 6 9	1 9 7 0
产品使用目的	热带钢厚板	热 带 钢	厚 板	热带钢厚板
公称轧辊尺寸:				
水平 辊	1300 ϕ × 2800L	1300 ϕ × 2800L	1300 ϕ × 2800L	1320 ϕ × 2800L
立 辊	1040 ϕ × 2400L	1050 ϕ × 2320L	1000 ϕ × 2500L	1040 ϕ × 2400L
主电动机输出功率				
水平 辊	6700千瓦 × 2	5000千瓦 × 2	5600千瓦 × 2	5600千瓦 × 2
立 辊	3750千瓦 × 1	3500千瓦 × 1	3000千瓦 × 1	3000千瓦 × 1
最大钢锭单重	40吨	40吨	40吨	40.6吨
生 产 能 力	40万吨/月以上	500万吨/年	300万吨/年	500万吨/年

工 厂 名	鹿 岛	福山 (2)	和歌山 (2)	君 津 (2)
建 设 年	1 9 7 0	1 9 6 9	1 9 6 9	1 9 7 1
产品使用目的	热 带 钢	大型、小方坯 (板坯)	小 方 坯	小 方 坯
公称轧辊尺寸				
水平 辊	1370 ϕ × 2800L	1350 ϕ × 3400L	第1: 1270 ϕ × 2800L	第1: 1300 ϕ × 2700L
立 辊	1040 ϕ × 3050L	—	第2*: 1150 ϕ × 2800L	第2: 1300 ϕ × 2700L
主电动机输出功率				
水平 辊	6726千瓦 × 2	5600千瓦 × 2	第1: 3750千瓦 × 2	第1: 3500千瓦 × 2
立 辊	3700千瓦 × 1	—	第2*: 2250千瓦 × 2	第2: 3500千瓦 × 2
最大钢锭单重	40吨	40吨	10吨	21吨
生 产 能 力	600万吨/年	300万吨/年	初期130万吨/年	300万吨/年

* 为小方坯轧机供料的粗轧机

2. 板 坯 轧 机

如前所述,从板坯专用轧机来看,几乎所有的新型工厂都采用了二辊万能轧机(照片2)。

万能轧机的优点当然就是在初轧过程中不用翻钢,轧制效率高。图8是在水平辊电动机输出功率相同的情况下,就大扬程轧机和万能轧机之标准轧制程序所做的比较结果。由此可见,万能轧机与高升程轧机相比,在轧制时间上大约能缩短30%,并且,轧制中钢坯侧面轧制效果好,操作简单,适于轧机的自动运转。

对万能轧机来说,最关键的问题是立辊轧机结



照片2 万能板坯轧机

构，经过长期摸索，现在总算定型了。也就是说，如图 9 所示，在左右固定好了的齿轮箱里，装好伞齿轮和传动齿轮，再用长连杆把它和立辊联接起来。这种结构的优点有以下三点。

