

111548

基本馆藏

中等专业学校试用教科书

金属工艺学

第一册



高等教育出版社

中等專業學校試用教科書

金 屬 工 艺 学

第 一 册

高 等 教 育 出 版 社

說 明

我司和第一機械工業部工業教育司組織北京機器制造學校金屬工藝學講習班教師根據我部 1955 年批准的中等專業學校金屬工藝學教學大綱編出了這部中等專業學校機器制造性質專業適用的金屬工藝學試用教科書，非機器制造性質專業也可作教學參考書用。

本書第一、二分冊的初稿在蘇聯專家馬爾丁諾夫指導下于 1955 年編出，參加具體編寫工作的有：何遠榮、陳仁悟、顏子云、徐強、何發昌、焦澤普、胡宗遜、王運炎、許正銘、賀西濟、程光鐘、李思聰、丁鴻章、陳天佐、蔣光道、馬世才、康云武等。初稿編出後，曾由第一機械工業部工業教育司于 1956 年 1 月印發各有關學校征求意见。根據各校提出的意見，我司又組織中等專業學校金屬工藝學教師陳仁悟、徐強、馬世才、胡宗遜、許正銘、何遠榮等採取集體討論分工負責的辦法，進行了較大的修改。為了照顧到熱加工性質各專業。又組織了北京機器制造學校教師蕭熙林、陳仁悟和北京工業管理學校教師何遠榮等編出了金屬切削加工部分（第三分冊）。

由于編寫時間倉促、匆匆付印，缺點在所難免，希望中等專業學校教師以及使用本書讀者多提意見（意見請寄北京高等教育出版社轉我司），以便再版時一併修正。

高等教育部中等專業教育司

1956 年 9 月

金 屬 工 藝 學

第一冊

陳仁悟等編

高等教育出版社出版

北京琉璃廠一七〇號

（北京市書刊出版業營業許可證出字第〇五四號）

京華印書局印刷 新華書店總經售

統一書號 15010·316 開本 850×1168 1/32 印張 9 4/16 字數 219,000

一九五六年十二月北京第一版

一九五六年十二月北京第一次印刷

印數 00001—10,000 定價（10）¥ 1.40

目 录

緒言	1
----------	---

第一篇 黑色及有色金屬的冶煉

概論	5
----------	---

第一章 煉鉄	7
--------------	---

第一节 煉鉄所用的原料	7
第二节 高爐及其附屬設備	18
第三节 高爐中的物理化学变化	23
第四节 高爐产品	31
第五节 高爐生产的技术經濟指标	34

第二章 煉鋼	36
--------------	----

第一节 轉爐煉鋼法	37
第二节 平爐煉鋼法	45
第三节 电爐煉鋼法	52
第四节 轉爐、平爐、电爐三种煉鋼方法的比較	55
第五节 鑄錠	56
第六节 原子能在冶金工業中的应用	61

