

本书叙述了加热炉的基本组成，设计原理与步骤，以及火焰炉的理论部分。介绍了各种加热炉的原理和构造，并对各种炉子的优缺点进行了一定的分析。

本书可供高等学校金属压力加工专业的试用教科书，亦可供压力加工技术人员参考。

锻压车间加热设备

山东工学院金属压力加工教研室编

*

第一机械工业部教材编审委员会编辑（北京复兴门外三里河第一机械工业部）

中国工业出版社出版（北京佟麟阁路丙10号）

（北京市书刊出版事业许可证出字第110号）

机工印刷厂印刷

新华书店北京发行所发行·各地新华书店经售

*

开本 $787 \times 1092 \frac{1}{16}$ · 印张 $13 \frac{1}{4}$ · 字数 301,000

1961年8月北京第一版·1961年12月北京第二次印刷

印数 01,834—02,593 · 定价(10-6)1.60元

*

统一书号: 15165 · 632(一机-120)

版

高等学校試用教科書

鍛壓車間加熱設備

山東工學院金屬壓力加工教研室編



中國工業出版社



本教材是根据 1959 年所拟定的鍛压車間加热設備課程的全國指導性教學大綱（初稿）及教材選編會議對本課的討論意見，在我們現用講義的基礎上結合幾年來教學實踐編寫的。本教材還吸收了各兄弟院校教材內容，特別是清華大學、北京鋼鐵學院、東北工學院等院校所編的教學用書及講義。

為了使本教材更密切的聯繫中國生產實際，以及結合機械製造業金屬壓力加工專業學生對本門課程的具體要求使系統的理論部分和選擇、使用、設計加熱爐緊密結合起來，在整個教學中必須加強爐子設計與爐子結構等方面的內容。為此我們在這次編寫教材的過程中，還特別訪問了一些設計院，他們都給我們提供了很多寶貴的意見和從生產實踐中總結出來的經驗與資料，這對我們充實教材內容起了很大的作用，在這裡我們表示衷心的感謝。

根據會議討論的意見，我們在這次編寫的過程中，對原有的講義作了某些較大的修改，主要的方面有下列幾點：

（1）在課程體系上為了使學生一開始就具體接觸到“爐子”這個概念以及使以後講授的燃料燃燒、氣體力學、爐內傳熱、金屬加熱等系統理論能緊密的結合爐子這個具體對象，我們在緒論後面插入了一章“加熱爐的基本組成部分”，概括地來解剖一個爐子。在理論部分後又加入了“加熱爐的設計原理與步驟”一章，把加熱爐中一系列的問題有機地結合起來，最後講授鍛造與模鍛生產用加熱爐的各種結構，為設計與選擇爐子提供一些典型的資料。

（2）考慮到電加熱在今後鍛壓生產中應用日益廣泛，我們在這次編寫中，在內容上作了一定的增加。築爐材料，燃料部分由於考慮到本專業的具體要求，作了一定刪減。另外以前的爐子熱平衡計算與築爐材料二章，這次我們沒有把它獨立出來而是放在第五章加熱爐設計原理與步驟一章內。

（3）*在教材內容中我們在編寫理論計算部分的同时，還增加若干在設計部門中經常使用的經驗（或實驗）計算方法，用這種方法得到的結果一般都能滿足生產上的需要，而計算方法確有很大簡化，對設計計算工作有一定的參考價值。另外對近來發展很快的煤氣加熱爐、無氧化與少氧化加熱、快速加熱、加熱爐機械化等內容作了若干介紹。但由於時間限制，在整個教材中反映我國生產水平還是很不夠，尚待今後進一步豐富。

另外要說明一點，在寫加熱設備這門課前，學生已經學完了“水力學”、“熱工學”、“電工學”等基礎技術課，因此在講授爐子理論部分時会造成一定重複。我們在編寫過程中，為了照顧到一門獨立課程所必需的理論基礎的系統性，以及幫助學生復習以前所學的部分，因此仍然較概括的闡述一部分已學過的理論，但在教師講授中可以根据各學校的具體情況，予以適當的精減。

本教材由於時間短促和編者理論與實踐知識水平的缺乏，難免有很多錯誤與不當之處，我們懇切地希望兄弟院校教研室和讀者提出寶貴的意見，以便今後修改，使之逐步完善。

本教材由教研室李祖衡同志負責主編，在教材編写的过程中，清华大学金屬压力加工教研室楊津光同志給初稿提出了很多宝貴的意見，并帮助审稿。我教研室教师虞仁兴，关廷栋，蚌埠机械学院教师張达生以及我院王潤卿、王淑林、洪介麟、叶梓龙等都参加了編写工作，这本教材所以能順利出版，是与以上这些同志大力协助分不开的，在这里一并致谢。

