



就业训练轧钢专业统编教材

轧钢生产 基础知识

(试用)



中国劳动出版社

本书是由劳动部培训司委托辽宁省劳动就业训练中心及抚顺市劳动服务公司组织编写，供就业训练轧钢专业使用的统编教材。

本书根据新工人培训的特点和要求，介绍了钢铁冶炼生产知识，钢的热处理原理及操作，轧钢机及其辅助设备，轧钢原理，钢坯、型钢、钢板、钢管、冷轧带钢、钢丝的生产以及轧钢车间技术经济指标等。

本书与《型钢生产实习指导》配套使用，学制为半年。

本书也可供职业学校、在职培训及自学使用。

本书由田玉伟、崔成克编写，田玉伟主编；忻尚烈、叶济生、许志勇、徐喜发、潘国良、高有志、梁秉顺审稿，忻尚烈主审。

轧钢生产基础知识

(试 用)

劳动部培训司组织编写

责任编辑：金龄

中国劳动出版社出版

(北京市和平里中街12号)

国防出版社印刷厂印刷

新华书店北京发行所发行

787×1092毫米 32开本 7.25 印张 161 千字

1990年7月北京第1版 1990年8月北京第1次印刷

印数，3100 册

ISBN 7-5045-0502-1/TF·002 (课) 定价：2.60元

前 言

根据“先培训、后就业”的原则，全面开展就业训练工作，是贯彻“在国家统筹规划和指导下，实行劳动部门介绍就业、自愿组织起来就业和自谋职业相结合”的就业方针和提高职工素质的一项重要措施。为解决就业训练所需要的教材，使就业训练工作逐步走向规范化，原劳动人事部培训就业局于1986年7月委托部分省、市劳动人事部门（劳动服务公司），分别组织编写适合初中毕业以上文化程度青年使用的、分半年与一年两种学制的教材。

第一批组织编写的就业训练教材有：烹饪、食品糕点、宾馆服务、商业营业、理发、公共交通运输、土木建筑、服装、钟表眼镜修理、无线电修理、家用电器修理、机械加工、纺织、丝织、幼儿保教、财会等十六个专业及职业道德、就业指导、法律常识三门公用教材。这次又组织编写了造纸、玻璃制造、汽车修理、化纤、胶鞋制造、轧钢、广告装璜等七个专业教材，并补充编写了八大菜系实习菜谱。这套教材培训其他人员亦可使用。

这次组织编写的教材，是按照党和国家有关的教育方针政策，本着改革的精神进行的，力求把需要就业的人员培养成为有良好职业道德、有一定专业知识和生产技能的劳动者，突出操作技能的培训，以加强动手能力和处理实际问题的能力。

就业训练工作是一项新工作，参加编写这套教材的有关

同志克服了重重困难，完成了教材的编写任务，对于他们的辛勤劳动表示由衷的感谢。由于编写时间仓促和缺乏经验，这套教材尚有许多不足之处，请各地有关同志在使用过程中，注意听取、汇集各方面的反映与意见，并及时告诉我们，以便再版时补充、修订，使其日趋完善。

劳动部培训司

一九八八年七月

目 录

绪论.....	1
习题.....	18
第一章 钢的热处理.....	19
第一节 金属材料性能.....	19
第二节 热处理原理.....	24
第三节 热处理操作.....	29
习题.....	35
第二章 钢的分类和钢号表示方法.....	37
第一节 钢的分类.....	37
第二节 钢号表示方法.....	41
习题.....	44
第三章 轧钢机的基本结构.....	45
第一节 轧钢机的定义和分类.....	45
第二节 轧辊.....	51
第三节 轧辊轴承.....	53
第四节 轧辊调整装置.....	57
第五节 机架.....	64
第六节 轧钢机传动装置.....	66
习题.....	71
第四章 轧钢机主要辅助设备.....	73
第一节 加工用的主要设备.....	75
第二节 运输用的主要设备.....	85

