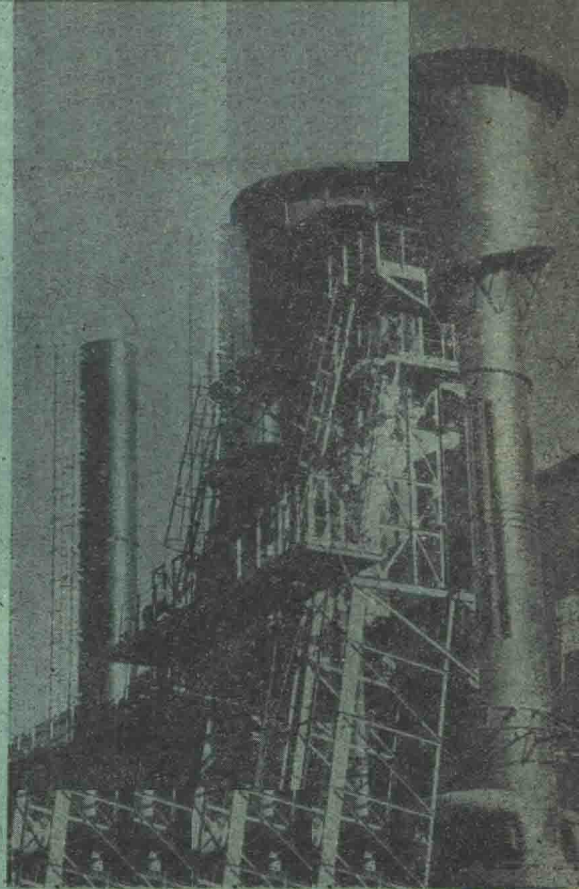


鋼鐵工业丛书



燃煤加热炉

林万驥編著

科技卫生出版社

內 容 提 要

本書从加热炉的种类和特点談起，敘述了燃煤加热炉的燃料燃燒、炉子的組成部分及各种炉型、鋼的加热。由于燃煤加热炉的工作好坏在很大程度上决定于加热操作方法，因此对加热操作經驗作了比較詳尽的介紹，同时，本書还对降低炉内金屬燒損、節約煤耗及热工測量方面的知識作了介紹。

本書可供全国軋鋼厂的工程技術人員以及具有一定文化水平的技術工人參考。

燃 煤 加 热 炉

林万颯 編 著

科技卫生出版社出版

(上海南京西路2004号)

上海市书刊出版业营业許可証出093号

上海市印刷五厂印刷 新华书店上海发行所总經售

开本787×1092 1/32 印張5 3/16 字數109,000

1958年12月第1版 1958年12月第1次印刷

印數1—15,000

統一書号：15119·1116

定价：(十)0.50元

序 言

当前我国社会主义建设正处在“一天等于二十年”的大跃进的形势下，全国范围内掀起了一个全党全民办工业的高潮，尤其是冶金工业，发展更为迅速。冶金生产的主要过程是在高温下进行的，因此必须建立起为数众多的高温加热设备。加热设备按照使用燃料的不同，可分成燃油、燃气与燃煤等几类。根据我国经济基础的特点，以及地方工业遍地开花的情况，发展燃煤加热炉具有重要意义。这类炉子的特点是投资费用少、设备结构简单、操作省便，并具有工作的独立性等有利条件，因此非常适合于我国地方中、小型企业的要求。

由于目前国内关于这方面的书还很少，有的亦仅是国外的一些文献(包括译文)，不适合于广大生产工人与技术人员阅读，因此编写了这本关于燃煤加热炉的书，希望能对我国发展地方工业起一些有益的作用。同时也为普遍提高技术水平、大闹技术革命提供些参考资料。

