

联合国环境规划署亚太地区

钢铁工业环境管理讨论会

专家报告摘编



冶金工业部安全环保司

国家环保局 计划司

联合国环境规划署亚太地区

钢铁工业环境管理讨论会

专家报告摘编



江苏工业学院图书馆
藏书章

冶金工业部安全环保司
国家环保局 计划司

序

中国政府积极组织出版1987年12月在日本东京召开的钢铁工业环境管理讨论会的论文，对传播信息，交流世界各国在这方面的经验将会起很大的促进作用。

参加这次会议的有来自亚太地区9个国家工业界的19位政府官员和企业经理，会上介绍了钢铁工业最新环境管理实用技术和应用实践。

作为本次会议的组织者之一，联合国环境规划署希望通过这次会议向大家说明最新颁布的“钢铁企业环境管理指南”^{*}，并希望这个指南能帮助各国政府官员、工厂经理以及工程师们防治钢铁企业出现的环境问题。

联合国环境规划署高度赞赏中国政府广泛宣传这次会议成果所作的努力，这将有助于提高公众对环境问题的认识，只有当人们把环境问题放在首位时，环境保护才能取得持续发展。

最后，联合国环境规划署工业环境办公室愿意为大家提供更多的信息，并对有关会议报告的评论及意见做出答复

联合国环境规划署

工业环境办公室

Ms.J. Aloï de Lardereï

^{*}该指南已由冶金工业部安全环保司组织译出，见“钢铁工业环境保护——概论、技术评述及管理指南”第88~247页

说 明

1987年12月14日至18日联合国环境规划署在日本召开了“亚太地区钢铁工业环境管理讨论会”。中国经国务院环委会批准由冶金部和国家环保局组团出席了这次会议。日本、巴西、西德、瑞典、澳大利亚等国有关专家向会议作了原料准备、炼铁、炼钢等工艺中污染控制技术及环境管理方面14篇专题报告，报告较系统地反映了从原材料准备至轧材的一些国家钢铁工业污染控制技术现状和水平，现委托冶金部建筑研究总院环保所组织译出其中12篇，汇编出版，供参考。

全书经刘培善、李友琥、乔致奇审阅，不当之处请批评指正。

编者

1988年8月

目 录

1.钢铁工业导论.....	(1)
2.原料场及烧结厂污染控制.....	(12)
3.炼焦污染控制.....	(33)
4.高炉—氧气顶吹转炉的环境保护.....	(48)
5.废钢和直接还原铁电弧炉工艺的污染控制.....	(59)
6.热轧厂的环境控制.....	(70)
7.冷轧和精加工的环境控制.....	(83)
8.钢铁工业水管理.....	(95)
9.固体废物处理.....	(117)
10.环境管理政策概况.....	(138)
11.企业内部的环境控制管理.....	(146)
12.日本空气污染控制法规实施效果.....	(164)