习题.....	91
第五章 连续式加热炉.....	92
第一节 连续式加热炉的工作原理和基本组成.....	92
第二节 连续式加热炉的装出炉附属设备.....	101
第三节 加热炉常用的耐火材料.....	103
第四节 加热炉常用燃料和燃烧装置.....	105
习题.....	107
第六章 轧制原理.....	108
第一节 轧制过程的一般问题.....	108
第二节 轧辊咬入轧件时的条件.....	111
第三节 金属在轧制时的宽展.....	113
第四节 金属在轧制时的前滑和后滑.....	114
习题.....	116
第七章 型钢孔型设计基本知识.....	117
第一节 孔型的基本概念.....	117
第二节 延伸孔型系统.....	122
第三节 导卫装置.....	124
习题.....	125
第八章 钢坯和型钢生产.....	127
第一节 钢坯生产.....	127
第二节 型钢生产.....	132
习题.....	143
第九章 板带钢生产.....	144
第一节 板带钢和板带钢轧机.....	144
第二节 中厚板生产.....	147
第三节 叠轧薄板生产.....	149
第四节 热轧带钢生产.....	156

第五节 冷轧板带钢生产	157
习题	160
第十章 钢管生产	162
第一节 焊管	162
第二节 无缝钢管生产	165
习题	181
第十一章 冷轧带钢生产	182
第一节 原料	183
第二节 带钢酸洗	185
第三节 带钢轧制	189
第四节 热处理	193
习题	195
第十二章 钢丝生产	196
第一节 概述	196
第二节 钢丝的原料准备	198
第三节 钢丝的热处理	202
第四节 拉丝模	207
第五节 钢丝拉拔	209
第六节 拔丝设备	215
习题	217
第十三章 轧机的生产能力和技术经济指标	218
习题	221

绪 论

一、钢铁冶炼生产知识

钢和铁都是铁碳合金，它们的基本化学成分是Fe(铁)、C(碳)、Si(硅)、Mn(锰)、S(硫)、P(磷)。钢和铁的区别是含碳量不一样，含碳量大于2.11%的铁碳合金叫铁，小于2.11%的铁碳合金叫钢。在实际使用中，钢的含碳量都小于1.7%。

人们都很熟悉火车运行的轨道、做汽车车厢用的钢板、输送热汽的钢管，它们都是用钢锭或者是钢坯做原料，通过轧钢机生产出来的钢材。

钢锭是用钢水铸造成的。钢水是用铁水或废钢为原料通过炼钢过程制成的。钢坯是轧钢机用钢锭生产的半成品。

铁水是通过炼铁过程制成的。炼铁的原料是铁矿石。炼1吨铁大约使用4吨铁矿石。

目前使用的铁矿石有四种，为了便于记忆，把它们概括在表0-1中。

1. 炼铁 炼铁就是把铁矿石的铁还原出来的过程。因为冷却后的固态生铁又硬又脆，所以铁不能做轧制钢材的原料。不过熔化后的生铁用来铸造，其流动性较好。

(1) 炼铁用的炉子叫高炉。高炉炼铁的任务是把铁矿石在高炉里炼成生铁。高炉车间主要设备见图0-1所示。

铁矿石在高炉里炼成生铁要完成三个基本过程：

一是排出氧化铁中的氧——还原作用。还原就是把氧化

表0-1

铁矿石的种类、密度和强度

矿石名称	赤 铁 矿	磁 铁 矿	褐 铁 矿	菱 铁 矿
分子式	Fe_2O_3	Fe_3O_4	$2\text{Fe}_2\text{O}_3 \cdot 3\text{H}_2\text{O}$	FeCO_3
理论含铁量	70%	72.4%	60%	48.2%
实际含铁量	40~65%	40~70%	30~50%	20~40%
矿石的密度 (吨/米 ³)	4.9~5.3	5.2	3~4.2	3.8
颜 色	红 色	黑色或深灰 色	黄色或褐色	灰色或淡黄色
强度和还原性	比较容易破 碎，较软， 易还原	坚硬、致密、 难还原	软矿石，容易还 原	容易破碎和还 原

