

工 业 炉

上 册

W. 特林克斯 著
M.H. 莫欣尼 著
尹加禾 译

内 容 简 介

本书综合论述了工业炉的基本原理, 论述工业炉的加热能力、热工效率、省热方法、炉体结构和炉内气流。

本书由尹加禾同志翻译, 可供工业炉设计及操作人员参考, 也可供高等院校有关专业师生参考。

工 业 炉

上 册

W. 特林克斯 著

M.H. 莫欣尼

尹加禾 译

*

冶金工业出版社出版
新华书店北京发行所发行
山西新华印刷厂印刷

*

850×1168 1/32 印张 16 1/8 字数 428 千字

1978年10月第一版 1978年10月第一次印刷

印数00,001~20,000册

统一书号: 15062·3314 定价(科工) 1.55 元

译 者 的 话

美国特林克斯所著英文版《工业炉》，共分两册，上册主要谈设计计算，下册主要谈操作使用。在全面论述工业炉原理的各国书籍中，这部书是问世最早的一部。

上册已出五版（1923、1926、1934、1951、1961年），曾先后被译成法文、德文、俄文、日文等。遵照伟大领袖和导师毛主席关于“洋为中用”的教导，我们把本书最后一版（第五版）译成中文，供我国工业炉设计及操作人员参考，也可供高等院校有关专业师生参考。

本书比较通俗易懂，书中通过一系列近似理论、经验公式和图表数据，深入浅出地阐明工业炉内的复杂情况，给读者以必要的有关工业炉热工性能和结构特点等基本概念。

原书计量单位是英制，翻译时已换算为公制。全部换算工作都是吴樟洪同志担任的。

译者衷心盼望读者对译文不吝批评指正，并向在翻译和出版本书过程中曾给译者以种种支持和帮助的同志们表示衷心的感谢。

一九七八年五月

目 录

第一章 绪论	1
一、炉子的用途	1
二、炉子的一般介绍和分类	4
三、炉子的构成部分	14
第二章 工业炉内的固体加热	17
一、工件的吸热量	17
二、工件内部的传热	19
三、向工件表面的传热	26
四、炉膛内各种热量的相互作用	44
第三章 间歇式炉的加热能力	50
一、加热能力的定义	50
二、放热速度的影响	50
三、工件吸热速度的影响	55
四、工件排列的影响	63
五、工件厚度的影响	65
六、垂直加热	70
七、马弗炉	71
八、炉温为760~980°C时的加热能力	73
九、实际生产中的平均传热速度和平均加热能力	74
十、低温炉	76
十一、浴炉	84
十二、例题	85
第四章 连续式炉的加热能力	91
一、连续式炉及其与间歇式炉的关系	91
二、高温连续式炉	93
三、温度在1090°C以上的轴向连续式炉	103
四、钢材热处理用的连续式炉 (650~870°C)	105
五、浴炉	108
六、炉温在760°C以下的连续式炉	109

七、例题	110
第五章 炉子的燃料利用情况	113
一、炉子热效率概述	113
二、炉内的热量分布情况	115
三、从炉壁散失的热量（炉壁热损失）	117
四、从孔隙向外辐射的热损失	140
五、炉气从炉门周围逸出而引起的热损失	143
六、特殊热损失	144
七、由燃烧产物带到炉外去的显热	149
八、不完全燃烧所造成的热损失	169
九、烟气分析图表	171
十、简单间歇式炉的燃料消耗量	176
十一、连续式炉的燃料利用情况	177
十二、工件厚度对连续式炉燃料利用情况的影响	188
十三、侧燃式连续炉的燃料利用情况	194
十四、燃料消耗量计算例题	197
十五、各类型炉子的燃料消耗量数据	218
第六章 工业炉的省热方法及省热设施	221
一、热量节约问题概述	221
二、减少炉壁热损失	221
三、低温炉内的热量节约	222
四、烟气内热量的利用	223
第七章 炉子的强度和寿命	282
一、各种筑炉材料的性能	282
二、炉顶的强度	315
三、炉底的强度	330
四、基础	348
五、侧墙、隔墙和桥墙	351
六、用灰浆和胶泥保护炉墙和炉顶	361
七、炉门	364
八、炉子的构架	381
九、闸门	387

