

北京图书馆藏

N 13593

中文资料

均热炉及初轧机

译文集

鞍钢钢铁研究所技术情报研究室

一九七六年三月

33.5

7G333.5

5

WJ 33/20

目 录

均热炉和它的目前技术.....	(1)
均热炉结构的发展趋势.....	(16)
论均热炉操作技术.....	(24)
初轧厂均热炉.....	(30)
均热炉.....	(35)
均热炉在建造上的变化和加热条件.....	(37)
提高初轧厂均热炉的生产率.....	(44)
提高库兹涅茨钢铁公司均热炉的产量.....	(47)
阿普尔比—弗罗丁汉厂U型焰均热炉烧嘴发展.....	(49)
上部单向燃烧均热炉均热方法.....	(62)
上部单烧嘴均热炉火焰烧嘴的控制装置.....	(65)
有废气再循环的蓄热式均热炉工作的研究.....	(68)
提高均热炉钢锭的装炉温度.....	(76)
提高均热炉钢锭的装炉温度.....	(76)
提高均热炉钢锭的装炉温度.....	(78)
均热炉的加热方法.....	(79)
均热炉的加热方法.....	(80)
均热炉定时出炉法.....	(84)
均热炉炉内温度控制方法.....	(87)
均热炉中空气预热器的保护方法.....	(91)
均热炉铺炉底方法.....	(92)
均热炉铺炉底方法.....	(95)
换热式均热炉分层铺炉底.....	(96)
均热炉水冷式清渣机的使用.....	(99)
换热式均热炉液体渣形成和清除的研究.....	(102)
目前天然气在不同冶金装置中使用的若干工艺形式.....	(104)
关于均热炉修炉的省力化.....	(111)
钢锭运送及均热炉炉盖车的电感控制.....	(114)
均热炉炉盖结构.....	(120)
从注锭到均热炉出炉的凝固计算 (均热炉操作方法之一)	(121)
利用凝固潜热的初轧方法 (均热炉操作方法之二)	(123)
利兹那尔钢铁厂1150初轧机的改建.....	(124)



A 843328

克里沃罗格冶金厂1150初轧机的改造.....	(127)
现代板坯初轧机的操作经验.....	(130)
马格尼托哥尔斯克钢铁公司1150板坯初轧机轧制工艺.....	(132)
提高开坯机及钢坯轧机的生产能力、改进轧材的质量.....	(135)
钢锭冷却对轧材质量的影响.....	(138)

均热炉和它的目前技术

在一个黑色冶金工厂中，均热炉是使普通钢和各种合金钢能够在轧制温度下，按合适条件加工出产品的工具。

这些条件中，假定钢锭温度为 $1100\sim 1280^{\circ}\text{C}$ ，或者甚至为 1300°C ，那么环境温度可能要达到 1360°C ，在某些特殊情况下，甚至要达到 1400°C 。

均热炉是不连续型的，在生产的环节中，它处在炼钢和初轧或开坯之间，初轧或开坯是根据设置的厂子用途而定的。因为轧机是连续工作的，而炼钢厂生产是不连续的，因此在一定程度上，它在二者之间起着一种缓冲作用。

正像它的名字标明的那样，均热炉主要有一个炉坑。在炉坑中，钢锭被垂直放着，而经常是靠着墙放着。

一、均热炉的各种炉型

自从均热炉出现后，技术一直在发展着，直到目前使用的“上部单烧嘴均热炉”。

我们对过去曾使用的各种炉子及在某时候还应用的若干例子，只能给出一些简略的概况。

(一) 小炉坑均热炉

1. 保温式或不加热式均热炉

这是一些用耐火砖砌筑的，上面有一个盖的炉坑。每个炉坑可放一个或几个脱模后的钢锭。这些保温炉坑的用途，是使钢锭温度均匀，因为中心还是液体的钢锭热量，可使由于脱模温度下降到 900°C 或 1000°C 并且已凝固的钢锭表皮温度上升。

当人们认为温度足够均匀和足够高时，钢锭才被轧制。在某些工厂中，还存在着若干这种炉子。但是，现在这种炉子是为了减缓冷却，作为热量的节省工具使用的。钢锭停放在这种炉坑中，一直到拿出来又放在加热的炉坑中为止。

2. 加热式均热炉

能够接受1至4个钢锭而计算出来的好几个炉坑，是按行排列的。每个炉坑同炉盖与邻近的炉坑和炉盖是用耐火材料拱形圆顶分开的。

常用的发生炉煤气燃料和助燃空气同时从炉坑的一端进去，燃烧在被加热的钢锭之间进行。燃烧后的气体从炉坑的另一端离开，穿过一个耐火砖蓄热室。这些炉子一般都是可逆型的，燃烧产物的循环方向是定期交换的。耐火砖蓄热室在头一个循环中被烟气

加热，在助燃空气通过时，把热量又传给了空气。

(二) 大炉坑均热炉

在上述炉子中，把炉坑之间的隔墙取消，这样就得到一种新炉子。在这种新炉子中，钢锭被纵向排列成两行，而安装在滑轮上的炉盖，是由彼此能够钩住或按照允许的炉子区段彼此分开的一些元件构成的。

这是向大炉坑发展的最初阶段，即这种炉子是仅仅由一个能够放 8、10 甚至 20 个钢锭的炉坑构成的。这种炉型存在着不同的安装方式。

1. 圆形均热炉

在这种炉子中，加热是由与炉子下部相切的烧嘴进行的，钢锭在炉子的四周靠墙放着。火焰在钢锭和炉墙之间的圆形室中展开，然后炉烟由炉底中心排除。

2. 中心烧嘴方形或长方形均热炉

这种炉子仅有一个烧嘴，位于炉底。烧嘴中的气体由下向上垂直上升。这种炉子有两个出烟口，位于旁侧的对面墙上。钢锭位于炉坑的四周，靠着炉墙放着。火焰直接向炉盖展开，而气体轻轻擦着钢锭又降下来。