钢铁工业导论*

国际钢铁协会 副秘书长 堀珊吉

1. 典型的钢铁生产工艺

1.1 联合生产工艺

这种生产工艺由大型高炉、氧气顶吹转炉（或平炉）以及各种轧制、热处理、涂层处理等设备组成。设备生产能力约为100~1000万t/a。

1.2 废钢—电炉法

废钢主要用在电炉炼钢方面。电炉炼钢设备生产能力一般在10~200万t/a之间。大多数小型钢厂采用此工艺。图1为近年来电炉炼钢的生产趋势。

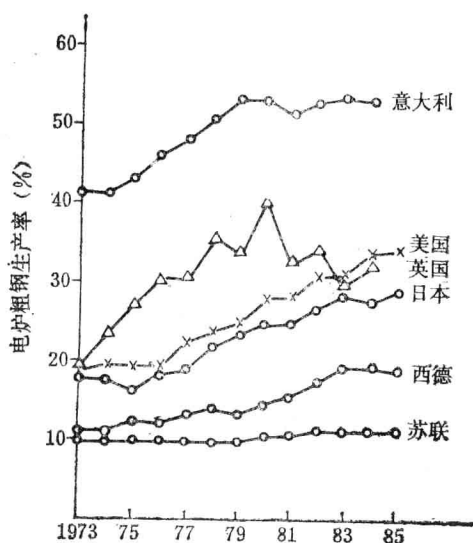


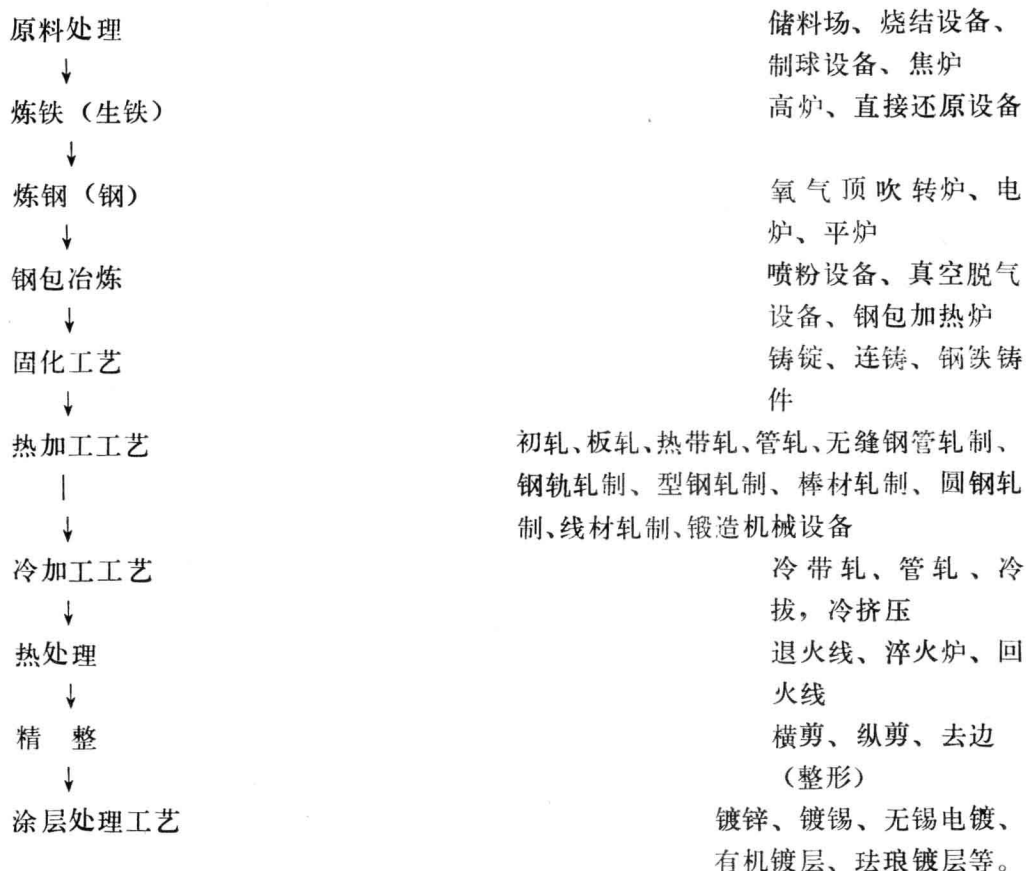
图1 各国电炉炼钢生产趋势

1.3 直接还原铁 (DRI) — 电炉法

这种方法是使用直接还原法生产的海绵铁炼钢，而不使用废钢或铁水炼钢。设备生产能力在3万t/a到100万t/a之间。用这种方法炼的钢大约占全世界每年粗钢产量的3~4%（约2000万t/a）。

2. 基本冶炼工艺和主要设备

*本文删去了热加工和冷加工工艺及个别图表，节号、图号作了相应的改变



3. 生产工艺简介

3.1. 炼焦工艺

有许多还原剂可将铁的氧化物还原成金属铁，但碳（直接地或间接地）被认为是最经济，适合作生产铁的还原剂。

小型高炉有时仍然使用木炭做还原剂，但现代化大型高炉炼铁生产所需的碳是通过在 $900^{\circ}\sim 1095^{\circ}\text{C}$ 温度下干溜炼焦煤而获得的。

焦炭的主要作用是产生炼铁所需的热能以及还原铁矿时所需的碳元素和一氧化碳。

3.2. 含铁物料

含铁物料的作用是提供生产生铁所需的93—94%的铁元素。主要含铁物料有铁矿石，烧结块和球团。

烧结：烧结就是将燃料与矿石混合，在一定的条件下（ $1300\sim 1480^{\circ}\text{C}$ ）进行燃烧的工艺，将细粉燃烧结成块，以适于高炉冶炼。

制球团：制球团与烧结不同，它是先将细粉料制成球团，然后在 1040°C 温度下进行加热使其硬化。

3.3.高炉冶炼工艺

3.3.1 高炉是一种竖井型的炉子，在类似坩埚的炉膛上叠加垂直炉身，从炉体顶部装入含铁料（铁矿石、烧结块、含铁球团、轧钢屑、钢渣、废钢等）、焦炭和熔剂（石灰石和白云石）。然后由炉膛和炉身之间鼓风口通入热风、气态、液态或粉状燃料。通入热风使燃料和由顶部装入的焦炭燃烧产生所需的热量以及还原气体，去除矿石中的氧。还原后的铁熔化向下流入炉膛。矿石中的杂质和熔剂结合产生炉渣。这些炉渣浮在铁水上面。铁水和炉渣定期从出铁口和出渣口分别排出。每生产1t（1000kg）生铁需要1.7t矿石或含铁料，450~650kg焦炭和其它燃料，约250kg石灰石或白云石、1.6~2.0t空气。