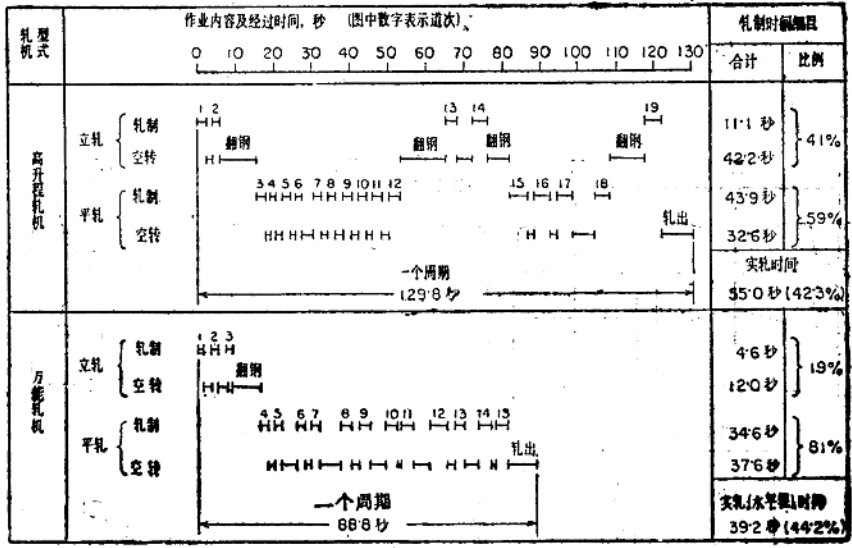


图 8 高升程轧机和万能轧机的轧制时间

- (1) 将齿轮箱固定在机架上，结构简单，同时提高了刚性，减轻了振动；
- (2) 伞齿轮的后面装有减速齿轮，使电机轴离开立辊的正上方，这样，便于换辊，同时，减小了作用于伞齿轮上的转矩；
- (3) 减速齿轮安在伞齿轮上方，延长连杆，可以降低整个轧机、电动机轴、吊车横梁的高度。

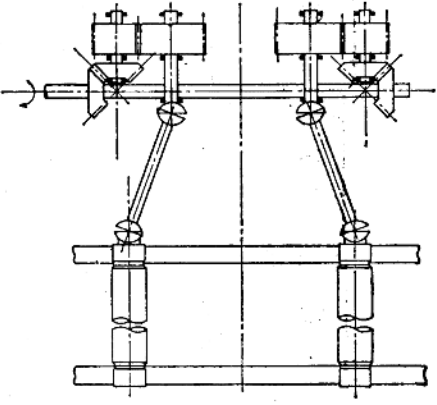


图 9 立辊轧机的结构

在初轧生产中，各道次的前滑率变化较大，从而，万能轧机上的水平辊和立辊之速度协调（压下量补偿）也是轧机保养上的一个问题。一般来说，是将轧辊电动机的下降特性取得大一些，只用对正逆转的前滑率补偿来解决，而最为理想的是在每一道次都实施压下量补偿。在人工操纵轧机的情况下，这几乎是不可能的，而在自动运转中，则可简单的实现，此外，从另一方面来看，也可以说这是实施自动运转的理由之一。

关于立辊开口度的调整机构，有的是以支点为轴，旋转整个立辊，但这对承受剧烈冲击的初轧机不适用，而必须采用依靠压下螺丝的滑板方式。而且，左右的开度调整采用机械联结的方式，比在左右分别安装电动设备的方式容易调整压下量，采用这种形式

的正在增多。

万能轧机的优点的确很多，但也不可否认它比高升程轧机的造价要高得多。如果在高升程轧机上，延长推床，并扩大串列轧制的范围，参照立辊轧机的工作量相应地扩大水平辊轧机的规模，那么，用同样的建设费，也可能取得比设置万能轧机更大的效果。从图 8 也可以看出，这是因为在万能轧机上，水平辊轧机和立辊轧机之间的通过时间大而引起的，这在今后设置月产量30~40万吨左右的轧机时，是个必须考虑的因素。