第三章 有色金屬的冶煉	63
-------------------	----

第一节 煉銅	63
第二节 煉鋁	71

第二篇 金屬学

概論	79
----------	----

第四章 金屬和合金的性能及其試驗方法	81
--------------------------	----

第一节 金屬和合金的物理化学性能	81
第二节 金屬和合金的机械性能及其試驗方法	84
第三节 金屬的工艺試驗	106

第五章 金相学基础	108
-----------------	-----

第一节 金屬的結晶構造及其分析方法	108
第二节 合金	118

第三节	二元合金平衡圖的基本类型	121
第四节	鉄-碳平衡圖	132
第六章	鋼的热处理基础	143
第一节	鋼加热时的轉变	143
第二节	奥氏体冷却时的轉变	145
第三节	鋼的淬火	149
第四节	鋼的表面淬火	156
第五节	鋼的回火	158
第六节	鋼的退火和正火	161
第七章	鋼的化学热处理	165
第一节	鋼的滲碳法	165
第二节	鋼的滲氮	169
第三节	鋼的氰化	171
第四节	滲鋁、滲鉻和滲硫	173
第八章	热处理車間的設備	176
第一节	加热設備	176
第二节	淬火冷却槽	179
第三节	測溫仪器	180
第九章	鋼	183
第一节	鋼的分类	183
第二节	鋼的牌号	184
第三节	碳素鋼	186
第四节	合金鋼	194
第十章	生鉄	222
第一节	灰口鉄	223
第二节	可鍛鑄鉄	230
第十一章	粉末冶金、硬質合金	233
第一节	粉末冶金	233
第二节	硬質合金	236
第三节	瓷刀(陶瓷材料)	242
第十二章	有色金屬及其合金	243
第一节	銅及其合金	243
第二节	鋁及其合金	252
第三节	鎂及其合金	257

第四节 钛及其合金	258
第五节 轴承材料	259
第六节 高电阻合金	262
第十三章 金属的腐蚀及其防止方法	262
第一节 金属的腐蚀	263
第二节 防腐方法	265
第十四章 工业上应用的辅助材料(非金属材料)	268
第一节 塑料	268
第二节 涂料	270
第三节 润滑剂和冷却液	273
附表 1. 布氏硬度表	276
附表 2. 重工业部部颁钢铁标准与苏联国定标准钢铁 符号对照表	281
参考书目	290