每生产1t生铁，就要产生200~400kg炉渣、25~30kg燃料灰和2.0~3.0t的高炉煤气。

3.3.2 能源平衡和物料平衡

高炉能源平衡如下：

能量输入	GJ/t铁水
鼓风显热	1.64
焦炭燃烧	2.10
喷入燃料燃烧	0.27
水分解	-0.26
总计	3.75
能量输出	
氧化铁还原	1.17
非金属还原	0.15
炉渣显热	0.48
铁水显热	1.36
顶部煤气显热	0.20
炉料水分汽化	0.13
炉热损失	0.26
总计	3.75

3.4.直接还原和熔炼工艺

上个世纪经过许多努力，发展了一种新型炼铁工艺，可以作为传统高炉炼铁的一种替换方法。新工艺的产生源于人们想要或必须利用低品位矿石和当时现有的燃料。低品

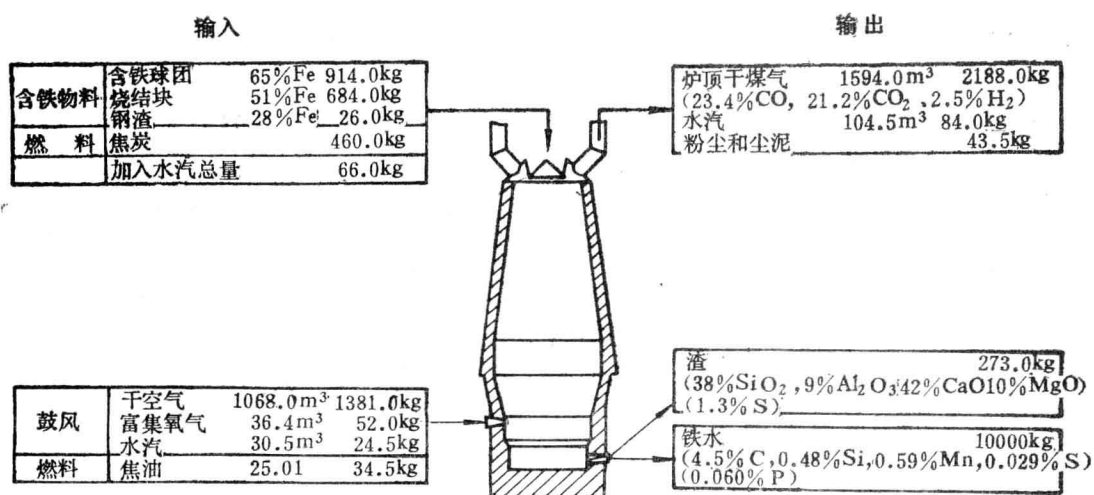


图 2 高炉物料平衡图 (单位以每吨铁水计)

位矿石和当时可得燃料不适合传统的高炉冶炼法。今天，一般把通过还原低于铁熔化点的铁矿生产工艺叫做直接还原法，生产出的生铁叫做直接还原铁 (DRI)。直接由矿石生产出熔融铁水（类似于高炉铁水）的工艺叫做直接熔炼法。有些更富有创造性的工厂从铁矿石中直接炼出钢水，这种工艺通常被称做直接炼钢法。对上述冶炼工艺的分类极易通过它们各自的产品特征进行区分，尽管这些产品可能还要经过相同的精炼和炼钢工艺才能最后成为各种特殊牌号的钢材。

然而，只要有充足的炼焦煤而且价格合理，高炉炼铁仍是当今世界炼钢用铁的主要来源。直接还原铁占世界生铁总产量的 3 ~ 4 %。自 1983 年以来，西方各国已普遍安装了直接还原铁冶炼设备，年产量达 2000 万 t。

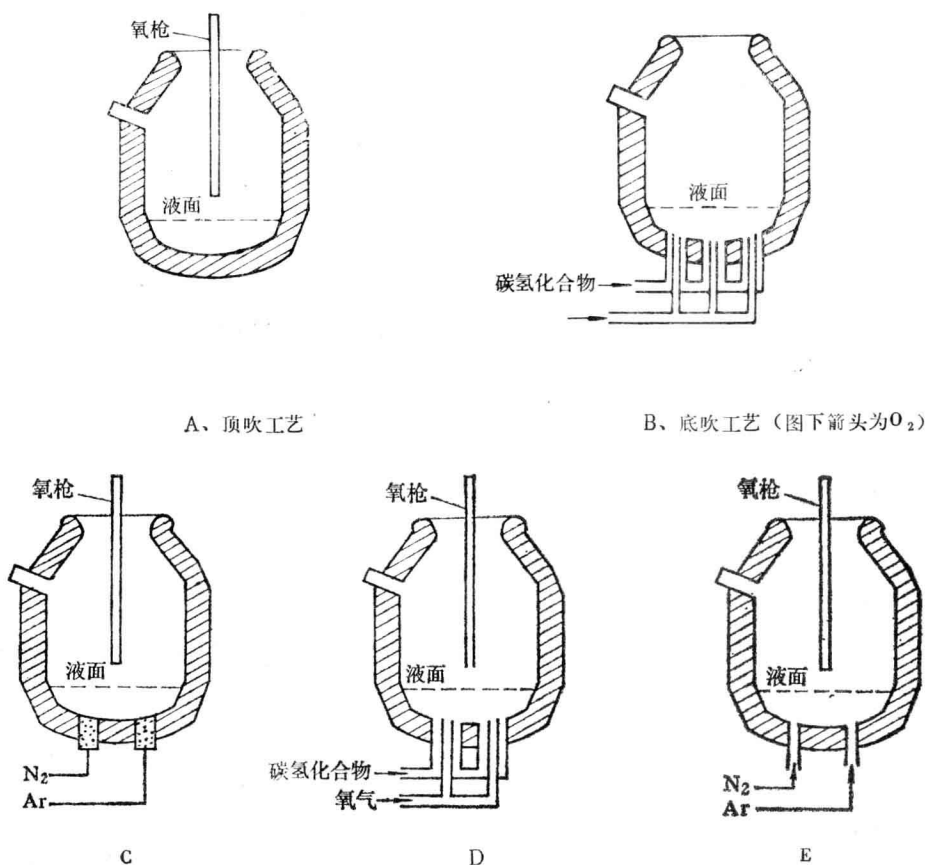
大部分直接还原铁用来代替电炉炼钢所用的废钢。由矿石直接冶炼 (Virgin iron units) 得到的直接还原铁是一种相对纯的物料，它可稀释废钢中的杂质，改进钢的质量。但是在大多数工业高度发达的国家中，能源价格很高，但却有大量的低价废钢可利用，因此使直接还原铁冶炼法的使用受到了限制。这种工艺很适用于那些具有大量廉价天然气、非炼焦煤、水力发电以及可以获得适用的铁矿石和烧结矿的地方。