3. 上部单烧嘴长方形均热炉 (图 1)

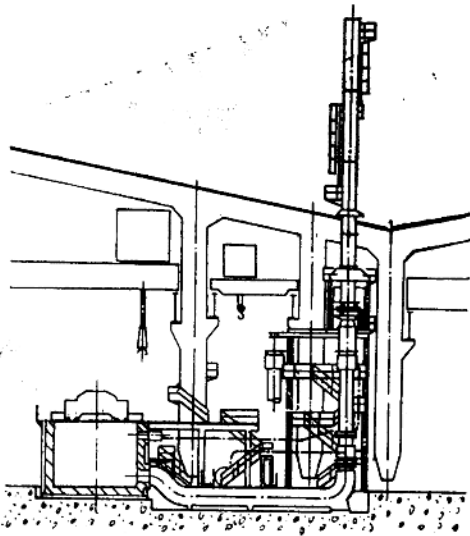


图 1

烧嘴位于一个端墙的上部，而炉烟从该墙的下部排除。这种炉子的第一个范例是在第一次世界大战期间建成的。在这种情况下，燃烧是在钢锭的上部空间和彼此之间的空隙进行的，由于燃烧继续进行，则气体被赶到出烟口。火焰形状是 U 字形的，因此把这种炉子也叫做马蹄铁型火焰均热炉。

4. 上部双烧嘴长方形均热炉

这种炉型是第二次世界大战以后出现的，与前一种炉型稍有不同，炉坑总是长方形的，一般来说都比前种炉子宽。两个烧嘴安在两个对面墙上部的对角线上。炉烟是从位于装有烧嘴的两个墙的下部的出口排除的。

这四种大炉坑的均热炉，在各种必要技术的冲击下，和由于一些工艺的发展（加热质量的研究、氧化损失的限制、安装问题、操作的方便、耐热钢的出现、调节和控制技术发展），在几年内，有的被抛弃了也有的发展了设备的合理化。

在叙述目前存在的上部单烧嘴均热炉及它的发展趋势之前，我们应该强调一下满足特殊使用和在最近二十年才发展起来的另外两种炉型。这两种炉子有一个共同的特点，即都是多燃烧室的。它们是电均热炉和多室燃料均热炉。

二、上部单烧嘴长方形均热炉的演变

实际上,这是目前建设的唯一的一种大炉坑均热炉。依我们看法,可以这样解释,其他炉型主要通过对流进行热交换,而上部单烧嘴长方形均热炉发展了,通过辐射改进了热交换条件。这种辐射方式显示了在研究的温度下,是传导热量的主要方式。

正像库尔迪(M. Courdille)在1966年能量工程师委员会上所作的报告中指出的,热量传给装料按如下方式进行(图2)。

加热开始,大约75%的热量通过辐射方式,而25%的热量通过对流方式传导的;

大流量加热结束时,大约90%的热量通过辐射方式,而10%的热量通过对流方式传导的;

均热结束时,大约96%的热量通过辐射方式,而4%的热量通过对流方式传导的。

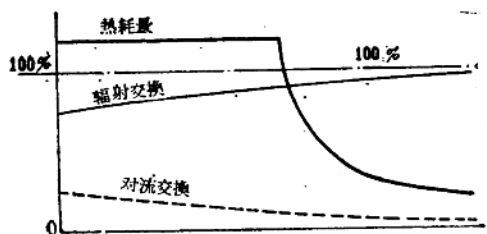


图2 在一个均热炉中热量交换的分配

上部单烧嘴长方形均热炉演变的方式,主要涉及的是所谓的炉坑和烧嘴。此外,由果溯因,这种变化方式还表明,这种变化是用辐射改进热传导的。

最早的这种炉子的深度是相当浅的,钢锭头以上的自由高度几乎不超过1或1.2米。这个自由高度逐渐被增高,现在在钢锭头与炉盖之间尽可能最低保持2米的高度。

采用这样高度的燃烧室,迅速地增加了辐射热传导,因为很热的气体层增厚了,辐射面更宽了。同时,很容易实现不同钢锭之间的温度很好地均衡。

在像上面指出的最早炉子中,当气体向烟道口转回时,燃烧继续在钢锭之间展开。在烧嘴进气时,当一有可能处理助燃空气中的一定能量时,烧嘴就改进了。用改进后的烧嘴,燃烧完全在钢锭上面的空间进行,而在气体还没下降到钢锭之间时燃烧就结束了。

三、容量、尺寸的确定

为了限制燃料消耗,特别是缩短加热时间,进而减少必要设备的数量即投资,均热炉尽可能装热钢锭。钢锭在脱模后若干分钟,从炼钢厂运来后就装炉。经常碰到的均热炉装置,90%的装料是热钢锭。在这样条件下,均热炉的炉坑不得不按炼钢能力来确定,因为钢锭是按照与一次出钢相应的份额运来的。

炉坑应该能接受与一次出钢量相等的或若干分之一的,而通常是一半的装料量。

这些出钢量,当然应该是在考虑到由于熔池变深和耐火砖炉衬损耗加大,从而使炼钢炉容量逐渐变大的情况后确定的。

容量有规律地增加,钢锭尺寸和单位重量同样有规律地加大。现在已生产出单位重量能够达到35~40吨重的钢锭(二十多年前的设备,生产出的钢锭重量范围在7~14

吨，而最近的设备，钢锭的单位重量为12~35吨)。

确定炉坑的尺寸，必须考虑一次出钢或一次出钢一半对应的钢锭数目，同时也要考虑必须保证供给的钳式吊车超载能力。钳式吊车变得越来越大，而大钳子越来越超载，因为必须适应越来越大的钢锭。这样确定的尺寸，应该按照为了保证良好加热而选择的关系式来校对。这个关系式涉及了钢锭数目、尺寸及彼此之间的空间距离。

