

冶煉鋼鐵的基本知識

朱林章 著
羅廷英 校

重慶人民出版社

冶煉鋼鐵的基本知識

朱林章 著

羅廷英 校

重慶人民出版社

一 什么是鋼、鉄

鋼鉄的主要成分，是鉄(Fe)及其他成分如碳(C)、硅(Si)、錳(Mn)、磷(P)、硫(S)及其他必要的合金成分如鉻(Cr)、鎳(Ni)、鎢(W)、钒(V)、鉬(Mo)等。

鋼与鉄的基本界綫是它的含碳量。一般碳分在1.7%以上的便是鉄；碳分在1.7%以下，0.008%以上的都是鋼；而含碳0.008%以下的則称为原鉄。

鉄主要分为两大类。翻砂生鉄断面是灰色，所以又叫灰口鉄，它的主要特点是含硅高，硫低；煉鋼生鉄，断面是白色，故又叫白口鉄，它的主要特点是含硅較翻砂生鉄低些。生鉄断面介于灰口与白口生鉄的叫做麻口生鉄，它可以用来煉鉄，也可以用来翻砂，其特点是含硅量介于白口鉄与灰口鉄之間。不銹鋼(口生鉄的叫做麻口生鉄)、變鋼(主要合金成分为鎢、钒)、滾珠軸承鋼(主要合金成分为鉻)及不變鋼(主要合金成分为鎳)等。

鉄主要分为两大类。翻砂生鉄断面是灰色，所以又叫灰口鉄，它的主要特点是含硅高，硫低；煉鋼生鉄，断面是白色，故又叫白口鉄，它的主要特点是含硅較翻砂生鉄低些。生鉄断面介于灰口与白口生鉄的叫做麻口生鉄，它可以用来煉鉄，也可以用来翻砂，其特点是含硅量介于白口鉄与灰口鉄之間。白口生鉄經過加硅及去硫处理也可以用来翻砂。

二 鐵是怎樣煉成的

鐵在自然界中主要成為化合物存在。我們常見的鐵礦石有氧化礦物，如赤鐵礦，磁鐵礦；硫化礦物如黃鐵礦；碳酸鹽礦如菱鐵礦等。用來煉鐵的礦石主要為赤鐵礦、磁鐵礦及菱鐵礦，而黃鐵礦則主要用來煉硫磺或制硫酸。提煉硫磺後的黃鐵礦渣，經過焙燒處理後也可用來煉鐵。

煉鐵是一個還原過程。還原就是把氧化的鐵（鐵礦石）還原成金屬鐵。我們是用碳去還原礦石，還原出來的金屬鐵總是含有碳、硅、錳、磷、硫等元素，這就是我們常見的生鐵。

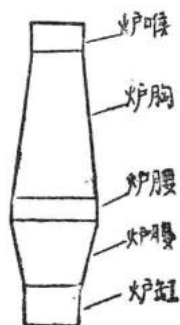
煉鐵需要很大的火力才能把鐵礦石燒化，也就是說，需要很高的溫度才能從鐵礦石中把鐵還原出來。一般煉鐵的設備是高爐，又叫鼓風爐。高爐的基本內形如圖一。

為了明了煉鐵的基本過程，我們先看原料在高爐各個部位的作用。

高爐的最上部分稱為爐喉。鐵礦石、焦炭（或木炭）及其他原料由此裝入高爐內。這部分溫度很低，約 200°C — 300°C ，原料經過此處得到預熱。

爐喉以下是爐胸，鐵礦石及其他原料在這裡受到預熱後放出水分及揮發分。並由於上升煤氣中的一氧化碳（ CO ）氣體的作用而開始了還原作用。

爐胸下面是爐腰（某些土爐沒有爐腰）鐵礦石及其他原料在此已開始熔化，鐵不



圖一 高爐內型圖

断从铁矿石中分离出来，铁矿石中的杂质(废石)与装入的石灰石等成为渣子。

爐腰下面是爐腹，焦炭在风口猛烈燃烧后上升到这一部分形成高温区域，使铁矿石、石灰石及焦炭绝大部分在此熔化，铁矿石中的铁在此就差不多被完全还原出来了。铁矿石中杂质就与石灰石造成熔状的渣。

