

出国参观考察报告

朝鮮回轉炉炼鉄生产

(内部资料·注意保存)

冶金工业出版社

编号：冶考

出国参观考察报告

朝鲜回转炉炼铁生产

内部资料·注意保存

冶金工业出版社

一九七四年三月

前 言

根据中朝两国科学技术协定，由燃化部和冶金部的有关工厂、科研、设计单位和高等学校共三十人组成的赴朝粒铁实习团于一九七三年六月二十九日赴朝，十月十日回国。在朝期间，主要在清津粒铁厂实习粒铁生产工艺，并参观了金策钢铁厂、四一三钢铁厂、降仙钢铁厂和黄海钢铁厂。我们受到了朝鲜同志热情友好的接待，较圆满地完成了学习任务。现将对朝鲜回转炉粒铁生产考察和了解的情况整理成这份资料，供有关同志参考。

由于我们政治水平不高，学习得不好，理解得不深，本资料难免存在许多错误和不妥之处，诚恳地请同志们提出批评指正。

赴朝鲜粒铁生产实习团

出国参观考察报告 朝鲜回转炉炼铁生产 赴朝鲜粒铁生产实习团

冶金工业出版社出版
冶金部情报标准研究所发行
冶金工业出版社印刷厂印刷

787×1092 1/16 印张 7 1/4 字数 164 千字

1974年11月第一版 1974年11月第一次印刷

印数 00,001~1,200 册

统一书号：15062·3150 定价（科四）0.79 元

目 录

第一部分 粒铁生产工艺

一 粒铁生产概况	1
(一) 世界粒铁生产.....	1
(二) 朝鲜粒铁生产.....	4
二 粒铁生产原理和工艺流程	6
(一) 粒铁生产原理.....	6
(二) 粒铁生产工艺流程.....	9
三 原料、燃料及配料计算	10
(一) 铁矿石.....	11
(二) 熔剂.....	13
(三) 还原剂.....	13
(四) 燃烧用煤粉.....	15
(五) 配料计算方法.....	16
四 回转炉操作	18
(一) 正常炉况参数.....	18
(二) 炉况判断.....	19
(三) 炉况调节.....	20
(四) 沉积的类型、判断及其处理.....	21
(五) 开炉和停炉.....	23
(六) 事故及其处理.....	25
五 粒铁生产的几个问题	26
(一) 铁回收率.....	26
(二) 渣圈和铁圈.....	29
(三) 炉龄.....	33
(四) 粒铁脱硫.....	34
(五) 褐煤操作.....	36
六 粒铁炉衬的砌筑	38
(一) 耐火砖的物理、化学性质及其使用.....	39
(二) 筑炉要求.....	40
(三) 快速筑炉法.....	41
七 粒铁生产的热工测量、分析检验和设备维修	43
(一) 热工测量.....	43
(二) 分析检验.....	45

(三) 粒铁回转炉的维修·····	47
八 粒铁的应用 ·····	49
九 粒铁生产技术经济指标 ·····	51
(一) 粒铁生产工艺指标·····	51
(二) 单位粒铁原材料消耗指标·····	52
(三) 炉料平衡·····	53
(四) 碳平衡·····	53
(五) 热平衡·····	53
(六) 粒铁生产成本·····	54
(七) 回转炉基建投资·····	54
(八) 设备重量·····	54

第二部分 粒铁生产设备的设计和选择

一 原料车间 ·····	55
(一) 原料车间布置特点及主要设备·····	55
(二) 存在的主要问题·····	58
二 煤粉车间 ·····	59
(一) 煤粉车间配置、生产能力及主要设备·····	59
(二) 有关设计参数和计算·····	61
(三) 第一、二煤粉车间主要设备规格性能·····	63
三 粒铁回转炉 ·····	63
(一) 粒铁回转炉的设计依据·····	64
(二) 回转炉的设计计算·····	65
(三) 回转炉结构和安装要求·····	69
四 回转炉除尘系统和炉尘回收 ·····	71
(一) 概况及各种沉降室的比较·····	71
(二) 沉降室设计计算·····	73
(三) 洗涤塔的设计计算·····	75
(四) 炉尘沉淀池计算·····	79
(五) 回转炉及除尘系统设备一览表·····	80
五 分离车间 ·····	81
(一) 粒铁分离车间·····	81
(二) 海绵铁筛分系统·····	83
(三) 分离车间和海绵铁筛分车间主要设备性能·····	84