本书在内容上以及编排系统等方面还存在很多缺点，希望读者给予指正和提供宝贵的意见。

上海市冶金局生产技术处

1958年9月

目 录

第一章 加热炉的种类及其指标	1
1. 加热炉的种类.....	1
2. 燃煤加热炉的特点.....	2
3. 燃煤加热炉的种类.....	3
4. 加热炉的工作指标.....	4
5. 现有燃煤炉子的工作性能.....	7
第二章 燃料与燃烧	14
1. 燃料的定义与分类.....	14
2. 煤的成因.....	15
3. 煤的物理性质.....	16
4. 煤的化学性质.....	18
5. 煤的分类.....	20
6. 完全燃烧和不完全燃烧.....	23
7. 燃烧反应.....	25
8. 燃料的发热量.....	26
9. 火焰.....	29
10. 理论空气量.....	30
11. 过剩空气及过剩空气率.....	32
12. 燃烧温度.....	33
13. 燃料的组成及相互换算.....	35
14. 炉内燃料消耗的计算.....	37

第三章 鋼的加热	40
1. 鋼料加热的主要任务.....	40
2. 鋼在加热时的主要物理变化.....	41
3. 金屬的氧化.....	42
4. 脫碳.....	47
5. 金屬的过热及过燒.....	48
6. 鋼的加热溫度.....	49
7. 加热速度与加热時間.....	49
第四章 炉子的基本組成部分	52
1. 燃燒室.....	52
2. 燃燒室使用絞煤机加煤.....	58
3. 炉膛.....	62
4. 炉底与炉基.....	63
5. 炉墙.....	63
6. 炉頂.....	65
7. 鋼架与連結杆.....	68
8. 炉門.....	69
9. 出鋼机.....	70
10. 烟道.....	72
11. 烟囱.....	73
第五章 炉体結構及其型式	74
1. 加热小型鋼料室式炉的結構.....	74
2. 連續炉构造及其型式.....	75
3. 連續炉炉体各部分主要尺寸範圍.....	90
4. 关于二次鼓风問題.....	98
第六章 加热操作	95
1. 层燃法燃燒特点.....	95

2. 添煤操作与燃燒关系	96
3. 薄煤层操作法	98
4. 厚煤层操作法	100
5. 装出料与按炉送鋼	101
6. 停軋或緩軋时的热工操作	102
7. 烘炉操作	102
第七章 降低炉內金屬燒損与脫碳	107
1. 金屬在炉內的燒損	107
2. 塗料对鋼材脫碳、氧化的效果	111
第八章 降低燃料消耗与廢热回收	114
第九章 热工測定	137
1. 热工測定的意义	137
2. 热工測定所需的仪器	137
3. 仪器应用的注意点	144
4. 热工測定中各种仪器安装的位置与作用	148
5. 热工測定的項目与步驟	148
附录	152
参考文献	161

第一章 加热炉的种类及其指标

1. 加热炉的种类

凡用于熔化、焙烧、加热物料、半成品或成品，使其适应于进一步加工或具有一定性质的装备，统称为工业炉。加热炉是工业炉的一种，它与熔炼炉不同。加热炉的炉料仅在熔点以下的温度进行加热。

根据用途的不同，加热炉可以分为下列几种：

(1) 轧钢生产用炉：用于轧制前金属加热，其目的主要是为了改变机械性能；

(2) 锻造生产用炉：用于锻造前金属加热，其目的也是为了改变机械性能；

(3) 热处理炉：加热的目的是为了改变金属的组织，如淬火、退火、回火和渗碳等；

(4) 焙烧炉：物料加热是为了焙烧（如石灰石、白云石、矿石、镁石和耐火材料等）；

(5) 干燥炉：物料加热是为了排除水分（如铸型的干燥，粘土、砂子、矿石和烟煤的干燥等）。

根据所用燃料的不同，加热炉亦可分为下列几种：

(1) 固体块状燃料炉；

(2) 粉状燃料炉；

(3) 液体燃料炉；

(4) 气体燃料炉；

(5) 电炉。

在本書中只准备叙述軋鋼車間內用于加热鋼錠（胚）的燃煤加热炉。

2. 燃煤加热炉的特点

目前国内旧的燃煤加热炉的使用还是相当广泛，在数量上占着相当大的比重，而且在今后相当的时间內还将繼續保持。現在全国各地正在大搞鋼鐵工业，中小型厂的燃煤炉子还将进一步地发展。这种炉子能够存在及发展的原因，主要是由于其本身有許多特点：