3. 方坯初轧机

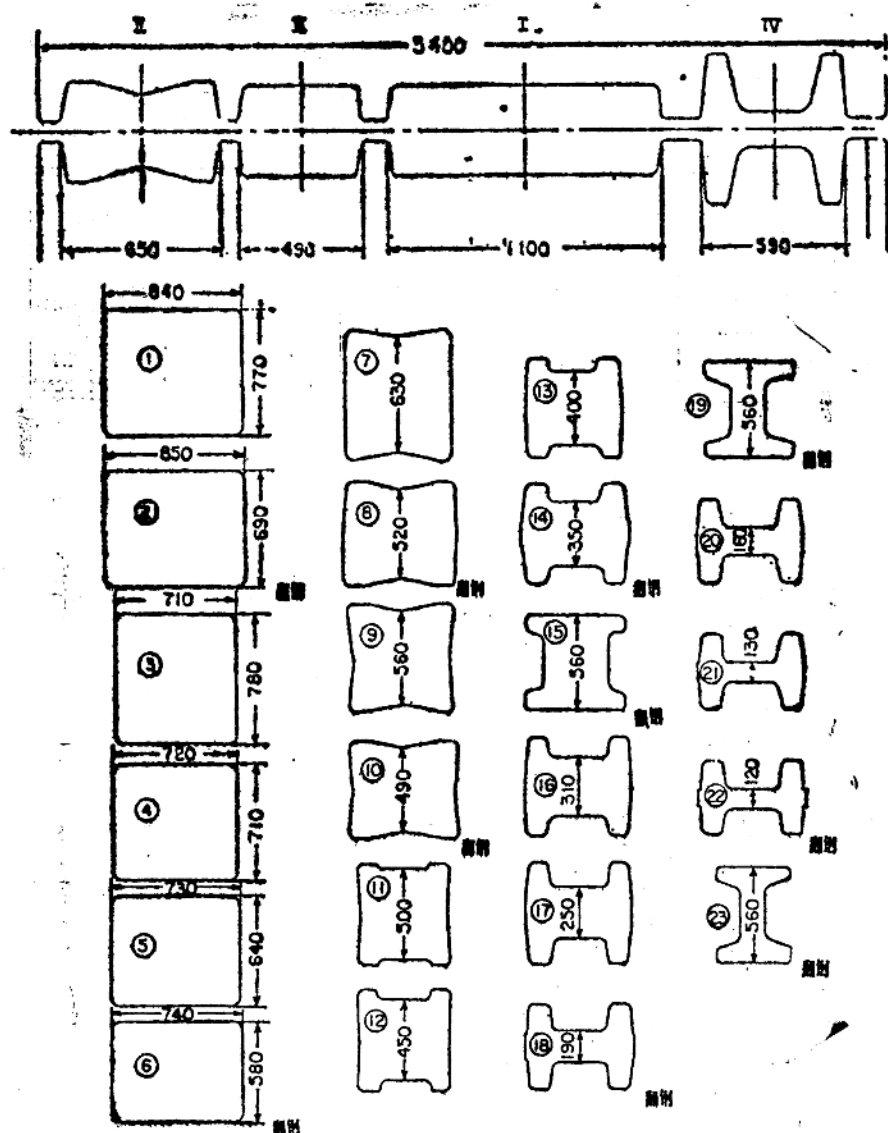


图 10 异型坯的轧辊及压下制度

方坯初轧机分三种类型，第一是面向大、中型型钢生产的方坯、异型坯轧机；第二是为小方坯轧机提供坯料的轧机；第三是二者兼用轧机。其中，轧制异型坯的轧机，为了适应生产腰高达一米的宽缘工字钢的坯料需要，最近设置了辊环直径1500、辊身长3300~3400的最大型高升程轧机（参见表1）。

图10是异型坯轧制用的轧辊及压下制度的举例，考虑到轧制过程中坯料的翻钢和从孔型轧出的情况，轧制道次相当多。

另一方面，向小方坯轧机提供坯料的方坯初轧机，其辊身长、升程都不用那么大，为了适应最近的高效率小方坯轧机的需要，有的工厂把两台方坯初轧机串联布置，月产能力达到30万吨（参见图11）。