3.5. 氧气炼钢工艺

3.5.1 概述

氧气炼钢是指用铁水（生铁水）和废钢通过高纯度氧气快速精炼，生产出预定含碳量和一定温度钢水的冶炼方法。精炼时，为使钢水中磷和硫含量不超过预定值要加入各种熔剂。用氧化法炼钢，一般每 30 ~ 50 min（其中只有 15 min 精炼）就产生 200 t 的钢水。

向炼钢炉内供氧的方法很多。目前广泛使用的三种方法，见图 3。



C、D、E复合吹氧工艺,一部分氧气从上向下吹进炉内,另一部分氧气或其他气体通过可渗透元件或由风口从下向上吹进炉内。

图 3 氧气炼钢中所用的三种氧及其他气体的输送方法。

- A、用高压高速通过氧枪或一根冷却水管将工业纯氧垂直向下吹进炉内。
- B、从风口垂直向上将工业纯氧用高压高速的方法送进炉内,风口周围是通天然气的管道。
- C、顶部氧枪加底部可渗透元件
- D、顶部氧枪加底部冷却风口
- E、顶部氧枪加底部非冷却风口

3.5.2 热平衡和物料平衡举例

1. 热平衡 (图 4)
2. 物料平衡 (图 5)

3.6. 电炉炼钢

3.6.1 电炉的种类

许多炉子都可以用电流作热源,但没有几种可以用来炼钢。

