

中等农业学校教科书初稿

金属工艺学

农业机械化专业用

黑龙江农业机械化学院主编

农垦出版社

中等農業學校教科書初稿

金 屬 工 艺 学

农业机械化专业用

黑龙江农业机械化学院主編。

农 垦 出 版 社

1960

金属工艺学

黑龙江农业机械化学院主编

*

农垦出版社出版

(北京西四碑塔胡同82号)

北京市书刊出版业营业许可证出字第108号

农业杂志社印刷厂印刷 新华书店发行

*

开本787×1092毫米 $\frac{1}{16}$ •印张16•字数: 332,000

1960年7月北京第1版 1960年9月北京第三次印刷

统一书号: 15149•91 印数: 05,101—21,600

定价: 1.68元

前 言

本書是在我国社会主义工农业持續大跃进，全国人民为提前实现全国农业发展綱要而奋斗，大搞技术革新、技术革命和教育革命的大好形势下，以馬克思列宁主义和毛泽东思想为指导，根据党的迅速实现我国农业机械化的方針政策和教学改革的要求进行編写的。

本書既体现我国建設社会主义的总路綫和一整套两条腿走路的方針，又体现了当前农业机械化、电气化的要求，紧密地結合农机专业，并具有理論密切結合实际的特点。

本書内容包括：生鉄冶炼、炼鋼、金相学、鋼的热处理，有色金屬及其合金、鑄造、金屬的焊接后加工和切削加工等。在編写中注意了理論联系实际，并力求反映出十年来在党的领导下我国在冶炼和机械制造工业科学技术方面所取得的伟大成就。在內容叙述上作到了簡明、扼要、密切联系生产和結合专业。

本書是农业部农业教育局組織編写的，由黑龙江农业机械化学院主編。参加編审的单位和人員有：黑龙江农业机械化学院吳文哲、田秀民、徐文瑞，南京农学院农机分院洪金鈺，河北农业大学附設农业机械化学校龙如昌，安徽省合肥农业机械化学校陶启秀。此外，尚有哈尔滨农业机械化学校与南京农业机械化学校的四名毕业生也参加了教材的編审工作。

由于教学改革正在不断深入，新的科学技术成就的相繼出現，因而本書尚不能完全滿足教学的需要。同时由于我們水平所限，錯誤及不妥当之处在所难免，希望各校教师和学生提出批評和指正，以便再版时修正。

1960年6月14日

目 录

緒 論

第一章 生鉄的冶炼	4
第一节 炼鉄用的原料	5
第二节 高爐及其附屬設備	7
第三节 高爐冶炼鉄的过程	10
第四节 高爐的生产品	12
第五节 高爐生产技术經濟指标	15
第六节 小高爐炼鉄	15
第二章 炼 鋼	17
第一节 轉爐炼鋼	17
第二节 平爐炼鋼	21
第三节 电爐炼鋼	23
第四节 鋼的浇鑄	24
第三章 金属的机械性能及其試驗	26
第一节 金属的机械性能	26
第二节 金属机械性能的試驗	27
第四章 金 相 学	39
第一节 金属和合金的构造及結晶过程	39
第二节 合金状态图及其类型	44
第三节 鉄碳合金状态图	50
第五章 鋼的热处理	58
第一节 热处理的理論基础	59
第二节 普通热处理	61
第三节 化学热处理	68
第四节 热处理車間設備	73
第六章 鋼	77

第一节 鋼的分类和牌号	77
第二节 碳 鋼	79
第三节 合金鋼	85
第四节 硬質合金	89
第七章 鑄 鐵	91
第一节 灰口鐵	91
第二节 球墨鑄鐵	95
第三节 可鍛鑄鐵	98
第八章 鋼鉄的火花鉴别法	101
第一节 火束的組成	101
第二节 火花鉴别方法	104
第九章 有色金属及其合金	108
第一节 銅和銅合金	108
第二节 鋁及鋁合金	112
第三节 軸承合金	114
第十章 鑄造生产	117
第一节 模型与型芯盒	119
第二节 造型材料	121
第三节 造型	124
第四节 金屬的熔化与浇注	129
第五节 鑄件的清理与废品分析	133
第六节 特殊鑄造	134
第十一章 金属压力加工	137
第一节 压力加工的理论基础	138
第二节 鍛造	142
第三节 軋制、冷冲压和拉絲	151
第十二章 金属的焊接与切割	153
第一节 电弧焊接	154
第二节 气体焊接	162
第三节 各种金屬的焊接特点	167
第四节 金屬的气割与电割	168
第十三章 公差配合与技术测量	171