山东工学院金屬压力加工教研室

1961年5月4日

目 次

前言	3	§ 5-1 燃料燃燒的計算	124
緒論	7	§ 5-2 加熱爐類型的選擇	125
第一章 加熱爐的基本組成部分	11	§ 5-3 加熱時間的確定	125
§ 1-1 爐膛	11	§ 5-4 爐膛主要尺寸的計算	125
§ 1-2 煙道	15	§ 5-5 耐火材料和砌磚厚度的選擇	127
§ 1-3 煙囪	15	§ 5-6 爐子鋼架的選擇	133
§ 1-4 燃燒裝置	16	§ 5-7 爐子的熱平衡和燃料消耗量的計算	134
§ 1-5 輔助設備	22	§ 5-8 燃料燃燒方法的選擇和燃燒裝置 主要尺寸規格的確定	140
第二章 燃料及其燃燒	26	§ 5-9 預熱裝置的選擇及其主要尺寸的 確定	143
§ 2-1 燃料的化學組成	26	§ 5-10 煙道、煤氣和空氣管道尺寸的確定	145
§ 2-2 燃料分析	28	§ 5-11 氣體力學的計算及煙囪主要尺 寸的確定	146
§ 2-3 燃料成分的表示方法及其換算公式	29	§ 5-12 爐子機械設備和熱工測量及自 動調節裝置的選用	146
§ 2-4 燃料的發熱量	31	§ 5-13 技術經濟部分的計算	148
§ 2-5 燃燒計算的內容和假定	33	§ 5-14 爐子設計的制圖部分的注意事項	148
§ 2-6 燃燒過程的理論分析計算方法	34	§ 5-15 加熱爐工作的安全技術	148
§ 2-7 燃燒過程的近似計算法	39	第六章 鍛造及模鍛生產中加熱爐 的構造	150
§ 2-8 各種燃料的性質和用途	42	§ 6-1 加熱中小型鋼坯用的室形爐	151
§ 2-9 燃料的選擇	49	§ 6-2 加熱中小型鋼坯用的連續式加熱爐	155
第三章 加熱爐中的氣體流動	50	§ 6-3 加熱大鋼坯和鋼錠用的加熱爐	159
§ 3-1 常用的基本概念和定律	51	§ 6-4 熱處理爐	162
§ 3-2 氣體的質量及質量的轉換關係	52	§ 6-5 機械化爐底爐	164
§ 3-3 柏努利方程式	56	§ 6-6 快速加熱用爐	170
§ 3-4 氣體流動時的壓頭損失	59	第七章 電加熱	173
§ 3-5 爐內的氣體運動	64	§ 7-1 間接加熱電阻爐	174
§ 3-6 排出爐內氣體的方法	69	§ 7-2 直接接觸的電阻加熱爐（接觸電 加熱）	178
第四章 爐內傳熱與金屬加熱	73	§ 7-3 感應電爐	184
§ 4-1 穩定態傳導傳熱	73	§ 7-4 加熱形狀簡單的鍛造毛坯用的感 應器的計算例題（見圖7-29）	197
§ 4-2 對流換熱	75	參考文獻	201
§ 4-3 輻射傳熱	78	附錄	202
§ 4-4 綜合傳熱	91	附圖1 求固體及液體燃料的空氣消耗量 及燃燒產物體積的圖表	202
§ 4-5 加熱時金屬物理性質的變化	96		
§ 4-6 不穩定態傳導傳熱	98		
§ 4-7 金屬加熱的理論基礎	100		
§ 4-8 金屬加熱規範的確定	113		
§ 4-9 金屬加熱時的氧化現象與脫發現象	116		
§ 4-10 無氧化加熱	119		
§ 4-11 快速加熱	121		
第五章 加熱爐的設計原理與步驟	124		

附图2,3 求气体燃料的空气消耗量及燃烧产 物量的图表	202
附图4 求预热空气及煤气的热含量 $i_{\text{空}}$ 及 $i_{\text{煤}}$ 的图表	203
附图5 求修正系数 β 的图表	204
附图6 求理论燃烧温度的 i_t 图表	204
附表1 空气、煤气及燃料灰分的平均热容量	205
附表2 在不同温度和一定压力下每一米 ³ 煤 气及蒸汽的热含量(760毫米水银柱) 仟卡/米 ³	205
附表3 燃料燃烧近似计算的公式	208
附表4 各种耐火材料的主要特性	206

附表5 阻力系数	209
----------------	-----

附表6 温度因素之数值 $\Sigma = \frac{\left(\frac{T_1}{100}\right)^4 - \left(\frac{T_2}{100}\right)^4}{T_1 - T_2}$	212
---	-----

附表7 合金钢的平均比热	213
--------------------	-----

附表8 一些炉料的性质	213
-------------------	-----

附表9 砌砖的最大许可温度	213
---------------------	-----

附表10 不同温度下金属的导热系数 仟卡/米·小时·度	214
--------------------------------------	-----

附表11 铁和碳素钢的热含量, 仟卡/仟克	214
-----------------------------	-----

緒 論

顾名思义,从“鍛压車間加热設備”这一門課程的名称上就可以使我們了解到它的研究对象主要是鍛压車間中加热用的設備,即是平时我們所說的“炉子”。

什么叫做加热炉呢?为了改变各种材料的性质或者获得新的材料,在固体状态下进行加热的装置——叫做加热炉。在鍛压車間中对鍛造和模鍛来讲,加热是一个很重要的工序。它在很大程度上影响着鍛件的质量与技术經濟指标。我們知道,鍛造与模鍛加热的目的是为了改变金屬組織与机械性能。随着溫度的提高,一般金屬的可塑性亦就逐步增大。由于可塑性的增大,使之只須消耗較小的能量,就能很容易的改变它們的形状。鋼的内部組織随其溫度变化而不同,而其机械性能又是随内部組織而改变的。因此,用热处理的方法,可以使鋼具有能保証鋼有較高的质量的某一种組織,除鋼之外,其他一些材料的加热,同样在固体状态下产生某些性质的改变,或者构成新的材料。例如:焙燒耐火材料、石灰石、白云石和鎂石时,它們就发生热分解——分解出二氧化碳和得到一些新的物质。