第八章 炉内的气体流动	393
一、气体流动的物理定律	393
二、炉内的压力，排烟口的尺寸和布置	408
三、烟道和烟囱	416
四、蓄热式炉内的气体流动	423
五、炉气的循环和产生循环的方法	444
六、各种炉子内的炉气循环	459
附 录	467
一、固体内瞬变温度的分布情况	467
二、炉膛内的热传递	488
三、炉壁热损失	490
四、换热器及蓄热室计算	494
五、某些极少在工业炉内进行加热的材料的性能	506
六、常用符号	506

第一章 绪 论

一、炉子的用途

本书所说的“工业炉”，仅仅是指金属加热时所用的炉子。在这些炉子里，加热的目的是为了₁提高温度，而不是为了产生化学变化，也不是为了产生熔化或汽化等物态变化。因此，这种炉子又可称为“金属加热炉”。

在金属的热加工方面，温度起着极其重要的作用。无论什么金属，在高温下都会变软，并且大多数金属在高温下都可以进行弯、锻、压、挤、轧，但温度过高就会使金属熔化。高温还能消除金属的内应力。为了消除内应力而对金属进行加热，随后又在不产生新的内应力的情况下进行冷却，这种工艺过程称为退火。如果把钢的温度升高到某一点以上，接着又突然冷却，那么钢的硬度和强度就会提高而韧性就会降低。如果再加热到临界温度以下的某一点，则又能使硬度降低而韧性提高。这种以控制结晶组织而取得所需物理性能的整个过程称为热处理，而热处理又包括许多重要门类。象渗碳工艺那样使金属吸收碳分，或者象可锻铸铁退火那样使碳化物改变状态，也都要将金属进行加热。

上述种种金属加热过程都是在通常所说的加热炉、再热炉、退火炉或热处理炉里进行的，这些炉子都属于工业炉。至于金属和玻璃的熔化，陶瓷制品的烧成及玻璃化，煤的焦化，锌的蒸馏以及其他等等，虽然也都是工业方面的加热过程，但其所用的炉子却不划分在本书所说的“工业炉”范围之内。

各种加热工艺所需要的加热温度有很大的差别。加热温度的高低，一方面取决于被加热材料的种类，而另一方面，对同一种材料而言，又取决于加热的目的或加热后的下一步工序。表1所列就是若干材料在若干工艺过程中所需达到的大致温度。这里需

表 1 各种材料在各种工艺过程中所需达到的大致温度

加热工艺或其下一步工序	材料加热过程中所需达到的最高温度,℃
钢丝干燥	150
油漆干燥	150
日本漆烘烤	80~230
铸铁件泥芯干燥	150~230
钢材发兰	260
热浸镀锡	260
油内回火	260
高速钢回火	330
铝退火	400
石油裂化	400
铝加热(供轧制)	455
钢的氮化	510
黄铜退火	540
玻璃退火	620
铜退火	620
德银(铜-镍-锌合金, 又称锌白铜)退火	650
湿法搪瓷件烧成	650
消除内应力	650~700
冷轧带钢退火	675~760
陶瓷彩饰后烧成	760
黄铜加热(供轧制)	790
镍或蒙乃尔合金(67Ni-30Cu-1.4Fe)的线材或薄板退火	800
高碳钢退火	815
中碳钢热处理	840
线材拉后退火	870
薄钢板闭箱退火	870
薄钢板搪瓷件烧成	870
可锻铸铁退火(长周期)	870
铜加热(供轧制)	870
加热商业纯钛(供锻造)	870
铸钢件退火	900
钢管正火	900
渗钼(在钼粉中焙烧)	925
薄板坯加热	925
薄钢板正火	950

续表

加热工艺或其下一步工序	材料加热过程中所需达到的最高温度, °C
渗碳	950
薄钢板叠板加热	950
可锻铸铁退火 (短周期)	980
氰化	980
瓷坯上釉后一次烧成	1000
铸件制成的搪瓷件烧成	1010
不锈钢棒料和不锈钢叠板加热	1035
不锈钢正火	925~1090
不锈钢轧制	950~1230
钛合金锻造	870~1060
锰钢铸件退火	1035
工具钢加热 (供轧制)	1035
薄钢板加热 (供热压)	1050
弹簧钢加热 (供轧制)	1090
瓷坯素烧后再烧釉	1120
高速钢淬火	1200
瓷坯素烧	1230
大钢坯和钢坯加热 (供轧制) 以及铆钉加热	1245
钢加热 (供模锻或模压)	1300
石灰石煅烧	1370
用成型管坯焊成钢管	1400
耐火粘土砖烧成	1315~1480
波特兰水泥烧成	1425
玻璃熔化	1425
钢熔化	1675
铬钢熔化	1790