第一节	公差与配合	171
第二节	公差制度	175
第三节	量具	180
第十四章	金属切削加工	186
第一节	金属切削加工的基本知识	189
第二节	车床及其工作法	197
第三节	钻床及其工作法	218
第四节	刨床及其工作法	224
第五节	铣床及其工作法	223
第六节	磨床及其工作法	241
第七节	积木式机床	243
第八节	金属的特殊加工法	245
第九节	钳工及其工作法	247
附表		268

緒 論

金屬工艺学是一門研究金屬冶炼、性能及合理的金屬加工方法的一門綜合性的科学。

本書是由几部分独立的实用科学所組成，每一部分都有其实际应用价值，因而也是一門实用性的技术科学。

其主要內容包括下面几部分：

鋼鐵冶炼——研究从矿石中如何炼出生鉄，和用生鉄又如何炼出鋼等問題。

金相学——研究金屬及合金的构造，組織和性質間的关系，以及在不同的因素影响下它們之間的变化規律等問題。

鋼的热处理——研究利用加热和冷却的方法，改变鋼的組織（或成分）使其性質发生改变的問題。

鑄造——研究將液体金屬澆入到鑄型里去，以制得一定形状制件的問題。

金屬压力加工——研究金屬在外力作用下（如鍛造、軋制、冲压等）能够获得一定形状制件的問題。

金屬焊接——研究如何将两块以上的金屬件的接头处加热到融熔或胶塑状态，使其結合成整体金屬件的問題。

金屬的切削加工——研究利用刀具从金屬坯料上切去一层金屬，以获得一定形状制件的問題。

金屬工艺学这門理論密切結合实际的技术科学是从历代劳动人民所創造的技术方法和經驗积累等各方面发展起来的。我国是世界上最早的文明古国之一，因此我国的历代劳动人民在金屬工艺学方面有其輝煌的成就和伟大的貢獻。据說在三皇五帝时就有了銅，四千多年以前大禹治水之后，曾鑄出有治水事迹的“九鼎”。据历史記載，到了殷朝我国的鑄冶事业就已經很发达了。近几年来在河南安阳附近发掘出土重 1,400 公斤的“鼎”，据考查也是在三千多年以前鑄出。又据中国科学院古物研究所从1950年到1952年三次在河南輝县发掘出的战国时代大量鉄器足以証明，我国对于鉄的使用在当时就已經普遍了。对于鋼鐵的机械处理与热处理技术，到了明代就有所普及。

总之，我們的祖先在金屬工艺学发展上的貢獻，在世界历史上占有光荣的一

頁。

但由于长期的封建統治，使劳动人民的創造和发明沒有得到重視和发揚；近百年来又由于帝国主义的侵入，使我国淪陷为半封建半殖民地的国家，严重地阻碍了生产力和生产技术的发展，即有的一点工业也是設備簡陋，技术落后，只能做簡單的修配，而不能制造。

全国解放后，在党和毛主席的英明领导下，在苏联和其他社会主义兄弟国家的无私援助下，以及全国人民和工人的积极努力，使我国仅用了短短的三年時間，就完成和超額完成了經济建設恢复时期的任务，并在1956年提前一年完成了第一个五年計劃。到1957年底，我国工业总产值超过第一个五年計劃指标17%左右。随着第一个五年計劃的完成，我国社会主义工业化的基础也已建立起来了；在鋼鉄冶炼方面改建和扩建了鋼鉄基地，修筑了1,000立方米的大高爐，創造了电动泥泡高爐配套設備；在机械制造方面，建立了自己的重型机械厂、拖拉机制造厂、农业机械制造厂、金属切削机床制造厂等；在生产現代化机器开始时，虽然是大批仿制外国先进产品，但后来也以学习和掌握技术相結合的办法逐漸走向自行設計和制造的道路，这样就改变了我国过去在殖民地和半殖民地时期所造成的工业基础薄弱和残缺不全，仅能做修修配配的落后状态，进而成为具有現代冶金設備和具有拖拉机、农业机械、机床和飞机等制造业的国家。

