

加热爐工

丁超 著

冶金工业出版社出版（北京市灯市口甲45号）

北京市書刊出版业营业許可証出字第093号

冶金工业出版社印刷厂印 新华書店发行

—\*—

1959年10月第一版

1959年10月北京第一次印刷

印数 3,520册

开本850×1168·1/32·190,000字·印张8 $\frac{8}{32}$ ·插頁3·

—\*—

統一書号 150C2·1839 定价 0.91元

# 目 录

<b>第一章 冶炼生产过程</b> .....	1
1. 炼铁 .....	1
2. 炼钢 .....	5
<b>第二章 金属的性质和压力加工的概念</b> .....	13
1. 钢铁的性质 .....	13
2. 钢的化学成分与机械性质 .....	14
3. 机械性质的试验 .....	16
4. 钢铁的组织 .....	18
5. 钢的热处理 .....	26
6. 金属热压力加工的主要方法 .....	27
7. 轧钢生产 .....	31
8. 轧钢产品的种类 .....	31
9. 轧钢机的分类 .....	34
<b>第三章 轧钢所用的原料——钢锭和钢坯</b> .....	39
1. 钢的分类 .....	39
2. 钢号 .....	40
3. 钢锭的形状、大小及重量 .....	46
4. 钢锭的缺陷 .....	49
5. 钢坯的形状及尺寸 .....	53
6. 钢坯缺陷 .....	54
7. 钢锭和钢坯表面缺陷的清理 .....	54
8. 钢锭和钢坯的堆放 .....	55
<b>第四章 加热炉所用的燃料及其燃烧</b> .....	57
1. 加热炉所用燃料工种类及发热量的概念 .....	57
2. 燃料的化学成分 .....	58
3. 固体燃料 .....	59
4. 液体燃料 .....	63
5. 气体燃料 .....	65
6. 燃料的燃烧 .....	72

7. 燃烧设备 .....	77
<b>第五章 加热爐的构造</b> .....	86
1. 加热爐的組成 .....	86
2. 連續式加热爐 .....	88
3. 均热爐 .....	102
4. 其他类型的爐子 .....	109
<b>第六章 耐火材料及爐体砌磚</b> .....	112
1. 耐火材料的一些性質 .....	112
2. 耐火磚的形狀及尺寸 .....	115
3. 耐火粘土磚 .....	115
4. 矽磚 .....	117
5. 鎂磚、鉻磚、鉻鎂磚和鎂砂 .....	118
6. 隔热材料 .....	120
7. 对爐体砌磚的一些要求 .....	121
8. 爐牆 .....	123
9. 爐底 .....	124
10. 水冷却的滑鉄管及其支柱 .....	126
11. 爐頂 .....	129
<b>第七章 爐子的构件及附屬設備</b> .....	132
1. 爐子的金屬构架 .....	132
2. 爐門 .....	133
3. 烟道閘門和烟道 .....	138
4. 烟筒和烟泵 .....	140
5. 换热器 .....	141
6. 蓄热室 .....	146
7. 換向器 .....	148
8. 煤氣設備 .....	150
9. 推料机和推出机 .....	154
10. 鉗式吊車 .....	157
11. 均热爐的开盖机械 .....	157
<b>第八章 鋼的加热</b> .....	161
1. 爐內的传热方式 .....	161

2.	爐膛內熱的傳遞過程	165
3.	鋼在軋制前加热的目的	166
4.	对鋼加热的要求	167
5.	鋼的加热溫度	168
6.	鋼的加热速度	169
7.	鋼錠和鋼坯的加热時間	172
8.	鋼錠和鋼坯加热的均匀性	178
9.	鋼在加热時所产生的缺陷过热	180
<b>第九章</b>	<b>加热爐的操作和維護</b>	191
1.	爐子的干燥和烘爐	191
2.	装爐工作	195
3.	鋼錠和鋼坯加热的控制	199
4.	吸力和爐膛压力的控制	201
5.	爐子的燃料燃烧操作	204
6.	爐子的日常維護	212
7.	爐子的检修	215
<b>第十章</b>	<b>加热爐所用的仪表和自动控制</b>	219
1.	加热爐所用仪表的种类	219
2.	加热爐所用的溫度計	219
3.	加热爐所用的压力計	225
4.	加热爐所用的流量計	231
5.	气体分析器	234
6.	加热爐的自动控制	236
<b>第十一章</b>	<b>爐子工作的技术經濟指标</b>	242
1.	爐子的生产率	242
2.	燃料消耗和热平衡	243
3.	金屬的烧損	248
<b>第十二章</b>	<b>安全技术</b>	249
1.	进入冶金工厂時必須遵守的規則	250
2.	加热爐工作的安全技术	251
3.	煤气的安全技术	253