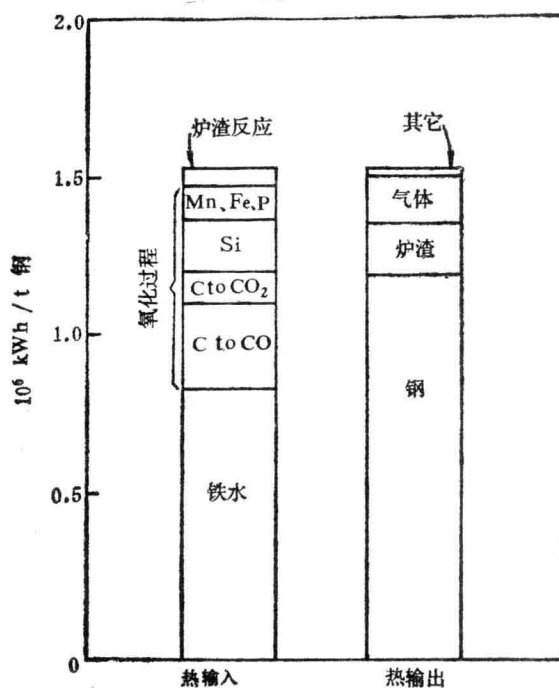


图 4 氧气顶吹炼钢工艺热平衡图

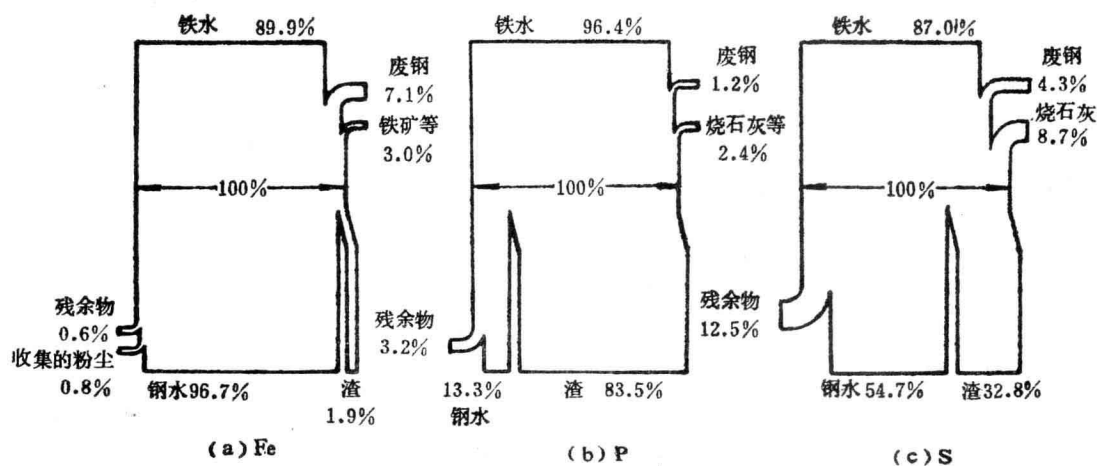


图 5 Fe、P 和 S 的平衡图

这类炉子当中，只有两种经实践证明可以用来炼钢。这两种是：1. 三相交流电炉，2. 感应炉。近几年来，小型电炉（10~50t）广泛地采用了直流电的形式。

电炉炼钢有碱性和酸性两种工艺。然而几乎所有生产连铸钢、钢锭的电炉和大多数铸造炉都采用碱性炉衬，用高合金废钢，低品位合金废钢和碳素废钢生产出能满足严格

的化学、机械性能以及清洁度要求的钢材。

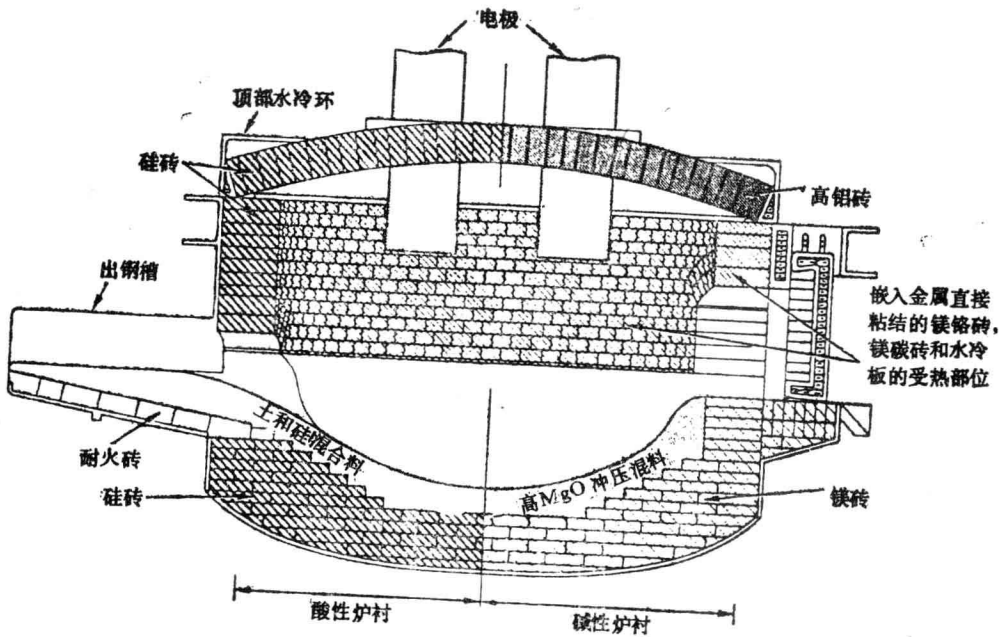


图 6 Heroult 电弧炉剖面图。具有碟状底壳和坡型炉膛底结构。在左边的酸性炉衬和右边的碱性炉衬中标出使用的典型耐火材料。

3.6.2 操作举例

现代化电炉使用超高压（UHP）变压器和氧化燃料烧嘴，使钢产量有了很大提高，每炉钢水冶炼周期缩短到90分钟以下。取得这些进步的另一个原因是电炉炼钢采用了二次炼钢方法的原故。