为了把我国尽快的建設成一个具有現代工业、現代农业和現代科学文化的伟大的社会主义国家。1958年5月中国共产党第八届全国代表大会第二次會議向全国人民提出了：鼓足干劲，力爭上游，多、快、好、省的建設社会主义的总路綫以及一整套“两条腿走路”的方針，即：中央与地方工业同时并举，工农业同时并举，洋法与土法生产同时并举等。全国人民都以无比兴奋的心情响应了党中央和毛主席的号召，鼓足了干劲，破除了迷信，树立了敢想、敢说、敢干的共产主义风格，使得1958年在鋼鉄冶炼、机械制造和农业等各方面获得了全面的大跃进。

1958年我国的鋼鉄产量从1957年的535万吨，增加到800万吨（不包括土鋼），生鉄从593.6万吨上升到1,369万吨（包括土鉄），金属切削机床从1957年的28,000台增加到90,000台，拖拉机从12,000多标准台增加到45,000标准台，其他如联合收割机和脱谷机，植保机械等也分別达到3,452台、5,516台和11,100多台。随着伟大的社会主义建設事业的蓬勃发展，大跃进的局面也在一浪高一浪的不断向前推进。1959年的鋼产量又从1958年的800万吨（不包括土鋼）上升为1,335万吨，而1960年的生产指标已上升为1,840万吨。在机械制造业方面，过去認為不能制的高、大、精、尖的产品，如高精度的标准镗床，3,000吨以上的大型水压机等，現在不但能够制造，而且能够达到較高的水平。

1958年大跃进以来，金屬工艺方面也在高速度的发展着，如冲、压、挤、拔、軋，精密鑄造和精密鍛造方面的无切屑加工的应用和推广。以及最近的单机自动化、程序控制机床等，都是金屬工艺方面大跃进的标志。

尤其在1958年的大跃进中，我国机械工业上的广大群众，在金屬工艺方面創造性的創造了一套用小机头(多个小机床)干大活的“蚂蚁啃骨头”的加工方法；以扩大电爐爐体多装快炼的“茶壶煮猪头”；以推广低合金高强度鑄鋼为中心的“化大为小”；以推广电渣焊为中心内容的“并小代大”和以推广球墨鑄鉄为中心内容的“以鑄代鍛”，“以鉄代鋼”等重大的技术經驗，对于解决我国大型加工設備和大型鑄鍛件不足的困难起了很大的作用。

十年来，在党的正确领导下，我国的工业無論在机械制造，在鋼鉄冶炼工业等各方面，都取得了伟大的成就。如高、大、精、尖的产品的制造已有了較大的发展，現在能掌握的产品有：螺紋磨床、多軸自动車床和大型的軋鋼机(750/550)等。在冶炼設備方面，已建成了年产量为85万吨生鉄的1,513立方米的大高爐，熔炼600吨鋼的大平爐和熔炼40吨銅的大轉爐等。

只要我們高举毛主席的思想紅旗，坚持总路綫，坚持人民公社，坚持“两条腿走路”的方針，我国的科学技术将会很快的达到世界最先进的水平。

金屬工艺学这門課程，就其在本专业的教学計劃中的位置來說是一門技术基础課；就其本身的性質来看，它是一門理論密切結合生产实际的实用性科学。因此它即能为学生学习专业課打下必要的基础，又能够使学生学习到制造零件的工艺知識，以及在生产实践中如何选用金屬材料。因此它能为修理拖拉机和农业机械打下广泛的基础，如选用互换性的原則来更換磨損的零件(活塞銷、活塞环的更換等)，运用金屬加工工艺的知識鏜削缸套，浇鑄瓦片和焊接缸套等；同时还能按着以粮为綱，全面发展畜牧业，爭取提前实现农业发展綱要的要求，积极参加农业技术改造运动，改良和修配农机具，以促进农业机械化迅速发展和早日实现。

第一章 生鉄的冶煉

优先发展重工业是我国社会主义建設的基本方針，鋼鉄工业在重工业中又是最根本的基础。鋼鉄与其他金屬相比，在数量上占有所有金屬的94%；在用途方面又是一切工业、农业以及一切国民經济发展的基础。沒有鋼鉄冶金工业就談不上社会主义、共产主义的建設。

