

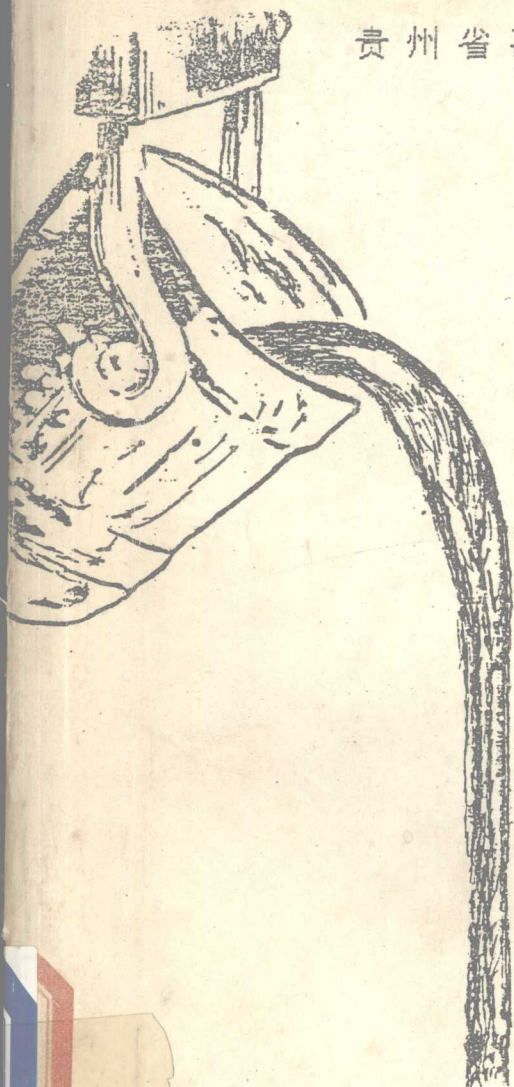
铁 合 金 冶 炼

《内部交流资料》

九三学社贵州冶金支社社员

宋广琦 编著

贵州省冶金学校教师



九三学社贵州省冶金支社科技服务部

一九九〇、九、三

铁 合 金 冶 炼

(内部交流资料)

九三学社贵州冶金支社社员
贵州省冶金学校教师

宋广琦 编著

前 言

本书是根据贵州省和九三省委有关领导的指示，为发展生产、振兴贵州，以及为冶金教学，乡镇企业的科技服务的原则，同时参考了有关大、中专、技校和短训班的教学计划和大纲，结合自己多年的生产经验，针对贵州实际——锰矿资源丰富（遵义、松桃等地）和硅石遍及面广的特点而进行编写的。

编写时力求实用性强，全面具体地介绍了铁合金冶炼的原材燃料、原理、生产工艺和设备等，并对主要内容（硅和锰系列合金）作了较详细的论述，也对电极和耐火材料作了适当的介绍。

本书可作铁合金冶炼教材用书，也可供生产、建设、科研、设计和行政、经济管理等部门人员参考。

在编著过程中，得到九三冶金支社、贵钢冶炼工程师冉君邦同志的热情支持，并由贵州冶金设计研究院高级工程师王成汉同志审校，在此一一表示衷心的感谢。

由于时间仓促，编著者水平所限。书中错误和不妥之处在所难免，敬请读者批评指正。

编 著 者

业务联系人：

邮购地址：贵阳市白云区大坝 贵州省冶金学校 宋广药

邮 编： 550069

目 录

第一章 概述.....	1
第一节 铁合金在国民经济中的地位.....	1
第二节 我国铁合金生产发展概况.....	2
第三节 铁合金的用途和分类.....	2
第四节 铁合金生产的基本原理.....	3
第五节 铁合金生产的基本方法.....	6
第六节 矿热炉及其主要参数.....	9
第二章 耐火材料与炉衬砌筑.....	14
第一节 耐火材料的分类、性能及其选择原则.....	14
第二节 铁合金生产常用耐火材料.....	19
第三节 铁合金矿热炉的砌筑.....	21
第四节 铁合金矿热炉的烘炉.....	23
第三章 电极及其制造.....	27
第一节 电极的性能要求、用途、类型及其选择.....	27
第二节 自焙电极的制造.....	29
第三节 自焙电极的烧结.....	37
第四节 自焙电极烧结的质量控制.....	40
第五节 自焙电极的接长与下放.....	41
第六节 自焙电极的事故及处理.....	46
第七节 电极的消耗.....	55
第四章 矿热炉机械设备.....	56
第一节 炉体和炉壳.....	56
第二节 电极把持器.....	59

