



碱性平炉炼钢工人读本

郭长利 高一平 富經純編

目 录

第一章 概 論	1
第一节 鋼与鉄の区分.....	1
第二节 碱性平爐煉鋼的类别.....	2
第二章 平爐煉鋼厂的布置	4
第一节 平爐煉鋼厂总的布置.....	4
第二节 原料工段.....	6
第三节 混鉄爐工段.....	6
第四节 平爐工段.....	7
第五节 鑄錠工段.....	8
第六节 脫模場.....	9
第七节 整模場.....	10
第三章 煉鋼的原料及耐火材料	10
第一节 煉鋼的原料.....	10
第二节 耐火材料及其特性.....	14
第三节 耐火材料的分类.....	15
第四章 爐体构造及开爐前的准备工作	18
第一节 平台上部平爐构造.....	21
第二节 平台下部平爐构造.....	27
第三节 开爐前的准备工作.....	33
第五章 平爐煉鋼的理論	36
第一节 煉鋼理論概述.....	37
第二节 煉鋼过程中各元素的氧化.....	40
第六章 煉鋼操作及維護爐体	44
第一节 补 爐.....	44
第二节 装料及装料次序.....	45
第三节 兌鉄水.....	46
第四节 熔 化.....	47
第五节 熔渣控制.....	49
第六节 精 煉.....	53
第七节 純沸騰.....	56
第八节 脫 氧.....	56

第九节	出 鋼	58
第十节	维护爐体	59
第七章	鑄 錠	60
第一节	鑄錠操作	61
第二节	鑄錠设备	65
第三节	鑄錠前的准备工作	71
第四节	沸騰鋼鋼錠組織及鑄錠操作	74
第五节	鎮靜鋼鋼錠組織及鑄錠操作	79
第六节	鋼錠缺陷	80
第八章	热 工	82
第一节	炼鋼用燃料	82
第二节	冶炼各阶段供热	85
第三节	平爐热工的自动調节	85

第一章 概 論

第一节 鋼与鉄の区分

我們都知道,在化学元素中有一种元素叫“鉄”。在自然界中“鉄”是以化合物状态存在的,这个化合物就是鉄矿石。日常生活上所用的鉄器并非是純粹的“鉄”。人們到現在还不能炼出百分之百純度的“鉄”,因此,我們所使用的鉄器如果要进行化学分析,或多或少还带有其他元素。鋼和鉄从組成元素看,都是由鉄(Fe)、碳(C)、矽(Si)、錳(Mn)、磷(P)、硫(S)等組成。为了区分鋼与鉄,一般我們將含碳在1.7%以下的鉄或鉄的合金称做鋼,含碳大于1.7%叫做鉄。

鉄的机械性能比較脆弱,因此它不象鋼应用得那样广泛。鋼具有很多宝贵的性能,如强度和韌性都很高;不同成分的鋼通过热处理,还能在很广的范围内改变性能;在热机械加工方面容易变形。

金屬中鋼和鉄,我們称为黑色金屬,其余的我們統称为有色金屬。

下表是鋼与鉄的化学成分比較。

表 1 鋼与生鉄的化学成分比較表

化 学 成 分	碳	錳	矽	磷	硫
鉄	4.1	1.5	1.2	0.24	0.06
鋼	0.70	0.65	0.19	0.05	0.045

按生产方法分,鋼可以分为:酸性轉爐鋼、碱性轉爐鋼、酸性平爐鋼、碱性平爐鋼、电爐鋼。按鋼的用途可分为:建筑鋼、工具鋼、耐热鋼、耐蝕鋼、軌道鋼、鍋爐鋼、彈簧鋼等。按鋼的化学成分分:有合

金鋼和碳素鋼两大类，現分別叙述如下：

1. 合金鋼——化学成分中除含碳外，还含有一种或数种其他一定数量的合金元素。这些合金元素能使鋼的性能发生显著的变化，各有一定的用途。如耐磨的高錳鋼，电机或变压器用的矽鋼都属于合金鋼。

