

439685

日本铸造技术

韩修玉

天津市第一机械工业局科技情报研究所
天津市机械工程学会

日 本 铸 造 技 术

韩 修 玉

天津市第一机械工业局科技情报研究所
天 津 市 机 械 工 程 学 会

目 录

前 言	1
一、铸铁熔炼	1
1. 铸铁熔炼中应用冲天炉、感应电炉的现状和发展趋势	1
2. 炉料准备	2
3. 热风冲天炉结构形式和熔炼	3
4. 感应电炉	9
5. 炉前质量检测技术	13
(1) 温度检测	13
(2) 铁水化学成分检测	19
二、球墨铸铁熔炼	24
1. 铁水熔炼	24
2. 脱硫	25
3. 球化处理	26
4. 炉前球化率快速检测	28
5. 厚壁球铁铸件球化衰减问题	29
三、铸型种类、造型材料、砂处理、旧砂回收及再生利用	31
1. 原砂	31
2. 湿型砂	33
3. 水泥自硬砂	37
4. 水玻璃砂	40
(1) 铸铁水玻璃自硬砂	40
(2) 铸钢水玻璃自硬砂	41
5. 树脂自硬砂	41
(1) 树脂自硬砂发展应用概况	41
(2) 树脂自硬砂的优点和问题	42
(3) 树脂自硬砂的配方和性能	44
(4) 采用树脂自硬砂的主要技术环节	48
I 树脂	48
II 混砂机	49
III 原砂和旧砂回收再生利用	61
IV 涂料	61
6. 铸型涂料	62
7. 旧砂回收和再生利用	65
(1) 旧砂回收再生利用概况	65

(2) 湿型铸型旧砂回收再生工艺技术	66
(3) 树脂自硬砂铸型旧砂回收再生工艺技术	67
(4) 旧砂回收再生机械设备	68
四、铸件清理	77
五、铸造机械化和铸造生产技术现代化	81
1. 炉料、型砂等原材料仓储机械化	82
2. 熔炼设备机械化	82
3. 砂处理机械化	83
4. 造型机械化	83
(1) 机械化、自动化形式取决于经济效益	83
(2) 以机械化、自动化大量生产方式生产多品种小批量铸件	84
(3) 改进简化运输、装卡具、快换型板	84
(4) 多品种造型生产线型板自动交换装置	84
5. 清理机械化	88
6. 铸造工场技术改造和铸造生产技术现代化问题	89
(1) 现有铸造工场不断地进行技术改造, 不停顿地采用新技术 是发展铸造生产的重要途径	89
(2) 现代化的铸造工场	90
I 近十年来建设的较现代化的新铸造工场	90
II 新锐铸造工场、三菱重工神户造船所二见工场简介	90
六、特种铸造	94
1. 铸铁连续铸棒	94
(1) 连续铸棒铸造工艺技术及其特色	94
(2) 连续铸棒材质品种、形状、尺寸规格	96
(3) 连续铸棒尺寸公差	97
(4) 连续铸棒金属材质的特征	100
2. 负压造型(或称真空造型, 简称V法造型)	103
(1) V法铸造工艺概要	104
(2) V法造型用主要设备	106
(3) 各种V法造型设备工艺布置实例	108
3. 精密铸造	115
(1) SUP法	115
(2) DPM法	117
4. 离心铸造	117
(1) 球墨铸铁管离心铸造	117
(2) 轧辊离心铸造	119
5. 冷冻铸型	119
七、铸造生产中的节约资源、节约能源技术	120

1. 节约资源.....	120
(1) 节约造型材料——旧砂回收再生利用.....	121
(2) 节约用水——工业和生活用水回收再生, 循环使用.....	121
(3) 三菱重工二见工场, 工业、生活用水净化处理循环利用系统.....	122
2. 节约能源.....	124
(1) 各种工业炉余热回收利用.....	124
(2) 三菱重工二见工场余热回收利用系统.....	124
八、铸造工场安全生产、防止公害和环境保护技术	131
1. 建立规章制度, 加强科学管理, 搞好安全生产、环境保护工作.....	131
2. 铸造工场安全生产、防止公害、环境保护技术.....	132
(1) 冲天炉烟尘净化处理.....	133
(2) 造型和砂处理工序中粉尘和有害气体的控制和净化处理.....	134
(3) 除尘机械设备.....	136
(4) 三菱重工二见工场的三废处理和环境保护.....	141
九、铸造质量管理和测试技术	144
十、铸造科学技术研究和人员培训	145
1. 铸造科学技术研究.....	145
(1) 发动全体职工群众大搞科学技术.....	145
(2) 公司企业的专业科学技术研究工作.....	145
(3) 行业性质的铸造科学技术研究.....	147
(4) 大专学校铸造科学技术研究.....	148
2. 铸造人员培训.....	150
十一、铸造专业化生产	151
1. 日本铸造工场专业化生产现状.....	152
2. 铸造工场以专业生产毛坯为主体, 附带发展多种经营, 专用铸件加工成 零部件成品交货或出售技术.....	153
3. 铸造原材料生产供应体系为铸造生产服务.....	154
4. 多种多样的有实际效益的铸造行业组织为全行业的发展做出很大贡献.....	155
5. 日本铸造专业化生产的发展历程.....	156
后 记	158