一般来说，当这样确定的尺寸接受某一个生产范围的不同钢锭的考验时，是最小的钢锭固定了炉子的尺寸特征。可是，考虑到上述生产范围内的各类钢锭的百分数，就必须使这些粗糙的结果均衡一下，使其得到对应最经常加热的钢锭的最佳条件，并选择对其他类型钢锭也适应的条件。

如果待加热的钢锭尺寸范围非常宽，那么就有可能出现炉料是由数目众多的小钢锭组成的情况。在这种情况下，必须考虑均热炉的装料应该限制在16~20根钢锭的事实。因为超过这一界限，出炉操作期间造成的冷却对最后出炉的一些钢锭的影响就变得更显著了。

根据上面所述，均热炉的容量现在通常为150吨和200吨。其长度为10米，宽度为3.5~4米。在某种情况下，有时甚至考虑建设容量大约为300吨的炉子。

炉坑的深度是在考虑了最高的钢锭之后确定的，现在通常为5米。

均热炉的容量增加，不仅表现在新建设的工厂中，同时也表现在经营了很长时间的老工厂中，在这些老工厂中，经常有增加炼钢炉容量的计划，因此使钢锭数目也增加了。这些计划向研究机关就提出了现存均热炉要相适应的问题。

关于炉坑尺寸，在炉衬材料上作文章，有时可以明显地增加有效面积。事实上，从前的炉墙太厚了，采用目前的技术，使用塑性材料，是能够明显地降低厚度的。对于炉墙底部，也可以采用与炉底相同的成分。现在的炉底比从前的薄多了，但具有同样好或者甚至可能更好的绝热性能。

然而，这些变化不考虑炉盖存在的问题是不行的，如果尺寸增加的太大，炉盖就将完全变成新的了。炉盖的重量增加了，就必须检查控制炉盖的小车能否总使炉盖运转正常。装料和炉子尺寸的增加，也必须使设备功率同样地增加，因此还必须检查燃料、空气、炉烟循环是否正常。

四、热 交 换

烟中含有的一部分热量的交换，在一个时期里是通过交流换热的方式进行的。最早的交流换热式均热炉是在10或15年前由一家美国建炉公司试验的，但没有取得多大成就。

后来，陶瓷换热器出现了，至今还装在很多工作的炉子上。陶瓷换热器可提供很热的空气，但有一个很大的缺点，即密封不严。安装陶瓷换热器时要特别小心，但是尽管小心，使用几个月后漏气仍然变得很严重。密封不严会使空气跑到烟中，在安装燃烧气体排除管道和通风机计算时就必须给予一定的考虑。通风机不仅适用于大流量，同时也要预见到为了限制漏气而压力尽可能小的情况。在热空气到达喷嘴时，实际上是没有压

力的，而应该被燃料带进去。在这种情况下，不可能对火焰有任何影响。

“喷射泵”式换热器，是一种用高压提供的冷空气或微热空气来引导空气穿过陶瓷换热器的系统。不管怎样，这个系统能使助燃空气在它到达烧嘴时具有一定的压力，而通过一会进到炉坑中。

用铬钢、铬镍钢取得的进展和耐热钢的出现，使金属换热器产生了。这种换热器保证了炉烟和被予热的气流之间的不漏气性，从而逐步取代了陶瓷换热器。

使用在均热炉和其他炉子上的金属换热器，目前存在下面两种。

管式换热器是由几束管子组成的，在管内走被预热的气体，管外走烟。在这种换热器中，热交换主要是通过对流进行的。炉烟在到达换热器之前被稀释，为了使其在进口处，根据情况具有 $900 \sim 1050^{\circ}\text{C}$ 。

这些换热器，一般放在水平的烟道中，而管子是垂直的，但有时放在垂直的烟道中，而管子是水平的，这种状态被叫做“抽屉式”。

辐射式换热器主要是由两个同心套管组成的，在内管中走烟，而被预热的气流在环形空间以很大的速度散开（图3）。根据建设者的需要，为了限制烟的温度，这种换热器可配备或不配备一个稀释装置。这种换热器以不同方式安装，有水平的、U型的、垂直的，实际上，现在只保存了最后这种形式。换热器固定在一个金属架上，上面再安一个排烟的烟囱，这样有利于得到所必须的烟道（图1）。

无论那种换热器，都可能是逆流的，即被预热气流和炉烟按相反方向循环，或顺流的，即被预热气流和炉烟按同方向循环。

一般来说，位于均热炉附近的第一个换热器是顺流的，为了限制换热器前部的温度（这是空气换热器的情况），而在有可能存在第二个换热器时则是逆流的（例如，当存在煤气换热器时，就是这种情况）。当涉及到均热炉设备时，换热器的类型应该在考虑到如下一些因素后再确定。

如果炉烟带有粉末状或腐蚀性颗粒状物质，则必须选择辐射式换热器。事实上，钢管束构成了一种脉冲过滤器，在工作温度下很粘的碱性氧化物马上就会贴在钢管上，碱性氧化物把灰尘吸住，同时腐蚀不锈钢。当炉烟含有微量的 SO_2 时，也会同样产生腐蚀。

当炼钢厂为了减少钢锭缩孔而采用碱性成分很高的发热剂时，当燃料含有大量硫时，或者当炉子用白云石或焦炭的粒状物质除渣操作时，炉烟是腐蚀性的或带有灰尘的。

如果冷料比例很大的话，人们喜欢选择管式换热器。事实上，由于炉烟不停地被稀释，因此它们在换热器进口的温度实际上是固定的。基于这样，被预热气流的温度，比

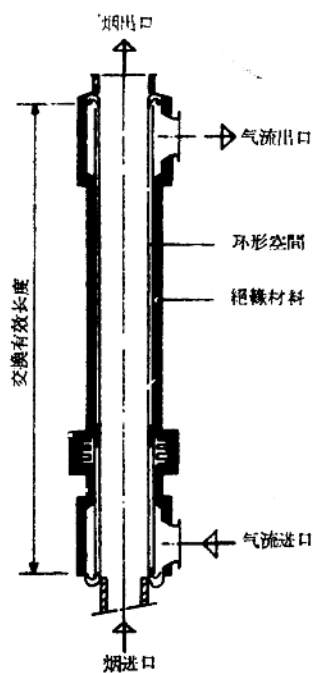


图 3

采用辐射式换热器更稳定。

安装上的局部条件和涉及到的可能性，同样对选择换热器都有一定的影响。例如，如果厂房不允许在屋顶上每个炉子都有一个烟囱的话，人们就喜欢保留管式换热器，因为对于管式换热器，几个炉子可以采用一个共同的烟囱。