## 第一章 冶炼生产过程

### 1. 煉 鐵

生鐵是一种鐵炭合金，并含有錳、矽、硫、磷等雜質。生鐵的含炭量均在2.0%以上，一般的生鐵含炭量約在3.2~4.3%范围之内。

生鐵是冶金生产中的第一个果实。其性脆，焊接性极坏，且不能进行鍛造或軋制。

生鐵是由矿石或經选矿精选后做成的燒結块或团矿块在高爐中熔煉而成的。鐵矿石中含鐵仅25—70%，其余則为由各种非金屬氧化物所組成的廢石。

鐵矿石中的鐵并不是純鐵，而是以氧化鐵的状态存在的。

鐵矿石的价值及其对工业的意义，主要决定于它的含鐵量的多少及廢石的成分。鐵矿石因含鐵量之不同，而分为富矿及貧矿，富矿含鐵多，貧矿含鐵少。富矿可以直接送入高爐冶煉，而貧矿則必須經過选矿，除去其中部分廢石，提高含鐵量后，經燒結或团矿做成块状才能作为高爐冶煉的原料。

生鐵是于高爐中冶煉而成，所以称此种操作为高爐操作。

高爐(图1)是由爐頂、爐身、爐胸、爐腹及爐缸五个主要部分组成。爐子的有效容积可达1500立方公尺。

爐子的上部叫做爐頂，此处有装料設備，爐料經過装料器落入爐中。

装料器的上部分为金屬漏斗，而下部分則为爐盖，爐盖的升降以机械控制。

在正常状态下，漏斗是用爐盖关住的，以免爐内上升的气体由爐頂跑出。向漏斗中装入爐料(鐵矿石，焦炭和石灰石)，然后爐盖下降，爐料即通过爐盖与漏斗之間所形成的縫隙而落入爐

中。爐頂裝料設備之下，即為爐子最大的部分——爐身，再下為爐子最粗的部分——爐胸，爐胸之下為爐腹，爐子最下部分就是爐缸。

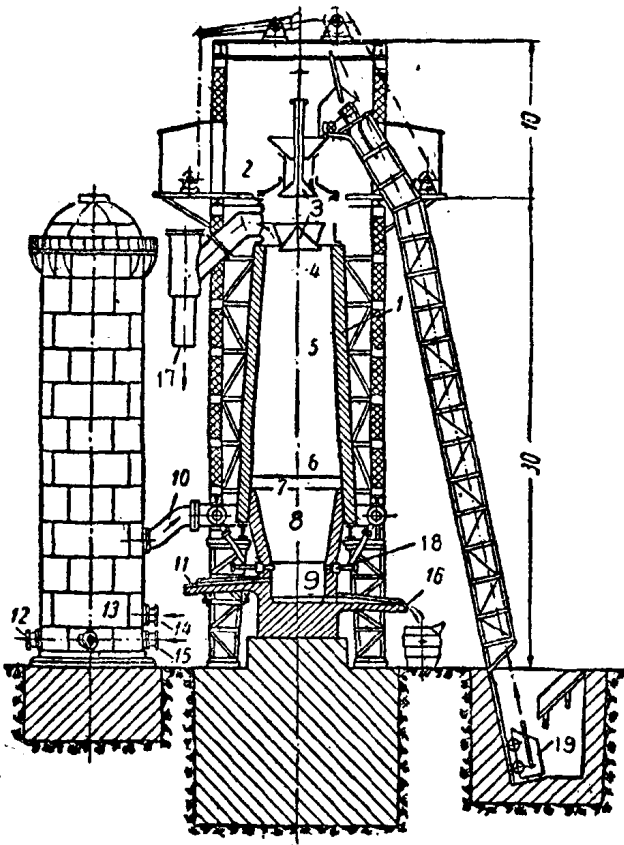


图 1 高爐的构造

- 1—爐體；2—爐頂平台；3—爐頂裝料設備；4、5、6—爐身；7—爐胸；  
8—爐腹；9—爐缸；10—熱風導管；11—出渣口；12、15—冷空氣進  
口；13—熱風爐；14—加熱熱風爐用煤氣入口；16—出鐵口；17—爐氣  
出口導管；18—送風孔；19—加料車