2. 碳素鋼——主要含有鉄、碳、矽、錳、磷、硫六大元素。碳素鋼由于使用范围較广，我們又可分为：

(1) 低碳鋼：含碳在 0.3% 以下，主要用于建筑、桥梁、造船等。

(2) 中碳鋼：含碳 0.3~0.5%，主要用于車軸、建筑、鑄鋼件等。

(3) 高碳鋼：含碳在 0.5% 以上，用于鋼軌、工具等。

第二节 碱性平爐炼鋼的类别

平爐炼鋼是所有炼鋼方法中最灵活的一种，它可使装入平爐的金屬料——生鉄和廢鋼的比例无限制的改变，可由百分之百的生鉄到百分之百的廢鋼。

根据炼鋼原料化学成分之不同，平爐炼鋼可分为酸性操作与碱性操作两种。酸性操作的平爐爐底是用酸性耐火材料做的；碱性操作的平爐爐底是用碱性耐火材料做的。

碱性平爐炼鋼方法所以被广泛的采用，是因为这种爐子能将鋼中的有害杂质(硫和磷)从金屬中排除，使炼好的鋼中含硫、磷量达到比較低的数字。在碱性操作中，为了使鋼中有害杂质及时排除，在炼鋼过程中須加入大量石灰来提高爐渣的碱度^(注)。为了防止硫和磷有机会由渣中重新回到鋼中，应随时将爐渣扒出或放出。

酸性平爐炼鋼方法，由于爐底是酸性耐火材料做成的，因而在操作时就不可能作碱性爐渣。因此，酸性操作只能使用低硫、低磷的生鉄进行炼鋼。但根据我国資源情况来看，大部分生鉄的含硫、磷量都較高，这样就使得酸性平爐在我国的发展受到限制。

注：碱度是表示爐渣中 $\%CaO/\%SiO_2$ 含量的比值关系。

由于炼鋼所用的原料不同，碱性平爐炼鋼方法可分为下列三种类别：

1. 廢鋼法

廢鋼法的目的，就是用价钱最便宜的廢鋼再回爐重炼。但平爐內爐气(CO_2 , O_2 , H_2O)是屬氧化性，因此在廢鋼熔化的同时不可避免的会使廢鋼中的某些元素被氧化，就以碳素为例，等化完时其含量将比鋼种規格下限还低，使冶炼过程不能繼續进行。因此用廢鋼法返回平爐再炼使成分不改变的方法很多人都失敗了。

由于平爐炼鋼过程中，有些元素被氧化变成爐渣或气体(CO)，因此在采用廢鋼法时，我們就要有意識的加入少量生鉄，这样就可使爐料熔毕时金屬中含有一定数量的碳素，通常熔毕碳应高于鋼种規格中限0.5%，保証冶炼过程正常进行。

2. 廢鋼——矿石法

該法是利用生鉄和廢鋼为原料，它与廢鋼法有很大区别，它的生鉄含量可达60~75% (占金屬装料)。如果象廢鋼法那样单纯依靠爐气来氧化某些元素，将使冶炼过程拖得很长，因此我們采用加鉄矿石(富矿)的办法来加强炼鋼的氧化过程。在操作过程所消耗的矿石量，主要根据生鉄化学成分、生鉄占金屬料的比例数、矿石的化学成分、矿石的粒度等来决定。

3. 矿石法

在廢鋼来源比較缺乏的地方，多用矿石法炼鋼。矿石法生鉄含量比廢鋼——矿石法还高，为了在炼鋼过程氧化掉某些化学元素，因此在装料时須加入足够数量的氧化剂——矿石。在有高爐的地方一般多使用鉄水，只有在沒有高爐的地方才使用冷生鉄。