第三部分 海绵铁生产

一 朝鲜海绵铁生产概况 ·····	85
(一) 原料和燃料·····	85
(二) 生产流程·····	85

(三) 设备特点·····	85
(四) 海绵铁操作·····	86
二 海绵铁生产的技术经济指标·····	87
三 海绵铁在高炉中的应用·····	88
(一) 高炉冶炼试验的原燃料条件·····	88
(二) 海绵铁冶炼试验效果·····	89
四 海绵铁生产的发展方向·····	90

第四部分 粗 钢 生 产

一 粗钢生产工艺的提出和实质·····	91
二 半工业试验·····	91
(一) 半工业试验工艺流程·····	91
(二) 粗钢生产设备的设计和选择·····	92
(三) 主要设备的结构尺寸和性能·····	95
(四) 半工业性试验结果·····	96
三 工业生产试验·····	99
(一) 413 厂粗钢生产工艺流 程·····	100
(二) 主要设备及其性能·····	101
(三) 工业试验的问题和经验·····	101
(四) 粗钢生产的原料·····	102
(五) 粗钢生产技术操作·····	103
(六) 粗钢生产技术经济指标·····	105
四 粗钢的应用·····	106

第一部分 粒铁生产工藝

一 粒铁生产概况

(一) 世界粒铁生产

1933年,德国克虏伯的格鲁金工厂首先使用难选贫矿生产粒铁成功。以后德国、日本以及其他国家开始建立粒铁工厂。至第二次世界大战结束前,全世界共有粒铁回转炉38座。粒铁总年产量达到100万吨。战后,粒铁生产暂时处于低潮。

自五十年代起,西德开始恢复和新建粒铁工厂。西班牙、希腊、捷克斯洛伐克、波兰、苏联、朝鲜、日本、美国、罗马尼亚等国,粒铁生产都有一定的发展。根据不完整的统计,至六十年代初期,全世界粒铁回转炉有65座以上。粒铁总年产量约有200万吨。

粒铁生产获得一定的发展,主要是因为具有下列特点:

1) 处理难选贫矿。例如西班牙和东欧几个国家。

2) 利用无烟煤、褐煤以及其他非焦煤作还原剂。朝鲜发展粒铁生产的主要目的就是解决缺焦的困难。

3) 处理多金属共生铁矿,特别是一些高炉法较难处理的复合矿。例如希腊、波兰、德意志民主共和国处理镍铁矿;日本处理贫铁铬镍氧化矿、钛磁铁矿;苏联处理铬镍铁矿等等。

4) 生产粒铁代替废钢。西德生产一吨粒铁比国际市场一吨废钢价格便宜,因而生产粒铁代替废钢。

但是,回转炉粒铁生产也具有一些弱点。例如:

1) 产量低。粒铁回转炉的填充率低,一般只有11~13%,不超过20%。因而粒铁回转炉的利用系数只有0.25吨/米³的水平,大约相当于高炉有效容积利用系数的五分之一。

2) 炉龄短。清津粒铁厂的炉龄,一般是60多天,最高不超过102天。德国最长的炉龄也只有200多天。

3) 结圈多。粒铁回转炉在操作过程中炉衬容易粘附半熔融炉料而成渣圈、结附沉积铁而成铁圈。因而影响正常作业、降低产量、增高煤耗。

4) 粒铁含硫、磷高。粒铁回转炉操作由于炉温低和酸性渣,因而粒铁含硫和含磷高。其含量一般和入炉原料的硫、磷含量成正比。为要获得质量较好的粒铁,必须选用低硫和低磷原料和燃料。即使如此,粒铁也只能部分地代替废钢在电炉中冶炼成钢。否则粒铁必须进行炉外脱硫,或者装入高炉重熔脱硫以后再炼钢。