铁里的氧分离出去，把铁还原的化学反应。

二是把铁跟杂质分开——造渣作用。高炉的炉渣由铁矿石里的废石、焦炭燃烧后的灰分和熔化后的熔剂（石灰石和白云石）组成。

三是铁吸收碳——渗碳作用。经过除去氧和废石的铁叫海绵铁。当海绵铁吸收了焦炭里的碳，就变成了熔点低、含碳高的生铁。

（2）炼铁的生产过程是，首先把铁矿石、焦炭、石灰石按照一定的比例组成一批又一批的炉料。这些炉料用卷扬机提升到炉顶，倒进大、小料斗装入高炉。高炉的构造见图0-2所示。炉料在高炉里堆成料柱。下部的焦炭不断燃烧，矿石和熔剂不断地熔化而连续下降。炉料连续不断地装入，使料柱保持了规定的高度。

被加热到900~1200°C的热风从风口吹入高炉的下部，

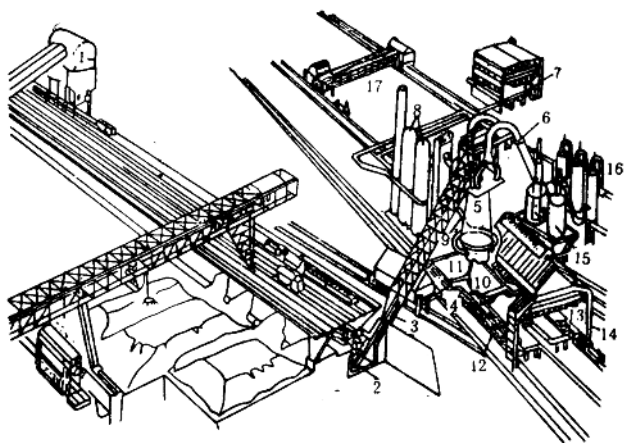


图0-1 高炉车间主要设备示意图

- 1-贮焦楼 2-高炉卷扬机料车 3-高炉卷扬机斜桥 4-卷扬机室 5-高炉 6-煤气导出管 7-鼓风机 8-热风炉 9-热风管 10-出铁口及铁沟 11-出渣口及渣沟 12-渣罐 13-铁水罐 14-出铁场房 15-除尘器 16-静电除尘器 17-铸铁机

使焦炭燃烧成煤气。热煤气在上升过程中把热量传递给炉料的同时，又和炉料发生化学反应。最后冷到 $200\sim 400^{\circ}\text{C}$ 时就从炉顶排出去。

炉料在下降的过程中被加热，随着温度的升高产生还原、造渣和渗碳作用。

还原后的铁经过渗碳并溶解高炉下部还原出来的硅、锰、硫、磷形成生铁，从出铁口流出去。废石、熔剂和焦炭形成炉渣，从出渣口流出去。

2. 炼钢 炼钢的基本任务就是根据钢种要求，使各种

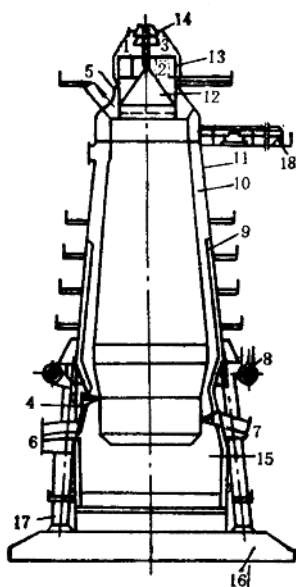


图0-2 高炉构造示意图

1-矿石 2-焦炭 3-熔剂 4-风口 5-煤气 6-铁口 7-渣口 8-热风围管 9-冷却壁 10-炉衬 11-炉壳 12-大料钟 13-大料斗 14-小料钟 15-炉底 16-炉基 17-支柱 18-平台