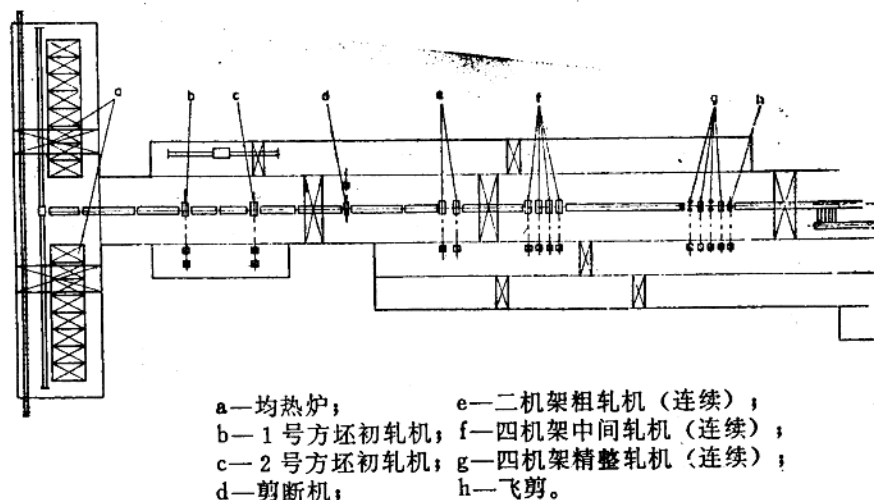


图 11 两台方坯初轧机串联布置图例

此外，从同样的观点出发，关于用万能轧机轧制大方坯的方法也议论很久了。其一般方法是，只在水平辊上做孔型，坯料断面大时，用水平辊和立辊两种辊进行轧制，如果坯料断面小、容易翻钢，则将立辊开到最大限度，只用水平辊孔型进行轧制。这时，还可以考虑使立辊开口度大于水平辊辊身长度，将推床侧导板一直延长到立辊内侧，以便完全利用孔型轧制。

4. 初轧操作

为了充分发挥轧机能力，采取了双锭串联轧制，几乎在所有新型工厂都普及了这种方式，可提高效率40~50%。如果采用同时轧三根钢锭的所谓三锭轧制，效率还能再提高10%左右。串联轧制，只要考虑到前后工作辊道的长度和串联安排就可以了，所以，在万能板坯轧机上，特别容易实施，而在实施孔型轧制的方坯轧机和高升程板坯轧机上，用三一2节所讲的方法，几乎也可以在全部道次上实施。

关于方坯轧机，设想出了所谓“并列轧制”，即并列设置三个推床，在其间并列轧制两根钢锭，但尚无实际应用的事例。今后，如何提高轧制方坯、异型坯的生产效率，仍是一个课题。

用万能轧机轧制板坯时，一般是在开轧时先用水平辊轧边，去除铁皮和调整坯料宽度，但也有的工厂，为了提高效率，不进行轧边，一开始就进行“扁平轧制”。但这就要求立辊强而有力，或者是按所轧板坯，对钢锭尺寸提出限制（板坯宽度如果比钢锭宽度小得太多，则不能轧制，或者是效率降低），而且，为了板坯表面的一次除鳞，还要设一台100公斤/厘米²以上的除鳞机。

轧制板坯时，板坯宽度一般比钢锭宽度小100~500毫米，但也有的工厂，板坯宽度大于钢锭宽度，进行“展宽轧制”。这是在需要生产厚板用的宽板坯，而又无法铸出所需要的宽钢锭时，考虑出来的一个办法，在水平辊辊身较长的万能轧机上，设置一个带旋转装置的辊道，实施宽厚板轧机的展宽轧制。大容量轧机的生产中，效率低是个难关，但通过适当选择展宽量和展宽时机，可期提高收得率。也就是说，展宽轧制除了达到其本来目的之外，还可能用于其他方面，有待研究。