要说明的是：这个表是根据多方面资料编成的，在编制时，对这么多方面资料进行了相互比较，发现其彼此之间有许多出入。产生这些出入的原因，大概是被加热材料的成分（如钢的含碳量）不同，炉子操作的具体情况不同，以及高温测量尚有困难。

在任何加热过程中，最高炉温总是超过工件所需的加热温度。

二、炉子的一般介绍和分类

要想在炉内产生所需的温度，就要向炉内供给热量。如果按供热的方法划分，则可将炉子分为两类：

(1) 燃料炉——它用燃料进行燃烧（又称火焰炉）。

(2) 电炉——它用电能转化为热能。

燃料炉的应用比电炉广泛得多。但是电炉有许多优点，所以，即使电费贵，也仍然有许多工艺过程需要采用电炉。

如果按材料通过炉子时的输送方式划分，则可将炉子分为下述两大类：

(1) 间歇式炉，又称周期式或“分批”式炉。

(2) 连续式炉。

这些炉型的示意图见图 1 至图 4。在间歇式炉里，炉膛各部分的温度实际上可说是一致的。工件是在一定位置放着不动，直到加热完毕后才取出，并且出料的炉门通常也就是装料的炉门。图 1 所示的炉子就是这种型式。

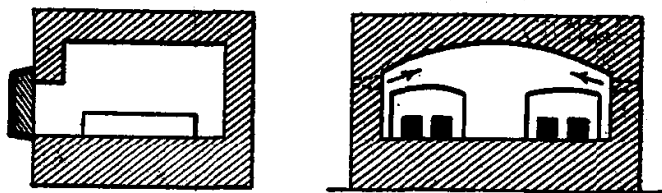


图 1 间歇式炉（又称分批式或间断式炉）

在连续式炉里进行加热时，工件都要移动。最普通的连续式炉是直线型的（见图 2 及图 3）。有些连续式炉是把炉底做成固定的，让工件在炉底上移动，而有些则把炉底本身做成能移动的。当采用固定式炉底时，工件可以靠重力顺着倾斜的滑轨或辊道向下移动，也可以靠推料机的推动在炉内通过。图 2 所示是一种“端出料”的（更具体地说是一种“重力出料”的）连续式炉，图 3 所示则是侧出料连续式炉的出料端。在活动炉底方面，有一种转底式或回转台式的连续式炉（见图 4），用途很广。工件是

放在回转台（即炉底）上，当台面差不多转完一周以后将它取出。还有一种螺旋输送式的连续式炉（见图5），炉体是一个具有内螺旋的回转筒，其中工件靠螺旋作用向前推进。

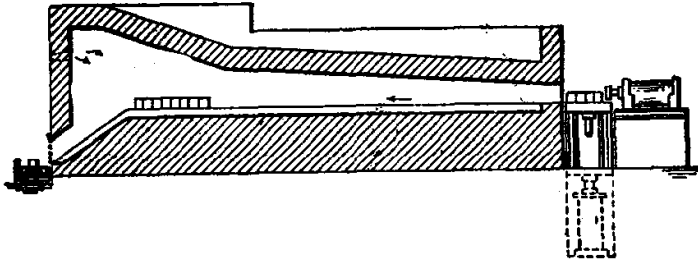


图 2 端部出料的连续式炉

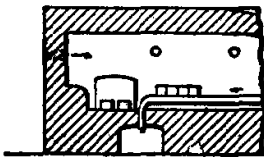


图 3 侧出料连续式炉的出料端

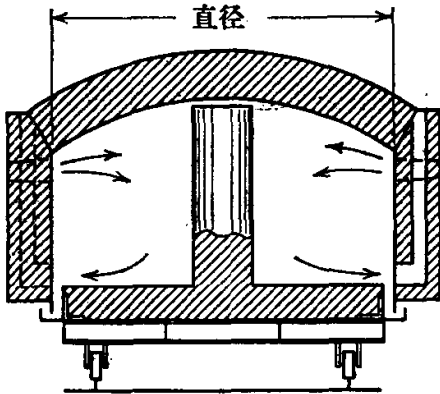


图 4 转底式连续式炉

台车式炉的炉底也是活动的（见图6）。然而，台车在加热期间是静止的，有时在冷却期间也仍然在炉内停留不动，它只是在装料和卸料时才移到炉外。这种炉子主要用于重型或大型工件。还有一种所谓升降式炉，原理同台车式炉相仿，但升降式炉的炉底在车间地面上装料以后是向上提升到炉内。这种升降式炉已经过时，所以未用图表示。