在选择中，也应该考虑如果出现裂纹和断裂，辐射式换热器往往能够就地修理。另外，如果最后安装已设计好，在尽量保持炉子不动的情况下，辐射式换热器也是最容易更换的。

十五年来，加热装置，特别是均热炉越来越趋向于使用高热值燃料，例如重油、天然气，逐渐取消了煤气预热和限制了空气预热，因为比较一下煤气和重油的热量费用，高温下操作设备和煤气预热设备的投资、检查、维修就不再认为是上算的了。

将来，非常有可能使空气预热的趋势回升一点。实际上，只对空气预热，大约加热到 400°C ，就能节省大约20%的燃料。

五、调节、控制

均热炉的调节原理和其他炉子采用的原理是相似的。主要通过变化燃料和空气的流量来调节温度和在炉子中各点上始终维持一个正压。

当几种燃料应该被分开或同时使用时，问题就复杂一点。所选择的测量装置，应该是在任何时候流量都处在可测定的范围内。于是，当达到最低测量值时，必须按照供给一种燃料工作来考虑，或者准备两个平行安装的测量装置，其中一个当使用一种燃料时工作，而另一个当使用两种燃料时工作。实际上，均热炉的热耗量，在操作中大致从1变到 $1/7$ 。如果使用一种燃料，它的流量则从1变为 $1/7$ ，而在压力薄膜上的差动压力从1变为 $1/49$ 。如果这种燃料以 $1/4$ 的比例同另一种燃料以 $3/4$ 的比例配合，则两种燃料的流量也要做相应的调节。第一种燃料流量应该降到 $1/7 \times 1/4 = 1/28$ ，而在压力薄膜上的差动压力降到 $1/784$ ，这实际上是完全不可能的。

均热炉装料和出料是定期打开的。吊车驾驶室实际上是处在炉坑的上空，目的在于使这些操作尽可能的准确。为了使烧嘴喷出的火焰不影响操作者和不延长操作时间，在打开炉盖时停止加热，只有在炉盖回到炉子上时才恢复加热。

这些操作是根据一个熄灭和预定复燃的程序自动进行的。这个程序从受炉盖影响的一些探测器开始启动，在停止加热的同时，也要切断气流，防止冷空气在钢锭上循环。

温度、流量和压力的调节，现在越来越被一种连续给出氧含量的炉烟分析所完备。根据情况，这种分析可能被简单地记录或调节。当被调节时，就涉及到空气/燃料比的校正动作。通常只是在氧含量大于 $\pm 15\%$ 时，才进行预报这个校正动作。

实际上，最初当打开炉盖时，当空气/燃料比不正常时，或者在用焦粉除渣的操作情况下进行燃烧时，这个校正动作是用不着的。

氧含量的分析，通过维持空气/燃料比恒定，使炉子工作很稳定，明显地降低氧化物的形成，这也就延长了两次除渣之间的生产时间和改进了总耗量。

从可以取样的探头出现后，或者说从建立在高温耐火材料离子传导基础之上的

«Oxytrode» 探头出现后，炉烟分析目前才能够进行。

在这种情况下，探头打在氧化锆上，人们测定在两个面之间出现的电动势，电动势随着作用在两个面上的氧分压变化，一个面与烟接触，另一个面与作为基准的空气接触。

这种类型的探头在取样上有显著优点，分析可对炉烟直接进行。相反，由于对热冲击太敏感了，选择探头位置和进行安装都应该特别小心。

当均热炉烧特殊钢时，可能某些质量要求遵循一些特殊的周期。在这种情况下，调节设备可以补充一个变化温度调节器的指令点的程序调节器。实际上，如果制造程序允许安装这个程序调节器的话，则仅仅安装一个程序调节器就可以接通在每个炉坑上的温度调节器。

均热炉工作的检查和控制，要求直接出现在炉坑附近的人越来越少。局部故障由维修人员进行检修，而炉子控制，特别是对大炉子控制，由指挥中心进行。

这样，现在有一些设备，局部地安装一些调节仪器：记录仪、调节仪等。这些装置与中心控制台结合，在中心控制台上可给出某些数值的信号。操纵者从中心指挥台上，根据指示器可以读出与其中一个炉子相应的测量。如果希望的话，也能改变位于在局部工作间的调节器的指令点。

对于其他设备，所有的调节仪、记录仪等都被组装在一个大的共同设备间里，从这个房间开始检查和控制所有的炉子。

六、燃 料

均热炉和其他加热炉的区别，在于生产的不连续性和存在一个随着轧机需要而变化的保温和待轧的周期。

加热分成两步。第一步是强烈加热，一直达到指定温度。第二步是使热功率逐渐降低，维持温度恒定。

第二步的目的，是使钢锭以最高的均匀性达到轧制温度。如果由于情况变化，这一步突然延长时间，那么钢锭就要保持这个温度和这种均匀性。

均热炉在燃料上和其他冶金炉一样，有一个同样的变化。最初使用燃料值低的气体燃料，而现在使用的是第二次世界大战以来被推广的高能值燃料。同时，关于调节和燃烧技术方面的工艺改进，使热效率和生产率都提高了。