由于上述困难,因而粒铁生产虽然在五十年代获得一定的发展,但在六十年代则又停滞下来。

世界粒铁生产发展概况可以参阅表1-1。

美国	沙乌斯·威斯特林恩因尼林格	1	2.7×53.4			钛磁铁矿; 47%Fe, 18%TiO ₂		92~95%Fe 0.9~1.5%C 0.04~0.05%S
德意志民主共和国	温捷维列波尔	2	3.6×60	300~400	55	阿森别尔格矿石; 33%Fe, 0.8%P, 27%SiO ₂ , 10.5%Al ₂ O ₃ 2.6% (CaO + MgO)	气煤焦: 20%灰分, 1%硫 17%水分 褐煤焦: 25.5%灰分, 4%硫, 16%水分	91~93%Fe 0.5%C 1~1.8%P 0.8~1.8%S
	埃 格 登	4	4.2×90			镇铁矿		
捷克斯洛伐克	克拉洛夫特乌尔	3	3.6×60	300~350		含硅贫铁矿 (绿泥石和赤铁矿); 30%Fe, 25~29%SiO ₂ , 0.2~0.6% S, 0.3~0.6% P	石煤焦粉: 16%灰分 16%水分 褐煤焦粉: 23.6%灰分, 7.6%挥发分 12.6%水分	81~86%Fe 0.7~0.9%C 0.8~1.5%S 1.0%P
	埃依波维茨	10	3.6×60	300~350				同 上
	米 申 克	3	3.6×60	300~350				同 上
波兰	萨皮诺夫	2 1	3.6×60 4.2×70		80	经过挑选的贫铁矿; 31.5%Fe	铸造焦 低温焦	80~83%Fe 0.8~1.5%C 0.7~2.0%S 0.2~0.6%P
	谢列西亚	2	3.6×50	275~300		镇铁矿 (硅镇铁矿); 10%Fe, 0.9%Ni, 55%SiO ₂		

(二) 朝鲜粒铁生产

朝鲜清津粒铁厂于1937年开始建厂，至1944年共建成6座粒铁炉。在三年祖国解放战争中，全厂80%的机械设备被破坏。战后，为了充分利用本国资源，朝鲜大力恢复和发展粒铁生产。朝鲜工人阶级发扬独立自主，艰苦奋斗的精神把清津粒铁厂建成为朝鲜钢铁工业基地之一。

现在清津粒铁厂已有8座($\phi 3.6 \times 60$ 米)粒铁回转炉和2座($\phi 3.6 \times 60$ 米)海绵铁回转炉，另外还有2座小型试验炉以及原料、煤粉、磁选分离、动力、机械加工、铸钢、铁合金、耐火材料、筑炉、维修等十二个车间。全厂面积共100万平方米²，全厂职工5000多人，其中技术人员600多名。工程师140多名。清津粒铁厂使用的原料主要是茂山磁铁矿精矿粉和无烟煤。生产的粒铁除本厂需要外面向全国。生产的海绵铁则全部供应清津市金策钢铁厂作为高炉原料。

为合理利用朝鲜西部地区储藏丰富的无烟煤和褐铁矿资源，从1968年起在黄海北道江西郡新建一座“413”工厂，其现有规模是2座($\phi 3.6 \times 60$ 米)粒铁炉和2座($\phi 4.2 \times 90$ 米)带有热分离炉的回转炉。前者生产粒铁，后者生产粗钢。“413”工厂使用的原料是德贤磁精矿粉、褐铁矿粉和无烟煤。现在生产的粒铁和粗钢全部供应绛仙钢铁厂作电炉炼钢原料。

为适应战备需要，黄海钢铁厂于1970年在山中凿洞建成一座有两台($\phi 3.6 \times 60$ 米)回转炉的粒铁车间。现在根据需要暂时生产磷肥。

几十年来，朝鲜粒铁生产规模不断扩大、生产水平逐步提高。清津粒铁厂是朝鲜粒铁生产的基地。清津粒铁厂发展历史也就是朝鲜粒铁生产发展历史的缩影，该厂具体发展概况可见表1-2。