在工业上所用的鉄，都是鉄与碳的合金；它是用含鉄較多的鉄矿石，在高爐內經過冶煉而得到的。

人类很早就掌握了冶煉技术，根据文献記載：我国是掌握冶煉技术最早的国家，对于鉄的冶煉事业，早在春秋战国以前西周已經开始了，到了战国时代就有了普遍的发展，这比西欧国家在十四世紀才开始了鉄的冶煉工作要早1500多年。在

(明)宋应星所著“天工开物”一書卷十四五金部分記有“凡鉄爐用盐做造和泥砌成，其爐多傍山穴为之。或用巨木匡围。凡鉄一爐，載土二千余斤。或用硬木柴，或用煤炭，或用木炭。南北各从便利。扇爐風箱，必用四人六人帶拽。土化成鉄之后，从爐腰孔流出，孔先用泥塞，每昼夜6时一次，出鉄一陀，既出，即又泥塞，鼓风再熔。凡炼生鉄冶鑄用者。就流成长条圓块，范內取用”。这說明我国古代劳动人民不仅掌握了从矿石中炼出生鉄的技术，而且还将炼出的生鉄应用于鑄造生产。

由上述可知我国在冶煉事业的发展上，曾有过卓越的貢獻。

几世紀以来，由于



图 1—1 明代冶鉄炉示意图

长期处于封建統治之下，使我国鋼鉄工业发展很慢。近百年来虽然也建設了很少数量的小鋼鉄厂，但是不仅技术落后，生产率低，而且又从屬於帝国主义的工业体系。直到中华人民共和国成立以后，在党的领导下，我国的鋼鉄工业才得到迅速的发展。

經過三年的国民經济恢复时期，1952年生鉄的产量比1949年增加了8倍；鋼增加了9倍；这都超过了解放前的最高水平。

在第一个五年計劃的后一年——1957年，生鉄产量已达到593.6万吨，鋼达535万吨，大大地超过了第一个五年計劃原訂指标。

特别是1958年以来，由于認真地貫徹了党的“鼓足干劲、力爭上游、多快好省地建設社会主义”的总路綫和一整套两条腿走路的方針，在全国范围内掀起了一个声势浩大的全党全民大炼鋼鉄运动，使我国的鋼鉄基地，已不再象过去那样只有零星的几个，而是星罗棋布遍及全国。具有世界先进水平的鞍鋼、武鋼和包鋼三大鋼鉄基地，在苏联的无私援助下已分別改建、扩建完成和正在建設，并先后投入生产。現在我国已具有世界第一流水平的有效容积为1,513立方米的最高高爐和容量达到600吨以上的平爐。标志冶炼技术水平的高爐和平爐利用系数，已分別达到2.5和10以上；此外，在冶炼技术上还采用了 900°C — $1,000^{\circ}\text{C}$ 的热风操作，来提高冶炼强度，在理論上也已开始了高爐熔炼过程的新变化的研究。由上述可知，我国鋼鉄冶炼工业；無論在基地、产量、操作技术和理論研究方面，均已获得了高速度的发展。

我国鋼鉄工业全面的大发展、大跃进，是党的一整套两条腿走路方針的胜利；是党的社会主义建設总路綫、大跃进和人民公社的胜利，是毛泽东思想的伟大胜利。

第一节 炼鉄用的原料

我們常用的鉄都是将鉄矿在炼鉄爐中进行还原并增碳后而得到的。使鉄还原所用的物質叫做还原剂，在炼鉄爐中的还原剂，主要是CO和C，为了能使还原过程順利进行，必須要有高溫的有利条件，因此要有燃料。在鉄矿石中除去鉄的氧化物外，还夹杂有其它的氧化物如 MnO 、 SiO_2 等，这些夹杂物称为废石。废石是一种难熔化的物質。因此在炼鉄时，还需要加入能与废石生成一种易熔性的化合物的物質，称为熔剂。

总结上述可知，炼鉄时所用的原料主要为：鉄矿石、燃料和熔剂。

一、鉄 矿 石

鉄矿石是由鉄的氧化物与废石所組成的。废石中含有： Al_2O_3 、 SiO_2 、 MnO 、 CaO 、

磷化物、硫化物、砷化物等。矿石里含铁量越多，熔炼价值越高。所以一般炼铁用的矿石，其中含铁多在30%以上。兹将几种主要铁矿石分述如下：

磁铁矿——是一种黑色的矿物。铁是以 Fe_3O_4 形式存在，含铁在72%左右，质纯，有磁性，比较坚硬，难以还原。

赤铁矿——是一种棕红色的矿物。其中的铁是以 Fe_2O_3 形式存在，又叫无水氧化铁，含铁量约为65%左右，较磁铁矿为轻，含磷硫较少，质地较松，易还原，因而是一种较好的炼铁原料。