目前，均热炉几乎只使用重油和天然气，而且，这种趋势最近几年可能有所发展。空气预热，考虑到安全性和投资上的原因，被限制在 500°C 。

七、加 热

（一）辐射的重要性

在钢锭加热中，对流总是很弱的。不用多说，只要注意一下气体速度为10米/秒时，对流传导的平均热效率为 $20 \text{ 大卡/米}^2 \cdot \text{小时} \cdot ^{\circ}\text{C}$ 就够了。这样，在最好条件下，每平方米的钢锭才能通过20000大卡/小时的热量。相反， 1200°C 的耐火砖的辐射热量为200000大

卡/小时·米²，增大到十倍。还必须注意，在炉子中的炉烟平均速度小于10米/秒，而钢锭表面和炉烟之间的温度差很快变小了。因此，我们设想热量传导用幅射方式进行，而当幅射尽可能均匀时，最佳的加热条件将被实现。

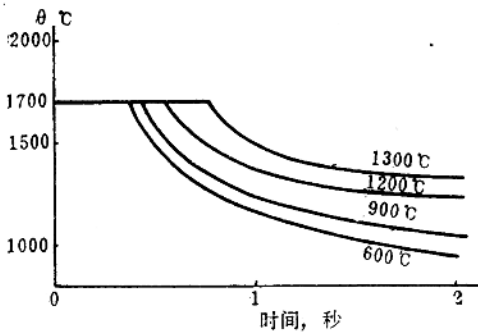
（二）加热特征

正象要求所有的加热炉一样，也要求均热炉在适当的时间内，以尽可能高的效率和尽可能小的钢锭之间温度差来对钢锭加热。

然而，均热炉以它的不连续性同其他炉子相区别，这就导致以类似的升温方式加热钢锭。钢锭很厚，会使对流传热进行得很慢，而在某个时间的钢锭热状态，随着在这段时间内的加热方式不同而不同，因此，为了使在任何时候不同钢锭的温度分配是类似的，就必须实现一种尽可能均匀的加热。

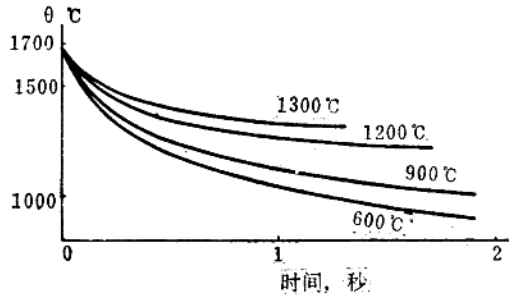
这种热惯性，如同由耐火砖寿命和熔融炉渣所固定的炉子有限温度一样，要求一个很长的平衡时间。考虑到事实上烧嘴功率是被限制的，因为要保持它的机动性和在均热期的加热条件即小流量，加热时间和数值主要是由耐火砖温度和在钢锭中热传导时间确定的。

热效率是和消耗炉烟热焓的可能性有关的。在这方面，均热炉更突出，因为炉烟平均停留时间超过5秒，而2米长的炉烟被幅射冷却，实际上仅用2秒。在固定温度和采



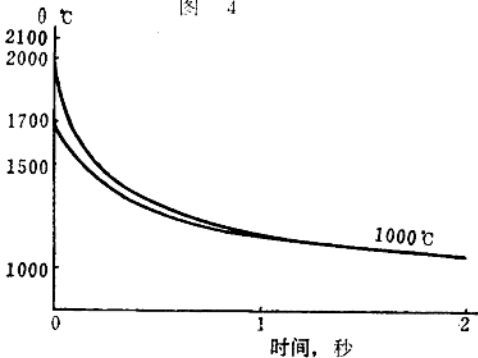
2米长的重油炉烟温度燃烧温度，稳定在1700℃，围墙温度为600、900、1200和1300℃

图 4



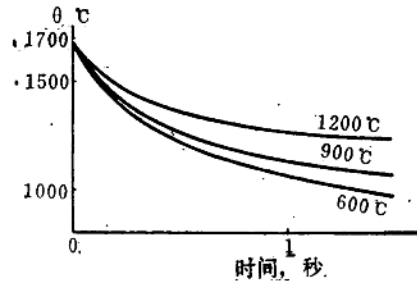
2米长的重油炉烟温度，炉烟开始点的温度为1700℃，围墙温度为600、900、1200和1300℃

图 5



2米长的重油炉烟温度，炉烟开始点的温度为1700和2100℃，围墙温度为1000℃

图 6



3米长的重油炉烟温度，炉烟开始点的温度为1700℃，围墙温度为600、900和1200℃

图 7

用事先混合好的燃料和空气下，燃烧时间不超过 1 秒。

考察一下一些炉烟的冷却曲线，可以观察到，从燃料和空气进行混合开始，一直到最低温度 1000℃，炉烟排出是很容易进行的，即使用最少的 3 秒停留时间也够了。炉子的效率则仅仅随着不同炉烟的停留时间的变化而变化（图 4 至图 7）。

因为炉坑的几何形状是固定的，因此得到高效率的火焰，将是具有一个能使炉烟均匀流动的空气动力学剖面的火焰。假如燃烧正确地进行，也就是混合条件被满足了，一个很高的热效率则是由控制烧嘴出口的空气动力学条件确定的。

温度的均匀性，导致炉坑中均匀的热传导，热辐射和均匀的温度分布曲线图。

这种辐射均匀性实际上没被实现，但是人们可以设想一些步骤，通过随着时间和空间而变化的热传导，使其加热到最后得到温度均匀性。

这种加热方式，比理想的均匀加热方式具有更长的加热时间，使炉子管理变得更困难了，因为炉子加热时间和管理取决于放在炉坑中的钢锭本性，尤其是取决于装锭方式。

一根钢锭的加热，是两种相反方向的热量交换结果，一个是火焰和炉烟辐射供给的热量，一个是位于钢锭附近的炉子表面：炉底、围墙带走的热量。这种热量损失，是发明均热炉时原有的，我们应该把它当作一个多少有点不稳定的变量来看待，它随着耐火砖的热状态和钢锭在炉坑中的配置而变化。