緒 言

金屬工艺学是研究金屬或合金的冶煉、性能及加工方法的科学。

它所研究的是金屬或合金的現代最合理、最先进的冶煉和加工方法。

金屬工艺学是由下面六部分所組成的，每个組成部分都可成为一門独立的科学。

1. 黑色及有色金屬的冶煉: 是研究从矿石中提煉出生鐵，將生鐵煉成鋼; 以及由矿石中提煉出銅、鋁等金屬的方法。

2. 金屬学: 是研究金屬及合金的成分、組織和性能之間的关系; 以及在各种不同因素的影响下它們之間的变化規律。

3. 金屬的鑄造: 是研究將液体金屬或合金澆注到鑄型中，以獲得具有一定形狀的零件的問題。

4. 金屬的压力加工: 是使具有塑性的金屬或合金在外力的作用下，獲得一定形狀的毛坯或零件的方法。

5. 金屬的焊接: 是研究把金屬零件的联接部分加热到熔化或半熔化状态后，使它們联接成一整体的方法。

6. 金屬的切削加工: 是用刀具从毛坯上去掉一部分金屬，獲得所需形狀和尺寸的零件的方法。

从上面各組成部分的任务可以看出，金屬工艺学实际上是一門綜合性的实用科学。

金屬工艺学所要研究的由矿石制成金屬成品的主要过程(黑色金屬)見圖 1 所示。

學習金屬工艺学对任何部門的机器制造工艺員或机械員都有

很大的实际意义。因为任何一个机器制造工艺員都应该了解他所要加工的金属；知道它们的来源和性能；以及如何来改变这些性能，以满足生产中的要求。

不仅要了解金属材料，而且还应该能够根据具体情况选择适当的金属来制造各种机器零件。

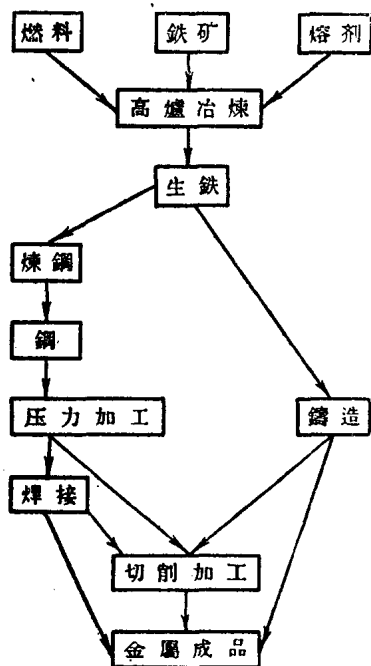


圖 1. 由鉄矿石制成金属成品的主要过程簡圖。

例如：制造齿輪时，要求齿輪的齿表面具有較高的硬度，以减少摩擦的損耗，而中心部分韌性較好，不致因冲击作用而产生裂紋。为了满足这种要求，可以选用低碳鋼滲碳，滲碳后再进行热处理。这时可以用 15 号鋼 ($C \approx 0.15\%$)，也可以用 15 号鋼 ($C \approx 0.15\%$ $Cr \approx 1\%$)。这两种鋼价格相差不多，未經过热处理前拉力强度也相等 ($\sigma_b = 32$ 公斤/公厘²)，但 15 号鋼热处理后齿輪中心部分的拉力强度仍不变 ($\sigma_b \approx 32$ 公斤/公厘²)

而 15 号鋼經热处理后拉力强度增加到 70 公斤/公厘²，由于强度增加，如果所承受的外力大小不变，那末零件的尺寸就可减小。这样一来，用 15 号鋼制成的齿輪，如其能承受的外力与 15 号鋼制成的齿輪一样，則前一种齿輪的尺寸要比后一种小得多，且价格也不会比后者来得貴。此外，又因零件尺寸减小使整个机器重量減輕，成本降低，动力消耗也减少了。

又如：制造有軌电車的车架应该用鑄鋼，因它在工作时要承受

很大的外力，且时常受到很大的振动。但是若由于厂中的設備限制，不可能用鑄鋼来制造时，为了能完成生产車架的任务，就必须选择另一种与鑄鋼性能相近的，而本厂可以生产或加工的材料来制造。球墨鑄鉄的性能与鑄鋼性能相近，但它只要用普通的冲天爐即可生产，因此用它来代替鑄鋼即可生产出所需要的零件。

在实际生产中往往会遇到各种各样的工艺問題。要解决这些問題就必须具有广泛的基础工艺知識。

例如当把未經过热处理的鑄件进行精加工时，有时会發現不能达到所要求的精度而产生廢品；作为一个工艺員就必须知道，这是由于鑄件在冷却时内部产生了內应力，当切去一層外皮后，內应力失去平衡，使鑄件加工后产生了变形，因此达不到所要求的精度。若工艺員沒有广泛的工艺知識，就不能找到真正的原因以及解决的办法。

金屬工艺学这門科学是在历代劳动人民在劳动中所积累的經驗的基础上發展起来的，中国人民自古以来在發展金屬工艺学方面就有着偉大的成就。

根据历史的記載和地下發掘出来的实物証明：在距今三千年以前，我国人民就已掌握了純銅、純錫和純鉛的冶煉，并能根据不同的用途配制出各种銅合金，来制造各种用具和裝飾品等。我国是第一个發明冶煉生鉄的国家，这比欧洲要早一千多年。煉鋼技术的成就也以我国为最早，例如我国古代制造出来的刀劍，“用之切玉，如切泥焉。”这是世界学者所公認的事实。鑄造的技术在我国远古就已达到輝煌燦爛的地步。如北京大鐘寺中的大鐘，重四十二噸，高七公尺，直徑 3.7 公尺，它是明朝永乐年間（距今五百年以前）鑄造的，在鐘的內外，鑄出了三部佛經，計二十万字。远在八百年前，我国就有关于用冷加工硬化的原理来鍛制盔甲的記載，制成的甲“强弩射之不入”。在汉朝（距今一千七百年前）我国人民

就知道用热处理的方法(淬火)来改变刀剑的性能,并且已注意到淬火剂的选择。在明代的历史文献中,对于热处理的操作(淬火、退火、渗碳及表面处理)更有详细的阐述。

这些资料就充分地说明了我国人民是一个勤劳、勇敢、有智慧的伟大的民族。但由于长期的封建统治以及近代帝国主义的压迫和反动政府的统治,才使我国在科学技术方面落后了。

解放之后,我国人民在共产党的领导下,为摆脱祖国技术经济的落后状态,展开了艰巨的斗争。仅在三年的时间内就完成了国民经济的恢复工作,并在此基础上开始了我国的第一个五年计划的经济建设。