5. 钢坯轧机

轧制小型型钢、棒钢、无缝钢管所需之坯料的方坯轧机（小方坯轧机）有三种：三

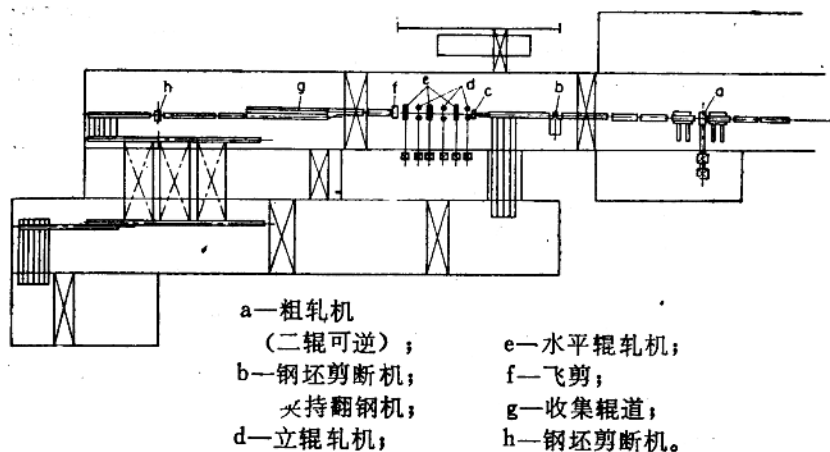


图 12 钢坯轧机的平面布置（可逆粗轧机）

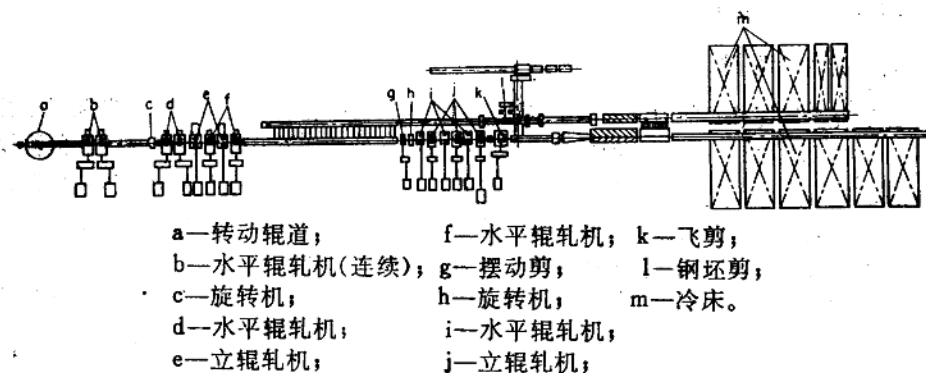


图 13 钢坯轧机的平面布置（连续粗轧机）

辊式、二辊可逆式和连续式，而最近，则专门采用了生产能力高的连续式轧机。由于钢坯的轧制品种和钢坯使用目的不同，其平面布置也不同，生产能力为300~700吨/小时的轧机的典型平面布置如图12、图13所示。首先看图12，在连轧机前面，有一台二辊可逆式粗轧机，可以轧制小方坯精轧机用的半成品方坯和各种方坯、异型坯，这种布置灵活性比较大。图13的布置是在苏联发展起来的，用两组连续粗轧机代替前者的二辊可逆式粗轧机，生产能力大，年产量达550万吨。

精轧连轧机采用易于调整速度的单独传动的直流电动机，并且，不用在粗轧机架间翻钢，普及了表面缺陷少的V—H（立轧-平轧）连续式，从而，方坯、小方坯（圆钢、角钢）和窄幅板坯也可以轧制了（参见照片3、表2）。由于轧制能力的增大和轧制品种的增多，增加了换辊的次数，因此，对机架变换方式、导板变换装置等也从构造上做了考虑，以简化换辊过程。图14是立辊轧机构造图。在此轧机上，



照片3 V--H连续式钢坯轧机

连续式方坯轧机及飞剪规格举例
连续式方坯轧机各种参数 表 2

机 架 指 标	轧 辊		电 机		备 注
	辊 径 (毫米)	辊 长 (毫米)	输 出 功 率 (千瓦)	转 数 (转/分)	
V ₁	900	1350	1000	320/800	出口速度1.8米/秒
H ₁	850	"	"	"	
V ₃	780	"	1200	"	
H ₄	750	"	"	"	
V ₅	"	"	"	"	
H ₆	"	"	"	"	