爐料是一層層的裝入高爐內，由於其本身的重量而下降，並與上升的煤氣接觸。為了焦炭的燃燒和提高爐內溫度，在高爐的

下部（爐缸）設有專門的送風孔，將由熱風爐頂熱到 $700^{\circ}$ 以上的熱風借助鼓風機的壓力經送風孔而送入爐中。

在爐子的下部，燃料中的炭由於遇到熱風燃燒而形成高溫。由於礦石在此高溫中熔化及燃料的燃燒，爐料逐步下降，而周期的用加料車（或裝料罐）向爐子里裝入新的爐料。因此煉鐵的生產過程是連續不斷的。當燃料燃燒時產生一氧化碳，一氧化碳與其他氣體一道上升，通過爐料與礦石接觸，使礦石產生物理變化及化學變化。就這樣在爐子里形成了爐料與煤氣的相對運動。

現代化的高爐的產量，一座每日可生產1000噸以上的生鐵。礦石、焦炭和石灰石在爐內煉成生鐵的過程如下所述。

裝入高爐的原料首先在爐頂上層在溫度為 $200\sim 400^{\circ}$ 的地方受熱而失去水分。已在爐頂預熱了的爐料隨高爐生產過程的進行而繼續下降，降到溫度達 $400^{\circ}$ 以上的地方時，礦石即與含有大量一氧化碳的氣體相接觸而被還原，即鐵元素由鐵礦石所含的氧化鐵中析出。這種氧化鐵被還原的變化由爐身的上半部即開始，一直到爐身的下半部終止。

鐵元素的還原，是由於一氧化碳具有奪取別的氧化物中的氧與自己化合的特性。在這種情況下，一氧化碳奪取了氧化鐵中的氧，因而鐵元素被還原。

未被一氧化碳還原的氧化鐵，在爐身下部便由固體炭直接將其還原。這是因為炭素也具有奪取別的氧化物中的氧與自己化合的特性。

與鐵同時由礦石中還原的還有其他一些元素，如錳（Mn）、矽（Si）等，並熔解於鐵中而為生鐵的一個成分。

鐵礦石被還原後，生成海棉狀的鐵。由於鐵具有溶解炭素的特性，當與赤熱的焦炭接觸時即發生吸炭作用，把炭素就溶解在鐵里一部分，這就是鐵和鋼中炭素的來源。吸炭後的鐵受熱到 $1300^{\circ}$ 時即變為鐵水，很快的流下而集聚在爐缸內。靠着吸炭作用，鐵在較低的溫度下熔化。

矿石中的废石与装入爐中的石灰石为造渣原料。当造渣原料下降时，与上升的热煤气接触，受热分解，熔化而生成爐渣，其成分为氧化矽、氧化鋁与氧化鈣。

爐渣的比重比鉄水小，所以爐渣浮于鉄水表面上，渣与鉄水不相混淆。

高爐爐料中加入石灰石是作熔剂用的，其作用为化合矿石中废石的氧化物，降低其熔化点，造成爐渣。爐料中增加石灰石可以达到局部的脫硫作用，因为硫及磷存在于鉄中是有害的杂质。在高爐里去磷是不可能的，爐料中所含的磷全部熔于鉄中。

爐子下部分的燃烧区域的温度可达  $1700^{\circ}$  以上，这是高爐温度最高的地区。在此处还原的鉄即熔为鉄水，而造渣原料即化为熔渣。

鉄水周期的(每经过  $3 \sim 4$  小时)由爐缸下部特殊的孔眼——出鉄口放出。由出鉄口流出的鉄水沿鉄水沟而流注于鉄水罐中，然后送往炼鋼厂或鑄鉄机(造块場)。