根据加热炉用途不同可以分成下列五种:

- 1) 軋制生产用炉(軋鋼炉);
- 2) 鍛造生产用炉(鍛造炉);
- 3) 热处理炉;
- 4) 焙燒炉(石灰石,白云石,鎂石等焙燒);
- 5) 干燥炉,为排除水分(鑄型的干燥,粘土、砂子、矿石和烟煤的干燥等等)。

在这門課程中,我們主要是讲授鍛压車間內的鍛造炉和热处理炉。

鍛压生产对加热炉的基本要求如下:

1) 加热炉的生产能力要高。我們常常用单位炉子的生产力(用每昼夜或每小时炉底单位面积上的生产力来表示,如吨/米²昼夜,或公斤/米²小时),来評价具有同一目的各种构造的炉子工作,以及比較炉子操作的各种方法。

2) 热能消耗要最少。热能消耗量在大多数的情况下,以被加热成品的单位重量所消耗的燃料来估計。

3) 炉子的建造和修理的材料用得最少。建造炉子所必需的耐火材料和其他一些材料的消耗量,在設計各种不同构造的炉子时,具有很重要的意义。炉子工作期間,由于高溫、化学的相互作用和机械磨損的結果,耐火砌磚体和其他一些材料有部分地或者完全地不能使用。必須根据情况进行小修或大修,不然会很大程度降低炉子的生产率和增加热能的消耗量。对于修理炉子用的耐火材料和金屬构件的消耗,亦以成品的单位重量来加以計算的。

4) 加热质量要高。对材料加热的质量方面,应特別注意在被加热物体的断面上溫度分布均匀,应减少或防止金屬的氧化与脫炭及金屬的过热与过燒。

5) 加热炉工作应具有良好的劳动条件。如对烟气外流,热量輻射,笨重的体力劳动等等,在炉子設計与建造过程中都应很好的加以注意。

只有同时满足上述几点要求，才可以把这种炉子认为是工作最好的炉子。

整个炉子的发展是随着冶金工业发展而发展的。由于冶金工业的发展对炉子不断提出了新的要求，从而促使“炉子”获得了发展。

炉子的发展具有悠久的历史。人类最初使用的就是用一堆木柴支起来烧——篝火，它首先用于吃食和取暖上，后来用来烧制陶器等。为了保持篝火不熄灭，而在地下挖了一个大坑，或用一些石头堆起来，这就是炉子的最初形式。

我国是冶金工业发达较早的国家，早在我国铜器时代，因炼铜的需要，发明了风箱，这是炉子技术得到进一步发展的证明。由于采用了风箱，风量的加大加速了燃烧，这就可使炉子的尺寸增大和炉子温度提高。在春秋战国时代就有了很出色的炼钢术。但由于几千年的封建势力的统治和近百年来帝国主义的侵略，以及国内反动派的压迫，使我国的工业得不到发展。因之冶金生产亦处于极端落后的状态，对炉子热工的研究则更是少得很。

在15世纪末，利用水车来带动鼓风机，出现了高炉炼铁。

在18世纪末，蒸汽机的出现，利用它来带动鼓风机，这就更加提高了鼓风机的效率。在19世纪下半叶，资本主义生产的发展促使工业企业规模的扩充，随之而来的是冶金炉与加热炉容量的增加。以后人们又开始用天然气及重油等作为炉子燃料，使炉子的燃料范围进一步扩展。

在20世纪初，由于电器工业的发展，电加热由于具有很多优点，所以获得了广泛的应用和发展。在20世纪的现在，炉子的特征是其能力更进一步地发展和机械化与测量仪器的较广泛采用。除此之外，又发展了火焰加热、高周波加热及接触加热等快速加热设备，大大地缩短了加热过程所需的时间，因而提高了产量，保证了质量。同时各种自动化加热设备，已在许多企业中应用。

加热设备科学技术的发展与其它科学的发展是相同的，在最初人们根据生产的需要对建好了的炉子观察研究，然后分析总结得到了结论去指导生产实践，随着生产的进一步发展，又促进了炉子的改进，在改进了的炉子上再研究，因而又使得理论得到进一步发展，所以本门科学是由生产实践中总结经验，而后得到理论又去指导实践的过程中发展起来的。

在以前对炉子只是进行应用，开始专门研究炉子的理论还是在200年前才开始。在1763年伟大的俄国科学家M. B. 罗蒙诺索夫发表了“冶金学起源”，“自然通风下火焰的动作”，这样就确定了所谓自然通风情况下的烟囱工作的基本原则。

在19世纪后半期，由于冶金生产的迅速发展，因而许多苏联学者开始了大量的研究工作。这些工作保证了对于构成炉子理论上必需的许多实际数据。B. E. 格鲁姆-格尔瑞马益洛综合了他自己在冶金炉上工作多年的观察，又分析了其他许多炉子工作者的丰富经验后，在1905~1911年发表了他的“炉子水力学理论”。水力学理论虽然目前对近代炉子来说已经是陈旧的和不再被运用了，但在炉子的理论发展史中仍是一个主要的阶段。

炉子水力学理论的本质可以用它的基本假定来说明，它说“火焰的流动应该把它当作象是轻的流体在重的流体内流动”。换言之，即应该服从水力学的各种定理；因此这个理论称为——“水力学理论”。当时，这个理论是被认为正确的。因为当时他是观察研究了许多的、操作慢的“火焰和炉气流动很迟缓”的炉子以后所得的结果。在上述老式炉子中的热交换操作和燃烧反应是密切和气体的自然流动有关，因此，可以看出B. E. 格鲁姆-格尔瑞