通过下悬丝杠使内机架上下移动，从而使轧制线对准轧辊上的各种孔型，进行尺寸变换。水平辊大多是各机架分别向左右移动来调整孔型。图15的例子是，在水平辊轧机上采用换辊方式时，为了易于抽出轧辊，而用液压装置移动导板。随着尺寸的变更，各机架的电动机转数也必须改变，但这可以通过自动给定控制实施自动给定，另外，还插进使1号机架成为主控机架的预张力控制。

飞 剪 各 种 参 数

	参 数
剪断钢坯尺寸	100~145毫米方坯
剪 断 速 度	1.13~2.38米/秒
剪 断 长 度	6米以上
剪 断 精 度	±15毫米
剪 断 机 型 式	双曲柄
传 动 方 式 式	直流电机、起止
主 电 机	直流250千瓦
	370/480转/分
	4台
曲柄偏心半径	550毫米

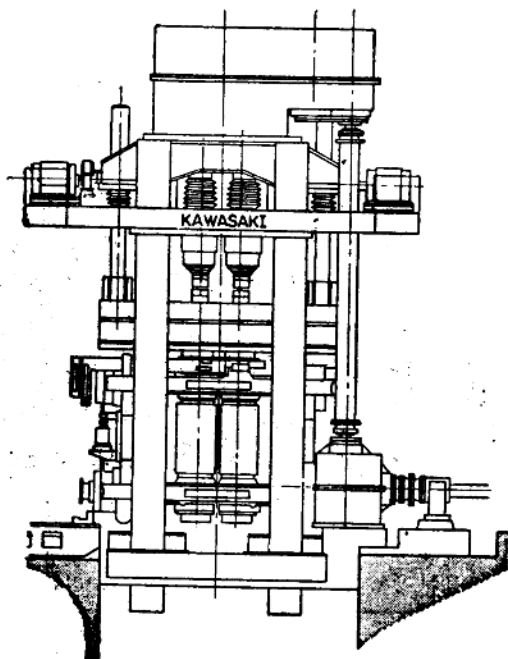


图 14 立辊轧机构造图

6. 剪断机

大、小剪断机的能力对旧有轧机来说，问题都不大，但随着轧制效率的提高，对其重要性就有了新认识，做了许多改进。最近的动向可归纳为以下3点。

(1) 由于大尺寸钢坯的出现而提高了剪断机容量，出现了3000吨级的剪断机，剪切断面为厚350毫米和宽2400毫米；

(2) 电动上切式剪的普及：剪切周期时间短，构造简单；

(3) 机构改进：剪刀更换节省人力、缩短了时间，并可以使极厚断面钢坯通过。

尤其是在轧制异型坯的工厂，由于要按异型坯的形状使用相应异型剪刀，因此就要求在钢坯尺寸变更时，能够迅速更换剪刀。图16所示的剪断机，是将刀架放在卡盘里，卡盘可横向抽出，因此，更换简单，所需时间约为15分钟。此外，最近，为了生产极厚板，轧制了厚500毫米以上的板坯，因此，在研究一种新型