积聚于爐缸内鉄水上层的爐渣，定期的由出渣口放出，沿渣沟而流入于渣罐中，然后送往矿渣厂或水渣制造厂。

因熔渣輕于鉄水，鉄水在下面而渣浮于上，所以出渣口設在爐缸的較上部分，而出鉄口位于爐缸的底部。

高爐所炼出之生鉄，根据其所含成分之不同而分为鑄造生鉄、炼鋼生鉄及特殊用途之生鉄。

鑄造生鉄含矽为  $1.25 \sim 4.25\%$ ，含錳为  $0.5 \sim 1.3\%$ 。此种生鉄用于制造生鉄鑄件，在鑄造鑄件前将生鉄块在化鉄爐中熔化之。此外，还有特殊鑄造生鉄，在这种生鉄中含有鉻，磷等元素。

炼鋼生鉄是专门供給炼鋼使用的。碱性平爐炼鋼生鉄，含矽为  $0.3 \sim 1.5\%$ ，含錳为  $1.0 \sim 2.0\%$  或大于  $2.0\%$ ，含磷小于  $0.75\%$ ，含硫小于  $0.07\%$ 。酸性轉爐炼鋼生鉄含矽为  $0.9 \sim 2.2\%$ ，含錳为  $0.6 \sim 1.2\%$ ，含磷小于  $0.06\%$ ，含硫小于  $0.05\%$ 。



还有供碱性轉爐（托馬斯爐）煉鋼用的高磷生鐵，含磷為 1.6~2%。

特殊用途之生鐵包括下列數種：錳鐵——含錳量達20%，錳鐵——含錳量達80%，矽鐵——含矽量達32%，以及含有特殊合金元素（如鉻、鎳）的生鐵。

## 2. 煉 鋼

含炭在 2.0% 以下的鐵炭合金叫做鋼，鋼中亦含有普通的或特殊的合金元素。鋼有可塑性，能鍛造，軋制及焊接。

鋼可分為炭鋼與合金鋼兩大類。

在炭鋼中主要的合金元素為炭，炭鋼的硬度、強度、可塑性、彈性、焊接性均決定於其含炭量。

鋼是直接用高爐鐵水冶煉或用生鐵塊與廢鋼煉成的。煉鋼是在平爐（馬丁爐），電爐或轉爐中進行。現將各種爐子的生產過程簡單敘述如下。

### 平 爐 煉 鋼

平爐（圖 2）由兩個主要部分組成：下部為蓄熱室，其作用為預熱送入平爐中的煤氣與空氣；上部為爐子本身，即冶煉鋼水的部分。蓄熱室及爐體本身是被工作檯截然分開的，蓄熱室在工作平台之下，而爐子本身則在平台之上。

爐子本身是由爐膛、爐底、爐頂及兩個爐頭組成的，爐後牆具有出鋼口，爐前牆有裝料口。

平爐煉鋼是最通行的煉鋼方法。平爐的冶煉任務就是使爐料（生鐵及廢鋼）變成所要求的成分的鋼水。熔化生鐵須要 1170~1350°，熔化軟鋼則須要 1500~1530°。平爐中的溫度高達 1700°，這種高的溫度是由於燃料的燃燒、熔煉過程中的化學反應及送入爐中的預熱的空氣及煤氣造成的。