爐腰下面是爐缸，它的上部接近爐腹处开有风口，焦炭在此处燃烧形成温度极高的燃烧带。它的下部主要贮存铁水与熔渣。因为铁水比渣子重的多，所以铁水就沉在爐缸下面，而渣子就浮在铁水上面。爐缸部分还开有两个口，一个口在底部是放出铁水用的，叫做出铁口；另一个口在出铁口的上面是放出渣子用的，叫做出渣口。平常，出渣口及出铁口都是用黄泥堵着的，放铁放渣时才把黄泥封口打通，使渣子和铁水流出来。

炼铁的基本过程可以这样来理解：铁矿石中的铁是氧化物，要使铁矿石中的铁还原出来，就必需去掉铁矿石的氧分。我们用焦炭的碳素去去掉铁矿石中的氧，我们叫它还原冶炼。可是，铁矿石与焦炭火力不大时，是不会发生作用的，它们只有在相当高的温度下才起变化，所以我们采用鼓风机把空气鼓入高爐，使焦炭猛烈燃烧，产生很高的温度(1400°C以上)使铁矿石与焦炭充分发生作用，于是铁矿石中的氧化铁就还原出来了。

在炼铁时，除加入铁矿石及焦炭外，还加入石灰石，它是造渣用的，即是使铁矿石中的杂质能与石灰石结成渣子，同时使炼出来的生铁中硫很少。可见，炼铁时，加入高爐内的原料

有鉄矿石、焦炭、石灰石以及从风口鼓入的空气。它們之間的关系是：

鉄矿石：焦炭：石灰石：空气 = 2:1:0.5:4。

大約每生产一吨生鉄，同时也产生零点五吨渣子及自爐頂放出煤气約六吨。以上这个比例关系的变化很大，主要是根据鉄矿石的含鉄量和煉鉄所用的燃料量来决定。土高爐冷风貧矿煉鉄这个比例并不适用。（鉄矿石含鉄量达百分之四十以上的叫富矿，低于百分之四十的叫貧矿。）

煉鉄操作应注意三个基本問題：

1. 对原料的处理 煉鉄的原料，无论是鉄矿石、石灰石或焦炭，均要进行破碎，力求它們的块度一致，这样才能使通风順暢，避免发生事故。

对块度的要求，視高爐大小而略有不同。对土高爐來說，小于五立方公尺的高爐，一般不应大于三十公厘，不小于五公厘。太小的块子会阻塞通风道，同时也容易从爐頂吹出来。要使块度一致，办法是用篩孔直径五公厘的篩子篩分。

对原料的第二要求是干燥，因为矿石、焦炭的水分太高，对冶煉的影响很大。当然，这要看具体情况，一般是要求愈干燥愈好。

对原料的第三要求是裝料速度和焦比。速度就是每隔多少時間裝一批料。对于土高爐來說，“少加勤上”是很好的經驗。新开爐的土高爐，可以采用每隔三至五分鐘裝一批料的速度。裝料多少視高爐容积大小而定。

焦比是煉單位生鉄焦炭的用量。一般的焦比是1.0左右。先进的高爐可以比1小很多。对于土高爐來說，焦比是比較

高。开始时，一般生鉄与焦炭比为1:3，視高爐作业情况，逐漸降低焦比，直到1:1时甚至更低时为更好。

影响焦比的重要原因是爐温，爐温太低，就有冻结的危险。所以，新开的高爐，采取較大的焦比，随着冶炼的正常化而减低焦比。

土高爐除用焦炭作燃料外，木炭也是很好的燃料。沒有木炭和焦炭的地方可用无烟煤。或采用焦炭烟煤的混合燃料。

粉末狀的矿石和焦炭加以适当处理也可以应用在高爐上。方法是加入少量粘結材料如淀粉漿、焦油，將細粒矿石、焦炭、石灰石制成球块，正如制煤球一样。制成的球块不应太大，因为它不象焦炭那样疏松多孔，块子太大了，不易烧起来。一般以二十公厘左右的块子为宜。