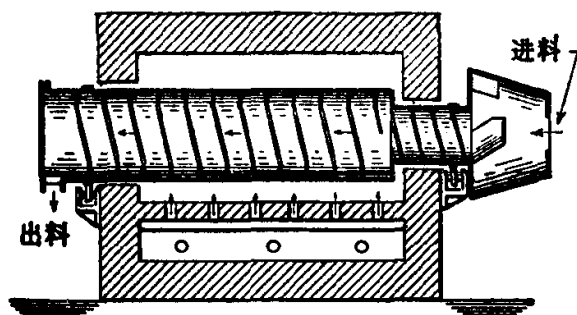


图 5 螺旋输送式的连续式炉

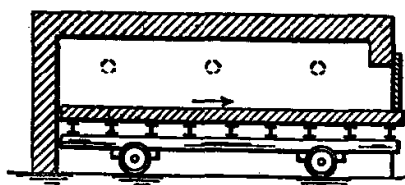


图 6 台车式炉

靠燃料燃烧进行加热的炉子，因燃料种类不同而在构造上也大不相同。在炉篦上烧煤的炉子，其燃烧室与炉膛之间通常隔有桥墙（即挡墙），火焰越过桥墙而窜入炉膛。但是这种煤炉在美国市场上实际已经见不到了。有少数工业炉是以煤粉为燃料。

上述每一类炉子还可以按燃烧发生的部位及燃烧产物的流动情况而进一步划分为若干型式。如果火焰是在加热室本体内发生的（如图 1 或图 4），那就叫做“直接燃烧炉”，其中图 1 所示有时也叫做室式或箱式炉。如果火焰是在炉底的下面发生，然后向上窜进加热室，那就叫做“底燃式炉”。如果火焰是在加热室侧面的燃烧室里发生，然后越过桥墙而进入加热室，那就叫做“侧燃式炉”。最后，如果火焰是在加热室上面的空间里发生（如图 9），然后经由多孔的拱向下流进加热室，那就叫做“顶燃式炉”。这里“火焰”一词是个简称，实际上是指“高温的燃烧产物”。在“反射炉”里，火焰都是在炉底以上的一定高度处发生，然后靠拱顶或倾斜的炉顶反射到炉底上。“反射炉”这个名称在冶金工业中用得普遍，但在本书所说的工业炉方面并不采用这个名称。