第三节	电极压放系统.....	69
第四节	电极升降系统.....	72
第五节	电极的冷却和通风.....	73
第六节	低烟罩和封闭.....	77
第七节	炉体旋转机构.....	79
第八节	液压系统.....	80
第九节	加料设备.....	84
第十节	捣炉设备.....	85
第十一节	出铁和浇铸设备.....	87
第五章	矿热炉电气设备.....	89
第一节	电炉供电系统.....	89
第二节	电炉主要用电气设备.....	90
第三节	矿热炉供电制度.....	91
第四节	炉用变压器.....	94
第五节	短网.....	116
第六节	高压配电设备.....	130
第七节	二次配电设备与回路.....	141
第八节	电极升降控制.....	156
第九节	电气监测仪表和保护装置.....	168
第十节	节电的方向.....	172
第六章	硅铁、结晶硅及其硅合金.....	184
第一节	硅与铁的主要物理化学性质.....	184
第二节	矿热炉的内型尺寸.....	186
第三节	硅铁冶炼的主要过程.....	189
第四节	原料准备.....	193

第五节	硅铁的牌号和用途.....	194
第六节	生产硅铁的原料.....	197
第七节	硅铁熔炼操作工艺.....	205
第八节	硅铁配料计算.....	267
第九节	结晶硅.....	269
第十节	硅钙合金.....	277
第十一节	硅铬合金.....	287
第七章	锰铁、金属锰及其锰合金.....	294
第一节	锰的主要物理化学性质.....	294
第二节	锰铁的牌号和用途.....	295
第三节	锰铁原料及其准备.....	299
第四节	冶炼基本原理.....	310
第五节	富锰渣.....	314
第六节	炭素锰铁.....	330
第七节	硅锰合金.....	361
第八节	中低碳锰铁.....	380
第九节	金属锰.....	400
第十节	氮化锰铁.....	409
第八章	矿热炉炉前操作.....	412
第一节	堵口泥球制作.....	412
第二节	开炉眼(开铁口)操作.....	413
第三节	电弧烧穿器的使用.....	414
第四节	氧气的使用.....	415
第五节	堵口操作.....	417
第六节	铁口难堵的处理.....	418

第七节	预防回爆.....	419
第八节	封炉眼.....	420
第九节	浇注.....	422
第十节	取样.....	423
第十一节	炉渣水淬.....	424
第九章	铁合金生产“三废”处理简介.....	425
第一节	废气.....	425
第二节	废水.....	434
第三节	废渣.....	440
第十章	铁合金生产企业管理.....	447
第一节	质量管理.....	448
第二节	设备和工具管理.....	453
第三节	劳动、安环、班组管理和职工培训.....	454
主要参考文献.....		461

第一章 概 述

<<冶金学>>是研究由矿石及含金属的废弃物中提炼金属的一门科学。金属在矿石中与各种元素，如氧、硫等形成化合物而存在，也有在矿石中呈游离状态的。矿石中除了我们所提取的金属外，还含有大量的其它成份的脉石。

第一节 铁合金在国民经济中的地位

铁合金是钢铁工业的重要原料之一。它是铁与碳和一种或两种以上的金属或非金属元素融合组成的合金。而硅铁就是硅与铁的合金，锰铁是锰与铁的合金，它们不是直接使用的金属材料，主要是作为炼钢生产的脱氧剂和合金剂的中间原料。

炼钢需要氧化除去铁液中的碳及有害杂质磷、硫等，将生铁炼制成钢，但同时钢液也吸收了氧，反而降低了钢的性能。因此，需要一些与氧亲和能力较强，而且其氧化物又能从钢液中排除，从而使钢液中的氧含量降低的元素，这个过程叫脱氧。用于脱氧的合金叫脱氧剂。炼钢常用的脱氧剂有硅铁、锰铁、硅锰合金等。