通过辐射供给热量，是随着炉烟的局部温度和火焰的热量分布曲线变化的。然而，对于一种固定的燃料，热量分布曲线是随着在烧嘴出口处控制的空气动力学条件而变化，使其满足加热均匀性的条件。

此外，必须明白，尽管火焰对着钢锭的立体角很小，但火焰本身辐射强度总比炉墙和炉烟的辐射强度大，因为火焰的温度更高，而在重油火焰情况下，它的火焰辐射系数更高。

在保温期，这种区别趋向缓和，因为耐火砖的温度升高了，火焰的能量降低了。但是，在炉子中，总存在一个区域，通常在烧嘴附近。在该区域，由于存在一个更大的火焰辐射，从而导致过烧。

（三）保温期

在均热和保温期，加热功率降低，一直降到通常功率的 $1/7 \sim 1/10$ 。在这样条件下，维持加热均匀性就出现了困难，从而导致能够对火焰分布曲线有影响的一些类型烧嘴的发明。

均热期的特征，在于围墙和钢锭表面的温度很高，加热功率减小。耐火砖寿命和来源于炉料的炉渣熔融所造成的温度局限性，限制了烧嘴的功率。相反，炉坑中的高度辐射对温度的快速均匀化是有利的。由于必须提供一部分热量补充炉子损失的热量和钢锭吸收的热量，因此一些困难就来了，这就要改变辐射在炉子中的分配。

事实上，一个传统烧嘴，可以用两个横截面固定的空气和燃料的同心管所示意出来。在保温期，流量随着气流的速度减低而减低，流量减低导致火焰热量分布曲线的变化，这些变化与使用的烧嘴类型有关。

在气体燃料烧嘴的情况下，空气和煤气速度同时降低，两种气流的反应压力比是恒定

的，因为这两个变量与流量的平方成比例。在炉坑中，炉烟的循环流动线及火焰的理论长度是不变的，但是由于气流速度越来越低，火焰冷却越来越靠近烧嘴，使高温区向烧嘴墙移动。

在液体燃料烧嘴的情况下，由于雾化流体的出现，燃料喷吹速度稍有变化。火焰单位体积冲量增加，使循环流动向烧嘴移动，同时火焰理论长度降低。

这两种作用具有相反的影响，影响的结果与炉坑和烧嘴的几何学有关。在大多数情况下，产生的影响与火焰长度降低 $1/3$ 是一致的，结果使高温区向烧嘴移动。

我们看到，在这些条件下，如果在加热期幅射分配是均匀的话，靠近烧嘴墙的钢锭在均热期时将达到一个更高的温度。相反，如果人们希望在加热停止时钢锭的温度相同，就必须使在加热期的火焰热量分布曲线，能够使离烧嘴最远的钢锭在调节流量时温度最高。

事实上，轧制时钢锭应该具有均匀的温度，如此则在出炉时，钢锭在炉坑中的温度分布是随着出炉方式和在炉子与轧机之间停留的时间不同而不同的。在这样操作条件下，火焰调整从什么时候开始，是由在相似的或者就在操作所用的炉坑上进行试验所给出的结果来确定的。同时，火焰调整是应用可以预示火焰变化的一般原理进行的。火焰变化，是易受影响的变量例如单位容积冲量或其中一种气流的转动力矩的函数。

此外，由于穿过钢锭的热传导所带来的影响和操作中出现的偶然因素，这些火焰调整的应用变得更细致了。

在这些偶然因素中，我们可以例举装料的属性和保温时间。在热钢锭情况下，装料的尺寸和热状态能够变化，而保温时间是轧机转速的函数。

由于应用可变的空气动力学系统的烧嘴，以及依靠多少有点复杂的调节装置，根据上述这些理由，目前很注意一种尽可能均匀的加热趋势。

八、烧 嘴

最初的均热炉烧嘴，提供用陶瓷换热器预热的压力很小的助燃空气。燃料速度，即通常煤气的速度，受输送压力的限制。单位容积冲量是很小的，但火焰很长。同时，炉烟在炉坑中的混合很弱和不太集中，导致热效率损失。小流量的数值很小的单位容积冲量，限制了烧嘴的灵活性，并成了使用大功率的一个障碍。

通过使用金属换热器，可以以百分之几的大气压的压力供给空气，而火焰冲量也被提高了。通过这种方式，炉烟在炉坑中的再循环被适当地保证，而烧嘴的灵活性达到了满意的数值。同时，通过变化燃料及空气的速度和到达的相对位置，可以变化火焰热量分布曲线。

这样，隔板式烧嘴就出现了。在这种烧嘴中，空气从与烧嘴轴等距离的一些圆周孔中喷入，速度可达到140米/秒。

使用这么大的空气速度，由于填充在隔板之间的气流稳定性而成为可能了。在烧嘴出口有一个隔板，同样有利于稳定作用。

通过改变喷吹空气速度和方向，可以变化空气和燃料混合速率及沿着火焰分布放出

的热量。

这种改变以半经验方式进行，因为以很大的速度喷吹空气会吸收炉烟，并被稀释到一定的比例。该比例取决于在炉坑中的循环，而这种循环不是很准确知道的。因此，必须考虑一种属于炉坑本身空气动力学形状的因素，而这种因素仅仅由实验来确定。

这些烧嘴还是被常用的，然而对烧嘴的各种流量不能维持类似的条件。因此，有利于使用空气速度很高的其他类型的烧嘴就出现了。

起源于这些可调式烧嘴的基本思想，是保持小流量的火焰单位容积冲量不变。这种恒定性，通过维持速度恒定，与流量无关而能够得到。

所谓的“三合一”烧嘴就是这样，它含有两个截面积不同的同心空气管道，把这两个空气管道结合起来就得到了三个截面，以适应流量降低过程中的流量减少。

这样的烧嘴，也实现了在均热期把单位容积冲量提高两倍。但冲量曲线轨迹表明，增量不是很大的。为了更好地接近理想曲线，必须有一个更大的结合数目。但实际上，由于工艺上的原因是达不到的（图8）。