朝鲜粒铁生产的主要经验和特点如下：

1) 使用优质无烟煤作还原剂。朝鲜还原剂用无烟煤，其固定碳高、灰分低，含硫和含磷低。这是获得优质粒铁的重要条件。生产的粒铁含硫含磷较低($<0.2\%S$, $<0.15\%P$)，因而可以直接代替废钢在电炉中冶炼成合金钢和优质钢。

2) 使用富矿或者精矿作为主矿石。朝鲜使用富矿和铁精矿作为主矿石，提高熔融物含铁比。这是提高粒铁生产率的突破点。

3) 丰富的操作经验。在几十年生产中，朝鲜已经培养出一批具有丰富经验的粒铁操作工人。在操作中，工程技术人员和工人的结合比较好。经过反复修改，已经逐步形成一整套的操作制度和规程。朝鲜粒铁工人勤于判断炉况，善于分析炉况，及时采取措施调节炉况，使得粒铁生产比较稳定、正常。并能紧紧抓住粒铁操作的主要矛盾，(及时处理炉内沉积)，从而达到维护炉衬、延长炉龄、减少结圈的目的。朝鲜“熔落法”烧圈作业也是比较先进的。烧圈时间短、煤耗少、烧圈过程同样出铁。

4) 快速砌炉法。砌炉时间长短直接影响炉子作业率。朝鲜已经有一套快速打炉、砌炉和烘炉的办法。自停炉熄火到砌炉完毕，过去需用15天，现在只要5天。修炉时间缩短，也就使得每座炉子作业率达到每年300天以上。

5) 充分利用现有设备。

但是，清津粒铁厂在工艺和设备上也存在一些需要改进的问题。例如：回转炉炉头、

朝鲜清津粒铁厂逐年生产主要指标

表 1-2

项 目 \ 年 度	44	49	55	56	57	58	59	60	61	62	63	64	65	69	70	71	73
开 工 炉 数 (台)	6	4.58	2.48	4	4.38	5.4	6	6	6	7	7	8	8	8	8	8	8
粒 铁 总 产 量 (吨)	49740	24368	19663	43812	60103	72806	108249	130224					240360				
厂 年 总 工 作 日 (日)		420	420	821	964	1076	1433	1662	1599.7	1732.9	1862.3	2167.2					
炉 平 均 年 产 量 (吨/台·年)	8230	5320	8067	10899	13930	13452	17956	21497								32655	32400
最 好 年 产 量 (吨/年·台)		6980	10978	12229	14469	15826	19521	25215									
平 均 炉 作 业 日 数 (日)	217.0	135	170	205.3	224.4	199.3	238.9	277.1	217.0	258.6	266	235.0	315.8			311	315
良 好 炉 年 工 作 日 数 (日)		175	198	224	226	273	258	300									
平 均 炉 日 产 量 (吨/炉·日)	60	40.954	47.445	53.1	63.21	67.504	73.169	77.576	82.19	94.32	92.69	87.3	94.6		98.0	105.0	103
平 均 炉 龄 (日)		17.1	20.3	26.5	30.1	24.4	32	33.5	25.6	23.6	26.2	38.5	57.2	54.4	53.7		
最 好 炉 龄 (日)		66	37	102	81	78	53	80									
铁 回 收 率 (%)	65	60.8	71.17	73.7	72.4	73.6	81	75.4	73.0	77.2	80.4	76.3	77.2			86.9	98.3

注：① 海绵铁生产未统计。

② 1973年指标系根据上半年资料整理。

炉尾，尤其是分离车间的粉尘很大；有些厂房的照明、采光、通风较差；电器设备不够安全；仪表室振动大；缺少电讯联系等等。

目前，朝鲜粒铁生产正在为改进粒铁炉衬，延长炉龄，增设炉体送风，增加产量，利用废气余热、降低煤耗，改进机械磁选分离为热分离进行粗钢生产，逐步实现回转炉生产的遥控和自控等，正在为粒铁生产达到一个新水平而奋斗。