对于中温或低温，如果要求温度均匀，则宜采用再循环炉（或称强制循环炉，见图10）。

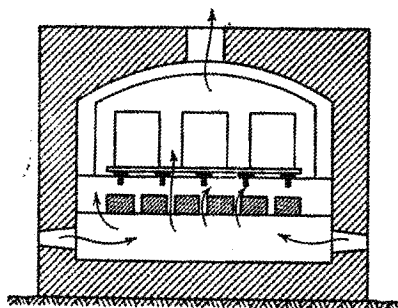


图 7 底燃式炉

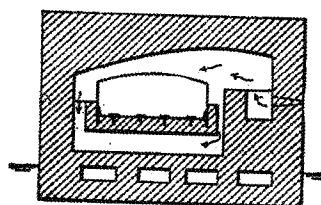


图 8 侧燃式炉

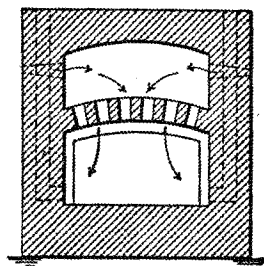


图 9 顶燃式炉

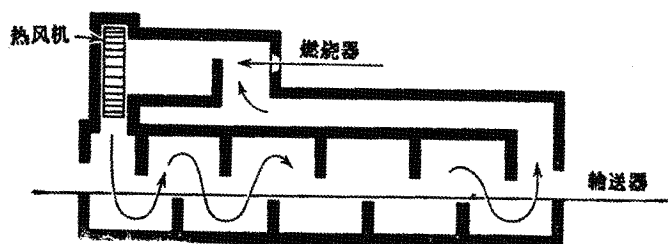


图 10 再循环炉

在所有上述型式中，燃烧产物都是跟工件接触的。但在某些工艺过程中，这种直接接触对工件颇为有害，因此要把工件罩在马弗罩里，而在马弗罩之外用燃烧产物进行加热。图11就是这种马弗炉的示意图，其中封闭的粗实线表示马弗罩。图12表示一种双重马弗炉，不仅工件（在此图中是一堆薄板）被罩在马弗罩里，并且燃烧产物也是从“辐射管”内通过，这辐射管就相当于燃烧产物的马弗罩。有许多炉子，为了不使工件氧化或脱碳，或者为了其他目的，还须采用特殊的保护气氛，并在炉子的耐火砖体周围装设气密性的外壳，而炉内热量则由燃料燃烧的辐射管供给，或者由电阻元件供给。如果主要目的是防御高温而不是防御炉气，那么马弗罩的顶就可以取消，那样的炉子称为“半马弗炉”。在某种意义上，坩埚炉也是半马弗炉，因为坩埚就相当于没有顶的马弗。然而它又是全马弗炉，因为燃烧产物并不能接触到坩埚里面的东西（金属液或盐液）。图13所示就是一种坩埚炉。

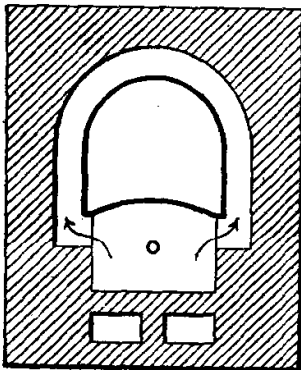


图 11 马弗炉

炉子还可以按其用途或工件的形状分类。如坑式均热炉（也称钢锭加热炉），是用来加热垂直放置的大钢锭或大型钢坯的。有些手锻炉是供各种形状的棒料在锻造或焊接前进行端部加热用的（图14所示是其中的一种）。模锻炉则是供模锻生产用的。图15所示的模锻炉，其炉口做成水平的缝隙，可供许多棒料同时插入进行端部加热，以适合模

锻生产的要求，所以又叫做开隙式炉。螺栓头锻造炉与此非常相似。至于钢板加热炉、角钢加热炉、铆钉加热炉和薄板坯加热炉等名称，则都是从工件的名称得来的。

在渗碳炉里，进行表面硬化的工件可以埋在罐子中所装的粉状渗碳剂里加热，也可以放在渗碳气氛里加热。图16所示的辐射管式炉子对这两种渗碳法都能适用。有时，渗碳过程还可以在充