3.6.3 用电炉—氩氧脱碳（EAF-AOD）工艺精炼不锈钢的例子

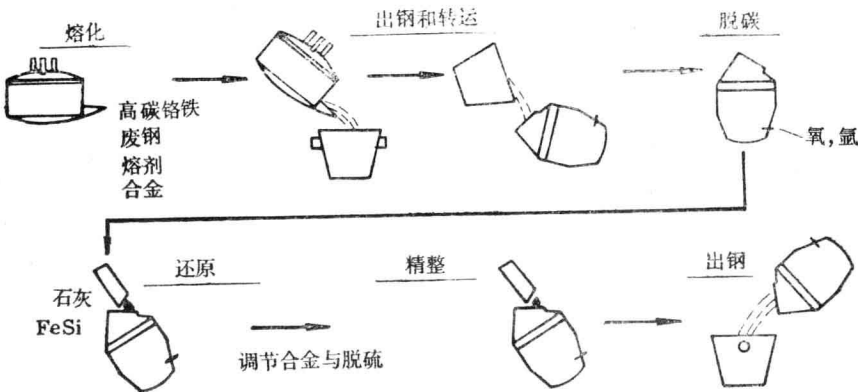


图 7 电炉—氩氧脱碳（EAF-AOD）工艺精炼不锈钢的工艺步骤

3.7. 二次炼钢

二次炼钢也叫做钢包冶炼 (Ladle Metallurgy), 其目的是要生产出“纯净”钢来。“纯净”钢要符合表面、内部、显微清洁度、机械性能几方面的严格要求。钢包冶炼是在钢包内进行二次炼钢的工艺, 通常是在电炉里完成初步精炼后进行。

现在对高质量钢材的需求量越来越大, 如合金钢、以及用于制造北极地下管道、飞机发动机部件用钢等。要满足这些使用要求, 首先必须使钢材本身具有优良的质量。钢包冶炼是生产优质钢材唯一的一种经济工艺方法。由于对高质量钢材需求的增加, 钢包冶炼已成为钢材生产中不可缺少的步骤。

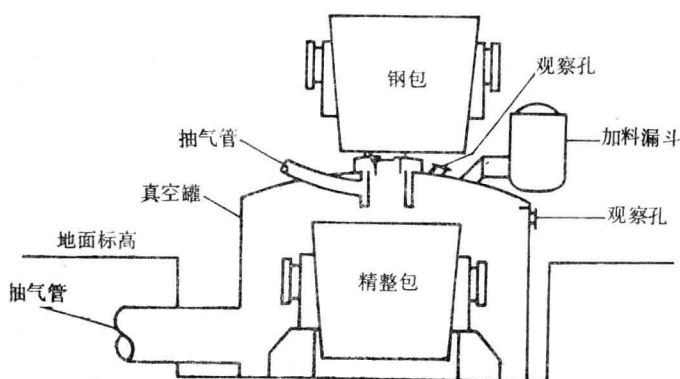


图 8 钢包—钢包脱气工艺设备布置图

3.8. 铸锭和均热工艺

3.8.1 铸锭

不论是采用氧气炼钢炉、平炉还是电炉炼钢, 钢水经适当精炼后 ($1600\sim 1650^{\circ}\text{C}$), 都要倒进有耐火衬里的钢包内。在出钢水过程中可以添加合金材料和脱氧剂。

钢包由天车送到浇铸面上。将钢水倒进一个个模具内, 钢水在模具内冷却固定, 形成钢锭。

3.8.2 均热工艺

把去掉模具的钢锭放进有密封盖的均热炉内。均热炉带有燃料烧嘴, 需要时可以供热。钢锭在均热炉内被加热到轧制所需温度 ($1150\sim 1250^{\circ}\text{C}$), 并在此温度下保持一段时间, 以便使整个钢锭横断面温度相同。

3.9. 初轧

均热以后, 钢锭被送到初轧机上进行初轧, 形成半成品钢 (板坯, 大方坯, 小方坯等)。比较先进的连铸技术可以取代所有这些铸锭、均热、初轧步骤, 而直接把钢水浇

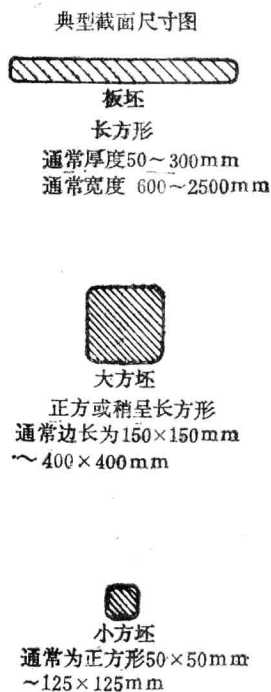


图 9 几种初轧产品形状和尺寸的比较

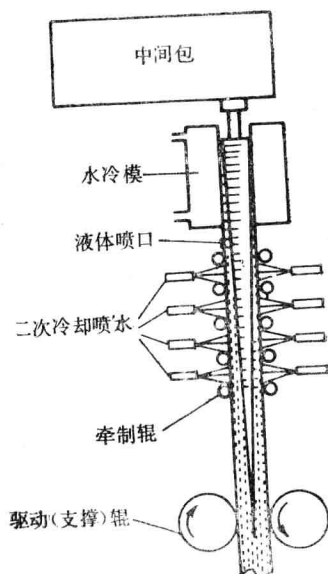


图 10 连铸机主要部件

铸成半成品钢。连铸工艺正在迅速增长。

初轧是把钢锭制成钢坯。二次轧制是把钢坯进一步轧制成所需的断面和重量。辅助操作包括：剪切、修整、切定尺以及将料头、轧屑和可送回炼钢和高炉去的其它副产品进行收集分类。