第二章 平爐煉鋼廠的布置

第一节 平爐煉鋼廠总的布置

一个煉鋼廠布置得合理与否，关系产量甚大，往往由于厂房設計考虑不周，而限制了生产能力的發展，因此如何正确的設計煉鋼廠，将是开工生产以前极端重要的工作。

根据煉鋼廠总的布置，我們可以把平爐車間分成两种类型：生产能力大的（第一类）車間（图1）及生产能力小的（第二类）車間（图2）。

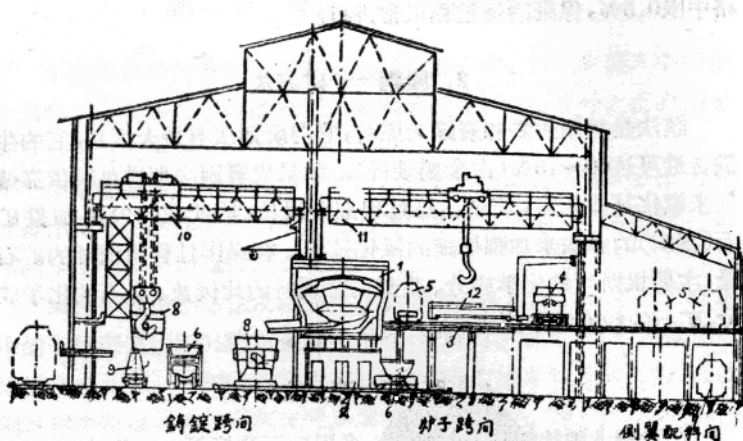


图1 第一类平爐車間主厂房断面图

1. 平爐； 2. 蓄热室； 3. 工作平台； 4. 鉄水罐車； 5. 料槽車棧；
6. 渣罐； 7. 耐火材料供給綫； 8. 盛鋼桶； 9. 帶有鋼錠模之鑄錠車；
10. 鑄錠吊車； 11. 注鉄水吊車； 12. 落地式裝料机。

第一类車間的特征如下：

(1)大部分工段位于单独厂房中。

(2)用落地式装料机将爐料装入爐內，料槽由鉄路綫送到爐子跨間。

(3)鉄水由爐子跨間运来，由爐前兌入。

(4)采用車注(鋼水注入安置在鑄錠車上的鋼錠模中)。

第二类車間之特征如下：

(1)所有的工段都集中在一个厂房內。

(2)用回轉式装料机装料。

(3)平爐用鉄水，由爐后鑄錠跨間兌入。

(4)鋼水注入鑄錠跨間鑄錠坑內的鋼錠模子中。

在第二类車間里通常都沒有脫錠間。

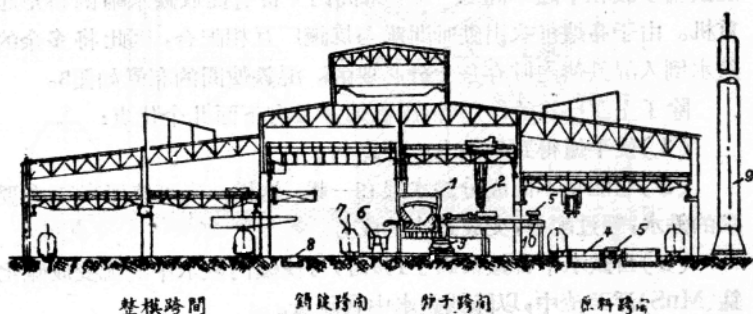


图2 第二类平爐車間主厂房断面图

1. 平爐； 2. 装料机； 3. 渣罐； 4. 原料料坑； 5. 料槽； 6. 盛鋼桶； 7. 爐渣清除綫； 8. 鑄錠用地坑； 9. 平爐烟囱； 10. 工作平台露台。

除了上述两类車間外，还有一种混合式車間。这种車間原来属于第二类車間，以后由于扩大平爐装入量，鑄錠能力显得薄弱时，才把鑄錠跨間的地坑填了，改为車注，而把脫模和整模的工作都移到主厂房以外，另設单独的厂房。

第二节 原料工段

第一类車間原料場与車間主厂房平行，与平爐的工作台在同一水平面上，場內設有貯料坑，金屬料与散装料分別堆放。原料場內安設两种桥式起重机，一种带有磁鉄盘，另一种带有抓鏟。将装满料槽的列車，由原料場經斜桥上地磅运到平爐前，准备装料。

第二类車間原料場紧紧与平爐跨間邻接，料槽用带有吊鈎的一种桥形起重机运到平爐平台延出部分的料台上，然后再用回轉式装料机把它装入爐內。这种装料方法比較慢。

第三节 混鉄爐工段

采用廢鋼——矿石法的炼鋼厂，混鉄爐是一个不可缺少的設備。混鉄爐多設在平爐車間的一端，車間內专备有提取鉄水罐的桥形起重机。由于高爐每次出鉄時間难与炼鋼厂互相配合，因此将多余的鉄水倒入混鉄爐內貯存是十分必要的。混鉄爐間的布置如图3。