二 粒铁生产原理和工艺流程

（一）粒铁生产原理

根据加热，还原和保证获得合适炉渣碱度的要求，把下列原料：含铁原料（铁矿石、精矿粉、高炉灰或其他工业含铁废料），熔剂（石灰石、熔剂性矿石或高炉水渣），还原剂（无烟煤、褐煤或焦粉），按比例配合混匀后，从炉尾加入回转炉中，由于回转炉的倾斜（2~2.5%）和连续旋转（50~120秒/转），炉料不断翻滚，由炉尾缓慢向前移动至炉头。炉头安有两个烧嘴，燃烧煤粉、煤气或重油。产生的热量用于加热炉料和保证炉内反应进行。炉头还装有一个二次风管，向炉内送入空气，燃烧碳素和还原反应生成的一氧化碳，保证炉内需要的热量。燃烧生成的废气，依靠烟囱和排气机的抽力，经过炉尾沉降室和除尘器从烟囱排入大气中。

炉料在炉内缓慢向前移动，料温不断增加。炉料经过预热，还原和造粒等过程，最后形成含有一定量粒铁的熔融物从炉头排出。熔融物经冷却和磁选分离，最终获得粒铁。

根据炉内温度分布和物理化学反应，粒铁回转炉沿长度方向可以分成三带，预热带、还原带和粒铁带。

预热带：炉料被逐渐加热，炉料的附着水和结晶水排除，还原剂的挥发。碳酸盐开始分解。

还原带：随着炉料温度的升高，炉内铁氧化物的还原反应逐渐加剧。粒铁炉内的还原主要是直接还原反应。在还原带内，碳酸盐激烈分解。在正常炉况下，碳酸盐分解可以完毕。

粒铁带：当炉内温度达到1100~1150°C时，炉料得到良好烧结。脉石，灰分，熔剂和未还原的铁氧化物形成强酸性的炉渣，炉料也由固体状态变成熔融状态。这种转变过程使得炉料形成一个不断翻滚的高峰。后者被定义为“界山”。界山后为还原带，界山前为粒铁带。在粒铁带内还原生成的海绵铁在高温下逐渐渗炭，并熔融成铁珠悬浮于炉渣中。随着炉体转动，半熔融小铁珠相互碰撞，逐渐聚合成大铁粒。这种铁粒与炉渣的混合物称为半成品熔融物。粒铁带是炉内高温区，但其温度也只有1260~1300°C，所以一些难还原元素的氧化物是很难被还原的。如硅、锰元素只有极少量还原到粒铁中。为了保证粒铁带内物理化学反应进行良好，炉渣有一个适宜的流动性，其中残余炭量要有4~6%，FeO量要有5~6%，而炉渣碱度 $R = \frac{\text{CaO} + \text{MgO} + \text{MnO}}{\text{SiO}_2 + \text{Al}_2\text{O}_3} = 0.2 \sim 0.22$ 比较合适。

粒铁炉渣是强酸性炉渣，粒铁带温度也不高，所以粒铁炉内很难脱硫和脱磷。一般地说，粒铁的硫、磷含量和入炉原料的硫、磷含量成正比例。

朝鲜国家规定的粒铁成分 (%)

表 1-3

Fe	C	P	S	炉 渣
>93.0	<1.5	<0.15	<0.15	<8.0

为了深入研究粒铁炉内的反应过程，朝鲜粒铁工作者曾对粒铁炉做过多次解剖分析。将储有正常炉料的粒铁炉急冷下来，然后实际测量炉内各段炉料表面长度，算出各段填充率，最后算出炉料运动速度和停留时间，同时取出各段炉料试样进行化学分析，研究炉料反应过程。下面列出部分研究结果，便于了解粒铁炉内的反应过程。

炉内各段物料表面的弦长 l (实测值)

表 1-4

出口起距离 (米)	4	6	8	10	12	14	16	18	20	22	24	26	28	30
弦长 l (毫米)	2710	2710	2700	2640	2650	2650	2600	←—界——	山—→		2550	2610	2670	2540
出口起距离 (米)	32	34	36	38	40	42	44	46	48	50	52	54	56	
弦长 l (毫米)	2700	2440	2100	1720	1730	1600	1570	1430	1700	1550	1420	1220	1050	