大多数钢，都是在一架轧机上被轧制成方坯、板坯或小方坯的。然后冷却，贮存。以后再送去进一步轧制成品或去锻造。采用所有这些传统工艺主要原因是它们能节省资金。有时，要求最终产品有特殊的尺寸、形状和质量，这就需要采用不同的轧制方法来生产。

3.10. 半成品钢材的连铸工艺

近些年来发展起来的连铸工艺，对世界钢产量具有极大影响。在所有开发的技术当中，连铸工艺对提高材料利用效率贡献最大。采用连铸工艺，生产半成品钢材的产率在95%以上，而在轧机上轧制板坯、大方坯、小方坯只能生产出80%的半成品钢。除此之外，连铸工艺生产的钢材在质量上也有很大改进。

现有钢厂、扩建钢厂以及新建大型联合钢厂都安装了大型板坯、大方坯连铸机，以取代铸锭工艺。小方坯连铸机与超高功率电弧炉配套使用可使一般小型轧钢厂（通常年产为几万吨钢）满足当地市场的需求。

连铸机主要部件及连铸生产增长情况如图10、图11所示。

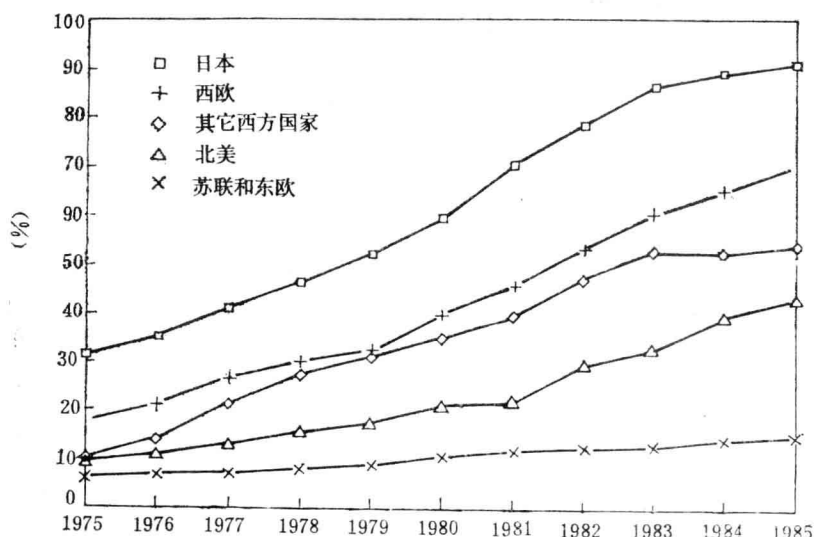


图 11 世界各地连铸生产增长情况

连铸生产比例

年	世界生产总值(%)	西方国家生产总值(%)
1975	14.1	18.0
1984	47.0	63.3

3.11. 表面处理工艺

3.11.1 镀锡工艺

镀锡生产所需的设备与绝大多数电镀车间内所用的设备都不同。

目前世界各地普遍使用费洛斯坦法 (FERROSTAN) 镀锡工艺生产线。这种工艺使用磺酸电解液, 锡由二价锡还原而来。图12表示的是典型的费洛斯坦法电镀工艺流程图, 以及其它两种镀锡工艺。在费洛斯坦工艺中, 经过适当处理的一卷钢材 (黑钢板) 放在开卷机上, 开卷后带钢被送入电焊机, 将其与前一卷的尾端连接起来, 经过电焊机后带钢进入成环塔以及拉紧装置。成环塔或带钢存储器内装有足够的带钢, 确保在焊新的一卷带钢的同时, 生产线仍能连续操作。带钢通过拉紧装置后, 有一定的张力, 可使其顺利通过生产线。带钢通常是在碱溶液中进行电解清洗, 去除油脂, 油和脏物。经过碱溶液后要用水冲洗, 然后再经电解酸洗去除氧化物, 水冲洗, 最后进入电镀槽。电镀过程中, 通过进入镀槽的带钢数量、速度和电流的密度, 可获得预期的镀锡层厚度。在此之后, 带钢通过一个“带出液回收槽”在该槽内去掉多余的电解液, 电解液再经过“带出液回收”系统送回电镀槽, 然后将带钢进行干燥。在软熔处理塔内, 先采用电阻或感应电加热方法使镀层熔化, 再进行水淬。淬火后, 还要经化学或电化学的处理, 改善其贮存稳定性和涂层性能。为了减少磨损, 要在带钢上刷一层油, 刷油后便可重新倒卷, 或是剪成所需的尺寸。