现代工农业和现代国防不但需要大量的普通钢，而且还需要大量的优质特殊合金钢。冶金工业必需满足国民经济各行各业对钢材所提出的千差万别的要求，而且钢种主要靠冶炼时添加铁合金来调整化学成份以达到。而合金元素不但能降低钢中杂质的含量，而且还能调整钢液的化学成份。用于调整钢液化学成份的合金或元素叫合金剂，或叫合金添加剂，也简称添加剂。

由此可见，为了满足国民经济对钢材性能的要求，必须生产出数量多、质量好、品种齐全的铁合金。如硅铁、锰铁等铁合金。

工业发展的历史证明，钢铁工业是整个工业发展的基础，而钢铁生产往往又是衡量一个国家工业水平高低的重要标志，钢铁占全部金属消耗的95%以上。随着我国社会主义四个现代化事业的发展，工、农、交通、运输、国防和科研技术等部门，都需要大量的钢材，而原子能反应堆、超高速、超高温、超高压、自动化和远程控制、航空及宇宙航行等部门，对钢铁质量、品种上提出了更高的要求。

由上述可知，铁合金在钢铁工业中占有极其重要的地位，它是钢的“抗菌素”和“维生素”，说明了没有铁合金就没有现代钢铁工业。它的用量随合金钢在总产量中所占比重增大而增大，据统计，我国铁合金用量的占钢产量的2~3%，以锰、硅、铬三合金

金用量为最大，而锰铁约占铁合金总量的60%，硅铁约占20%，它对促进整个国民经济的发展起着十分重要的作用。

第二节 我国铁合金生产发展概况

解放前，我国处于半封建、半殖民地的地位，工业极其落后，钢铁工业根本不可能得到发展。当时，产钢最多的1947年仅90多万吨，到1949年解放时下降为15.3万吨，而作为钢铁工业组成部份的锰铁、硅铁合金则几乎是一个空白点。

解放后，在党中央领导下，随着国民经济的迅速发展，我国钢铁工业也得到了迅速发展，从1954年以来陆续新建和扩建了许多铁合金工厂或车间。特别是在党的十一届三中全会和十二大以来，全国大小城乡象雨后春笋似地涌现出很多乡镇铁合金企业。现在我国生产的铁合金，无论是品种和数量上，不但基本能满足当前“四化”建设的需要，而且还能部份出口。为了早日实现四个现代化，我国铁合金战线上的广大职工，在革新工艺、节约原料、增加品种、高产优质、综合利用资源等各方面，必将作出新的贡献。

第三节 铁合金的用途和分类

铁合金不是可以直接使用的金属材料，而主要是作为钢铁生产的脱氧剂和合金剂的中间原料。用于脱氧的元素或合金叫做脱氧剂。常用的脱氧元素有锰、硅、铝等。

合金元素不但能降低钢中的杂质的含量，而且还能调整钢的化学成份。用于调整钢液化学成份使钢液合金化的元素或合金叫做合金剂。常用的合金元素有硅、锰、铝、铜、钨、钼、钛、钴、镍、硼、铌、锆等。不同的合金元素和不同的含量的钢种具有不同的特性。铁合金也作为添加剂应用在铸造工业上，以改善铸造工艺和铸件性能。

长期以来，人们习惯地把凡是用于冶炼上，并且是铁合金工厂生产的中间合金，不论含铁量多少都称为铁合金。因此，铁合金的定义已不是指铁与其它元素组成的一些中间合金了，它包括了作为一种合金元素使用的工业纯金属。此外，铁合金的使用也超出了炼钢的范围。如制取一些高温合金、耐热合金、硬质合金、电焊条涂料和电子工业的一些元件等，也有以铁合金作为一种原料的。

因此，铁合金是一种重要的中间产品，可以说没有铁合金就没有钢铁。工业发达国家都非常重视铁合金生产，把铁合金作为战略物资来对待。

铁合金的品种主要有：硅铁、锰铁、铬铁、硅钙、硅锰、硅铬、钛铁、铝铁、钨铁、

结晶硅、金属锰和金属铬等；也有锰铁或铬铁等的氮化产品及向粉状锰铁或铬铁中加入硝酸钠和必需量的硅钙、硅铁，经造块后而得到的发热锰铁和发热铬铁。此外，还有合金复合铁合金。如硅钙铝、硅锰铝等。