褐铁矿——是一种黄褐色的铁矿石。铁是以 $2\text{Fe}_2\text{O}_3 \cdot 3\text{H}_2\text{O}$ 形式存在，又叫含水氧化铁，含铁量约为45%左右。这种矿石，我国出产量较少。

菱铁矿——是一种含铁量比较少的铁矿石，铁是以 FeCO_3 形式存在，这种铁矿的颜色为淡黄色，一般含铁量约为20—40%，经过焙烧后，由于碳酸盐分解，失去 CO_2 ，因此不仅含铁量增高，而且还易于还原。

铁矿在我国分布很广，蕴藏量也很丰富；这为我国发展强大的钢铁工业奠定了雄厚的物质基础。

例如：东北的鞍山、本溪、抚顺；湖北省的武汉；内蒙的包头；四川省的攀枝花、重庆；海南岛的大白山；江苏省的凤凰山；河北省的石景山、龙烟；山西省的太原等都是我国的主要矿区。其中以鞍山、武汉、包头三大矿区为我国当前的三大钢铁基地。

此外我国的西北、西南等大片地区，还未经勘查，可以想象在这些地区将会有更多的铁矿被我们发现和利用。

二、燃 料

燃料不仅能供给炉子熔炼铁时所需要的热量，而且还是矿石在还原时的主要还原剂。燃料的性质对生铁的质量也有一定的影响，因此对燃料的性质有一定的要求：

(1) 发热量高：能使高炉中的反应过程顺利进行。

(2) 质量纯：含磷、硫要少，以免它们对生铁质量起不良的影响；灰分也要少，以降低燃料和熔剂的消耗。

(3) 有高强度、耐压、耐磨等性能。

(4) 具有多孔性，以增加它与周围气体的接触面积，便于充分的燃烧。

最常用的燃料是焦炭。它是将焦性煤隔绝空气在一定高温下炼成的。其质地坚硬、耐磨而多孔，含有少许硫质，灰分较多，发热量较高（7,300大卡/公斤）。所

以是一种較好的燃料。

三、熔 剂

矿石里含有废石,难以熔化,容易粘結爐料,有时还会掉入爐缸。为了保証高爐的正常工作和提高爐子熔炼效率,要往高爐里加入熔剂。它能和废石及燃料中的灰分生成一种易熔性化合物(爐渣),并与生鉄分离。熔剂主要有两种,一种是碱性的,即石灰石(CaCO_3)、白云石等。当矿石中含有酸性废石时(Al_2O_3 、 SiO_2),則加入之。另外一种是酸性的即石英(SiO_2)等,当矿石中含有碱性废石时(如 MnO 、 CaO 等)則加入之。

不过在自然界里多是酸性的矿石,因此一般常用碱性熔剂(主要为 CaCO_3)。

四、耐火材料

冶炼金属时,所发生的物理化学变化是在高温下进行的。因此砌于冶金爐内部的耐火材料应具有耐火性;具有抵抗爐渣,金属的化学作用和抵抗爐料的机械作用;以及具有不因爐内温度的急剧变化而发生破裂的热稳定性。

高爐多用酸性耐火材料,其主要成份为 SiO_2 、 Al_2O_3 等。

第二节 高炉及其附属设备

一、高炉的构造

高爐是一座直立的上小下大的圓形截錐体,它的外部是用鋼壳包围起来的,而内部砌有耐火材料。它的主要組成部分(图1-2):

爐頸——爐頸的上部有装料设备(3),爐料(矿石、熔剂、燃料)即从装料设备,再经过爐頸装入爐中。

爐胸——爐胸是一个从上向下扩大的圓形截錐体。这种形状便于于爐料下降。在爐胸的中上部进行爐料的預热,揮发物的蒸发、水分的分解;在爐身的中部和爐腰之間,为大部分的氧化鉄被还原区域。