除了上面已談的作用外，混鉄爐还具有下面几个优点：

(1)使平爐得到的鉄水成分均匀。

(2)它能将不同成分鉄水混在一起，这样一来可使原来不合要求的鉄水，經過配合，变成适宜的成分。

(3)当鉄水中含錳量高于1%时，可使爐內鉄水中的硫变成硫化錳(MnS)浮至渣中，以降低鉄水中含硫量。

在混鉄爐的一端或两端装有气体燃料燃燒器，气体燃料可采用炼焦煤气。因为鉄水本身就帶有很大热量，所以混鉄爐消耗的燃料有限。

混鉄爐的容量由200~1500吨不等，容量愈大，使鉄水均匀的程度也愈大，因此，新建的平爐車間多选用較大容量的混鉄爐。

炼鉄厂与炼鋼厂間倒运鉄水，使用无盖的鉄水罐，它放在鉄水車的車架子上，用蒸汽機車或电机車牽引。

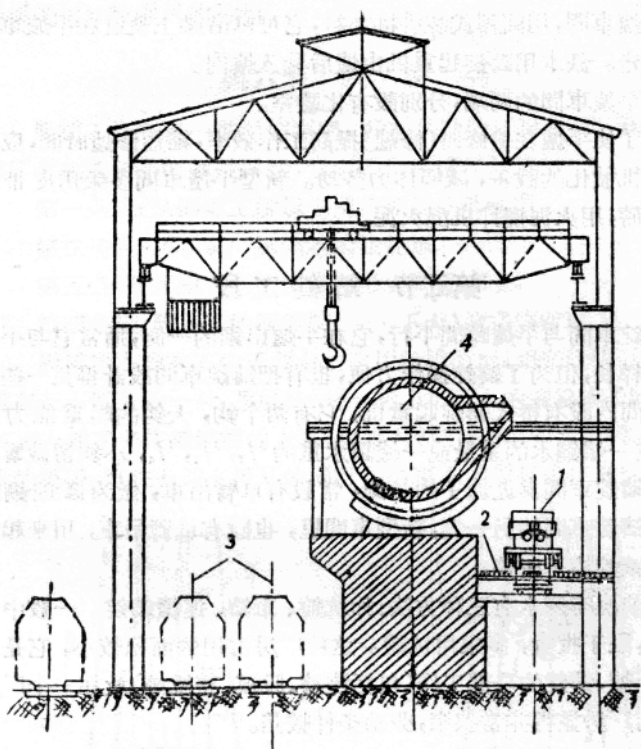


图 3 混鉄爐間断面图

1. 鉄水罐車； 2. 把鉄水运入主厂房的棧桥；
3. 鉄水自煉鉄車間运入的棧路； 4. 混鉄爐。

第四节 平 爐 工 段

平爐跨間由很多梁柱支架而成，在每个梁柱中心相隔的跨距內，安設一座平爐。为了在操作平台上能有貯备材料的位置，設計时通常在厂房两端或中間就留出备用跨距。

新型平爐車間的操作平台高出地面 7 公尺以上。加料用落地式装料机，它是安在一个軌距很寬的車子上，并能在平爐爐門前的平台上自由来往，可以給每个平爐加料。鉄水是由平爐前面注入爐中。

旧型平爐車間，用回轉式裝料機加料，它可以沿梁上軌道在平爐車間任意行走。鉄水用鑄錠起重機由爐後兌入爐內。

在平爐車間的兩端，分別設有化驗室。

為了使平爐在檢修時（修爐）提高工作效率，縮短修爐時間，應盡量採用機械化的設備，減輕體力勞動。新型平爐車間多採用皮帶運輸機運磚，用火泥攪拌機混火泥。

第五節 鑄錠工段

鑄錠車間與平爐跨間平行，它在平爐出鋼的一側，通常它與平爐車間一樣長，但為了鑄錠操作方便，也有把鑄錠車間設計得長一些。鑄錠車間內設有橋式鑄錠起重機，它有兩個鉤，大鉤的起重能力最大，可有一爐鋼水的重量或一爐鋼水重的 $\frac{1}{2}$ ， $\frac{1}{3}$ ， $\frac{1}{4}$ ，小鉤留做零活用。在鑄錠車間靠近爐子的一側，常設有單臂吊車，做為修理鋼罐用。在鑄錠車間的另一側，新型車間里，也設有單臂吊車，用來起重沸騰鋼錠模子壓蓋。