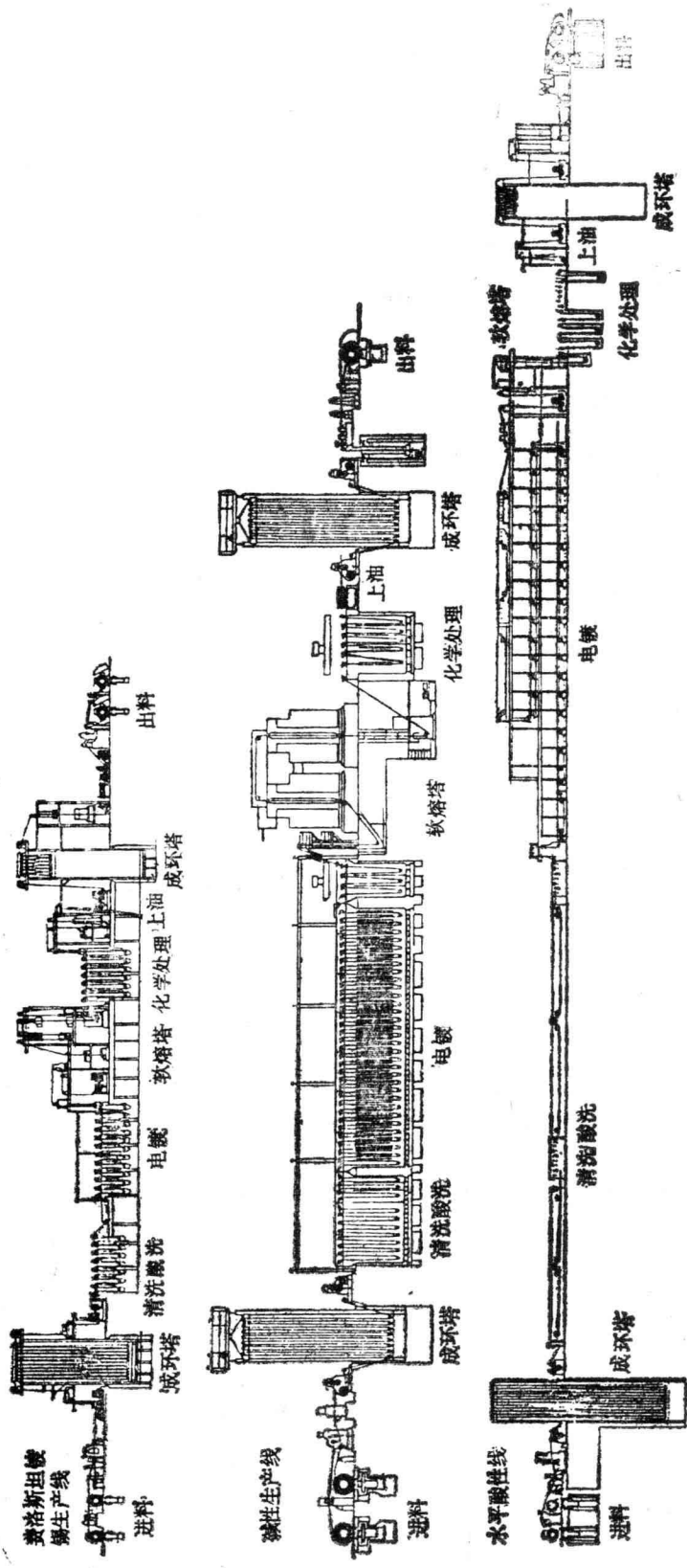


图 12 电镀工艺图 (三种镀锡板工艺比较)

3.11.2 镀锌工艺

镀锌工艺中，原来热镀锌工艺的炉子，电镀锅，冷却塔已为一套电解槽所代替，电解时带钢由电解槽通过。每个电解槽内，电流从阳极通过锌溶液流到滚筒导体上将锌镀到带钢上。阳极有两种：由锌板做的可溶性阳极，向溶液提供锌，用铅、铅合金、镀钛做的不溶性阳极。

1984年，世界各国主要采用三种镀锌工艺。每种工艺电解槽都各有不同的特点：水平、垂直、径向。

(殷怡华译 任芝芸校)

原料场及烧结厂污染控制

原国际钢铁协会 (IISI) 环境委员会主席
(日本) 川崎钢铁公司环境控制部总经理

花房正郎

1. 前言

原材料准备是钢铁联合企业的第一步工艺。图1为联合企业的生产工艺及各生产环节产生的污染物。

在原料场，当从堆场装卸和运输材料时产生的粉尘，从烧结机中排出的硫氧化物、氮氧化物和烟气都是污染物。考虑到环境保护，对这些污染物要引起特别注意。钢铁联合企业产生的主要污染物部分定量指标如表1所示。

一般小于 $10\mu\text{m}$ 微细颗粒，特别是它和二氧化硫和氮氧化物的相结合，可以影响人体健康。

另一方面，粗颗粒粉尘的主要问题是大量令人厌恶的肮脏、污秽的环境问题。从这一观点看，工厂，地理位置对于所采取的防污染措施是十分重要的。

在欧洲和北美， SO_x 是导致酸雨的原因，浓度高时，甚至还会损害人体健康。

二氧化氮本身就是一种有害物质，也是造成光化学氧化剂污染的主要原因。

本文论述日本川崎制钢厂的有关情况。

2. 运输与装卸

2.1. 工艺

铁矿石、煤、石灰石和其它原材料都是采用卡车、货车和船运到钢铁厂，并堆积在料场，然后再用皮带机送至车间。