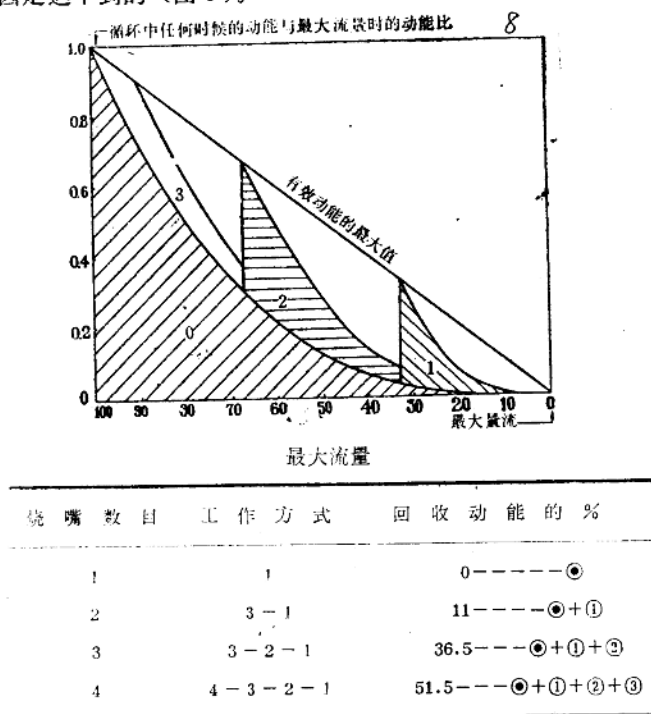


图 8

在另一种“两种煤气”类型的烧嘴中，借助两个同心管供气，通过一个阀门的作用来改变在两个通路中的分配，可得到煤气冲量的连续变化。

这两种烧嘴保持了在炉坑中气体循环的空气动力学特性，但没有克服在低功率运转中产生的火焰长度降低。

所以，又有其他类型的烧嘴，通过改变烧嘴出口的速度分布曲线，使得燃料和空气

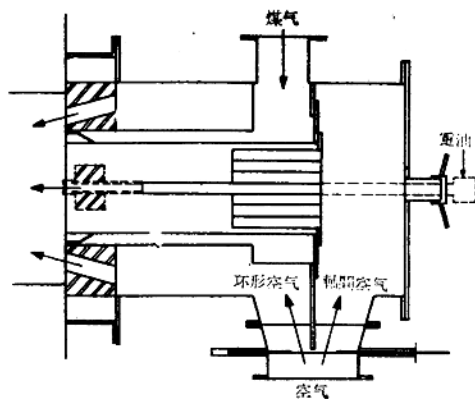


图 9

的混合加快或减慢与出口速度无关，能够维持一个很高的单位容积冲量。

一种简单的解决办法，是使用两个大速度的空气管道，其中一个能对空气传播一种转动，空气以渐进和连续的方式被分配在两个通路之间，使其对火焰给出一种转动（图9）。

在离心力作用下，火焰内部产生的再循环流动，能够加快或减慢空气、燃料的混合。

同样，可以利用可变的几何学，例如使空气和煤气同心地或交替地供

给，使得空气和煤气的接触面积改变，因而也改变了二者混合速度。

一般来说，这些烧嘴的使用总是作为实验方法的手段，因为我们对接触的对称空间的火焰特性知识很缺乏，正像一个均热炉就是这样。所以，这些烧嘴的调正，从在一个典型的炉坑上所作的测量开始，或者甚至借助于炉子操作所使用的变量，例如炉坑和炉烟的温度来进行。

九、安 装

（一）炉子在厂房中的位置

当设计一个工厂方案时，必须研究导致一种合理经营和投资尽可能少的一些解决办法，这比设计比较重要的装置还要实在得多。

为了方便操作和限制由于操作错误引起的连续事故发生，人们喜欢采用避免钢锭在辅助设备或其他炉子上空运行的安装方式。为此，把炉子按照炉子长轴与厂房的长轴相垂直的方式排成一行，将大有好处。这样，使整个装运料操作只在正面炉墙的上空运行。

为了限制厂房长度，就必须使炉子彼此之间紧靠着，这样每个炉盖就应该分别预备一个操作小车，或最好是几个炉子预备一个公用的操作小车。

这样安装也适合操作灵活性和管理上节省时间，可使邻近的炉坑同时装料和出料。每个炉盖安一个小车会使投资增加，但可以由其他设备减少投资来大大地补偿（例如厂房长度、炉坑、土木工程、钢锭车的特征和数目、轨道长度、吊车数目等）。

同时，也要想法使厂房宽度不要太宽，厂房宽度对吊车的特性、重量、价格，特别是当吊车用来吊很大的钢锭时有直接的影响。

炉子分组建设应该考虑到如下事实：对于长度固定的一组炉子，最低的价格是与20~22米的跨相对应的。根据炉坑的宽度不同，炉坑可以2个、3个或4个组成一组。

炉坑在厂房中的位置，应该考虑到吊车的特点（钳子夹紧的距离），而吊车应该在考虑到炉坑的特点之后确定，特别在涉及到钳子的低位置时，因为钳子应该能够抬起一根

躺在炉底的钢锭。

在炉坑前面，铺有铁轨，使钢锭用钢锭车由炼钢厂或仓库运来。

（二）均热炉车间和轧机之间相对位置

设备可能是一字形排列，轧机在钢锭车的延长线上；或T字形排列，轧机与炉坑系列相垂直。

T字形排列，一般来说更方便和更经济。如果没有钢锭车或真就没有钢锭车，这样排列就压缩了吊车移动距离；如果有钢锭车，这样排列可以实现只用一个钢锭车进行操作。至于一字形排列，考虑到在最后面的炉坑和轧机之间的移动时间，必须有两个钢锭车，这样轨道对厂房宽度就会产生影响。