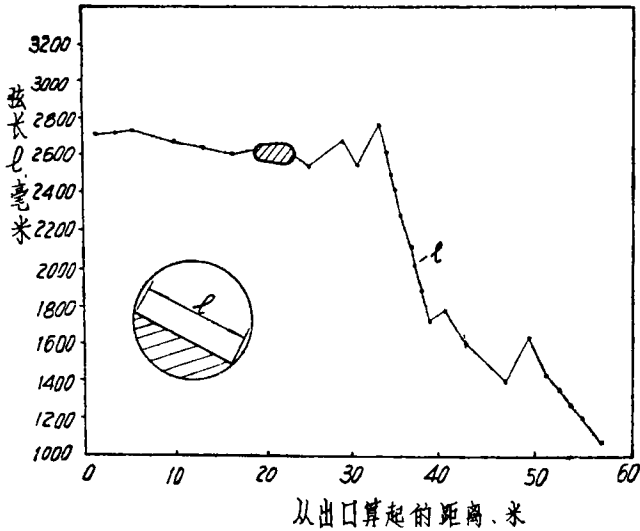


图 1-1 粒铁回转炉内炉料分布

炉内炉料的下移前进速度 (计算值)

表 1-5

离炉头距离 (米)	0~10	11~20	21~30	31~40	41~50	51~60
下移速度 (米/时)	1.81	3.0	3.59	5.5	24.7	67.9

炉内炉料的停留时间 (计算值)

表 1-6

离炉头距离 (米)	51~60	41~50	31~40	21~30	11~20	1~10
停留时间 (时:分)	0:9	0:24	1:48	2:48	3:18	5:30

在回转炉不同区域的取样分析 (%)

表 1-7

	C	SiO ₂	Al ₂ O ₃	[Fe]	FeO	Fe ₂ O ₃	CaO	MgO	MnO	S	P	TFe
4	2.80	61.28	13.48	17.31	2.79		9.40		6.84	0.134	0.176	
9	3.0	60.08	14.90		2.17		10.50		5.42	0.125	0.142	
13	8.7	47.6	15.67		12.0		7.80		6.58	0.204	0.149	
16	11.2	45.52	22.24		8.0		8.40		4.64	0.219	0.163	
18	23.0	39.60	17.70		10.5		5.20		4.00	0.275	0.18	
20	11.8	20.16	6.84	17.31	18.3	19.99	3.20		2.60	0.17	0.20	45.5
22	9.2	20.8	6.8	9.27	25.9	14.22	2.40		3.00	0.168	0.178	39.42
24	12.7	17.04	5.64	13.51	19.4	19.64	3.00		3.90	0.165	0.109	42.1
26	8.0	18.5	5.41	23.24	17.9	20.84	2.80		3.20	0.119	0.20	45.4
28	10.9	18.00	5.00	2.45	10.7	43.79	3.60		3.40	0.105	0.20	43.8
30	13.4	17.60	4.8	0.22	5.03	51.50	1.60		3.20	0.185	0.235	41.8
32	10.5	20.4	3.52	0.11	11.4	46.83	1.60		3.20	0.084	0.175	42.6
34	12.2	17.1	4.32		10.8	47.68	2.40	1.84	2.70	0.115	0.136	43.00
36	20.4	20.22	4.52		9.6	37.59	2.40	1.81	2.80	0.133	0.175	34.00
38	20.9	18.52	4.08		6.6	42.63	2.40	1.88	1.90	0.127	0.175	36.2
40	17.2	15.7	4.32		3.6	51.20	2.60	1.88	2.40	0.126	0.134	40.3
42	30.4	14.6	4.00		3.3	41.17	2.80	1.66	1.90	0.170	0.190	32.9
44	20.9	17.00	3.98		1.8	47.62	3.80	1.46	2.30	0.151	0.170	34.9
46	21.8	14.74	4.41		2.7	45.39	3.80	1.52	2.50	0.154	0.134	33.8
48	24.9	17.28	3.17		1.2	42.13	3.20	1.73	2.00	0.169	0.142	31.0
50	24.5	18.00	2.83		1.50	44.11	3.20	1.16	2.40	0.147	0.130	31.90
52	21.4	18.48	2.92		1.20	44.13	4.20	1.55	2.90	0.150	0.165	31.70
54	26.1	14.56	2.23		1.50	46.17	3.40	1.59	2.80	0.147	0.165	33.2
56	20.4	15.40	3.42		1.50	47.64	4.00	1.59	2.80	0.136	0.14	34.30
58	22.8	16.28	3.19		0.92	44.7	3.60	1.66	2.50	0.15	0.14	32.0
60	24.2	16.80	2.72			42.93	3.00	1.76	2.90	0.16		30.7