目前澆鑄鋼水有三種方法：如坑鑄、車鑄、連續鑄錠。一般中小企業，限于投資，多採用坑鑄。這種廠房占用的面積較小，它是把原料、平爐、鑄錠的全部工作（包括澆鑄、脫模、整模等）放在一個廠房內，因而廠房顯得非常狹窄，勞動條件較差。

坑鑄，是在鑄錠車間里設有數個比地面低的鑄坑，鋼錠模子就排列在這些鑄坑中，鑄錠起重機吊着鋼水罐沿鋼錠模移動澆鑄，等鋼水冷凝後，再用特殊的脫模機，由鑄錠跨間直接送到初軋廠均熱間。

車鑄，是在鑄錠間設有數個鑄錠平台，平台旁鋪有鐵路，鋼錠模子排列在鑄錠車上，模子靠鐵路線運到鑄錠工作平台旁，鑄錠起重機吊着鋼水罐移動進行澆鑄。鑄完後拖到脫模場進行脫模，然後送到初軋廠。鋼錠卸完把空模子拉到整模場（單獨廠房）進行清刷與塗油。

連續鑄錠，是比較新型的澆鑄方法，在我們國家僅有很少鋼廠採用，它的最大優點，可以取消脫模、整模等廠房投資，而且操作也簡單，只需將鋼水澆鑄到連續鑄錠設備（結晶器）里，很快就可以得到斷面不大的鋼坯，使金屬的收得率提高很多。連續鑄錠在本書鑄錠部分

还要进行比较详细的讨论。

第六节 脱模场

脱模工作在第一类平炉车间，设有单独的厂房进行。脱模厂内顺厂房铺设四条直通铁路线，它们的使用情况如下：

第一条线：从鑄錠工段运来浇好鋼錠的鑄錠車。

第二条线：从初軋厂运回空的注錠車。

第三条线：把脱下来的保温帽放在鑄錠車上。

第四条线：脱下来的鋼錠模(上小下大)放在鑄錠車上。

脱模场内设有不少于两台的三用脱模吊車，用来脱模。这种吊車設有大小鉗子各一对，及頂杆一个。脱上小下大的鋼錠模子时(图4)，可用大鉗子夹住鋼錠模的上耳，再將大鉗子提起，即可脱模。遇到难脱的模子，可在大鉗夹模耳的同时用吊車上的頂杆頂住鋼錠的头部，

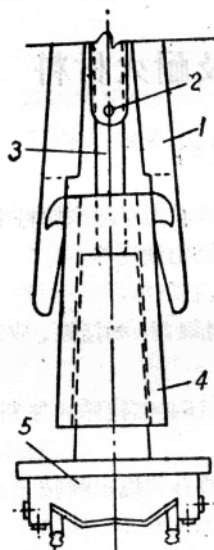


图4 脱上小下大鋼錠

1. 大鉗子； 2. 小鉗子；
3. 頂杆； 4. 上小下大鋼錠模；
5. 鑄錠車。

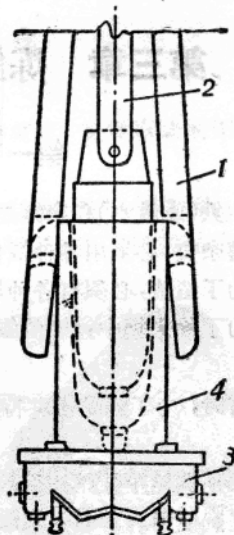


图5 脱上大小下小鋼錠

1. 大鉗子； 2. 小鉗子；
3. 鑄錠車； 4. 上大小下小鋼錠模。

这样在两个相反方向的力作用下，鋼錠模就从鋼錠脫出。当脫上天下小带有保温帽的鋼錠时(图5)，先将保温帽脫下，然后将每个鋼錠用小鉗子夹住头部进行試脫錠，当遇到鋼錠与鋼錠模焊接而脫不掉时，可用地上頂模机进行强制脫錠。