元素的含量达到规定标准，以便满足用户对钢的韧性和塑性、焊接性和锻造性以及机械加工性能的要求。

(1) 炼钢的过程实质上就是氧化过程，将铁水中的C、Si、Mn、S、P大部分去掉。

第一步是在1700℃的高温把炉料熔化成液体，再用氧使一部分铁氧化成氧化亚铁(FeO)。

第二步是铁水中生成的氧化亚铁再把碳、硅、锰元素氧

化成一氧化碳(CO)、二氧化硅(SiO_2)和氧化锰(MnO)。

第二步反应生成的一氧化碳是气体，很容易从钢水排到炉气里以后被除掉。生成的二氧化硅、氧化锰、氧化亚铁互相作用变成炉渣，浮在钢水的表面上。

生铁里的硫和磷对钢的质量是有害的，所以在炼钢时往炉内加石灰(CaO)，就能把磷、硫变成磷酸钙($[\text{CaO}]_4\text{P}_2\text{O}_5$)和硫化钙(CaS)的炉渣而排除掉。

前面所说的硫、磷等元素叫做杂质，杂质去除以后，要清除钢水里的氧。氧使钢的塑性变差，轧制时会产生裂纹。因此，炼钢到最后要用锰铁、硅铁和铝进行脱氧。脱氧后形成的 MnO 、 SiO_2 和 Al_2O_3 都浮到钢水表面进入炉渣后被除掉。

(2) 炼钢的方法主要有平炉炼钢法、转炉炼钢法和电炉炼钢法。

1) 平炉炼钢法 平炉是用耐火砖砌造的，构造见图0-3所示。平炉炼钢的主要原料是废钢和铁水。辅助材料有造渣用的石灰、萤石(CaF_2)，氧化用的铁矿石和脱氧用的

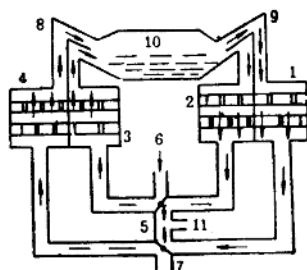


图0-3 平炉构造示意图

1、4-空气蓄热室 2、3-煤气蓄热室 5-换向阀 6-煤气入口
7-空气入口 8、9-炉头 10-熔炼室 11-烟道

硅铁、锰铁。平炉炼钢用的燃料有煤气和重油。

平炉炼钢的基本过程是补炉、装料、熔化、精炼、脱氧、出钢和铸锭。

铸锭是炼钢生产的最后一个环节。铸锭的方法有上铸法和下铸法。钢水在锭模里冷却凝固后从锭模里拔出来叫脱模。

铸锭的设备有盛钢桶、钢锭模、保温帽、下铸底盘、中心注管等。图0-4是下铸示意图。冷却后的钢锭见图0-5所示。

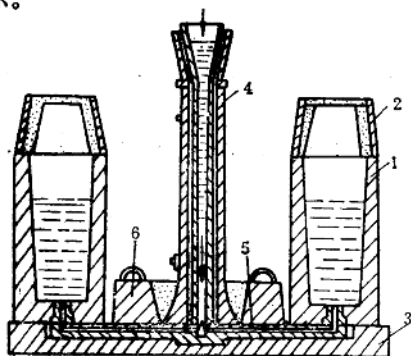


图0-4 下铸钢锭示意图

- 1-钢锭模 2-保温帽 3-底盘
4-中注管 5-流钢砖 6-压圈

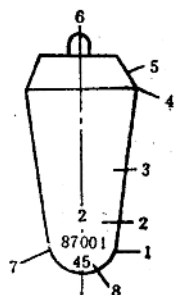


图0-5 钢锭

- 1-生产炉次 2-锭号 3-锭身
4-帽口线 5-帽口 6-铁鼻子
7-年号 8-钢种

连续铸钢是近30年来在世界钢铁工业中发生的一件大事。自1950年研制出第一台五吨钢水连铸机起到1982年，世界上已经有一千多台连铸机。我国现已建成17台。

连铸机的构造见图0-6所示。浇铸时，盛钢桶内的钢水经中间桶连续铸入用水冷却的结晶器里。钢水在结晶器里很

快凝固成具有一定坯壳厚度的铸坯。铸坯从结晶器的下口拉出，进到二次冷却区。二次冷却区装有喷水冷却装置，使铸坯进一步冷却凝固。铸坯的移动是按已经调整好的导辊方向进行的。铸坯的整个移动和矫直过程通过拉坯矫直机来实现。最后，切割机把铸坯切成定尺长度，由辊道送至坯料场堆放。