馬益洛所提出的規律性，在他那時基本上是正確地反映了爐子工作中的實際情況的。

在近代的冶金爐上，大量的採用了鼓風機和燃燒器，這樣水力學的理论就被批判了。因為輕的气体常常也向下流動。同時，關於爐內傳熱的問題，水力學理论創立時期，無論理論上和實驗方面的數據都是極少的，所以在这理論中沒有反映出傳熱過程，這也就規定了它在應用上的片面性、不完善性和局限性。

對水力學理论的批判，是在1923~1930年由H. H. 道布洛赫托夫等人研究提出的。他們認為爐內气体的強制流動是強化爐子工作的主要原因，同時否定了把水力學理论應用到近代爐子上來的合理性。

解放後在黨的正確領導下，隨著國民經濟的發展，我國冶金工業和機械工業得到了飛躍的發展，爐子的生產率日益提高，這就突出地對爐子熱工提出了特殊的要求。要求在爐內建立合理的热工制度和採用正確的爐體構造。因為舊的、不合理的爐子，熱工制度和合理的爐體構造已在極大程度上限制了生產水平的提高。

幾年來鍛壓車間加熱設備在我國各機械製造工廠都有了很大的發展，已完全消滅了陳舊的地爐，改善了生產條件。特別是1958年大躍進以後，在黨和政府的正確領導下，全國各地工廠、科研部門、設計部門、高等學校都創造和發展了不少“加熱設備”的理論與結構及加熱工藝。在節約燃料方面也摸索與創造了不少先進的經驗與措施，這對今後加熱爐及加熱工藝的發展奠定了良好的基礎。在電加熱方面亦是一樣，隨著整個工業各個部門的發展，在我國使用與製造電加熱設備的工廠亦愈來愈多了。

儘管這幾年來我們在爐子方面技術水平已取得了很大的成就，但是亦應該指出：有些在生產中尚未十分穩定，爐子熱工的理論研究還遠遠落後於生產實際的要求，許多成就目前尚不能用理論進行分析，因之在爐子熱工的理論研究方面還需大力趕上。

近代爐子理論的基本內容包括以下幾個方面：

1) 創造最好的熱交換條件，以便在充分和均勻地利用加熱表面的條件下，盡量增大熱交換量。例如在允許的條件下，盡量增大爐氣和加熱表面間的溫度差（溫度頭），增大換熱系數，並在爐膛內建立有力的爐氣循環等，以改善熱交換條件。

2) 創造條件以加強供入爐內的熱能，並在爐內尽可能充分地利用這些熱能。例如保證燃料燃燒完全，利用廢氣的熱量預熱空氣（煤氣）和減少爐子的散熱損失等。

3) 依靠燃燒室、噴咀和燒咀等裝置在爐內建立起爐氣有力的強制運動，以改善傳熱條件。合理地布置燃燒裝置和廢氣排出煙道的位置以調節爐膛內的气体流動。盡量減少消耗在無用阻力上的能量損失。

4) 盡量加快燃燒過程，因此應為燃料着火創造有利條件，例如改善燃料的混合條件等。

5) 在爐溫允許的條件下，盡量使燃料裝置和爐膛連成一体，以使灼熱的爐氣同被加熱材料互相作用，以減少入爐前爐氣流動中的熱損失。

6) 為了防止和減少冷空氣吸入爐內和熱爐氣溢出爐外，應維持爐膛內具有適當的壓力（即爐底靜壓為零或稍大於零），爐膛壓力調節可用控制爐內燃料供入量和煙道抽力的辦法實現。此外還應經常維持爐體的嚴密。

總之現代爐子理論就是應綜合地考慮燃料燃燒、气体流動、熱交換等各方面的問題，

并结合具体炉型作具体的分析，以指导炉子的设计和操作。

本课程“锻压车间加热设备”是机械制造类金属压力加工专业学生专业课程之一，课程的目的与任务是：学生学习本课程后能掌握加热设备的基本工作原理和设计加热设备的基础知识，并且具有在生产中能实际管理和改进加热设备的能力。

采用电加热设备虽然是发展方向，但由于目前国内电加热设备与成本等因素的限制，在目前使用上还不很普遍，各地大多数工厂锻压车间的加热设备仍然是以火焰炉为主。因此本课程在内容的安排上即使电加热内容加强了，但从总的来讲火焰炉方面仍占有较大的篇幅。

在教学方法上，除了教师在课堂上讲授外，还可以采用现场教学（结合生产劳动与生产实习来进行）的方法。另外在讲授中应加强习题的演算，使学生通过实际的现场观察、操作与设计过程中，把学到的理论与实践密切结合起来。

第一章 加热炉的基本組成部分

在讲授加热炉的每一个組成部分结构以前，我們先来看一个典型的炉子整体结构图。图 1-1 是固定型的室形鍛工炉，这炉子是用煤炭加热的。燃料的燃烧在半气化的燃烧室 1 (有二次送風) 内进行。燃烧产物从燃烧室进入工作空間 2，从工作空間排出来后经过烟道 3，进入廢气道中。在廢气道内装有换热器 5。燃烧产物通过换热器預热空气，二次空气順着管 6 流入燃烧室空間的上面。以便使燃烧室出来的半气化的煤气完全燃烧。一次空气经过口 7 在炉条下面送入。金屬的装入及取出通过位于炉子側牆上的装料口 8 进行。从换热器中出来的廢气经过烟道 4 通过烟囱排入大气。排气可以由閘門 9 来加以調节以控制炉內燃烧状况。