1-1 截面圖

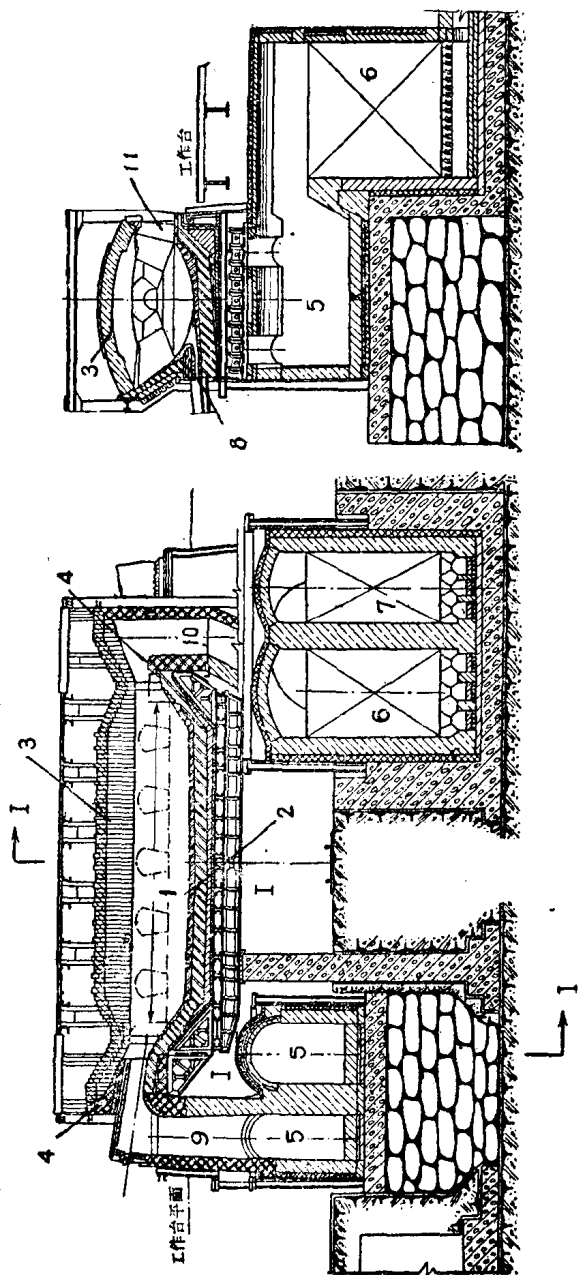


图 2 平爐 (馬丁爐)

1—工作爐壁；2—爐底；3—爐頂；4—爐頭；5—沉渣室；6—空氣蓄熱室；7—煤氣蓄熱室；8—鋼口；  
 9—煤氣壘通道；10—空氣壘通道；11—裝料口

为了利用出爐废气的热，也就是为了节省燃料与提高爐子的温度，平爐中的燃烧废气出爐时首先通过蓄热室，然后經過烟囪而逸散于大气之中。

蓄热室通常砌于爐底下面，每端一組（每組有两部分：一部为預热空气，一部为預热煤气）。蓄热室内部用耐火砖砌成格状，当高热的废气通过时，耐火砖格子被烧热，然后废气由烟筒排出。

当蓄热室中一組格子砖已烧热到 $1000\sim 1200^{\circ}$ 时，則另一部格子砖即为通过其中的冷空气或冷煤气所冷却，这时就将由爐中出来的热的废气通入已冷了的蓄热室，而冷空气与冷煤气經過烧热了的格子砖进入爐中。

根据爐中鋼水的冶炼过程及蓄热室的情况，每經過一定时间，用換向閥变更一次废气出爐和煤气与空气入爐的方向，这样互相交替，以保持蓄热室的温度，并使空气及煤气的預热温度趋于稳定，从而使爐子的冶炼工作正常进行。

图3所示者即为平爐的工作示意图。

平爐的主要燃料是混合煤气（高爐与炼焦煤气的混合物）或发生爐煤气，經過爐头的煤气通道送入爐中。

由装料口向爐内装入一定数量的废鋼、生鉄块及熔剂。若平爐用生鉄水操作时，則于装入上述固体原料后及废鋼已被烧热时，即可向爐内注入鉄水。

爐料在平爐内熔化后，多余的炭量在炼鋼过程中即被烧掉，而杂质在熔剂的作用下形成爐渣。由于爐渣的比重小而浮于鋼水的表面上，并且保护鋼水不直接与火焰及空气接触，因此减少了氧化鉄的生成。