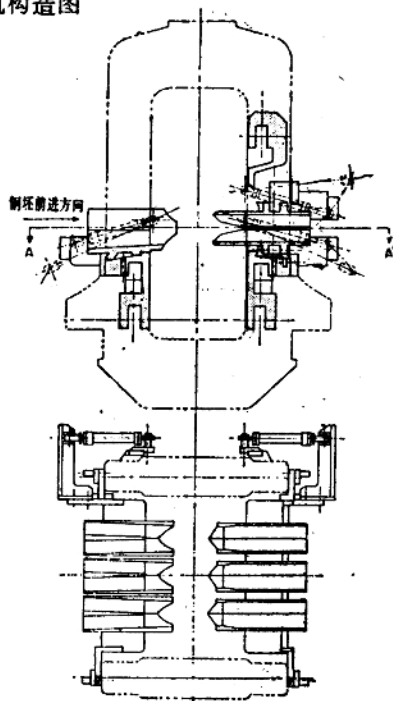
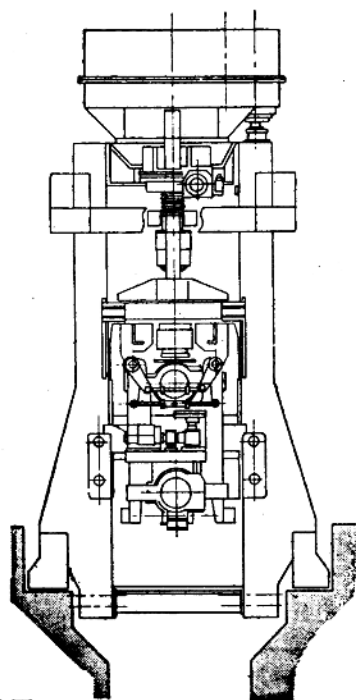


图 15 连续轧机导板变换装置

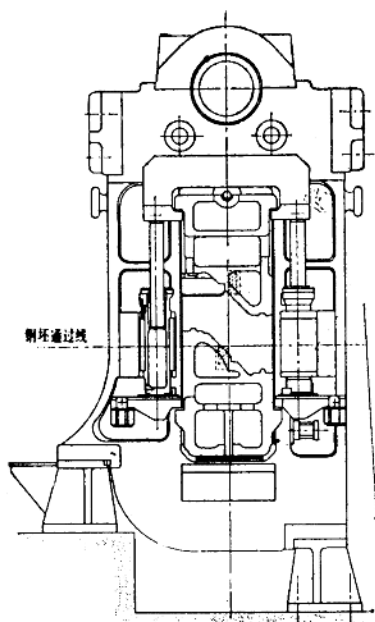


图 16 卡盘式板坯剪断机

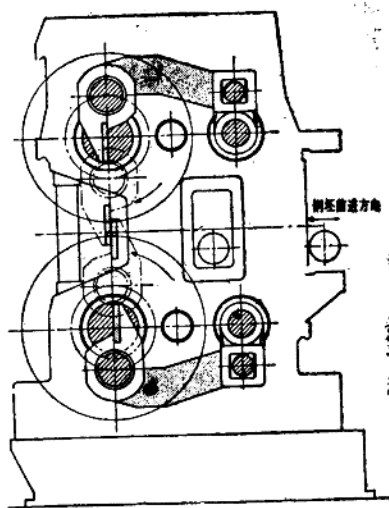


图 17 四曲柄式行进剪断机

的剪断机，在正常情况下，缩小上下剪刀距离实施一般剪断作业，在轧极厚板坯时，又能增大剪刀开口度，使材料顺利通过。

在连续式钢坯轧机的出口侧，一般设有行进式剪断机。行进式剪断机过去都是气动式的，但现在新设的剪切钢坯边长达145毫米的剪断机几乎都是电动式的。图17是典型的四曲柄行进式剪断机。钢坯的长度测量是使用安在脉冲计数计的测量辊及光电管，达