爐腰、爐腹——主要为剩余氧化鉄和雜質的还原及

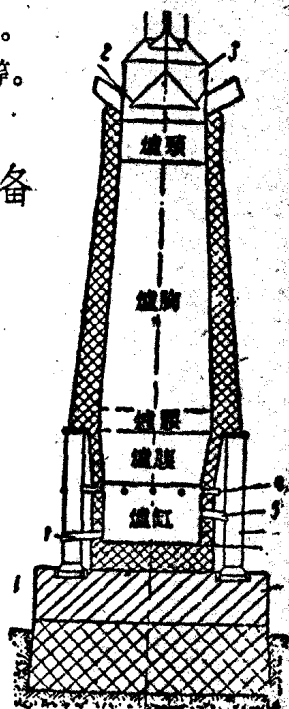


图1-2

高炉的主要組成部分

铁的熔化和造渣区域。

爐缸——在其上部进行焦炭的燃烧，在其下部积存铁水和溶渣。

风咀（4）——一般有12—16个，在热风爐内預热后的空气經由风咀进入爐内，維持高爐的正常工作。

出渣口（5）出鉄口（1）——分別用于出渣和出鉄。

二、高爐的附屬設備

現代高爐的容積很大，每次裝入的爐料需要量很多，如一晝夜能生產2,500吨生鉄的高爐大約需用7,500吨的爐料。這樣多的爐料，從裝料到出鉄以及出渣，只有完全採用機械化操作，才能保證正常生產，因此高爐必須有附屬設備。主要附屬設備有：

（一）裝料設備

現代高爐的裝料設備已經實現了機械化和自動化。這樣不僅能使爐料裝滿高爐，而且大大的減輕了加料工作的體力勞動（從圖1—3即可看出），爐料從運料場自動的裝入運料車中，並依靠傾斜橋形卷揚機將料車牽引到爐頂，然後再自動的將爐料倒入爐頂的布料器中，布料器可均勻的將爐料裝入高爐。在傾斜橋形卷揚機

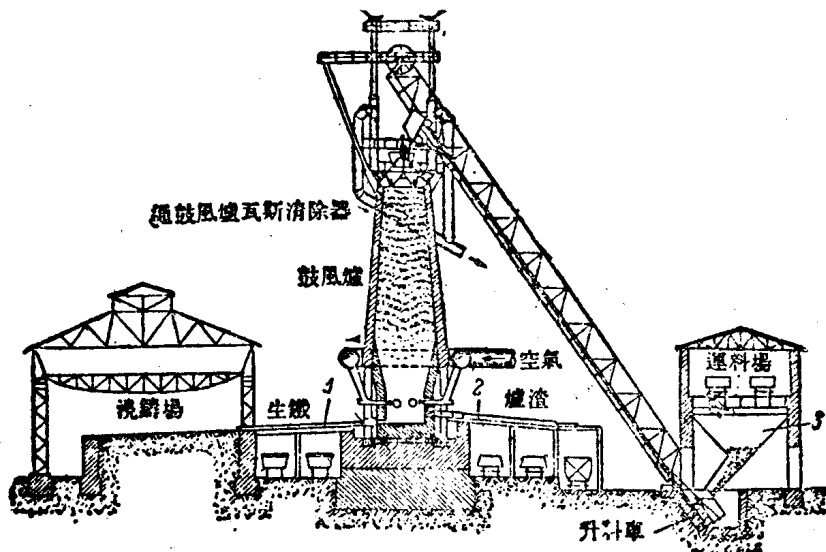


图 1—3 炼鉄炉車間剖面图

平行轨道上有两个运动方向相反的料車；一在最上位置，一在最下位置，两者上下不断地交替工作，爐料即可交替地装入爐內。

(二) 出渣及出鉄設備 (图1-3)

高爐熔煉出來的鉄水，一部分可从流鉄槽 (1) 流到浇注場，并浇注成生鉄錠。然后用輸送裝置，再行运出；另一部分可用鉄水桶將其注入混鉄爐內，使其成分均匀化，然后运到煉鋼車間进行煉鋼。爐渣可經渣槽 (2) 流入专用的爐渣桶內，再沿着軌道运走，以作其它用途。