炼好的鋼水，經過出鋼口放出而注于鋼水罐中，然后由鋼水罐注入于鋼錠模中而制成鋼錠，或直接浇注鑄件。

平爐熔炼时间，根据平爐容量，原料的成分及鋼水的成分，約为 $6\sim 15$ 小时。最通用的平爐容量为 $50\sim 200$ 吨，最大的平爐

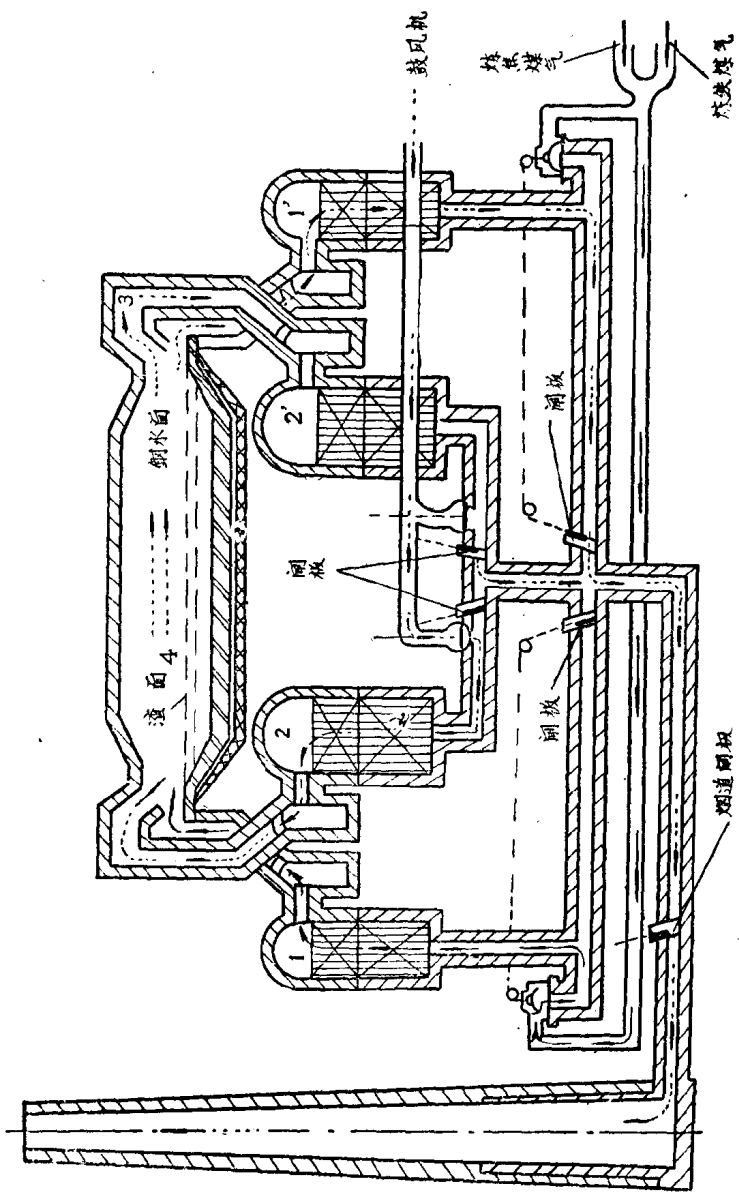


图 3 平爐工作示意图

1, 1'—煤气囊热室; 2, 2'—空气蓄热室; 3, 3'—炉头; 4—工作渣腔

容量为 400 吨。

平爐煉鋼具有下列优点：

- 1) 產量大；
- 2) 可利用廢鋼，碎鐵及生產上的廢料；
- 3) 其原料可為鐵水及生鐵塊。

一般都是用平爐來冶煉普通炭素鋼，但是也可以用來煉制合金鋼和特殊鋼。

### 電爐煉鋼

冶煉特殊鋼多用电爐（圖 4），電爐煉鋼是利用石墨電極與爐內鋼料間所發生之電弧的高熱進行冶煉的，這種電弧所發生的高熱達  $3500^{\circ}$  以上。

利用電能煉鋼，能加速鋼的冶煉過程。同時由於在電爐中可以得到很高的溫度，並且容易控制，所以在電爐中可以冶煉具有難熔的合金元素（如鎢、鉬等）的特殊鋼。

由於電爐內溫度很高，而且不像在平爐內鋼水直接與燃燒的氣體接觸，所以電爐鋼中僅含有極少量的硫、磷、氧等雜質及非金屬夾雜物。

為了供給電爐的電流，在爐旁安置有變壓器（1），把高壓電變為低壓電，變壓後的電流由軟電綫（2）送至銅母綫（3），銅母綫借助於特殊的繼電板（4）與石墨電極（5）相連接。