容易被铁还原的氧化物团块，也作为合金剂直接加入钢中，如氧化钨块。

各国根据炼钢的要求，组成合金本身的特点，提供熔炼合金的原料条件以及熔炼过程的经济合理性，对每种产品还分若干个牌号，其每个牌号的化学成份标准各国也不完全一样。我国商品铁合金是由国家或冶金部颁发的标准（叫国标或部标），详见国、部标准，如硅铁（GB2272-80）、锰铁（GB3795-83）、高炉锰铁（GB4007-83）、金属锰（GB2774-81）和钛铁（YB60-65）等。

第四节 铁合金生产的基本原理

铁合金生产的基本任务就是把合金元素从矿石或氧化物里提取出来。理论上可以通过热分解、还原剂还原和电流分解（电解）三种方法。现仅讨论前两种方法的理论依据。

组成铁合金的各类元素与氧的亲合力很大，除少数元素的高价氧化物外，其余的氧化物都很稳定。通常要在2000℃以上才能分解，这样高温在实际生产中会带来很多困难，因此，目前没有一种铁合金是用热分解方法制取的，绝大多数的铁合金都是通过用还原剂还原的方法制取。若： A_mO_x —表示矿石中合金元素的氧化物； B —表示所用的还原剂；

A —表示提取的合金元素； B_nO_y —表示还原剂被氧化后生成的氧化物。

则反应可以写成如下通式： $YA_mO_x + nxB = myA + xB_nO_y$

欲使上述反应向熔炼需要的方向进行，即向生成A的方向进行，则反应的标准自由能变化必须是负值，即 $\Delta F^\circ < 0$ 。 $\Delta F_{生成}^\circ$ 可根据标准生成自由能数据算得。各种氧化物的标准生成自由能 $\Delta F_{生成}^\circ$ 可以通过有关的物理化学数据表查得。

有了这些数据就可以判定任意氧化物还原反应在一定温度下进行的方向。

习惯上经常用氧化物的稳定性判断和选择还原剂。氧化物的稳定性由氧化物的分解压表示。在一定温度下，分解压越小，该氧化物就越稳定，越不容易分解和被还原；分解压越大，该氧化物越不稳定，容易分解和容易还原。例如下列氧化物的稳定性顺序为： CaO 、 Al_2O_3 、 SiO_2 、 Cr_2O_3 （由弱到强）。

生产实践中，既要考虑还原剂的还原性能，还要考虑到资源和价格。炭、硅、铝是

最常用的还原剂。绝大多数金属氧化物的稳定性是随温度的升高而降低，但CO却随着温度的升高而稳定性增加。可见，只要有足够高的温度，碳才能还原任意金属的氧化物。碳又价廉易得，因此，碳被广泛地用作生产各种铁合金的还原剂。

但是，由于碳与许多金属元素亲和力很大，而碳化物在金属中的溶解度又很大，因此用碳作还原剂只能得到含碳量比较高的碳素合金。对于合硅合金，因为硅元素的碳化物在金属中的溶解度很小，因此获得合金含碳量也低。合金中的含硅量越高而含碳量就越低。生产中常采用提高硅元素以降低合金中含碳量的方法。

硅可以还原 MnO 、 Cr_2O_3 、 FeO 等氧化物，故硅或高硅合金广泛用作生产中低碳锰铁、中低碳铬铁和钒铁的还原剂。而硅不但可以作生产锰、铬等金属的还原剂，还可以作比 SiO_2 更稳定的 TiO_2 的还原剂生产钛铁。