(三) 鼓风机

一般每熔煉一吨生鉄約需要3,000立方米的空气。所以高爐就需要有足够风量的鼓风机。

(四) 热风炉

为了保証生鉄的質量，降低焦炭的消耗量，提高生产率，送入高爐內的空气，应預热到 700°C — 900°C ，因此，必須有热风爐。

热风爐 (图 1-4) 的外壳用鋼板制成，用耐火材料砌成里衬，内部筑有燃烧

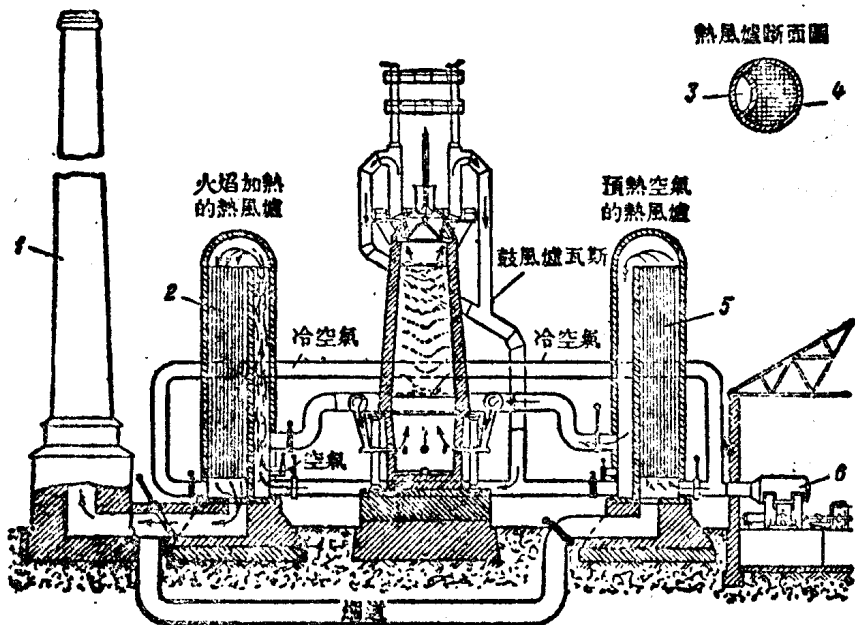


图 1-4 热风炉工作图

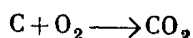
室(3)和用耐火砖砌成的格子房(4)。空气和进来的煤气,在燃烧室里燃烧,并将格子房加热,燃烧后的废气由烟道排出。燃烧约两小时左右关闭煤气和空气的进口;打开空气的进口,来自鼓风机的冷空气,在格子房预热后。经热风管送入高炉中仅需1小时,待热风炉温度降低到不能预热冷风时,即重新加热格子房。由于格子房的加热要延续两小时左右,因此,通常需要3—5个热风炉轮换使用,这样即可保证高炉连续的工作。

第三节 高炉冶炼铁的过程

高炉冶炼的目的在于把铁矿石冶炼成生铁,在冶炼过程中必须进行有铁矿石的还原和造渣等反应,但这些反应过程都只有在高温情况下,才能顺利地完。因此在冶炼过程中,燃料的燃烧成为必不可少的反应过程。

一、燃料的燃烧

燃料的燃烧就是碳与氧的化合。当炽热的焦炭与鼓入高炉内热风中的氧气相遇时,即发生燃烧,其反应式如下:



并同时发生 $1,600^\circ\text{C}$ — $1,700^\circ\text{C}$ 的高温。

生成的 CO_2 气体,逆着下降的炉料上升时,一面预热炉料,一面进行氧化铁的还原。

在高炉内温度分布不一,在风咀附近温度最高,从风咀向上,则逐渐降低,炉内的温度分布情况如图1—5。

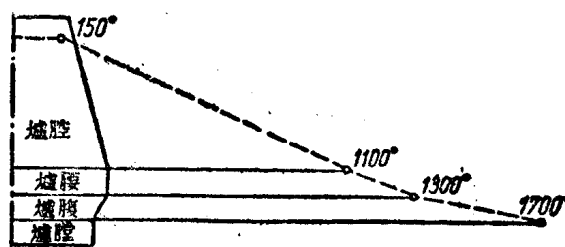


图1—5 高炉内不同温度区域的曲线

二、炉料的预热、水分的蒸发和结晶水的分解

在燃烧区域所生成的高温炉气,逆着炉料上升,在炉身上部与下降的炉料相遇时,将炉料预热。使其中吸附的水分蒸发和矿石中结晶水的分解并蒸发。

吸附水分的蒸发是在 100°C 以上温度区域进行的;结晶水一般要在 250°C —