電爐由一個筒狀的鐵外殼做成，殼內砌耐火磚，上面蓋有可以更換的爐頂，三個石墨電極通過爐頂直接插入爐中。爐頂為鐵骨架嵌砌耐火磚而成。

電極固定在特殊的電極座上，並能垂直移動，以調節電弧。

為了自爐內出鋼，出渣及便利於修理爐底，設有轉動爐體的機械設備，可使爐體傾斜。

在爐子的一面具有裝料口，從這個裝料口裝入煉鋼的原料，並從這裡放出爐渣。在爐子的另一面與裝料口相對的位置設有出

鋼口，煉好的鋼當爐身傾斜時，由出鋼口流出注入鋼水罐內。

電爐的容積一般為30噸，也有達70噸的，現在有大至100噸的電爐。爐料有經過裝料口裝入的，也有從爐頂裝入的（爐頂是可以取下的）。

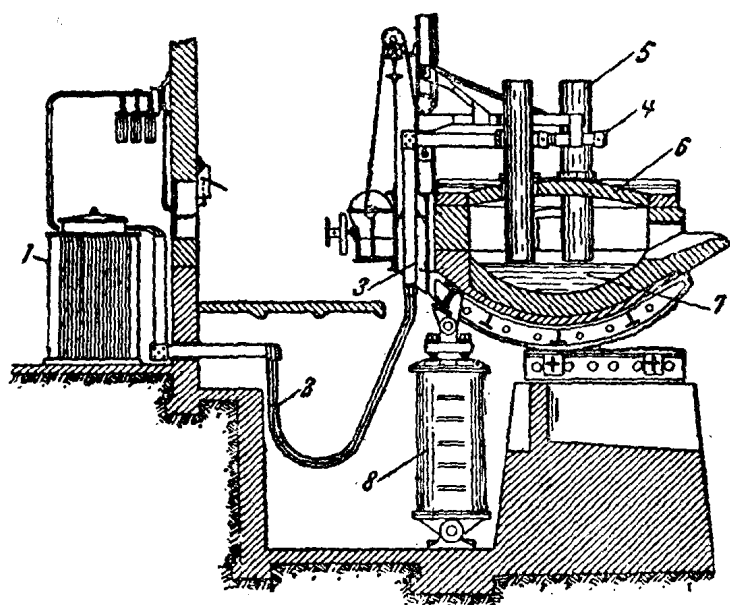


图 1 電爐

1—變壓器；2—可撓電纜（軟纜）；3—銅母綫；4—繼電板；

5—電極；6—爐頂；7—鋼水；8—傾斜爐體用的設備

由于電的價值很高，所以電爐現在僅冶煉很貴重的合金鋼。

### 轉爐煉鋼

轉爐煉鋼法的實質是吹送空氣通過注于轉爐中的生鐵水，空氣中的氧將生鐵水中的炭矽及其他雜質燒掉。與此同時產生大量的熱，這些熱足夠冶煉過程使用，因之，轉爐煉鋼是不須供給任何燃料的。

轉爐（圖 5）是以厚鋼板焊接的，內衬耐火材料的梨形容器。在轉爐中部的外面有两个圆柱形的軸，用以支持及迴轉轉爐，借轉動機械之助，从而使爐身傾斜或立起。其中一个軸是作成空心的，并与由鼓风机送来之空气管相联接。由鼓风机送来之空气經過空心軸和导管 4 而进入风箱 5，然后通过爐底上的小孔眼 6 而吹至爐內。进入爐內的空气压力約为 1.5~2.5 个大气压。