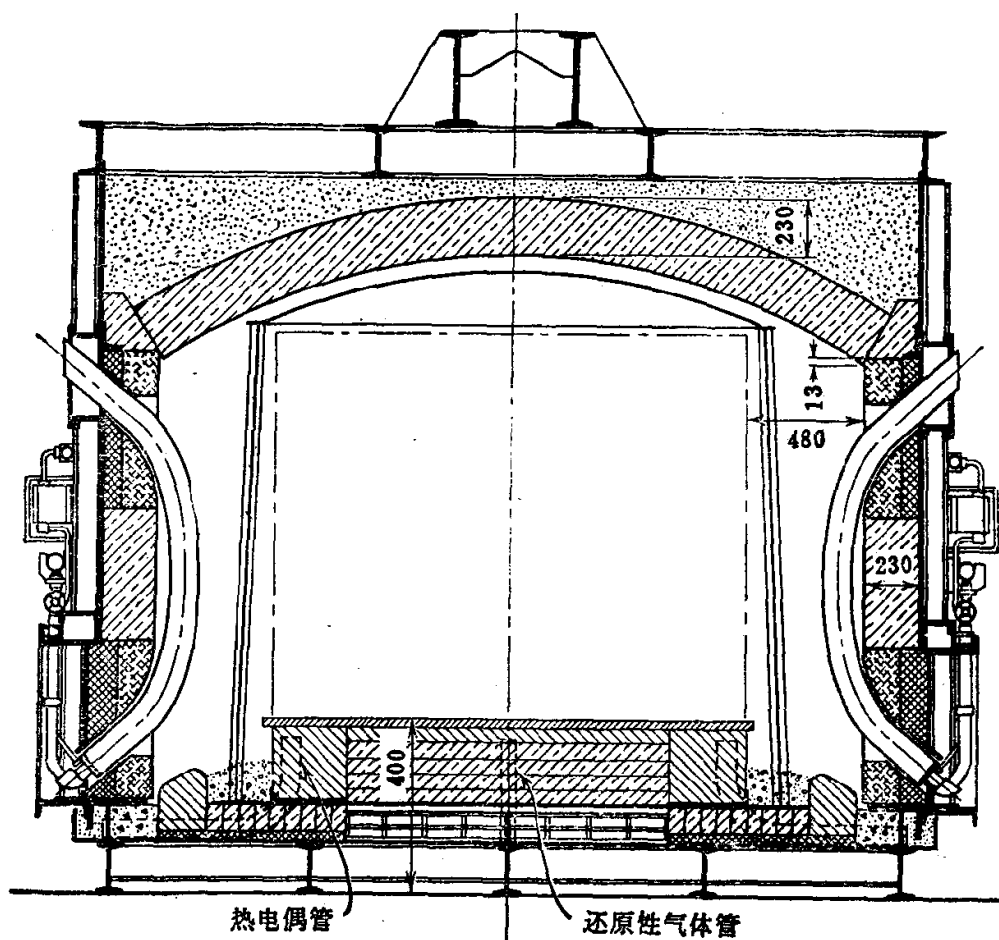


图 12 双重马弗炉 (工件与火焰都用马弗)