第七节 整 模 場

整模場是准备鋼錠模子的厂房，在新型平爐車間采用車鑄鋼錠的，整模場是一个单独的厂房。从均热爐返回来的空模子或下注用的大底板都在这个場内进行清理、涂油、砌磚。从脫模場返回的保温帽也在整模場内进行修补。通常在整模場内的清刷与涂油工作都是机械化的。准备好的鋼錠模放在鑄錠車上，用压缩空气吹好，等待鑄錠工段出鋼时，即可用蒸汽或电机車头拖去。

第三章 炼鋼的原料及耐火材料

第一节 炼鋼的原料

生鉄(或鉄水)和廢鋼是炼鋼所用的原料。为了除去爐料中的各种有害杂质，必須用各种氧化剂，如矿石或氧化鉄皮等。

为了造渣，必須有各种熔剂，如石灰石、石灰等。

为了除去鋼中过多的氧，必須用各种脫氧剂，如錳鉄、矽鉄、鋁等。

有时，为了炼制各种特殊用途的鋼种，还必需特殊的原料和合金。

凡是供給平爐器炼用的各种原料皆須符合其規定的技术条件，不得任意使用。

1. 生 鉄

平爐所用生鉄可以是固体的，亦可以是液体状态的。对于碱性平

爐來說，生鐵中矽的含量不應過高，因為矽高氧化後生成大量矽酸鹽，這樣就必須向爐內加入大量的石灰來中和，使渣量增多，加熱困難，並且嚴重的破壞了爐體。生鐵中硫的含量也不應過高，因為生鐵中硫高就須向爐內加入大量石灰，提高爐渣鹼度來除硫，這樣會延長煉鋼時間。所有這些，對煉鋼過程的進行都是不利的，因此，對生鐵的成分應當有一定的要求，如下表。

表 2 生鐵化學成分表

生鐵牌號	Si	Mn		P			S		
		I	II	I	II	III	I	II	III
♀ 1	1.21~1.50	1.00~2.00	大於 2.00	不大於 0.21	0.21~0.35	0.36~0.75	不大於 0.03	不大於 0.05	不大於 0.07
♀ 2	0.91~1.20								
♀ 3	0.30~0.90								

2. 廢 鋼

廢鋼的來源：

1) 本廠的廢品：如煉鋼車間的半截錠，軋鋼車間的切頭、切尾等。

2) 外廠的廢品：如機械製造廠的車屑、切頭、切邊等。

3) 舊廢設備：如不能繼續使用的機器或各種鋼鐵結構等。

對廢鋼的要求：

1) 應當是清潔的，不得夾有泥土及其他有害雜質——有色金屬。

2) 應根據料槽和爐門的大小，把過于大型的廢鋼切斷、壓碎，以便裝爐。

3) 對於車屑、切邊等體積較大的輕型廢鋼應打包成捆。

4) 對於化學成分差別較大的廢鋼應分類放置和使用。

此外，在廢鋼的選擇上不應使用下列兩種廢鋼：

1) 含有有色金屬錫(Sn)、鉛(Pb)、鋅(Zn)、銻(Pt)、銅(Cu)等。這些元素對鋼的質量有顯著影響，特別是鉛(Pb)，如沉澱在爐底上

滲入裂縫中，則會破壞爐底的燒結層。

2) 密閉容器或有爆炸危險的廢鋼。

3. 熔 劑

在鹼性平爐中，石灰石、石灰、螢石、鐵矾土、粘土塊等可以用來造渣。

1) 石灰石

在裝料時石灰石隨爐料一起裝入，粒度要求是25~50公厘，石灰石分解時需要消耗大量的熱，所放出的氣體攪動熔池，這就是經常所說的石灰石沸騰。石灰石沸騰對熔池的加熱和去除各種有害雜質是有利的。

表 3 我國幾個主要產地石灰石成分表

	CaO	SiO ₂	Fe ₂ O ₃ + Al ₂ O ₃	P ₂ O ₅	S
大連甘井子	53.2	1.33	1.59	0.042	0.0497
本 溪	51.31	2.28	0.73	—	0.021
石景山	40.1~53.2	1.84~2.48	0.73~1.35	0.015~0.03	0.025~0.048
大 冶	>50	<1.4	—	—	<0.5

2) 石灰

石灰是石灰石焙燒以後的產品，在焙燒時石灰石發生下列反應：



石灰比石灰石造渣快，並且不會顯著地冷卻熔池，其粒度一般要求是50~80公厘，並且要求用新焙燒的、不應含有粉狀的石灰，因為它會把水分帶入鋼中，並能堵塞蓄熱室的格子磚。