轉爐按照爐体形状可以分成直筒形和渦鼓形两种；按照空气吹入的方式可以分成底吹、側吹和頂吹三种。

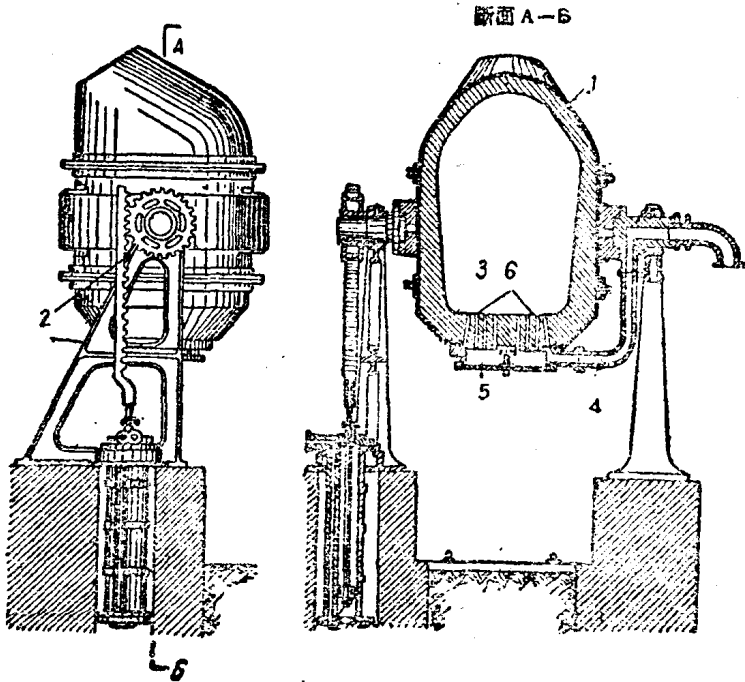


图 5 轉爐

1—轉爐外壳；2—轉動机械；3—爐底；4—空气导管；5—风箱；6—爐底风口

轉爐炼鋼法的操作过程如下：

首先將爐体放平，注入鉄水，然后鼓风，当风压达到了要求

的数量时，則將爐身轉到垂直的位置，同时繼續向爐內鼓風。

轉爐煉鋼法分二種，即酸性轉爐煉鋼法與鹼性轉爐煉鋼法。

酸性轉爐煉鋼法用的轉爐，爐襯是用酸性耐火材料如矽磚砌成的，或用矽砂搗固成的。

鹼性轉爐煉鋼法用的轉爐，爐襯是用鹼性耐火材料如鎂磚砌成的，或用鎂砂和白云石搗固而成。

兩種轉爐的外形相同，但由於內襯性質的不同，而有两种不同的用途。

在鹼性轉爐內只能熔煉含矽生鐵，鐵水中各元素的氧化過程約如下順序：當冶煉開始爐溫尚不高時，鐵水中的矽，錳進行氧化，同时放出大量的熱。當爐溫達到很高時，炭開始被氧化，隨着炭的燃燒，而產生很長的光亮火焰由爐中伸出并有強烈的响声。

當爐內發出濃厚的黑煙時，這指示出鐵元素開始燃燒。此時即須轉平爐身，并停止鼓風，將煉好的鋼水倒出。

在鹼性轉爐煉鋼法的冶煉過程中，不可能去掉生鐵中所含的磷與硫。因此鹼性轉爐煉鋼法所用的鐵水必須是含硫，磷較低的生鐵。

酸性轉爐煉鋼法是用含磷高的生鐵水作為原料，當進行冶煉時應加入熔劑。

轉爐煉鋼法的整個冶煉過程是很短的，僅須20~30分鐘，富氧送風時，時間更短。一般的轉爐容量為10—30噸，但也有大達70噸的。

---



## 第二章 金屬的性質和压力加工的概念

### 1. 鋼鐵的性質

**比重** 各种不同的物質其重量亦不相同，为了要說明誰重誰輕，就必須定出一定的标准，那就是一立方公分物質的重量与同体积的水的重量之比，这个比值就叫比重，从这个比重的数值就可以比較出物質的輕重。

茲列举数种金屬的比重如下：

鋁.....	2.69	鉛.....	11.36
生鉄.....	7.2	汞（水銀）.....	13.6
鋼.....	7.8	錫.....	7.23
銅.....	8.9		

比重大者物質重，反之則輕。如鋼的比重是7.8，那就是說一立方公分鋼重7.8克。

**导热性** 导热性即物体传导热的能力。导热性良好，就表示物体容易传热或传热的速度快。导热性不良的物体传热速度就慢。增加鋼的含炭量，尤其是增加合金元素（鉻、鎳、鉬等）則其导热性降低。應該注意某些鋼的导热性很小，鋼在爐內加热过急，便能产生裂紋。

**脆性** 当物体受到冲击、弯曲或其他变形时而破裂的性質。

**弹性** 弹性是物体的一种特性。物体受力后发生变形，当作用于物体的外力去掉时，发生变形的物体，即刻恢复其原来形状，物体的这种特性就叫弹性。試驗鋼的弹性，可以用压缩或拉伸的方法来进行。

金屬的弹性不是无限度的，假如金屬具有无限度的弹性，則就不能用軋制、鍛造或用其他的压力加工方法制做，那也就不可能有軋鋼、鍛造事业的发展。因之可塑性也是金屬的最主要的