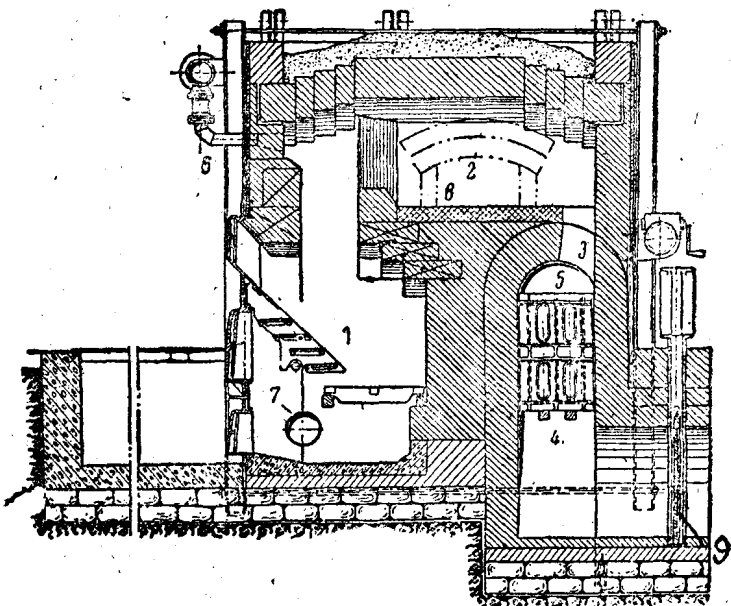


图 1-1 半煤气化室状炉。

通过上述炉子的分析，我們可以看到一个鍛压車間中所使用的炉子基本上是由五个部分所組成的。

- 1) 炉膛部分：由炉牆、炉底、炉頂、炉膛的鋼架等几个部分組成；
- 2) 烟道部分；
- 3) 烟囱部分；
- 4) 燃烧装置：根据所使用的燃料不同可以分为固体燃料燃烧装置、气体燃料燃烧装置、液体燃料的燃烧装置；
- 5) 輔助設備部分：炉門、預热装置（图内标号 5 就是一种預热装置——針状金屬换热器，它是利用廢气热量預热空气或燃料，使之提高炉溫和燃料利用率的一种装置）、閘門等。

§ 1-1 炉 膛

金屬加热的进行可以采用很簡單的方法。例如：将熾热的气体直接噴到被加热物体的周圍。但利用此法来加热，其效率是很低的。因为大部分的热量全散失到周圍的介质当中，同时，也难于得到快速的加热。为此必需将熾热的工作件置于此空間内，并使熾热的气体在此空間内流动，以加热被加热的工作件，我們把此空間称为炉膛。

炉膛在一般的情况下是做成方形的，由炉顶、炉墙及炉底组成。

在炉子的分类上，可根据炉膛的温度条件分为室状炉及连续加热炉。前者的炉温是不随炉长和时间而变的。而后者炉温是随炉长而成曲线的分布。

1) 炉墙：是炉膛的垂直部分。其内表面常受到 1000°C 以上的高温作用，而其外表面所受温度变化不大（一般不高于 30°C ）的空气作用。因此砖块受热很不均匀，在内应力的影响下会发生变形，使砖块逐渐损坏，因此需使炉墙尽可能的不受负荷的作用。如炉门装料机构，燃烧装置等全应独立的支持在炉墙外的钢架上，在操作时不应使炉墙受到冲击。

炉墙砌砖的厚度通常是砖厚的倍数。标准砖的尺寸是 $230 \times 115 \times 65$ 和 $250 \times 125 \times 65$ 毫米，最常用的是前者。如果砌砖厚度为 230 毫米即是一块砖，同样，厚 345 毫米即是 $230 + 115$ 称一块半砖， $230 + 230 = 460$ 为二块砖厚依此类推。在砌造时炉墙的表面多用耐火材料，而外部多用价格便宜的料材，但需要导热系数较低的。如用红砖砌外层，外面可以不再用铁板。如果用轻质材料做外层则在其外面需用石棉板及铁板给包起来。

炉墙厚度的决定应从两方面来考虑，为使炉子损失于周围介质的热量减少，希望炉墙厚些，但从经济方面来考虑，炉墙厚，建筑投资就较高，正确的解决这个问题，需用经济技术的计算方法来决定，在前人实际工作中给我们留下了宝贵的资料。

砌筑时所用的灰浆，其主要作用是填密砖与砖之间的缝隙，而不是使砖互相结合。

加热炉的砌砖及绝热层的适宜厚度如下表：

砌 砖 的 部 分	温 度	内 层		绝 热 层	
		砌砖厚度 (毫米)	材 料	砌砖厚度 (毫米)	材 料
高度为 1 米以下的炉墙	1200 以下	120	B 级粘土砖	250	硅藻土砖
高度大于 1 米的炉墙	1200 以下	250	同 上	250	同 上
高度在 1 米以下的炉墙	高于 1200	230	B 级粘土砖	120~250	同 上
高度大于 1 米的炉墙	高于 1200	230~350	A 级粘土砖	120~250	同 上
跨度为 1 米以下炉顶	1000 以下	120	B 级粘土砖	120~250	绝热填料
跨度为 3.5 米以下的炉顶	1000 以下	230	同 上	150~120	绝热填料
跨度大于 3.5 米的炉顶	1000 以下	300	同 上	150~120	同 上
跨度为 1 米以下的炉顶	1000~1200	120	A 级粘土砖	120~150	同 上
跨度为 3.5 米以下的炉顶	1000~1200	230	同 上	150~200	同 上
跨度大于 3.5 米的炉顶	1000~1200	300	同 上	100~200	同 上
跨度为 1 米以下的炉顶	高于 1200	230	A 级粘土砖	120~150	同 上
跨度为 3.5 米以下的炉顶	高于 1200	300	硅砖或 A 级粘土砖	150~200	同 上
跨度为大于 3.5 米的炉顶	高于 1200	300	同 上	150~200	同 上