石灰吸收空氣中水分的能力很強，因此必須妥善保存它。

3) 螢石

螢石是用來稀釋爐渣的，其主要成分含有85~95%的氟化鈣(CaF₂)。

4) 鐵矾土

鉄矾土是用来代替螢石的材料，效率較差，含水分多，其主要成分是40~57% Al_2O_3 ，10~17% SiO_2 ，12~26% FeO 。

5) 粘土块

粘土块也是用来稀釋爐渣的，和鉄矾土比，其中含的氧化鉄和水分都少，因此，常被用在精炼末期或純沸騰初期做为調渣用。

粘土块的主要成分是58~70% SiO_2 ，27~35% Al_2O_3 ，1.2~2.2% Fe_2O_3 。由于粘土块含有的二氧化矽和三氧化二鋁比較多，所以对爐渣的碱度稍有影响。

4. 氧化剂

为了氧化金屬爐料中的杂质（碳、磷、硫），在熔炼过程中要加入氧化剂。主要的氧化剂有鉄矿石、氧化鉄皮、燒結矿等。

5. 脫氧剂

鋼液中大量氧化鉄的存在，会使鋼的性能变坏，因此在冶炼过程的后期必須进行脫氧。

为了脫氧和得到必要的化学成分，必須往爐內或罐內加入脫氧

表 4 各种脫氧剂化学成分表

名称牌号	化 学 成 分						粒 度 (公厘)
	C	Mn	Si	S	P	其 他	
高爐錳鉄 一級品		>70	≤2.0	0.04			20~60(罐內脫氧用)
高爐錳鉄 二級品		60~70	≤2.0	0.04			≤150(爐內脫氧用)
75%矽鉄		≤0.7	72~78	0.04	0.05	Cr≤0.5	20~60(罐內脫氧用)
45%矽鉄		≤0.8	45~50	0.04	0.05	Cr≤0.5	20~60(罐內脫氧用)
矽錳合金 CNMH14	≤2.5	≥60	14~16.9		0.45		20~30(罐內脫氧用)
矽錳合金 CNMH17	≤1.75	≥65	17~19.9		0.45		≤150(爐內脫氧用)
磷 鉄	≤0.25		≤0.75		18~25		≤50(罐內脫氧用)

剂。一般常用的脱氧剂有：硅铁、锰铁、硅锰铁、磷铁和铝等。

对脱氧剂的要求：

(1) 含有害杂质少。

(2) 合金元素含量高。

(3) 应有一定的粒度，过大或过小都会降低脱氧的效率。

第二节 耐火材料及其特性

在冶金工业里，所有冶金炉都是处在高温下进行工作，因此它们的内衬必须砌上适当的材料。这些材料应具有：高温下不熔化和能抵抗物理化学作用等性能。我们把这种材料叫做耐火材料。

在整个炼钢过程里，绝大部分时间钢水是与耐火材料接触着，由此可见它的质量好坏，对我们操作有很密切的关系。

耐火材料包括耐火原料、耐火泥、耐火砖等。

耐火材料的基本特性

1. 耐火度、荷重软化点：耐火材料最主要的性能，应该是在高温下不熔化，并能高温和一定的压力下，保持原来的形状而不软化。前者我们称为耐火度，后者叫荷重软化点。

测定砖的耐火度，通常用测温锥。测温锥是一个三角锥体。欲测定耐火砖的耐火度，首先从砖上切下三角锥体，然后与许多标准锥（它是以各种不同成分配成的不同熔点的锥形体）放在一起。这些标准锥的熔点是已知的。在高温下将它们在一块加热，当发现试验锥尖部已软化垂至底平面，同时标准锥也有下垂者，则标准锥的熔点，就是欲测砖的耐火度。

荷重软化点，也是由试验得来。在耐火材料上加一定的压力，当温度升高到某一程度时，砖就开始软化，则该温度就是荷重软化点。

2. 耐急冷急热性：

因为耐火砖的工作环境常常有很大的温度变化，如铸锭用砖在使用前仅为几十度，当遇到钢水后温度就突然增高到 1600°C ，因此耐火砖必须具有耐急冷急热的性能。耐火砖破裂的原因，大都是由