在第一个五年计划的年代里,我国的工业技术正飞速地向前发展着。仅机床制造业,就以不到四年的时间超额地完成了五年计划,试制成功了一百二十多种现代的机床(其中包括自动和半自动机床),打破了我国自有机制造业以来六十八年不能制造一台现代化机床的局面,机床的年产量已达二万七千台之多。

在汽车制造业中,我们已经能够大量生产现代最新式的载重汽车。在飞机制造业中,已试制成功了新型喷气式飞机。其他工业部门如船舶制造业、动力机器制造业、重型机器制造业等也都有了很大的发展。

第一篇 黑色及有色金屬的冶煉

概 論

冶金工業是現代一切工業、運輸業、農業發展的基础。要使国民經济迅速地提高,必須首先發展重工業,特別是冶金工業。

在工業上应用的金屬分为兩大类:黑色金屬及有色金屬。

黑色金屬包括鉄和鋼。由于鉄矿在地壳中儲藏量很大,冶煉也比較方便,尤其是因为鋼鉄具有許多良好的性能,因此在工業上应用得非常广泛。

除鉄和鋼以外的金屬都称为有色金屬。其中在工業上应用得較多的是銅、鋁和它們的合金。其他如鎢、鉬、錳、鎳、鈷、鈦等元素大多作为合金元素加入鋼中,使鋼具有特殊的性能。

人类很早就使用金屬了、中国是世界上最早使用銅器和鉄器的国家。在战国时候,也就是在紀元前三世紀时,鉄器的使用已相当普遍,这和欧洲国家到十四世紀才較广泛地使用鉄器相比,我們約早了一千五百年。

我国很早就掌握了冶煉生鉄的技术。冶鉄的爐子是用泥和木材砌成的,用硬木柴、木炭做燃料,由数人拉动風箱,鼓風入爐,將矿石煉成生鉄,如圖 2 所示。这便是現代鼓風爐煉鉄的最初的形式。