还原剂的选择只是熔炼生产的第一步，进而还应确定氧化物的还原程度以求在生产中获得最大产量，提高矿石的利用率即金属回收率。

当化学反应达到平衡时，可以得到如下结论：

1. 在多种氧化物中加入还原剂后，不管各种氧化物的稳定性大小如何，它们都同时被还原。
2. 同一体系内的还原剂数量逐步增加，不同稳定性氧化物逐步被还原，渣中氧化物数量不断减少。但由于稳定性差的氧化物比稳定性好的氧化物减少的速度快，当达到一定程度时，渣中稳定性好的氧化物浓度大大高于稳定性差的氧化物浓度，因此稳定性好的氧化物被还原的数量将大大增加，从而氧化物稳定性好的元素也被还原出来。即还原剂数量越多，难还原氧化物被还原的数量也越多。
3. 还原剂并不是平均分配还原各氧化物，而是有选择的。根据各氧化物的稳定性不同而进行分配。氧化物稳定性越小，被还原出的金属数量就越多；反之，氧化物稳定性越大，被还原出的金属就越少。
4. 温度越高，金属氧化物的稳定性越差，而它们的稳定性差别也越小，因此各氧化物被还原的程度相差也就越小。

实际生产时，炉料中都含有多种氧化物，因此冶炼过程就是还原剂对各种氧化物的选择性还原过程。只要控制矿石中各氧化物的含量，适当的还原剂用量和一定的温度，

就能将需要的合金元素从矿石中还原出来，而将不需要的元素留在渣中。但不可避免地其它氧化物也或多或少的被还原，因此合金中都有一定数量的杂质。为了提高金属元素的回收率，需要一定数量的还原剂，但若还原剂用量过多，不但增加了还原剂在合金中的数量（碳质还原剂例外），而且会使难还原的氧化物被大量还原造成合金质量下降，以至出格。因此，还原剂一定要适量，以充分发挥选择性还原的作用。

上述只谈到热力学，它只给我们指明反应的可能性，而反应的现实性需动力学解决。所以说虽说在一定温度下，还原剂的氧化物稳定性比合金元素氧化物稳定性好，冶炼反应不一定能进行。

对于简单的化学反应，其反应速度除与物质的本性有关外还与催化剂、浓度、压力和反应温度有关。铁合金生产中的反应是复杂的多相反应，其反应速度除受上述诸因素影响外，主要与扩散速度和相界面有关。扩散速度大，相界面大其反应速度就快。

固体中物质的扩散速度小，液体中物质的扩散速度比在固体中大。物质在液体中的扩散速度与液体的粘度有关，粘度大扩散速度小，粘度小液体的流动性好扩散速度大。而温度越高，液体的流动性就越好。

铁合金生产主要是富矿炉渣与还原剂的反应，为了能获得一定的反应速度需要有良好流动性的炉渣。要获得良好流动性的炉渣，必须将炉渣过热到一定的温度。实际生产时冶炼温度通常比炉渣的熔点高 $100\sim 200\text{ }^{\circ}\text{C}$ 以上。

为了扩大相界面，选用的还原剂粒度要适当小一些，同时应采用各种手段进行搅拌。

反应的热效应在实际生产中也是一个重要方面，用碳作还原剂时的反应一般是吸热的，为了维持一定的冶炼温度需供给必要的热量。用硅和铝作还原剂时反应是放热的。如果反应放出的热量能满足冶炼需要，就不必另外供给热量；若反应放出的热量不足以满足冶炼过程的需要，就需补充供给一定的热量。可以投入发热剂以便提高单位炉料反应热。通常采用的方法有：

- 1、产品不是纯金属时，可以添加适量的高价氧化铁；
- 2、产品是纯金属或不含铁的合金时，可以添加被还原元素的高价氧化物或者含氧盐。也可以添加对合金质量不影响的其它元素的高价氧化物或含氧盐，如氯酸钾等。

被还原氧化物稳定性比较差时，反应可以进行得很彻底。但被还原氧化物稳定性比

较好时，反应进行得愈彻底。炉渣的还原。炉渣加入炉渣，部分还原剂金属也会熔入合金，此时应采用熔渣或者添加第三种金属的方法改变反应的平衡条件，促使还原反应的进一步进行。

随科学技术的发展，新冶炼法在铁合金中的应用使生产面貌发生了变化。突破了铁合金冶炼过程就是氧化物的还原过程的旧观念。特别是一些低碳精炼产品，其冶炼过程占主导地位的已不是用还原剂去还原氧化物的还原过程，而是用氧化剂去氧化需要精炼的合金中的碳元素或其它杂质的氧化过程了。冶炼时合金中的碳氧化过程叫脱炭反应。可简写作： $[C] + (O) = CO$ 式中： $[C]$ —需要精炼合金中的炭； (O) —氧化剂中的氧。