金属加工厂的废鉄屑，可以拿来用土爐子烧紅打成小块，或者直接打紧一些，即可裝入高爐内。这样可以提高高爐产鉄量。当然，加入的废鉄屑不应太多，不然高爐就成为化鉄爐了。

对于鉄矿石中的含鉄量不应变动太大。因为鉄矿石中含鉄量的高低就决定了焦炭及石灰石的加入量，它們之間随鉄矿石中含鉄量的变化应作相应的改变。否則，容易造成生产量降低，或者很不正常。

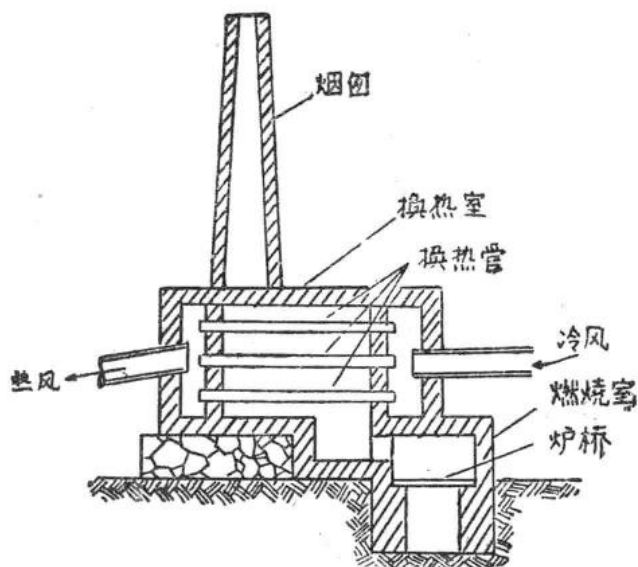
如果鉄矿石的来源不是一个矿山或者不同矿层，最好是將不同矿山或不同矿层的矿石分別堆放，然后分批应用。較简单的办法是將不同矿山或不同矿层的矿石一层了一层的平堆，經過混勻以后取用。

2. 风温 鼓入高爐的风有冷风、热风之分，热风就是把冷空气經過热风爐后，把它加热成热空气，我們称为热风。热风

的溫度視热风爐的構造不同而变动很大。土高爐比較易行的是管式热风爐,可以把冷空气預热到 $200-600^{\circ}\text{C}$ 。总之,保証土高爐內溫度达到 1400°C 以上是起碼的要求,否則爐子就有冻结的可能。热风溫度愈高,高爐內的溫度也愈高。可见对三立方公尺以上的高爐采用热风是非常必要的。

热风爐主要有三种。这里介紹一种比較适于土高爐的办法。

图二是平滑管式热风爐。方法是取普通水管,直径以 $1\frac{1}{2}$ 吋为宜。它的兩端,分別并排的砌在砖牆上,由砖牆兩端再分別引出二根管子:一端接鼓风机,一端接在通高爐风口的风管上。水管外圍是一个密閉的爐灶,它可以用煤或木柴燃烧,使爐灶內溫度提高,于是并排的水管也被加热了。冷空气自鼓风机打出来,經過并排的水管后就被加热了,一般可热至 $200-300^{\circ}\text{C}$ 。



圖二 管式換热器

如果希望热风的温度更高些，可以改平滑管为针状管，甚至采用高柏氏热风炉。这里就不详细叙述了。

3. 风压 鼓入高炉的空气应有一定的压力，才能使空气顺利通行，使焦炭燃烧猛烈，达到炼铁的目的。一般的高炉风压在一大气压以上。对于土高炉，一般也不应低于六百公厘水柱的压力。

为了使风力较大，风口的直径应适当，对于土高炉，风口直径在二十五至五十公厘范围内。同时，风口应向炉底倾斜，使炉缸内的铁水能够翻动，才能保持铁水温度，以免炉缸冻结。一般土高炉的风口应向下倾斜十至二十度，根据土高炉大小不同的情况来决定。