(1) 燃煤炉子的构造簡單，施工方便，兴建速度快，可以在短期內建成投入生产。因为不需要煤气供应站及管道等設備，大大节约了鋼鐵材料。

(2) 燃煤炉子的設備簡單，投資低，其造价仅为同样能力燃气加热炉的二分之一。

(3) 燃煤炉子具有工作的独立性，可以分散建設，因地制宜，也可以隨开隨停，不受煤气来源的限制或影响。

(4) 燃煤炉子的工作指标如煤耗、火耗等并不比燃气炉子差。

目前各地方的中小型鋼鐵企业，似“滿天星”地分布发展，不象大的联合企业一样可以与煉焦、煉鉄相互配合。因此不能普遍利用焦炉煤气或高炉煤气，当然更談不到另建单独的煤气供应站。根据我国目前的經濟特点，为了多、快、好、省地建

設社会主义，发展燃煤加热炉就显得十分迫切与适合的了。

燃煤加热炉并不是沒有缺点的，問題在于我們如何采取措施，改进炉体与操作来克服这些缺点。某些問題尚有待于进一步的研究，以求得合理解决，使燃煤加热炉更好地为我国冶金工业服务。燃煤加热炉的主要缺点如下：

(1)人工添煤的燃煤加热炉的炉况波动性比較大，这是由于加煤操作的間断性的影响，操作的波动会引起炉子工作指标的变化。

(2)与其他炉子相比，加煤炉子的炉况自动調整工作，显得比較困难。

(3)固体燃料和炉灰的搬运比液体与气体燃料麻煩。

3. 燃煤加热炉的种类

軋鋼車間內的燃煤加热炉都屬於倒焰炉的形状，炉膛是呈水平設置的，燃料并不与鋼料直接接触，而是在另外的燃燒室中燃燒，利用所产生的炉气向水平方向运动而将热量傳給炉料。軋鋼車間炉子的加热能力，一般都較其他用途的加热炉大，故其燃料燃燒所需的空气多借鼓风机鼓入炉內。

按工作方法与产量高低来划分，燃煤加热炉可分为下列几种：

(1)室式加热炉：室式炉的工作是間歇性的，装入鋼料时，炉子暂时停止工作。因此一个室式炉，往往兼有二室，以便交差地进行装炉或出炉工作。室式炉內炉膛各部分保持同样(相近)的温度，鋼料装入后一直到加热完毕都是不动地放在炉底下。这种炉子构造简单，产量比較低(0.5~3吨/小时)，鋼

料尺寸亦比較小，一般都不采用裝料或出料機而由人工操作，故勞動條件較差。由於工作是間歇性的，每根鋼料的加熱時間並不相同，因此其工作指標如煤耗、火耗等都比較大。

(2) 連續式加熱爐：借機械設備的推力，鋼料是連續不斷地裝入爐內，並在爐膛內與氣流的相反方向移動着。按產量高低，連續爐又可分為有下加熱的與沒有下加熱的二種。產量比較低的，胚料比較小的，爐體就比較短也沒有下加熱，鋼料在爐膛內沿着爐底上金屬導軌（鐵軌或鋼條）而移動。產量較高，胚料較大的就需要有相當能力的下加熱，此時鋼料在爐膛內沿着用水冷卻的滑動管上移動。此管直接裝在爐筋牆（磚墩）上或按置在支架上。

作為圓形截面的鋼料加熱用的連續式爐子，其爐底是向鋼料移動的方向而傾斜的。

連續式加熱爐的使用比較廣泛，其不同構造與型式在第四章內詳細敘述。

4. 加熱爐的工作指標

(1) 生產能力：爐子的生產能力，通常用單位時間內、單位爐底面積上加熱的鋼料重量來確定的。以爐底強度 p 公斤/平方公尺·小時或 P 噸/平方公尺·晝夜來表示：

$$p = \frac{G}{\tau} \text{ 公斤/平方公尺·小時}$$

$$P = 0.024 p = \frac{P}{41.6} \text{ 噸/平方公尺·晝夜}$$

式中： $g = nG$ ； $\tau = \frac{\delta}{\omega}$ ，

g ——每平方公尺炉底上所能摆下的鋼料重量(炉底单位重量), 公斤/平方公尺; n ——每平方公尺炉底上所能摆下的鋼料数量; G ——鋼料单重, 公斤; τ ——加热延續時間, 小时; ω ——加热速度, 单位時間內热透的金屬层厚度, 公厘/小时; δ ——方形或圓形鋼料厚度, 公厘。