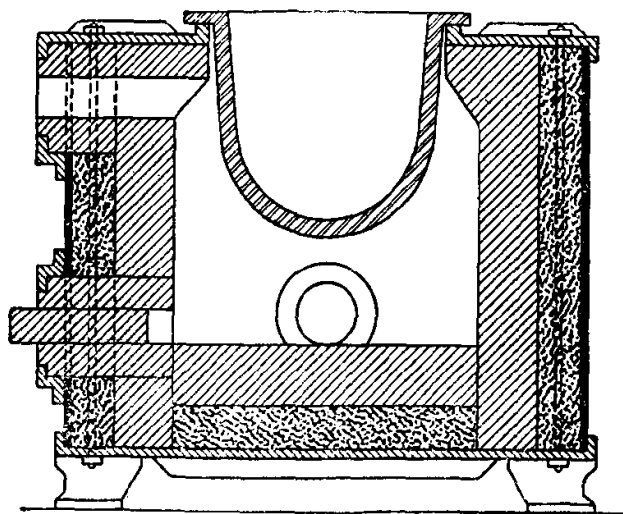


图 13 坩埚炉

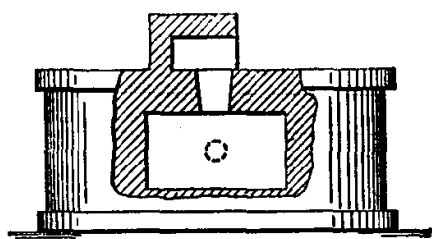


图 14 手锻炉

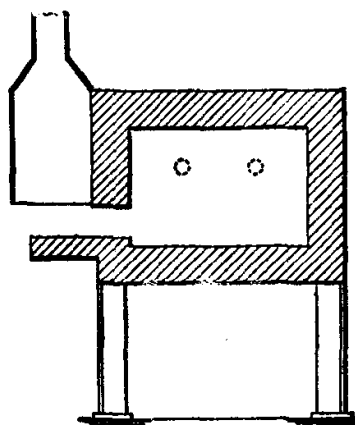


图 15 开隙式炉

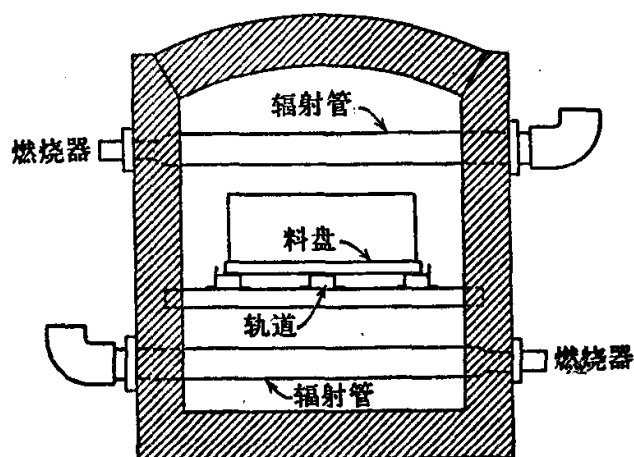


图 16 辐射管式气体渗碳炉

满富碳气体的回转筒内进行。

在间歇式火焰炉和大多数连续式炉内，燃烧产物的离炉温度（即废气温度）都很高。废气带走了大量的热量，这些热量不能再直接地用于炉子，但其中的一部分可以靠预热冷料来回收，也可以靠预热助燃空气来回收。某些情况下，例如以发生炉清洗煤气或高炉煤气为燃料时，还可以对燃料本身进行预热。图17表示了一种预热冷工件的简单办法：首先将淬火前进行加热的工件放在炉子的上层进行预热，然后再移到下层炉底上。至于助燃空气的预热，则有两种截然不同的方法。一种是让废气中的一部分热量以稳流状态经由管壁传递给进来的空气，这样的热交换装置

叫做“换热器”，而这样的炉子称为换热式炉（见图18）。另一种是让废气将热量传给放在热交换室内的砖体或金属，而进来的空气则在另一个已被烟气预先加热好的热交换室里，从其砖体或金属板上吸取热量，火焰方向是每隔一定时间变更一次，这样的炉子称为蓄热式炉（见图19）。蓄热式炉是由 William Siemens 和 Friedrich Siemens 两人所发明，所以又叫做“西门子”炉。

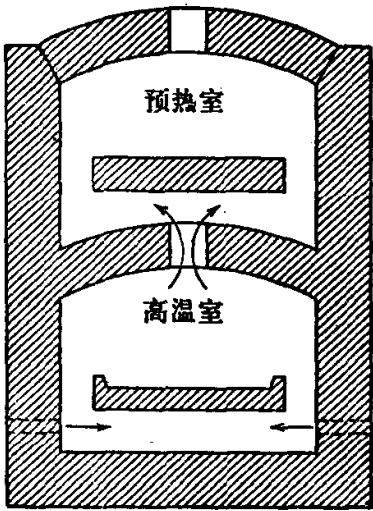


图 17 设有上层预热室的高温室工具加热炉

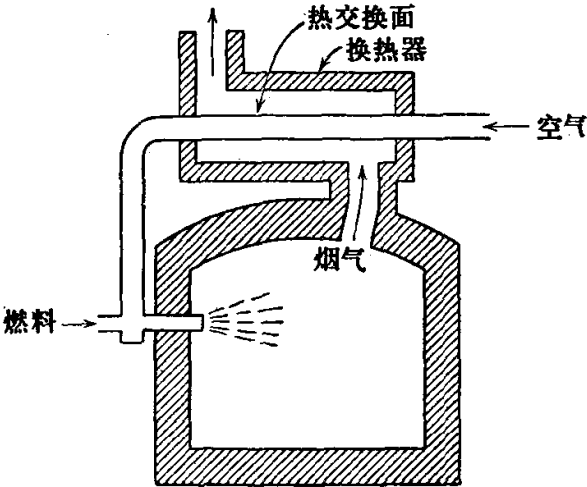


图 18 换热式炉

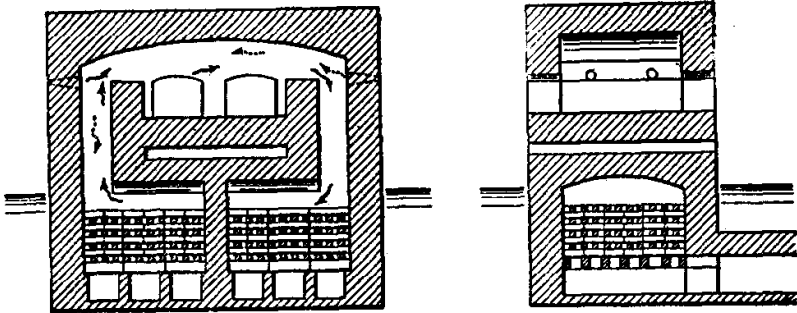


图 19 蓄热式炉

起初，“换热器”和“蓄热室”这两个名称是不加区分地用在图18及19那两种省热装置上的。后来，才把这两个名称区别开来。在“蓄热式”炉内，热量是在同一个换热面上反复地流进流