砌筑炉墙时需留有膨胀缝，一般的计算依据是炉子温度及砌砖材料膨胀系数，膨胀缝平均值如下表：

砌砖种类	每 1 米长砌砖膨胀缝 长度(毫米)平均值	砌砖种类	每 1 米长砌砖膨胀缝 长度(毫米)平均值
粘土质砌砖	5~6	砂 砖	12
滑、石 砖	8~10	镁 砖	8
硅藻土 砖	5~6		

2) 炉底: 被加热物体可以放到炉底上, 此物体可以在炉底上移动, 亦可以连同炉底一起移动。炉底的最小厚度为 230 毫米, 最大可以到四块砖厚。而最常采用的是 2~3 块砖厚, 为了加快加热速度, 在炉底上做出与炉底材料相同的突起物或者用铁或耐热钢管做成。在连续加热炉内, 为了便于推动物体及减少它对砌砖的磨损, 有时用耐热金属板或水冷的管子放在炉底上 (如图 1-2 所示)。

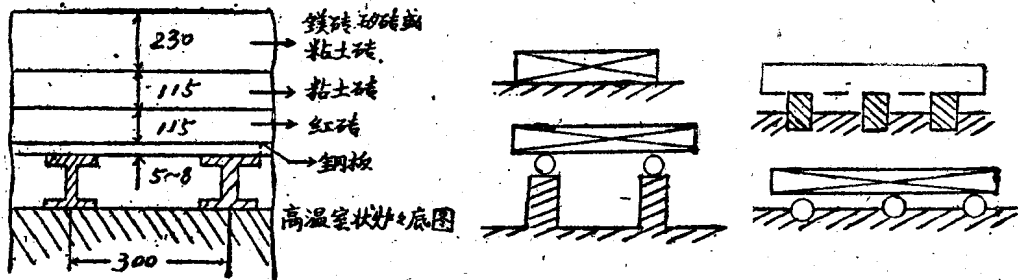


图 1-2 炉底结构。

炉底的最上一层, 根据温度的不同及所发生的化学作用不同, 可以用碱性、酸性或中性耐火材料做成。最常用的是粘土砖, 锻造上用的一般应是镁砖, 铬镁砖、滑石砖或铬质砖, 其厚度为一砖厚。为保证炉底的热损失尽量减少, 一定要用绝热材料来隔热。如果炉底是处在高温下, 则炉底需有空气层, 因为炉基是混凝土做成的, 其耐火能力不能超过 300°C , 否则混凝土会失去机械强度。

3) 炉顶: 炉子的复盖叫做炉顶, 一般都作成弓形和悬挂的炉顶, 如果炉子宽度大于 3 米, 那么横向应力将大大增加, 从而使炉顶强度减弱。在这种情况下, 炉顶采用悬挂式的。弓形顶可以有各种不同的弯曲度, 标准的弓形顶其弯曲度的半径等于炉子的宽度如图 1-3A 所示。

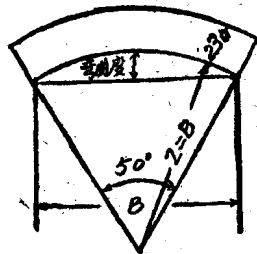


图 1-3A 标准的弓形炉顶。

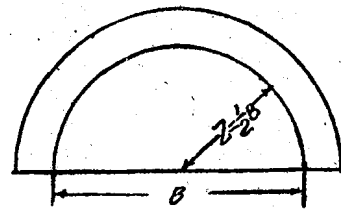


图 1-3B 半圆形炉顶。

如果炉顶弯曲度的半径等于炉宽的一半, 这样的弓顶叫做半圆形顶如图 1-3B 所示。

弓形炉顶的弯曲度半径大于炉子宽度是不采用的, 因为产生横向推力很大。半圆形弓顶在理论上讲没有横向推力, 但是这样的顶很少采用。不采用半圆形炉顶原因在于烘炉时易产生裂缝, 因之足以引起炉顶的毁坏。而曲率半径大的炉顶产生裂缝的可能性小些。炉顶一般都用特殊形状的拱顶砖或者由标准砖和楔形砖砌筑。炉顶厚度随炉子跨度而定, 炉子跨度在 2 米以内的, 炉顶厚度可以超过 230 毫米。而当跨度很宽时, 采用 300~500 毫米的特殊拱顶砖。用做加热炉炉顶的材料是粘土砖, 而在高温区用硅砖, 炉顶被支撑在特殊拱脚砖上。拱脚砖支在横脚梁 (一般是槽钢做的) 上面拱脚梁是放在钢架上, 并固定于其上如图 1-4 所示。