合金中的碳主要以金属碳化物形式存在于合金中。如碳素锰铁中的碳化三锰(Mn_3C)。氧化反应是还原反应的逆过程，因此还原反应中的各项基本规律亦适用于各氧化过程，在多元素合金中各元素的氧化过程是选择性氧化。

在选择性还原中被优先还原的元素其氧化物稳定性差，在选择性氧化中必然后被氧化，而氧化物稳定性好的元素必然被优先大量氧化。

通常用的氧化剂有金属元素的氧化物和纯氧。当用纯氧作氧化剂时是将氧气直接吹入液态金属熔池中去，由于氧化过程放出大量的热量，冶炼时无需外加热量。当用氧化物作氧化剂时，许多金属元素的氧化物都能作氧化剂，但考虑到对产品质量的影响，以合金中主要有用元素的氧化物作氧化剂最为优越。

第五节 铁合金生产的基本方法

铁合金的生产过程就是炉料(矿石或需精炼的合金)，还原剂或氧化剂、造渣材料、成分调节剂或冷却剂在高温下经过物理化学变化生成合金、炉渣、炉气的过程。要保证变化按需要的方向进行，必须要有一定的熔炼设备、合适的操作方法和提供必要的热量。铁合金的品种多、原料复杂、所提取的合金元素物理化学性质差别又大，因此采用的生产手段也各异。

目前主要的冶金方法有火法和湿法两大类；本节只对火法冶金基本方法作一概述。

一、根据生产中使用的设备分为：高炉法、电炉法、炉外法、转炉法和真空炉法。

二、根据生产操作工艺特点分为：无溶剂法、熔剂法、连续式和间歇式。

1、无熔剂法：一般多用碳质材料作还原剂，不加造渣剂调节炉渣成份和性质。

2、熔剂法：用的还原剂既可是碳质材料，也可是硅或其它金属。生产时要加熔剂造渣调节炉渣成份和性质。由于生产的品种不同，常用熔剂有石灰、硅石、萤石、白云石、铝矾土及镁砂等。有时也根据渣量多少不同，操作又分为有渣法与微渣法。

3、连续式法：冶炼生产中炉料在高温作用下，发生烧结、熔化、分解和还原，炉料逐步下沉，而新炉料就应不断地加入炉中。合金和炉渣定期地从炉内放出，冶炼过程在炉内是连续不断的。生产时用碳质材料还原矿石中的氧化物。

4、间歇式法：炉料集中或分批加入炉内，冶炼过程主要分熔化和精炼两期，出铁时间视冶炼进程而定。出铁时将炉内合金和炉渣全部出炉而后装新料继续冶炼进程，如此周而复始地进行，也称周期式法。生产时可采用碳质还原剂和硅或其它金属还原剂。

5、炉内积块法：生产熔点极高的合金时，由于从炉内很难以液态铁合金形态放出，只能以固态从炉中取出，这一生产方法称炉内积块冶炼法。

三、根据热量来源不同而分为：碳热法、电热法、金属热法和电硅热法。

1、炭热法：冶炼热源主要是焦炭的燃烧热，一部份焦炭也作为还原剂还原矿石中的氧化物，采用连续式高炉生产进行。

2、电热法：冶炼热源主要是电能，使用炭质材料作还原剂还原矿石中的氧化物，采用连续式电炉生产进行。

3、金属热法：冶炼热源主要是用作还原剂的硅或铝等其它金属，在还原精矿中氧化物或纯氧化物时放出的热量，采用间歇式在熔炉（或称筒式炉）中生产进行。

4、电硅热法：用硅或所需要提取的合金元素的硅化物作还原剂，还原矿石中的氧化物。冶炼热源主要是一部份为硅氧化时放出的化学热，而不足的大部份由电能供给，采用间歇式在电炉中生产进行。

对使用不同设备生产铁合金的特点简述于下：

一、高炉法：高炉法是工业上大规模生产铁合金最早采用的方法，其产量大，成本低，与高炉炼铁原理基本相同。但由于通常往往生产铁合金所用的矿石氧化物比氧化铁稳定，更难还原，因此需要较多的能量和较高的还原温度，而进一步提高高炉炉缸温度又受到限制。同时在高炉冶炼条件下金属被碳充分饱和，因此高炉只能用于生产易还原元素铁合金和低品位铁合金。目前主要生产炭素锰铁和富锰渣。