（三）耐火炉衬

若干年来，一些新材料和新型耐火砖被用来作炉衬，主要的是一些塑性材料、混凝土、还有混凝土、塑性材料、甚至砖的预制件。选择哪种材料合适，要根据技术方案、经济方案、每个厂子操作特点来考虑。

选择炉衬材料涉及的因素，可以归纳如下：钢锭靠着或不靠着炉墙、在操作过程中，耐火砖的或多或少机械腐蚀、有无保温帽、操作温度、用这种或另一种炉衬的炉役估价、修理炉衬时炉坑的停工时间、炉衬费用、替换零件在仓库里保存的可能性等。

要知道，在某些工厂里，炉衬通常可维持4~5年，而炉盖衬能维持3~4年。

（四）与检查和维修有关的安排

对于炉子，像其他所有工业一样，必须把机器停工压缩到最低限度，同时停工要在可能的范围内方便于维修。此外，往往把有毛病的部件替换掉，然后修理好入库作为替换件，这样处理更有利。

关于均热炉设备，这样维修的安排可能最适用于：循环的方便性、不同水平设备之间的连接、每个测量探头或每个装置（不同的高温计、伺服马达、阀门、闪光活门等）的通路、拆卸重件（鼓风机、烟道阀、预热器）和运输维修工具所采用的人力或电力起重滑车驾空单轨、不用拆卸其他件（换热器、烟道阀等）就能拆卸大件的设备发明、在仪器上放置使拆卸变得容易的装置（拆卸膨胀接头用的千斤顶等）、用一个一般的所有炉子公用的主管供给空气，在这个管上可以有好多多个鼓风机工作，其中几个备用。

同时，均热炉设备应该实现安全，如果有可能的话，都采用比梯子还好的阶梯，实现禁区（炉盖打开）和流动区的安全。

（五）防污染

像大部分工业设备一样，均热炉也涉及到防污染问题。目前，没有特殊装置能消除杂音，因为鼓风机还达不到成为无噪音发生器的那样尺寸。关于炉烟，特别是SO₂造成的污染程度，导致必须安装特别装置来消除。这些装置与选择的燃料有关（在燃料油的情况下，采用低硫的燃料油变为不必要了），也和炉烟喷出条件有关。

1972年11月24日通告（72—12—13官方报纸），向警察总监传达了一条关于建筑燃烧设备的烟囱的训令。这条训令给出了确定烟囱高度的依据，应随着燃料含硫量、设备功率、发展区已存在的污染率、邻近可能存在的障碍物高度不同而不同。

法律规定的执行，应与所视地区矿山部门取得一致意见，矿山部门可确定在该地区

存在的污染率和均热炉在不符合一般制度情况下，应该与矿山部门确定可采用的规则。

这些规则确定的烟囱高度，是都高于由通风计算所确定的数值的。然而，在为了调整炉子压力，保持一个正确的操作研究中，必须考虑这个高度。

十、操 作

（一）在炉中的停留时间

均热炉是一种非连续炉，当设备的热耗量达到最低值时，装料是热的。

实际上，操作者一般都使用，特别是对热装料更是使用一些指示板。在指示板上，根据工厂中一般的传搁时间，可给出不同钢锭在炉子中停留的时间。所谓传搁时间，是指从往钢锭模中浇铸开始，到钢锭装到炉中这段时间。因此，它包括在钢锭模中的停留时间和在空气中的停留时间。传搁时间用当量传搁时间表示。当量传搁时间等于在钢锭模中停留的时间加上在空气中停留的时间乘上大于1的一个系数，这个系数一般大约等于1.5。

（二）炉盖小车的控制

现代设备，桥式吊车操纵者本身就能控制炉盖的打开和关闭。炉盖的打开和关闭的控制，使他把两种自动装置的动作连接起来，结果节省了时间和压缩了炉坑打开的时间。一般来说，小车的控制，是由中心控制台传送给吊车操纵者的。吊车操纵者控制哪个炉坑，由位于厂房中的易识别的信号显示板指出。

小车的控制是双层的：一个来自中心控制台，一个来自局部操纵台。不同控制台之间的交换，由中心控制台进行。

（三）除 渣

在加热过程，钢锭被氧化，其中形成的一些氧化皮在保温过程脱落，聚积在炉坑底部。因此，这就必须周期地进行除渣。

除渣有三种方法可以采用，但采用哪种方法应该在炉子研究之前确定，因为除渣方法为设备发明规定了条件。

1. 手除渣

让渣子在炉底堆积到500~600毫米厚，这个高度一般是由炉烟出口位置规定的（我们已见到的设备，渣子在炉坑的端部至少可达到1米的厚度）。两次除渣之间的炉役，根据处理的钢种不同，操作方式不同，及有无炉烟含氧量调节等，分别为4个月、6个月或者甚至8个月。

将装满炉渣的炉坑停下来，冷却后用风镐除渣。在很多工厂，这种除渣用手工操作，但也可以用仅被一个人控制的除渣机从工作面开始实施（图10和图11），这个机器固定在炉盖小车的轨道上，包括一个水利控制铰链横梁。在这个横梁的一端，或者安一个气动的风镐，或者一种刮刀，也可以是一种铲子。用风镐除渣，要对准一点，在整个厚度上钻，一片一片地逐渐除掉。这样一种机器的使用，可以缩短炉坑停工时间，操作从炉坑还有300℃时就可以开始。这样除渣的时间，大约是手工除渣时间的 $\frac{2}{3}$ 。在这两种情况下，炉渣的排除，可以采用由吊车吊来的渣罐来进行，如果使用除渣机的话，最好事先在炉底准备一个口，通过把铁皮推到这个口来排除。