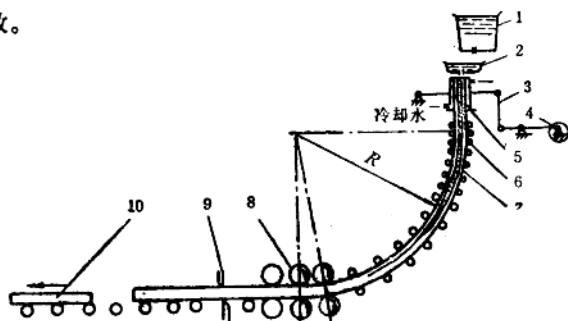


图0-6 连续铸钢示意图

- 1-盛钢桶 2-中间桶 3-振动机构 4-偏心轮 5-结晶器
6-二次冷却夹辊 7-钢坯中未凝固钢水 8-拉坯矫直机 9-
切割机 10-钢坯

连续铸钢的优点是能提高钢水的收得率，可高达96%，降低了劳动强度，提高了铸坯质量，简化了从钢水到钢坯的加工过程，生产所用设备简单。

2) 转炉炼钢法 转炉炼钢法的基本原理是把空气或者氧气吹入铁水中，依靠氧气把铁水中的碳、硅、锰、磷等元素氧化掉。在元素被氧化的时候生成大量的热，并用这些热来炼钢，不用另外加热。

转炉炼钢法很多，有底吹酸性转炉炼钢法，也叫贝塞麦法；底吹碱性转炉炼钢法，也叫托马斯法；侧吹酸性转炉炼钢法；侧吹碱性转炉炼钢法。转炉的构造见图0-7所示。

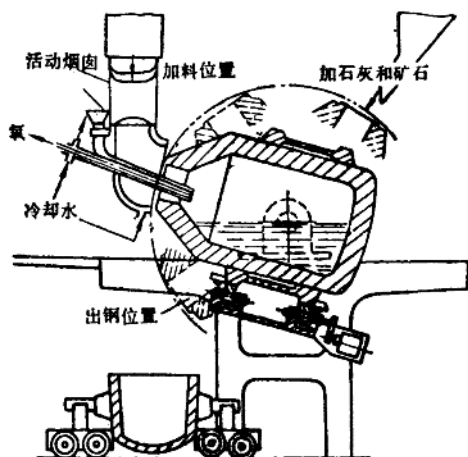


图0-7 氧气斜吹转炉示意图

纯氧顶吹转炉炼钢法，也叫L·D法，是一种新的转炉炼钢法。目前我国正在推广顶底复合吹炼、双流道氧枪等新的转炉炼钢方法。图0-8是氧气顶吹转炉示意图。

3) 电炉炼钢法

① 电弧炉炼钢法 炼钢过程所用的高温（1700～2000℃）由三相电极与金属料间形成的电弧来保证。电炉的热源是电，因而可以随意造成氧化性或者还原性气氛来控制冶炼过程的物理化学反应状况。工人们利用造成的还原性