炉頂破坏的原因之一就是拱脚的移动，所以設計炉子时，对这点特別予以注意。炉頂外面應該很好地絕热。炉頂的絕热材料可以利用任何絕热材料。

在炉牆上的装料口及其他一些窗口上边一般用厚 0.5 或 1 块磚的标准弯曲的拱頂做成的，有时这个拱頂做成两层，每一层厚为 0.5 块磚，在这种情况下，拱頂由两层砌磚做成的。

悬挂式平的炉頂一般用在寬度大于 3 米的炉子上。这种炉頂用特种磚筑成。如图 1-5。

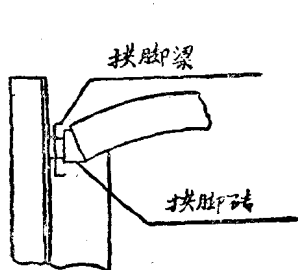


图 1-4 炉頂的鋼架。

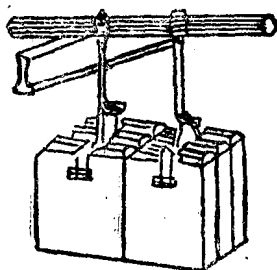


图 1-5 炉頂磚的吊架。

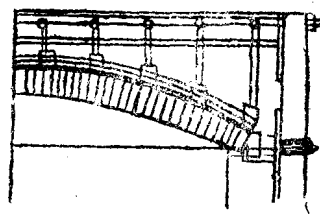


图 1-6 弓形的悬挂式炉頂。

要做悬挂式炉頂可以把每块磚单独的吊起来，或者把許多磚穿在特殊梁上变成磚的組合，然后再吊起来。很明显，悬挂式炉頂本身較普通炉頂昂貴，但是炉子跨度大时采用这种炉頂比較可靠。如果采用的是悬挂式炉頂，就不需要有特殊拱脚磚了。悬挂式炉頂的橫向推力是不大的。

悬挂式炉頂的絕热是用特殊平板做的。利用散料絕热是不可以的，因为金屬吊架在絕热层中就要失去其本身的机械强度。

弓形的悬挂式炉頂的构造也有，但是采用的很少。如图 1-6。

如果在整个的炉子上，采用移动炉頂，这可以是完全移动或者部分移动的。在这种情况下，炉頂的拱脚放在坚固的鑄造框子上，方形和圓形断面的均热炉也是用可移动的拱頂，放在固定的鑄造的框子內，如图 1-7。拱頂的砌筑有时形成象钟罩似的。为了使炉子严密，可移动炉頂在拱脚那个地方有凸出部分，这个凸出部分在炉頂放下时进到砂子里去了，同时也形成了砂封，如图 1-8。

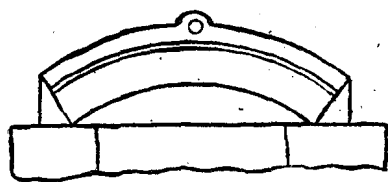


图 1-7 可移动的炉頂的組成部分。



图 1-8 可移动的炉頂。

砌筑弓形炉一般不用鎂磚或鉻鎂磚，因为这些磚在高温情况下，都要收縮而可能引起炉頂的破裂，但是鎂磚或鉻鎂磚可应用在悬挂式炉頂上。

4) 炉膛的鋼架

在烘炉膛时，炉子砌磚体在一定的溫度作用下发生膨脹現象。因为砌磚体不是整块的东西，所以膨脹亦是不均匀的。因此为了保持炉子的形状和避免造成裂縫，应当把砌磚体坚固地連在一起。砌磚体的外表部分，除了炉頂之外，都以鍋炉鋼板或鑄造之鉄板做成的金屬壳。为了防止金屬壳破裂，炉子砌磚体用鋼柱和拉杆在橫方向上都固定起来，近来采用固定鋼架代替了拉杆。因为砌磚体膨脹时产生的应力很大，所以为了避免固定鋼架的破

裂或在砌磚砌得很緊密的情況下磚的破壞，在砌築的過程中，一般都留膨脹縫。有時在砌築爐頂時，在磚與磚之間敷放厚紙板（馬糞紙）或者通過一排磚放木板，此木板在烘爐時燒掉。以此來補償砌體的膨脹。

固定爐子的鋼柱由槽鋼或工字鋼（№12-13）做成的。鋼架下部固定在地基中，或者用拉杆系在爐子底下。鋼架上部用圓形鉄做好拉杆固定起來或者同樣亦用槽鋼或工字鋼固定起來，圖1-9，圖1-10，表示爐子的鋼架部件和爐子鋼架的橫斷面圖。

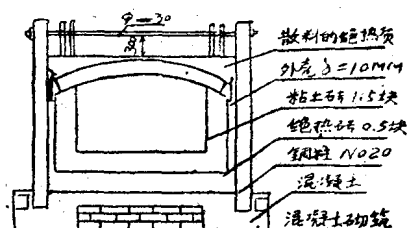


圖1-9 爐子鋼架結構。

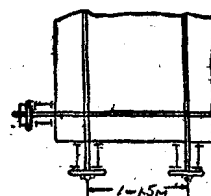


圖1-10 爐子的鋼架-隅的結構。

利用鋼柱的目的是為了把裝料口，燒咀和噴咀固定在鋼柱上。鋼柱的安排根據爐子的尺寸和爐膛的溫度情況可以成對的放或者單獨的放。鋼柱軸綫之間的距離應當在1~1.5米範圍內。