高炉炼炭素锰铁主要原料有锰矿、焦炭和石灰石、白云石熔剂及助燃的空气或富氧。焦炭不但是还原剂，还是燃料。冶炼时把锰矿、焦炭和熔剂从炉顶加入炉内，热风或富氧经风口鼓入炉缸，使焦炭燃烧获得高温进行还原反应。熔化的金属和炉渣聚集在炉缸，通过渣口、铁口定时放渣、出铁。随炉料熔化下沉在炉顶不断加入新炉料，生产是连续进行的。

高炉炼锰铁焦比大，要求焦炭质量好，原料准备工作严。但由于高炉炉温低，很难还原高熔点或难还原的氧化矿，因此，有些铁合金不能用高炉冶炼。

二、电炉法：电炉法是冶炼铁合金的主要方法，电炉铁合金产量占全部铁合金产量的70%以上。电炉主要可分为：矿热炉和电弧炉（又叫精炼炉）两种。

1、矿热炉：用炭作还原剂生产铁合金所用的电炉，常用矿石还原炉，简称矿热炉。

冶炼时炉口加入混合好的原料，三根电极埋在炉料中，依靠电弧和电流通过炉料而产生的电阻热进行加热。通过连续不断加料，并由出铁口定时出铁放渣。

又按放渣量的多少不同，分为微渣法和有渣法两种操作。

硅铁、高硅硅铬合金所用的原料纯度高，含杂质氧化物很少，生产时不加熔剂。冶炼中渣量很少常采用微渣法。微渣法生产硅铁所用的原料主要有硅石、焦炭和钢屑，生产硅铬合金时用炭素铬铁。

炭素锰铁、炭素铬铁、硅锰等合金所用的原料矿石含杂质氧化物多，需加熔剂造渣，因此渣量大（超过合金的重量）常称有渣法。有渣法生产所用的原料除矿石和还原剂外，还常需要添加熔剂。

矿热炉因为使用炭质还原剂，因此除硅质合金外，其它只能获得高碳合金。

2、电弧炉：用硅（主要用硅质合金）作还原剂生产铁合金，通常是采用电弧炉（与炼钢电弧炉相似）。

电弧炉生产所用的原料主要有矿石（包括精矿或较纯的氧化物）、硅质还原剂和熔剂三种。炉料从炉顶或炉门加入炉内，整个冶炼过程可分为：引弧、加料、熔化、精炼和出铁五个环节。它是依靠电弧放热和硅氧化反应热来完成冶炼过程。出铁时间按合金中的含硅量而定，生产是间断进行的。

目前主要生产品种是中低碳锰铁、中低碳铬铁、钒铁和一些含碳量低的其它合金。

三、炉外法：一般生产高熔点、难还原、含碳量极低的合金或纯金属，所用的设备

为熔炉。

冶炼用的原材料有精矿或纯氧化物、还原剂(硅、铝或铝镁合金)、熔剂、发热剂以及钢屑、铁矿石。

冶炼前首先将炉料破碎并干燥,有时还加热到一定温度,按一定顺序配料混匀后装入炉内。用引火剂(由硝石、镁屑与铝粒等组成)引火,依靠反应热获得高温完成还原过程。因此,必须达到一定的发热值以保证还原过程要求的高温。炉外法反应速度快,要严格控制反应放出的热量,否则会引起爆炸。