但由于我国長期处于封建統治下,因此最近几世紀来,冶金技术發展得極为緩慢,直到中华人民共和国成立后,冶金工業才以空前未有的速度發展起来。

在 1950—1952 三年国民經济恢复期間,生鉄的产量比 1949

年增加了八倍，鋼增加九倍。都超過了解放前最高水平。

1953—1957 第一個五年計劃中規定在 1957 年鋼的年產量為



圖 2. 我國古代煉鐵方法示意圖。

四百一十二萬噸，生鐵年產量為四百六十七萬噸。在我國冶金工作者的忘我勞動下，1956 年已經達到並超過了這項指標。

在蘇聯的幫助下，我們改建和擴建了鞍山鋼鐵聯合企業，使它成為我國第

一個現代化的鋼鐵基地（圖 3）。同時又開始興建兩個很大的鋼鐵

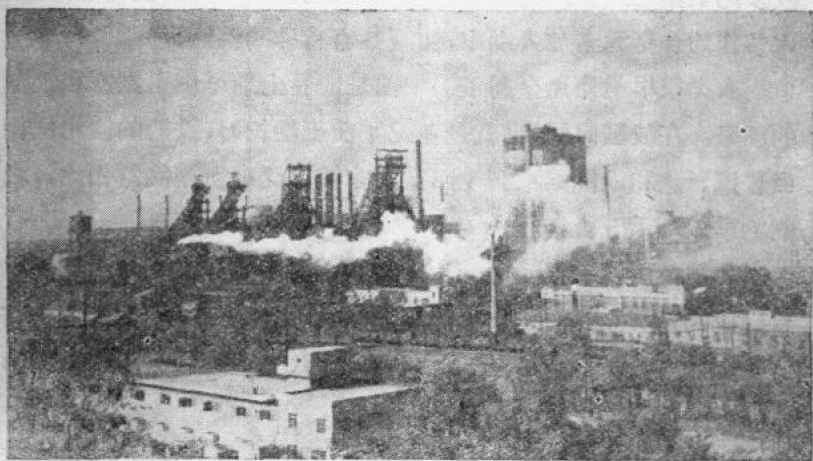


圖 3. 鞍山鋼鐵公司外景一角。

基地——包頭和武漢鋼鐵公司。在這些企業中，將出現世界第一流的巨型高爐和平爐。預計第二個五年計劃完成時，我國鋼產量

將超过一千万吨。解放以来我国鋼鐵产量的增長情况如图4所示(其中56年的产量是初步估計)。

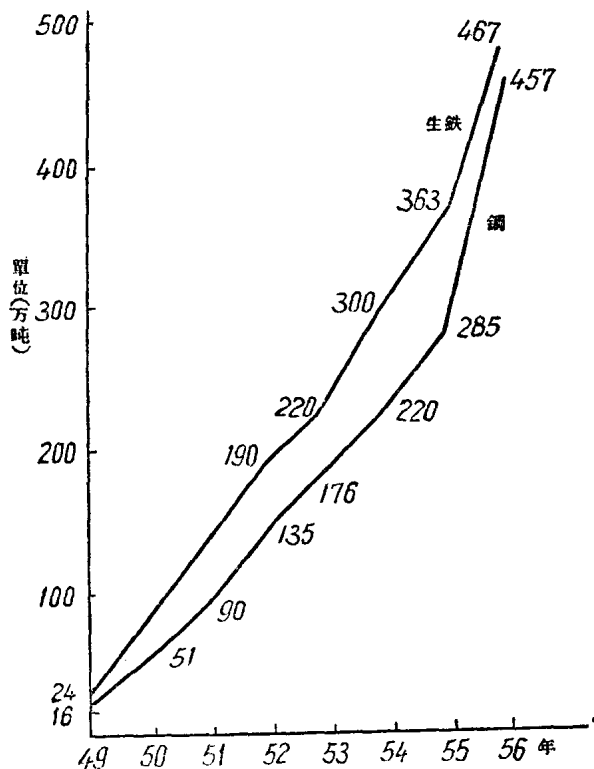


圖4. 解放以来我国鋼鐵年产量增長情况。

第一章 煉鉄

第一节 煉鉄所用的原料

在自然界中,由于鉄和其他元素很容易化合,因此除在隕石中

可能發現純鐵外，在地殼中純鐵是找不到的。

鐵與氧的親合力很大，因此在地殼中，鐵多成氧化物的形式存在。

含鐵較多的礦石稱為鐵礦，在鐵礦中其他元素氧化物（如 SiO_2 、 MnO 、 Al_2O_3 等）的那一部分叫作廢石。

煉鐵的任務是從礦石中提煉鐵。也就是把鐵和氧分離並除去廢石。

為了使鐵礦中的鐵和氧分離必需要有能使氧化鐵還原的強還原劑。煉鐵所用的還原劑主要是碳。

為了產生還原過程，只有還原劑還是不夠的，還得要創造能夠使還原過程順利進行的條件。這個條件就是高溫。煉鐵時所用的燃料同時又是還原劑。

在鐵還原之後，須要使它和廢石分離，而廢石中的氧化物如二氧化矽、氧化鋁等都是既難還原又難熔化的物質。為了使鐵與廢石分開，就需要使廢石變成容易熔化的物質，加一些叫作熔劑的物質就可以達到這個目的，熔劑與廢石形成複雜的化合物，在溫度較低時便熔化成為爐渣。