§ 1-2 烟 道

由爐膛的廢氣出口到煙囪底部，煙道的頂部至地面不應小於300毫米以免漏氣及負荷重時壓壞。另外在設計煙道時，要注意不使地下水滲入煙道，因為當煙道潮濕時，廢氣溫度下降太多，對煙囪的工作是不利的，會影響整個爐子的工作，所以要防止地下水。若煙道在地下水面時，則要用鉄板焊接起來，把煙道包住。

另外在設計時要特別注意它們的尺寸與氣密性。假若煙道的斷面尺寸太大，則在建築上需要很大的費用，但斷面太小又會造成更大的氣流阻力。在確定煙道截面時，還應考慮到清掃煙道的方便。

煙道通常是用磚砌築。煙道的底部都採用混凝土基礎，为了不使混凝土溫度過高，煙道的底部砌磚可採用硅藻土磚做絕熱層。硅藻土磚的上部再鋪上半塊粘土磚。煙道的內部砌磚常採用三級粘土磚，外部用紅磚，在低溫部分（一般 $<450^{\circ}\text{C}$ ）亦可以全用紅磚。但壽命可能低些。在蘇聯衛國戰爭時期用紅磚砌築煙道亦積累了很多的經驗。

煙道拱頂通常採用雙層的半圓拱頂，並應注意不使拱頂承受荷重和遭受外力的沖擊。在砌築煙道時必須設置人孔，以便清掃和修理。

§ 1-3 烟 囪

煙囪的目的是為了從爐膛中去除廢氣，並把它送到安全的高度上去，即排除到對人們的衛生無害的高空中去。

對大多數爐子來說，造成吸力的主要裝置就是煙囪。如果在氣體流動途徑上的阻力很大，或者在阻力很大的條件下，氣體溫度很低，則廢氣的排出一般按上人工抽風——抽氣裝置。

烟囱根据所制造的材料不同可以分成三种：

1) 金属烟囱：由5~10毫米钢板焊成或铆成，用于小炉子上。30米以上的烟囱一般都不用金属烟囱。燃料成分对金属烟囱的寿命有很大的影响，潮湿的或含有硫化物的燃料，极易侵蚀金属烟囱。

2) 砖砌烟囱：砖砌烟囱具有很多优点，因为红砖是种廉价的材料，比之钢筋混凝土烟囱它可节省我国暂时较缺乏的建筑材料——钢筋和水泥。红砖绝热性很好，可以节省优质绝热材料，并且工程造价低。通过废气的温度允许达到400~500℃，但是砖砌烟囱亦有一定的缺点，最主要的缺点是不便于工厂化与机械化施工；它要求高标号的砖和技术熟练的专门砌筑烟囱的工人；而且砌砖的重量大，因而基础造价高；这种烟囱不适于地震区。

3) 钢筋混凝土烟囱：建造70米以上的钢筋混凝土烟囱比同样高度的烟囱所需工程造价低，建造时可采用工厂化与机械化施工，与砖烟囱比较它的基础造价低，并可用于地震区。但要消耗大量钢材、水泥和优质绝热材料，当废气温度超过500℃时，不适于钢筋混凝土烟囱。

烟囱的构成部分主要包括基础、筒身和内衬。大型的烟囱还有附件如攀梯、铁箍、避雷装置、信号平台等。攀梯是为了检查避雷器信号灯以及观察或修理烟囱而设置的，铁箍可以承受砖砌筒身砌体上的温度应力，避雷装置用来防止烟囱受到雷电的破坏，信号平台上装置红灯以保证飞行安全。

根据废气温度不同，管道的结构是不同的，并且采用的材料也不同，对温度低于300℃和不大的炉子来说，可以用10~15毫米厚的锅炉铁板做成管道（不带内衬砖）。对温度高于300℃时，制造管道的材料可以带有半块到一块砖厚内衬的锅炉铁板或混凝土做成；也可以就用砖砌筑。近年来，用锅炉铁板带内衬做的管道代替了用砖砌的管道，因为锅炉铁板的管道比砖砌管道便宜30~40%。一般将管道做成圆柱形，或者做成圆锥形，其目的是为了使它坚固耐用。管道的基础要牢牢地固定在坚固的地基上。

§ 1-4 燃烧装置

1. 固体燃料的燃烧装置——燃烧室

a. 燃烧室内燃料燃烧概要：在燃烧室内燃料燃烧的变化如图1-11所示。在燃烧室内完全燃烧时，其燃烧产物为： CO_2 、 H_2O 、 SO_2 、 O_2 、 N_2 。若不完全燃烧时，其产物为 CO_2 、 H_2O 、 SO_2 、 O_2 、 N_2 、 H_2 、 CO 、 CH_4 、 C_nH_m 、 C 。

在锻造用炉上我们希望是燃料完全燃烧，而且使高温带转移到炉膛中去。因而我们需要在燃烧室内不完全燃烧的产物在炉膛内完全燃烧，这样就需在炉膛内供给二次空气，为使二次空气与未完全燃烧的产物混合均匀达到完全燃烧的目的，二次空气需以高速细流鼓入。图1-12所示。

燃料在燃烧过程中可分成四带：预热带；还原带；燃烧带及灰层。但应注意各带是没有明显界限的。

在预热带进行：燃料的加热、水分及挥发份的蒸发过程。

在还原带是赤热的碳与水及 CO_2 发生化学作用，而形成 CO 和 H_2O 。

在燃烧带发生的是碳的燃烧，形成 CO_2 和 CO ，部分 CO 完全燃烧亦生成 CO_2 。燃烧