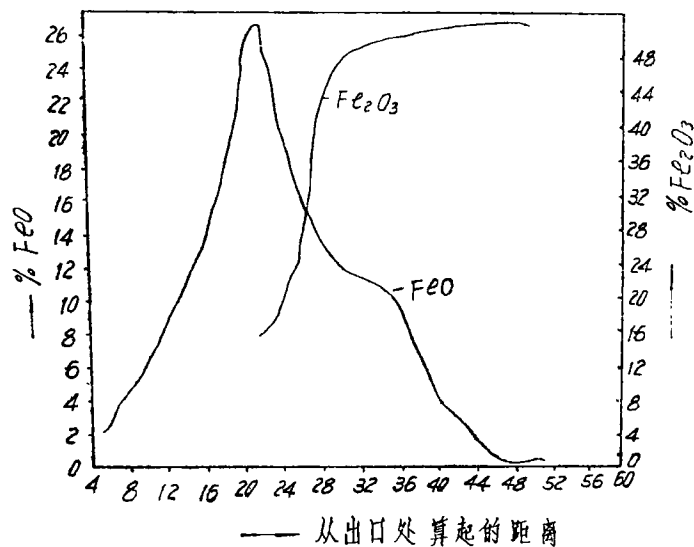


图 1-2 粒铁回转炉内铁的还原状况

(二) 粒铁生产工艺流程

朝鲜清津粒铁厂生产工艺流程如图1-3、1-4、1-5所示。

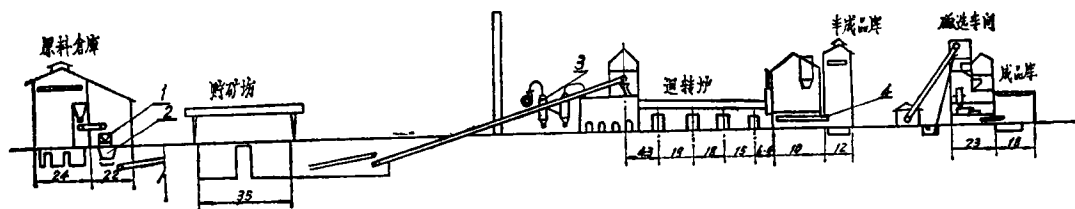


图 1-3

1—称量车；2—圆盘混料机；3—除尘系统；4—冷却筒

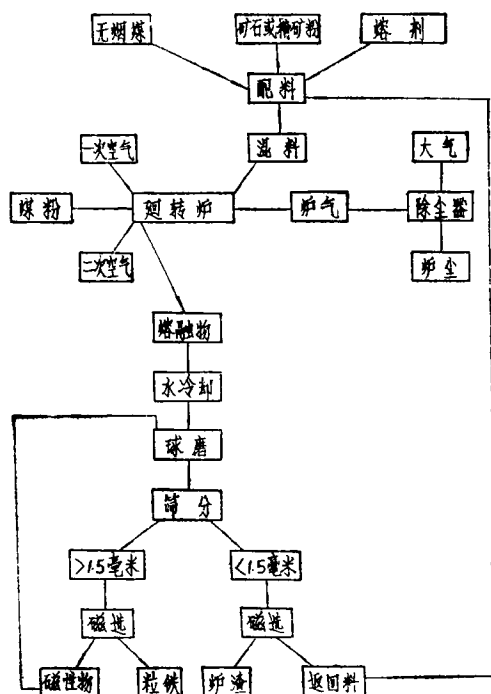


图 1-4

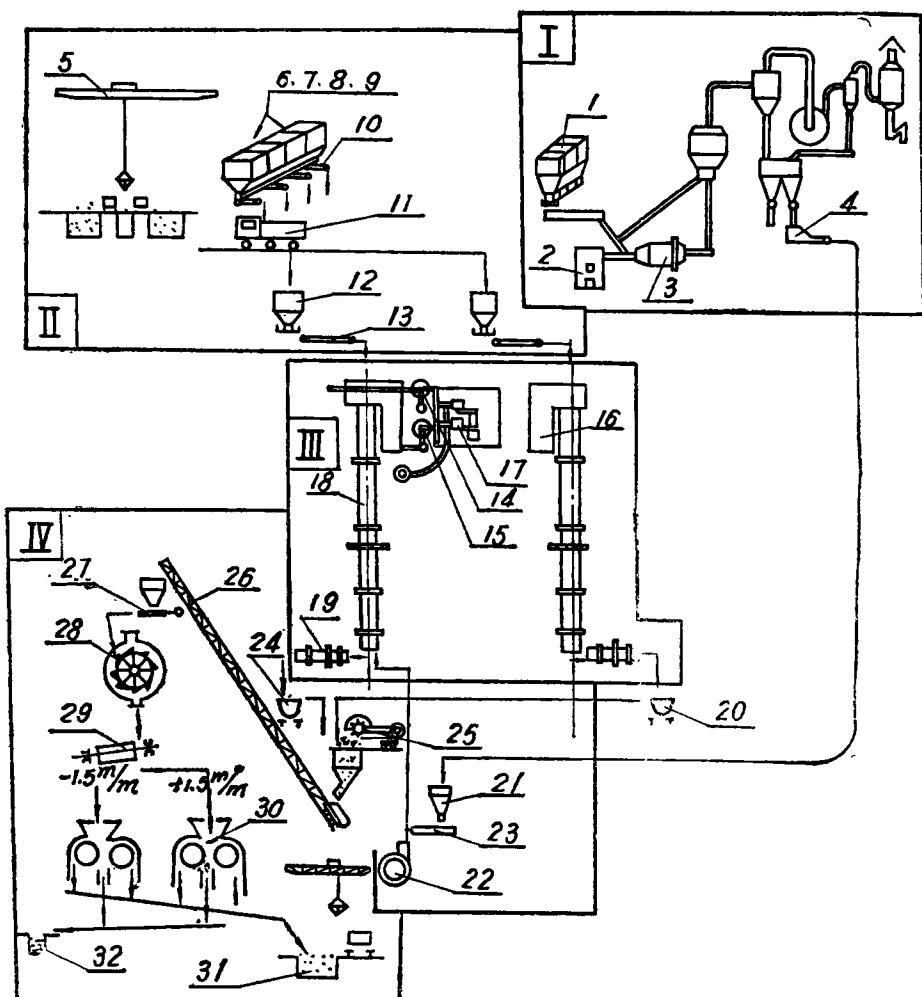


图 1-5 清津粒铁厂工艺流程示意图

- I—煤粉车间：1—贮煤斗；2—加热炉；3—球磨机；4—螺旋泵；
 II—原料车间：5—桥式吊车；6、7、8、9—铁精矿、无烟煤、熔剂、回转炉尘；
 10—板式给料机；11—称量车；12—混料机；13—皮带机；
 III—回转炉车间：14、15—第一、二洗涤塔；16—沉降室；17—排风机；18—回
 转炉；19—冷却筒；20—矿车；21—煤斗；22—风机；23—螺旋给料机；
 IV—分离车间：24—矿车；25—移动式锤式破碎机；26—提升机；27—给料机；
 28—克虏伯型球磨机；29—圆筒筛；30—磁选机；31—粒铁；
 32—炉渣。

三 原料、燃料及配料计算

粒铁生产是以处理高硅贫铁矿和不用焦炭为特点，能比较广泛地适应于各种原料条件。但是原料和燃料的性质，对于粒铁生产的经济效果和产品质量有很大影响、朝鲜粒铁生产也是在不断改善原料和燃料的品种和性质才使产量提高、质量改善和成本降低。