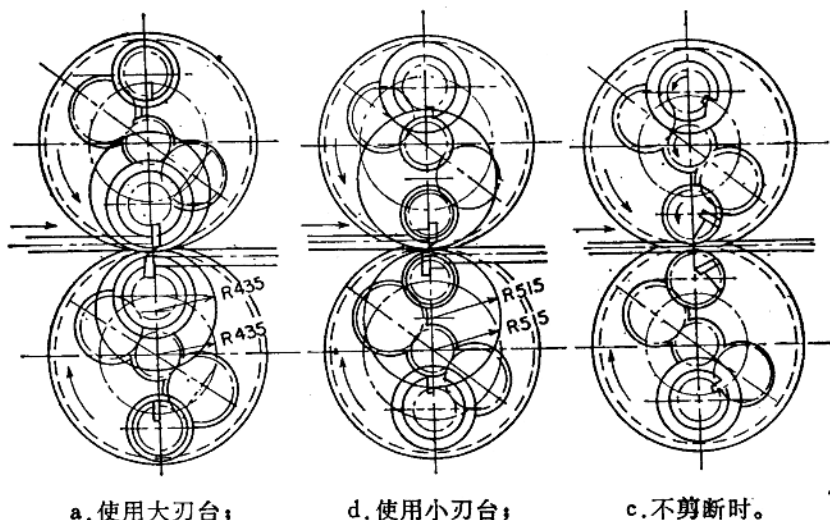


图 18 行星式行进剪断机的结构

到所定剪断长度时,即发出剪断指令。为了提高剪断精度,一般采用靠直流电动机加减速控制的起止方式,公差可以控制在 ± 15 毫米左右。此外,随着连续轧机轧制速度的增大,为了取得更高的效率和精度,出现了行星式行进剪断机(图18)。

剪断作业、尤其是就大剪断机而言,在剪切钢锭不良部分的一连串工序中,对质量和收得率有重要影响,但还留有“人工”处理的余地。也就是说,在绝大部分工厂里,剪断料头的长度或断面缺陷的大小,皆靠目测来判断,因此,就很难避免使收得率有某种程度的降低,同时也难免影响以后各道工序中的质量。今后,最急待解决的课题就是实际应用能够正确进行这类判断的“热态断面缺陷检查法”。

7. 轧制设备概述

除上述事项外,关于最近初轧设备的进步,还可以列举如下几点。

(1) 电气设备

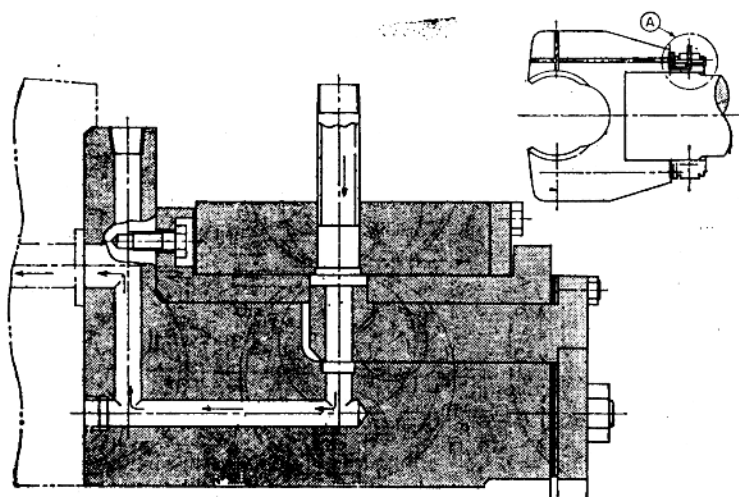
半导体的应用得到了普及,主电源都采用了可控硅,从而控制性能得以大幅度改善。因此,特别是对主轧辊电动机来说,可以将轧制负荷加到最大限度,很有助于提高轧制效率。

(2) 轧 辊

在材质方面,进步很大,广泛使用高硬度轧辊。尤其是在板坯专用轧机上,可锻铸铁广为应用,使用寿命也有所提高,万能轧机水平辊的寿命达300万吨。可以认为今后将更多地使用高硬度的复合铸钢轧辊。

(3) 地基、水冷结构

在处理大型钢锭、进行高效率生产时,初期存在的问题是地基受损和机械的热变形。但由于加厚了结构受压面厚度、增加了地脚螺丝数,从而提高了刚性,并使大部分受热场所成为水冷结构,因此,初期存在的问题也得到了解决。



A 部详图

图 19 主轴接手的自动给油