$$\text{連續式加热炉的小时产量} = p \cdot L \cdot l = \frac{L \cdot 1,000 \cdot G}{\delta \cdot \tau} \text{ 吨,}$$

式中: L ——炉子有效長度, 公尺(自进料炉門算起到出鋼門中心的距离); l ——鋼料長度, 公尺。

(2) 炉底利用率:

$$\text{炉底利用率} = \frac{\text{鋼料長度}}{\text{炉膛寬度}}。$$

(3) 煤耗: 加热每吨鋼料所消耗的块煤重量称为煤耗, 其单位为公斤/吨。因为各种煤的发热量并不一致, 故常換算成含热量 7,000 千卡的标准煤来比較的, 有时也以所消耗煤的发热量来表示, 其单位为千卡/吨。

$$B_1 = \frac{W_c}{W} \text{ 公斤/吨;}$$

$$B_2 = \frac{W_c}{W} \cdot Q_H^p \text{ 千卡/吨;}$$

$$B_3 = \frac{W_c}{W} \cdot \frac{Q_H^p}{7,000} \text{ 公斤/吨,}$$

式中: W_c ——燃燒的燃料重量, 公斤; W ——加热的鋼料重量, 吨; Q_H^p ——燃料的发热量, 千卡/公斤; B ——煤耗。

(4) 燃燒室工作强度: 块煤在燃燒室炉柵上的燃燒屬於层燃法。在层燃时, 因为不能区分开在层內和在燃燒室空間中放

出的热量，故其燃燒室的工作强度常用炉柵的外观热强度和燃燒室空間的外观热强度来表示：

$$Q = BQ_H^P,$$

式中：B——燃燒的燃煤量，公斤/小时；Q——燃燒室的能力，每小时所放出的热量。

炉柵的外观热强度是根据每小时在炉柵的单位面积上所产生的热量来确定的：

$$\frac{Q}{R} = \frac{BQ_H^P}{R} \text{千卡/平方公尺·小时,}$$

式中：R——炉柵面积，平方公尺。

燃燒室空間外观热强度是根据每小时在燃燒室空間的单位体积所产生的热量来确定的：

$$\frac{Q}{V_{\text{室}}} = \frac{BQ_H^P}{V_{\text{室}}} \text{千卡/立方公尺·小时。}$$

层燃燒室的工作强度也可用炉柵对燃料的重量强度(H)来表示。設H等于每小时在每1平方公尺炉柵上燃燒燃料的公斤数，則

$$H = \frac{B}{R} \text{公斤/平方公尺·小时。}$$

(5) 火耗(燒損)：加热每吨鋼料在炉內被氧化所損耗的金属重量称为火耗或燒損。

(6) 燃燒室的檢修周期：燃煤炉子的最高温度区域是在燃燒室，因此燃燒室最易損坏，炉子的維護工作的好坏常以燃燒室的檢修周期来进行考核。

5. 現有燃煤爐子的工作性能

茲將上海數十個大小不同的燃煤加熱爐的工作性能及其主要工作指標歸納於表 1-1 中。

從表 1-1 中可以看出幾個主要問題：

(1) 爐底強度：由於軋機潛力的挖掘，產量不斷的提高，許多爐子都處在滿載與過載的緊張狀態。有下加熱的爐子，爐底強度最低是 515 公斤/平方公尺·小時，最高達 840 公斤/平方公尺·小時，許多爐子在 700 公斤/平方公尺·小時以上；無下加熱的爐子在 320~615 公斤/平方公尺·小時的範圍內。有個別爐子，甚至由於負荷過高而被迫進行低溫出鋼，某一個車間嚴重時甚至使全部備用套筒都爆掉，而被迫向其他廠借用。當軋機一有障礙時，引起爐內嚴重粘鋼而影響勞動條件。因此如何使軋鋼車間的加熱設備能經常滿足下一工序設備的要求，那就是爐子工作者的主要任務。