液體狀態的鐵與爐渣比重不同，鐵較重而爐渣較輕，所以鐵沉於底，而爐渣浮於表面，因此很容易把鐵與廢石分開。

所以煉鐵的主要原料便是鐵礦、燃料和熔劑。除此以外還有使燃料燃燒而鼓入爐中的空氣。

煉鐵是在煉鐵爐中進行的，煉鐵爐又叫高爐或鼓風爐。

1. 鐵礦

1. 鐵礦的種類和產地

含鐵的礦石種類很多，而實際用來煉鐵的礦石主要有四種：即磁鐵礦、赤鐵礦、褐鐵礦和菱鐵礦。

磁鐵礦：它主要的化學成分是 Fe_3O_4 。 Fe_3O_4 是具有磁性的氧

化物，因此这种矿石被称为磁鉄矿。純磁鉄矿含鉄 72.4%，由于廢石的存在，含鉄量約为 40~70%，此种矿石顏色多为黑色，比重約为 5 克/公分³，質坚硬而細密，不易还原。

赤鉄矿：它主要化学成分是 Fe_2O_3 ，純赤鉄矿含鉄 70%，由于廢石的存在，含鉄量約为 50~60%，赤鉄矿多为紅色，比重約为 4.5~5.2 克/公分³，一般比磁鉄矿稍輕，質地也較松，較易还原，含硫磷較少，为煉鉄的好原料。

褐鉄矿：它主要的化学成分为 $2\text{Fe}_2\text{O}_3 \cdot 3\text{H}_2\text{O}$ ，純的褐鉄矿含鉄 60%，由于廢石的存在，开采出来的褐鉄矿一般含鉄量在 37~55%，比重約为 3.7—4 克/公分³。此种矿我国出产較少。

菱鉄矿：它主要的化学成分为 FeCO_3 ，純的菱鉄矿含鉄 48.2%，由于廢石的存在，含鉄量降低到 20~40%，此种矿石顏色为淡黄色，比重約 3.7—3.9 克/公分³，含鉄量較少，但經焙燒，鉄的碳酸鹽分解后失去 CO_2 ，鉄的含量可以提高。

我国鉄矿的儲藏是很丰富的，鞍山、包头和大冶是我国現在的三大鋼鉄基地。鞍山鉄矿含硫、磷很低，但含鉄量不高，鞍山地区所产的鉄矿主要是赤鉄矿和磁鉄矿。包头是中华人民共和国成立以后新發現的一个鉄矿区，儲量極大，为我国目前最大的鉄矿区，矿石主要是赤鉄矿，也有磁鉄矿，含鉄量很高；且矿体埋藏不深，易于开采。大冶鉄矿主要是磁鉄矿，含鉄量也很高。