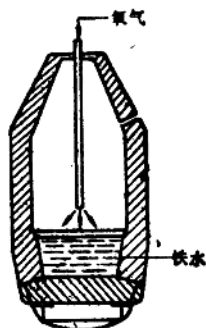


图0-8 氧气顶吹转炉示意图

气氛就能自由地调整钢的成分，炼制高合金钢。

电弧炉使用的原料是废钢和生铁。电弧炉的构造见图0-9所示。

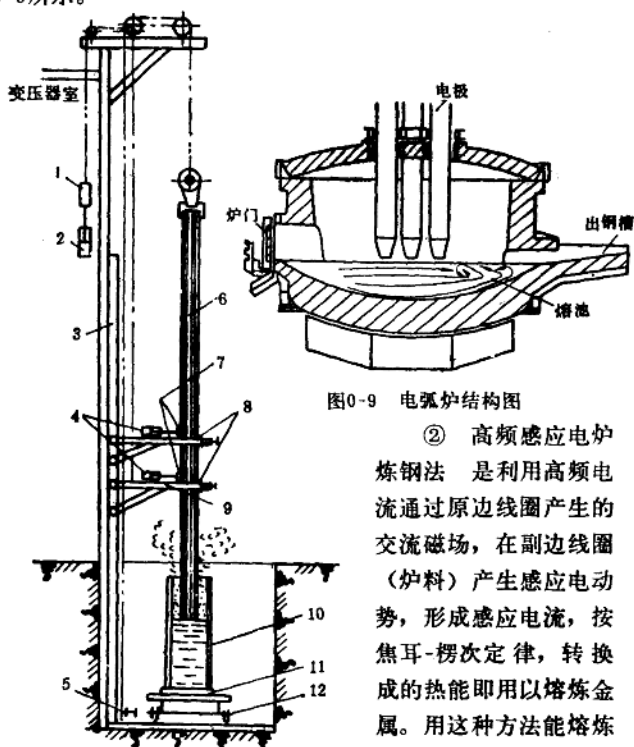


图0-9 电弧炉结构图

② 高频感应电炉炼钢法 是利用高频电流通过原边线圈产生的交流磁场，在副边线圈（炉料）产生感应电动势，形成感应电流，按焦耳-楞次定律，转换成的热能即用以熔炼金属。用这种方法能熔炼含碳极低的钢种。

③ 电渣重熔炼钢法 是用合格的钢作电极，固定在升降机上，

图0-10 电渣重熔法炼钢示意图

1-对重 2、4-汽缸 3-滑道 5-差动减速器 6-电极 7-导电板 8-挡板 9-夹持器 10-结晶器 11-底水箱 12-电动小车

在模内底部放上渣料，降下电极给电后，炉渣被自身的电阻热所熔化，沉入液渣里的电极也被熔化成滴状下落，钢内原有杂质在钢滴下落的时候就浮离钢液，钢液在模内凝固成成分均匀、致密、没有缩孔的钢锭。

电渣炉的构造见图0-10所示。

④ VOD/VHD 真空精炼 即炉外精炼。随着冶金工业的发展，传统的炼钢工艺发生了根本的变化，由原来的一步炼钢法逐渐转化为二步炼钢法，出现了炉外精炼。

二步炼钢法就是在一般炼钢中进行初炼，然后再进行炉外精炼。由于炉外精炼设备比一般冶炼设备的功能强，因此近20年来，得到世界各国冶金工作者的普遍重视，使炉外精炼得到了迅速发展。

4) 炉外精炼

① 炉外精炼设备 VOD/VHD 联合装置共用一套真空、加料设备，主要设备分为七个部分：

VOD/VHD各有一个真空罐，位于地平线之下，罐体内壁用标准粘土砖砌筑。罐盖上面装有氧枪升降传动装置、双钟阀加料斗、频闪观测器和电视录像机。

真空系统有六级蒸汽喷射泵互相串联。

液压系统主要有两套设备，一套用于VHD的电极调节，另一套是罐盖升降的油液压系统。

变压器是用于VHD炉的加热。

加料系统有六个贮料仓，下面有一台带台子秤的称量料斗。称量后的料输送到皮带运输机上。通过旋转布料器，分头加入VOD和VHD炉中。

主控室是VOD/VHD精炼炉的指挥中心，有一套主控盘(八个柜)、一台工业电视。在主控盘上有模拟图及所需要