(2) 爐體檢修周期：由於爐子產量不斷提高而進行着強化操作，這樣使爐內熱負荷急劇增加，但在爐型結構上還沒有找到適當辦法，因而嚴重地縮短了檢修周期，特別是燃燒室區域。從表 1-1 中看出燃燒室區域檢修周期普遍是 3~6 月，僅僅個別的到達 9~10 月，一些負荷過高的爐子再加上砌築結構方面的一些問題，甚至不足二個月就使燃燒室爐頂燒穿了。高溫區爐頂的使用壽命除與砌築、結構、耐火材料、風壓及操作保養等有關外，它與燃燒室空間熱強度有着相應的關係，如圖 1-1 所示，當空間熱強度在 $1,000 \times 10^3$ 千卡/立方公尺·小時以上時，爐頂僅在 3 個月左右就局部損壞，當在 600×10^3 千卡/立方公

尺·小时以内时就显著地延长，可到7个月以上。一般在 $(600 \sim 1,000) \times 10^3$ 千卡/立方公尺·小时范围，则为3~6个月。在图1-1中，许多检修点都在曲线下面，这主要是由于检修利用

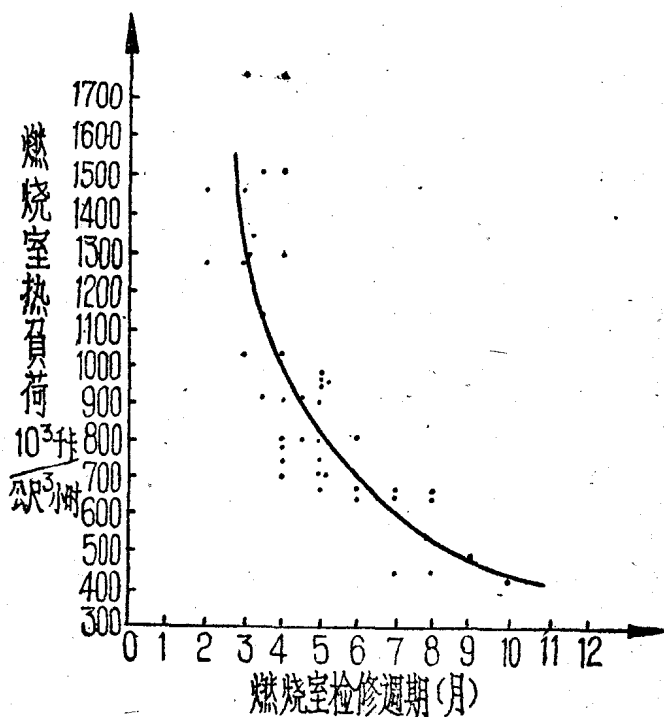


图1-1 燃烧室热负荷与检修周期关系图

假期的缘故。如利用五一、十一、元旦及春节等假期，即在沒有到极限状态时就进行了检修，因此它与耐火材料的实际使用期限尚有一定的差异。

关于风压结构、耐火材料等除个别特殊情况外，一般都出入不大，检修期的波动也可能是由于这些因素或者是砌筑与操作等方面的关系，因此可以认为这曲线基本上是合乎它变动的轨迹。