此外，如河北的宣化、龙烟、广东的海南島，山东的金嶺鎮，江苏的利国驛等地都有可供建立中型鋼鉄厂的鉄矿。

新的矿体还不断發現，如最近已經查明安徽、四川、山东、甘肃都有儲藏量很丰富的鉄矿，这些地区都具备建立鋼鉄基地的条件，浙江紹兴附近發現的鉄矿可供建造中型鋼鉄厂之用。

我国西北、西南地区，尚有大片国土，未經勘探过，可以預料到，一定有許多巨大的鉄矿將被繼續發現的。

圖 5 是我國主要鐵矿产地的分布圖。

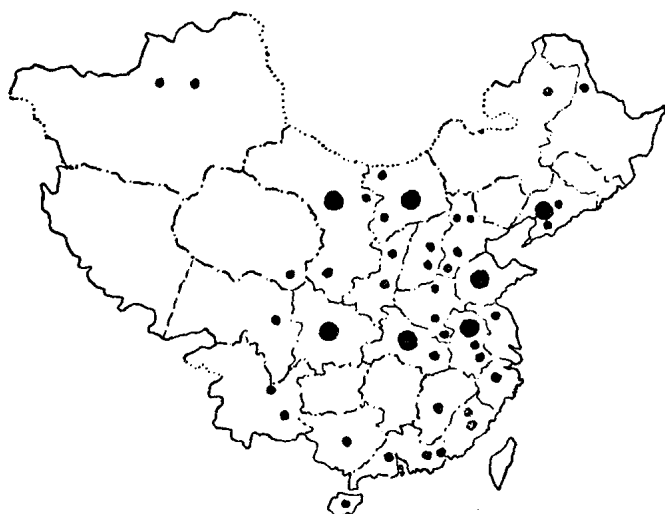


圖 5. 我國主要鐵矿产地分布圖。

2. 对鐵矿的要求。

鐵矿的下列性質对高爐熔煉起着决定性的作用：

1) 矿石的含鉄量：鉄矿中，由于廢石的存在，鉄的含量可在很大的範圍內变动，含鉄在 45 % 以上的称为富矿，含鉄量低的称为貧矿（含鉄約 30~40 %），富矿可不經选矿即进行熔煉，貧矿必須經過选矿后才能熔煉。

2) 矿石的还原性：由于鉄矿种类的不同，因此矿石的还原性也不同，但影响鉄矿还原性最大的为矿石的孔隙度，矿石的孔隙愈多，則其还原性愈好。褐鉄矿和菱鉄矿的質地都較疏松，菱鉄矿加热时易放出 CO_2 ，褐鉄矿可放出 H_2O ，这样就会增加其孔隙度，使它們更易还原。磁鉄矿很結实，最难还原。

3) 矿石的化学成分：鉄矿中的廢石，由 SiO_2 、 Al_2O_3 、 CaO 、 MgO 、S 和 P 等所組成，由于廢石成分不同，鉄矿可分为酸性矿、碱

性矿和中性矿。

廢石主要成分为 SiO_2 的矿石称为酸性矿，廢石主要成分为 CaO 、 MgO 的矿石称为碱性矿。廢石中酸性氧化物与碱性氧化物大約相等的矿石称为中性矿，由于中性矿冶煉时可不加熔剂故又称自熔性矿石。

我国的矿石大多是含硅石(SiO_2)較多的酸性矿，含硅石的多少对高爐的熔煉有極大的影响，含 SiO_2 多的矿石要消耗大量的石灰石(熔剂)和更多的燃料，这样是不經濟的。例如鞍山的貧矿含鉄在 30~40%，而含 SiO_2 則达 50% 左右，这种矿石不能直接放入高爐熔煉，一定要經過适当的处理后才能进行冶煉。

4) 矿石中的有害杂质：硫和磷对鉄和鋼都是有害杂质，在煉鉄过程中为了去掉硫就得多消耗熔剂和燃料，而且也只能除去其中的一部分，至于磷在煉鉄过程中是不能去掉的。因此在鉄矿中，这些杂质的含量应该很少。

5) 矿石的大小：矿石塊太大則难以还原，而粉矿又阻碍爐气的通行，同时由于高爐中的風压很大，大量的粉矿会随爐气跑出。矿石塊的大小最好是 30~100 公厘。太大的应先經破碎，太小的則須將其結合成塊才能熔煉。

3. 矿石熔煉前的处理

在高爐煉鉄时对矿石有上述各項要求，但自然界的矿石，不完全适合这些要求，因此矿石裝入高爐前，必須进行处理。

由于矿石的成分和性質不同，因此处理的方法也不同，鉄矿中帶有較多疏松泥沙的則应用水冲洗，含廢石較多的磁鉄矿則用磁选，含水含硫較多的鉄矿或为了除去菱鉄矿中的 CO_2 ，則須經過焙燒，粉矿必須結合成塊。所以，处理鉄矿时，应根据不同情况采取不同方法。在現代方法中，矿石熔煉前的处理，包括下列几項工作，即破碎、选矿和燒結。