三 钢是怎样炼成的

前面谈到，生铁的含碳量很高，同时其中的硅、锰、磷、硫均较高。因此，生铁性脆，经不起敲击，应用上很不方便。

设法把碳分降低，并且把硅、锰、磷、硫降低到需要量，就是炼钢的基本过程。方法是把这些元素氧化掉。所以炼钢可以说是一个氧化过程。

炼钢的方式很多。主要有平炉炼钢，转炉炼钢，电弧炉炼钢，感应电炉炼钢及坩埚炉炼钢。这里主要介绍一下坩埚炉炼钢及小转炉炼钢。

一 坩埚炉炼钢

坩埚炉炼钢是比较早期的方法，主要用来炼工具钢。因为

它的产量不大,同时原材料的要求較严,不适于大规模生产,所以坩埚爐煉鋼沒有广泛被采用。

但是,坩埚爐煉鋼的設備簡單,投資很小,操作方法也容易,适于小规模建厂,特别是交通不便,又缺乏煉鋼工业的地区尤其适宜。还应指出,在坩埚爐內也可以煉出很多种供特殊用途的高級合金鋼如鋒鋼、滾珠軸承鋼等。

坩埚爐的構造如图三。坩埚爐建在地坑內,当然把它砌在地面上也可以,只是操作不大方便。坩埚爐主要分为三个部分,爐桥以下是灰坑,这里不但供除灰之用,同时也是风进入的地方。一般說来,灰坑的高度不宜小于八百公厘,灰坑面积視爐膛大小而定。而爐膛大小又决定于坩埚容积。

爐桥以上是爐膛,是坩埚爐的主要部分。爐膛尺寸中,須特別注意的是坩埚在爐膛中的位置,一般說,坩埚底部距爐桥的距离以一百九十公厘为宜;坩埚最大直径处到爐膛壁的距离以不小于一百公厘为宜;坩埚盖与烟道出口底边的距离以不小于一百公厘为宜。爐膛頂的出口直径,以能夾出坩埚为宜,一般不应小于三百五十公厘。

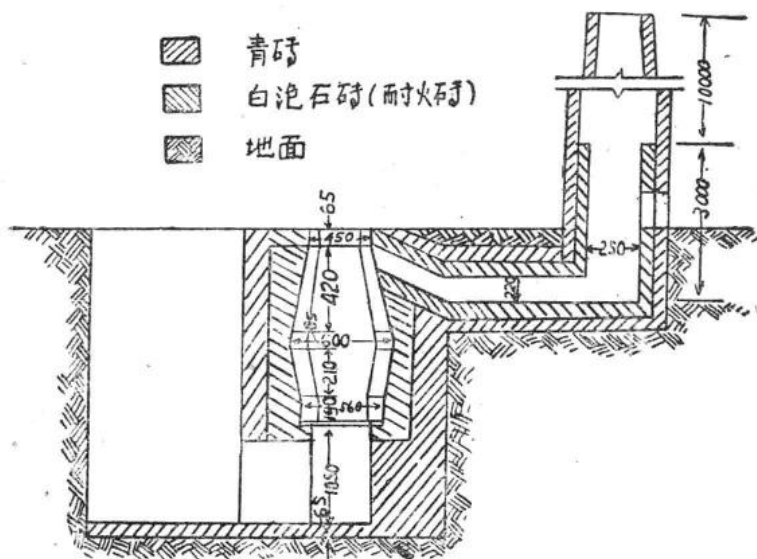
坩埚爐另一部分是烟囱,烟囱的主要尺寸是它的高度,要看橫烟道的長度如何来确定,如果橫烟道在兩公尺以內,烟囱高度就以十公尺为宜。烟囱平均断面是二百三十平方公厘。

現着重將有关坩埚煉鋼的基本知識介紹如下:

1. 坩埚煉鋼的基本原理

坩埚煉鋼法主要是一个熔化和混合过程。在熔煉过程中当然也有金屬元素的燒損,也就是說必然有化学反应。不过,在坩埚煉鋼中并不是主要的,这里不加以研究。

坩埚中混合裝入廢鋼及需要的鐵合金，由于焦炭的燃燒



圖三 坩埚爐

而获得热量,当溫度高达 1450°C 左右时,廢鋼即开始熔化,熔化后的鋼液,由于廢鋼表面帶入的氧化鉄 (FeO) 及其他杂质与加入的造渣材料形成熔渣浮在鋼水上面。熔化后,鎮靜約三十分鐘,使鋼水吸收与廢鋼一起加入的鉄合金元素如碳,硅,錳,鉬,鈳及鎢等,与此同时,鋼水的气体也充分放出来。鎮靜的时间不宜太長,否則鋼水会过多的吸收坩埚本身的硅,碳,而不合要求。同时,如鎮靜时间太長,焦炭层下降,爐溫降低,鋼水溫度太低,甚至冻结起来。

鎮靜后,随即将坩埚自坩埚爐中提出来,浇成鋼錠,于是一爐鋼的熔煉就完毕了。

2. 坩埚煉鋼的操作方法

坩埚煉鋼的操作分為三個步驟。

①原料準備 坩埚煉鋼的主要原料為燃料、廢鋼及鐵合金。

燃料主要用焦炭，一般以打碎成八十公厘大小的塊子為宜。燃料的主要要求是灰分的熔點要高。這樣，灰分才不致粘在一起，很容易通過爐橋而沉入灰坑，便於清除。如果焦炭灰分的熔點低，則很容易結渣，在爐橋附近生成瘤子，阻塞通風，無法提高爐溫。對於灰分熔點低的焦炭，只有採取勤通焦層的措施，這將在下面介紹。

廢鋼應打成小塊，一般以不超過三十公厘為宜。如果是條子鋼，應先用竹篾把它很整齊的捆起來，這樣可以縮短熔煉時間。

應加入的鐵合金應先打成小塊，愈小愈好。打鐵合金時，千萬不要把鐵合金弄混，同時要注意散失，因為鐵合金的價格很貴。打鐵合金時如果遇到太硬的，可以先放在爐內燒紅，再夾出來，立刻投入冷水內急冷，這樣就容易打碎了。打鐵合金時應將地面清掃，用鐵塊作墊，並用一張鐵皮或竹席圍起來，就不會飛失鐵合金了。

造渣材料需要不多，要看廢鋼表面銹的程度來決定。可以準備一些石灰、氟石，用前也要打成細粒。並且保持充分乾燥，必要時應先烘乾。

②熔煉操作 準備好的廢鋼、鐵合金，分層加入已經烘紅的坩埚內。如鐵合金的量多，則應大部分裝在坩埚的下半部分，不可把鐵合金加在表面上，以免氧化損失。

、 這裡要注意兩件事：

甲、坩埚一定要烘得好。方法是把坩埚放在爐蓋上或其他烘爐上先用低溫烘，待水分充分去掉后用高溫烘，保證坩埚全部烘好，然後放入坩埚爐，用更高的溫度烘，直到坩埚全部烘紅時才進料。

乙、進料時不可把廢鋼隨便扔入，應用專門的夾鉗把捆好的料輕輕放入，以免打壞坩埚。如廢鋼是捆好的，裝料時應是鐵合金在下層，廢鋼在上層。如廢鋼是小塊，鐵合金與廢鋼就應分層裝，但鐵合金應儘可能裝在坩埚的下半部分。

廢鋼裝入坩埚後，即將已烘好的坩埚蓋放在坩埚上，然後往爐內加焦炭。加焦炭時用一把鐵鍬遮着坩埚，以免焦炭打在坩埚上打壞坩埚。焦炭分二次裝，第一次加到與坩埚蓋齊，待火已發旺後加第二次，直加到與煙道口底端齊為止。然後就蓋好爐蓋，讓它燃燒。

大約一小時後，用鋼鉗通焦層，即時打散瘤子和焦塊，使通風良好。如果焦炭的質量差，灰分熔點低的話，通焦層應該動一些，大約二十至三十分鐘通一次。同時也要用火鉤從爐橋下通灰，保持爐橋底全部發亮，通風就良好。如果焦炭質量好，灰分熔點高的話，可以不必通焦層，只在爐橋下動用火鉤通灰就可以了。