炉外法主要用以生产金属铬、钛铁、钼铁、硼铁、钒铁等品种。

四、真空炉法:生产含碳极低的微碳铬铁和含氮合金等可以用真空炉生产。

冶炼时将炉料压制成型块料装入炉内,依靠电流通过电极时的电阻热加热,同时抽气。脱碳反应是在真空固态下进行的。冶炼时间根据炉内压力而定,生产是间歇进行的。

五、氧气转炉法:这是一种新发展的铁合金生产方法,生产率高,目前主要生产低、低炭铬铁。

氧气转炉按供氧方式分:有侧吹、顶吹、底吹和顶底双吹等,我国现以顶吹为主,但积极向底吹发展。顶吹转炉所用的原料是液态炭素合金、纯氧及冷却剂、造渣料等。

冶炼时将液态炭素合金兑入转炉,高压氧枪垂直喷氧入炉进行吹炼,依靠氧化反应放出的大量化学热进行脱碳。根据炉口火焰变化、时间、送氧量等来判定吹炼终点,生产是间歇的。

综上所述,可知铁合金生产方法多种多样,应根据不同的原料条件、产品规格及现有设备,比较其不同的经济效益,加以综合采用手段而进行。

第六节 矿热炉及其主要参数

实际使用的铁合金冶炼炉主要有:高炉、转炉、真空电阻炉、电弧炉、矿热炉和熔炉(筒式炉)等,其中矿热炉在铁合金生产中获得了最广泛的应用。

矿热炉是电炉的一种。在矿热炉中电流既通过电弧又通过炉料使电能变成热能,并以辐射、对流、传导的方式加热炉料和熔池,以从矿石中还原出合金元素制取各类合金。

冶炼铁合金用的矿热炉分类:1、按炉子容量可以分为小电炉(< 2000 千伏安),中电炉($2000 \sim 9000$ 千伏安),和大电炉(> 9000 千伏安);2、按电源电流相数可以分为

单相炉和三相炉；3、按电极在炉内分布可以分为圆型炉、矩型炉、椭圆型炉；4、按冶炼品种可以分为硅铁炉、锰铁炉、铬铁炉、硅锰炉、硅铬炉、硅钙炉等；5、按炉子的结构可以分为开口炉、封闭炉、固定炉、倾动炉和旋转炉。因而冶炼铁合金用的矿热炉全称，应包括炉子容量、类型和结构特征。如1800千伏安开口旋转式三相硅铁炉。

目前，使用的矿热炉大多数是三相矿热炉。由于圆型炉壳强度高，相对冷却表面小，短网易于合理布置，因而三相矿热炉的炉型一般都是圆型的。

大型矿热炉使用的是自熔电极。

矿热炉是铁合金生产中最主要的一种冶炼设备，大多数铁合金都是用矿热炉生产的。矿热炉生产的铁合金主要有：硅铁、碳素锰铁、碳素铬铁、硅锰合金、硅铬合金、硅钙合金、结晶硅和钨铁等，这些铁合金的生产量约占铁合金总量的60%。

现代矿热炉容量不断增大，最大的已达96000 千伏安。新建的碳素锰铁、碳素铬铁、硅锰、硅铬炉基本上都是封闭的，且配置有整套的除尘和煤气回收设备。同时矿热炉自动化程度也不断提高，正在研制使用电子计算机对电炉进行综合控制。

矿热炉在运行时，炉内温度分布是不均匀的。离电极较近的区域，获得的热量较多，温度较高；而离电极较远的区域，获得的热量较少，温度也较低。因而只有在离电极较近的区域，才明显地进行着炉料熔化，还原和形成合金。习惯上我们把电极周围、炉心三角地区和二个电极中间稍向炉心凹入部份的高温反应区称为“坩埚”。坩埚是炉内的主要工作区域，炉内“坩埚”的大小，对炉况和各项技术经济指标起着决定性的影响。而“坩埚”的大小与矿热炉的电气工作参数和设备结构参数有直接的关系。

一、矿热炉的电气工作参数：主要是二次电压。埋弧操作的矿热炉，电流在炉内的分布有两条回路：一条是电极—电弧—熔融物—电极为主电流回路；另一条是电极—炉料—电极为分电流回路。电极工作端下部弧光所发出的热量主要集中在电极周围，因而炉内温度分布与弧光功率大小有关。在其它条件不变的情况下，提高二次电压能增加弧光功率。但电压高弧光拉长，电极上抬，此时虽然电损失减小，输入功率增加；可是由于高温区上移，热损失剧增，炉底温度降低，炉内温度梯度增大，因而“坩埚”反而缩小，炉况变坏，操作条件恶化；相反二次电压过低，除电效率和输入功率降低外，还因电极下插过深，炉料层电阻增加，从而减少通过料层的电流，增加通过弧光的电流，