(3)炉底利用率：从表 1-1 的分析中看出，炉底利用率在 68~94 的范围，绝大部分在 80% 以下，而在 90% 以上却是极个别的。由此可见，尽管炉子的能力远跟不上轧机的要求，但炉底利用率却是普遍低下。虽然客观上有些因素如产品种类、坯料长度、车间地位等等，但主要还是在主观上没有予以足够重视的缘故。如某些产品单一的车间长时期以来一直停留在 65~68% 的范围，某些坯料可以调整的亦不加以调整，料坯单一的炉体亦不加以改进，甚至反而将进料口砌窄，理由是防止装料不慎而刮炉墙等等，这些不从操作和主观努力上来求解决，只图方便而使炉底利用率降低，不但影响了炉子能力的发挥，同时也使炉内辐射角度系数减小而降低了炉内热效率，使单位燃料消耗量增加，这些现象是严重的。表 1-1 中炉底的利用率最高的，其煤耗最低，可见炉底利用率与降低煤耗有关。因此建议各加热炉重视提高炉底利用率的工作，以达到 80~95% 范围，根据现场炉子的生产情况，那是完全有可能的。

表1-1

煤 煤 加 热 炉 性 能 表

軋鋼車間		产品規格	炉內有效 長 度	炉內有效 寬 度	加 热 比	炉底 强度	炉 底 利用率
編号	軋机大小	公 厘	公 厘	公 厘	上：下	公斤/ 公尺 ² 小时	鋼坯長/ 炉內寬%
1	300φ/280φ/ 280φ	65 ² ×2,300 →6φ	12,636	3,360	63:37	650	68%
2	375φ/300φ	160 ² ×1,400 →65 ² φ	22,000	3,150	45:55	530	89%
3	300φ	110 ² ×1,400 →18×40	10,550	1,900	100:0	530	73%
4	200φ	18×40×1,500 →6φ	5,600	1,900	100:0	820	79%
5	515φ/380φ	160 ² ×1,400 →65φ	24,940	2,000	40:60	520	70%
	"	160 ² ×1,400 →65φ	22,195	3,900	30:70	530	85%
6	300φ/300φ	65 ² ×1,800 →18×40	12,660	2,200	50:50	650	82%
7	300φ	65 ² ×1,500 →18φ	11,850	1,980	70:30	740	75%
8	230φ	26×60×1,700 →12φ	7,400	2,100	100:0	320	81%
9	230φ	65 ² ×1,800 →12×50	6,600	1,900	100:0	615	95%
10	220φ	18×40×1,500 →6φ	4,500	2,000	100:0	320	75%
11	300φ	110 ² ×1,400 →26×60	12,480	2,000	50:50	700	70%
12	300φ/250φ	65 ² ×1,500 →6×45 ² △	10,500	1,850	100:0	560	81%
13	240φ/210φ	26×60×1,500 →16φ	9,000	1,900	100:0	445	79%
14	230φ/190φ	18×40×1,400 →9φ	7,750	2,000	100:0	320	70%
15	200φ	18×40×1,300 →10φ	5,700	1,480	100:0	405	89%

炉栅强度	燃烧室空	煤 耗		火 耗	炉内热	加热	燃 烧 室	鋼材
	間热强度	实际	标准				檢修周期	
公斤/公尺 ²	10 ³ 千卡/公尺 ³	公斤/	公斤/	公斤/吨	%	分鐘	月	排数
小时	小时	吨	吨					
130	440	62	60	19.6	48% (420)	45	8-10	1 195
192	490	73	71	7.8	40% (495)	90	8-10	2 136
193	660	85	75	11.6	39% (530)	66	5-6	1 105
88	216	75	72	34.6	41% (500)	50	9-10	1 141
245	790	95	86	15.9*	35% (570)	91	4-5	1 166
240	740	95	86	15.9*	36% (570)	91	4-5	2 146
236	790	90	81	22.9	38% (540)	45	4-5	1 195
260	1,280	80	77	17.3	38% (542)	34	2-3	1 182
180	1,010	88	85	26.6*	34% (600)	83	3-4	1 123
230	1,450	70	65	18.00	45% (450)	48	2-3	1 101
194	950	93	84	38.00	34% (600)	54	5-6	1 112
180	690	82	77	11	38% (530)	52	4-5	1 124
340	1,760	93	84	18	34% (600)	54	3-4	1 162
210	1,280	65	63	22	48% (440)	60	3-4	1 150
153	890	68	66	32	44% (460)	56	4-5	1 142
215	450	75	72	32	40% (510)	43	6-8	1 142