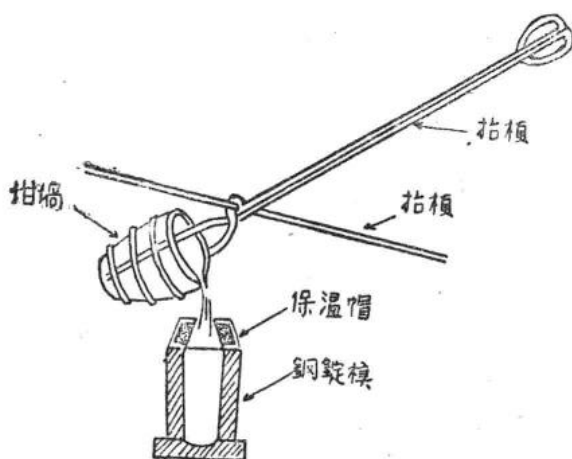
大約一點半鐘後，廢鋼就熔化了。這時可用一根直徑約十公厘的鋼探條，先在爐內燒紅，然後從坩埚蓋上的孔插入坩埚內探料，如果已熔化就攪動鋼水，使之充分混合，如果未熔化，也應加以攪拌。

鋼水熔清後（即廢鋼與鐵合金等已全部熔化），保溫二十至三十分鐘，再用鋼探條探料，這次探料的目的是測溫，同

时再搅匀鋼水。探料时探条要放在坩埚爐內燒紅才放入坩埚，等一分鐘取出，如果探条上不粘或只粘很少鋼水，并且火花飞溅很少，証明鋼水溫度已合格了，就可以立即准备出鋼。否則就还須保溫一段時間，一般約十分鐘。这时应特別注意，如果焦炭层已下落到坩埚盖以下，那么即使鋼水溫度低一些，也应立即准备出鋼。否則，因为焦炭层下降了，无法再提高溫度，鋼水就有冻结的危險，被迫再加焦炭，从新进行熔煉，这是很不經濟的。

出鋼的准备工作要作好。需要的人工要由坩埚容积大小来决定。坩埚容量十公斤以下的三人操作。大于十公斤的应有簡單的起重設備，最好是五人操作。

出鋼时，一人用抱鉗，要求眼准手快，在极短的時間內將抱鉗放入爐內，把坩埚夾好，另外二人立刻用一根專門抬杠鉤

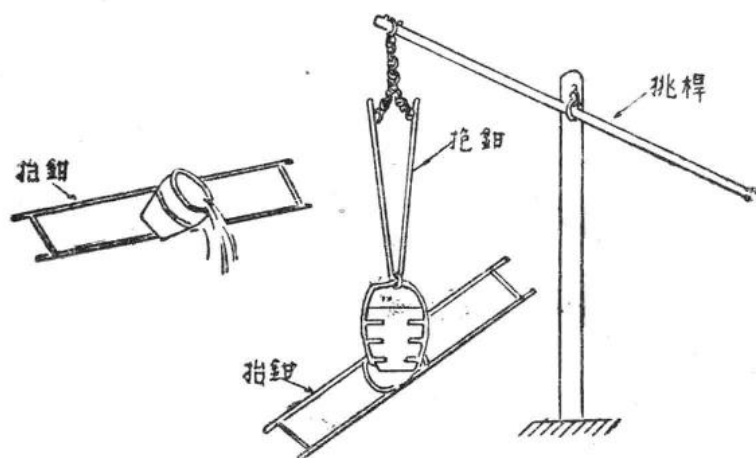


圖四 用抬杠澆坩埚鋼

着抱鉗，把坩埚抬出爐子。出爐后不要停留、靜置，立刻进行澆

注，这时二人抬杠，保持适当位置，一人用抱鉗，將鋼水倒入鋼錠模內。

坩堝容量大于十公斤时，应用簡單的起重挑杆較为适宜。出鋼时仍然由一人用抱鉗，迅速將抱鉗抱好坩堝，然后挂上挑杆的挂鉤，另外二人即压下挑杆，把坩堝从爐內挑起来，放在專門浇注用的抬鉗內，再用二人抬起抬鉗进行浇注，要方便得多。



圖五 用抬鉗澆鋼及用挑杆出鋼

出鋼后，应立即清渣，即用大通条（直径十五公厘的鋼条）通焦炭，并尽可能把結渣或瘤子除去，直到剩余焦炭层差不多与坩堝座子齐为止。如焦炭質量不好，則应尽量把剩余焦炭通下爐桥，只留很少一部分作发火用。否則下一爐容易結渣或焦炭結瘤，影响操作。

清渣后，即將上爐用过的坩堝放回爐內，以免在爐外冷却太快而炸裂。坩堝放好后，即加入少量焦炭，大約加到与坩堝

中部齐为止。然后，盖上坩埚爐盖，讓它升火。坩埚燒紅后即开始进料，按上述操作进行。

③配料 这是很主要的工作，因为料配不好，煉出来的鋼就会不合格。

配料的目的在于按鋼号的规定調整碳、硅、錳及其他合金元素如鉻、钒、鎢等的成分，使之符合规定。

配料先要知道两个条件：即废鋼的化学成分与鉄合金的化学成分。

废鋼的成分要求准确，才能根据这个成分来調整配料。如果废鋼的成分不知道，当然也可以在鋼水熔清后取样分析，再进行成分的調整。但是，对于坩埚爐來說，熔清后再調整成分的可能性較小，因为在熔清后不可能加入大量的鉄合金，否則鋼水会冻结。如果由于客观上的需要，必需用不知成分的废鋼来煉高級合金鋼，也可以这样处理，即熔清后取样分析，再按分析成分加入鉄合金，如鋼水冻结，就再加滿焦炭，从新熔化。这里必須指出的是：这样的方法，只有在鋼水中的成分都不大于所煉鋼号规定的成分才有可能。否則也只有根据废鋼成分来煉相应成分的合金鋼。

鉄合金的成分是必須知道的。其次鉄合金中的碳、硅含量也應該知道，因为有些鉄合金如錳鉄鉻鉄的碳分很高，在煉低碳合金鋼时就要求用低碳鉄合金。相反在煉高碳合金鋼时，（为了伴随調整合金元素时也增炭）就要求用高碳鉄合金。这是要特別注意的。

鉄合金不是百分之百的被利用，有一部分要被燒掉。就是說鉄合金的收得率不是百分之百。对于坩埚爐來說，可以

認為鐵合金的收得率在70—90%之間。

配料的方法举例如下：

譬如：已知廢鋼含碳量為0.4%，需要增加到0.9%。我們用電極塊（碳塊也可以）來增碳，電極塊的含碳假定為98%，一爐坩堝鋼裝料的總重量是十公斤的話，則計算式如下：

$$\frac{(0.009 - 0.004) \times 10 \times 1000}{0.98 \times 0.95} = 53.7 \text{克}$$

式中：0.009——要求的含碳量，%；

0.004——廢鋼中的含碳量，%；

10——一爐坩堝鋼裝入料總量，公斤；

0.98——電極塊的含碳量，%；

0.95——電極塊的碳素收得率，%。

又如，已知廢鋼中含碳0.2%，含錳0.3%，要求的是含碳0.23%、含錳0.9%。這時，計算配料應考慮錳鐵的含碳量。因為錳鐵有高碳與低碳二種。例如，我們用高碳錳鐵來增錳，假定錳鐵含錳為70%，含碳為7.0%，按上面提出的要求裝料以十公斤計需要增加的錳鐵如下：

$$\frac{(0.009 - 0.003) \times 10 \times 1000}{0.70 \times 0.90} = 95.2 \text{克}$$

式中：0.009——要求的含錳量，%；

0.003——廢鋼中的含錳量，%；

0.70——錳鐵中的含錳量，%；

0.90——錳鐵中錳素的收得率，%。

現在來計算一下，當加入錳鐵95.2克時帶入多少碳分。

$$\frac{7.0 \times 0.0952}{10} = 0.0664\%$$