前 言

近两年中，两次去日本专门考察铸造生产技术，先后以六周时间参观访问了16个铸造工厂（10个铸铁厂、2个铸钢厂、4个铸铁铸钢厂）、1个铸造机械制造厂、2个铸造研究所、1个铸造原辅材料公司和1个日本铸造协会地区支部。近几年中在参加对日技术交流活动中也收集到一些铸造技术资料，现将了解到的一些可供我们研究、参考的铸造生产技术问题概述如下：

一、铸 铁 熔 炼

1. 铸铁熔炼中应用冲天炉、感应电炉的现状和发展趋势

我们参观的14个生产铸铁件的工场，熔炼铸铁选用冲天炉、工频感应电炉的都有。据介绍，这主要取决于铁水成本。过去一个时期日本铸造行业采用了很多感应电炉，但石油危机以来，由于冲天炉铁水成本低廉，熔炼技术也有了提高，所以又逐渐恢复了发展势态。情况如下：

（1）铸件产量较大，例如月产500吨铸件，中等机械化水平的铸造车间，采用冲天炉化铁的工厂较多，我们看到的冲天炉大多是5吨/小时以上的热风冲天炉。据分析有两个主要因素：

第一、冲天炉可以熔炼出温度高、成份稳定、硫、磷含量低，可以满足需要的高质量铁水。这是因为市场上可以充分供应硫、磷含量低的生铁和焦炭，一般工厂已有效地掌握了铁水脱硫技术、检测技术和控制铁水质量的工艺技术所导致的结果。

第二、冲天炉采用热风后便于炉内增炭，金属炉料中废钢比例可以大大提高。例如：日本铸铁管厂，生产球铁管采用25吨热风冲天炉，金属炉料配比：废钢65%；生铁25%；回炉铁10%；降低了炉料成本，再加上焦炭与电力比较价格相对便宜，因此冲天炉铁水成本低于感应炉铁水。

（2）产量大的，机械化、自动化铸造生产线多的铸造车间，采用冲天炉熔炼铁水，再配装感应保温炉双联熔炼，用以平衡造型和冲天炉铁水重量，均衡生产。如丰田大府工场，月产汽车灰铁件5000吨，球铁400吨，第三车间共有5条造型生产线，装有13吨水冷热风冲天炉4台，配装2台有芯工频感应保温电炉。又如神户铸铁所，月产轧辊、锭模及一般铸铁件7500吨，装有30吨水冷冲天炉，配18吨工频感应电炉1台。

（3）产量不大、中等机械化水平、品种多的，如生产球铁、合金铸铁等，有特殊质量要求的铸造车间，趋于采用工频感应电炉熔炼。

又如，大量生产钢锭模的专业厂，购买炼铁厂的廉价高炉铁水，用铁水包运进车间，用感应保温炉保温，经调整成分和温度后浇铸钢锭模。如神户钢铁所姬路工场钢锭模车间月产锭模4500吨，由邻近的其它公司新日铁公司的炼铁厂用90吨铁水包每日三次运进铁水，进感应电炉，将成分调整至如下规格，浇铸锭模。

成 分	C	Si	Mn	P	S
数量 (%)	4.4	0.7	0.7	0.1	0.02

川崎制铁水岛制铁所锭模车间月产4000吨，用本厂高炉铁水。铁水成分如下：

成 分	C	Si	Mn
数量 (%)	4.5~4.7	0.5	0.6~0.7

铁水由厂区运进车间，进感应电炉，加硅铁，将硅含量调整至0.5%，升温后浇铸。

2. 炉料准备

日本国内具有一个供应及时、质量可靠、方便用户的铸造原材料辅料的商业供应体系，所以铸造厂不需要过多的储存材料。一般的只保存3~5天的用量，大多没有额外的炉料库。炉料工部主要是由熔炼设备和日耗库组成。斜坡式日耗库前配置行走秤量车配料，多是两台炉子共用一台爬车上料机加料。机械化水平和我们差不多，但炉料质量和管理工作比我们做的好。例如：配料重量认真称量，做到准确无误，大多数厂有醒目的电子萤光数字显示，便于操作控制。

各种炉料国家有JIS规格。各厂又根据自己需要制定工厂规格，厂商实际供应的又比此好些。

表 1—1 焦炭规格 (池贝铁工川口工场资料)

牌 号	灰 份	挥 发 物	含 硫 量 (%)	强 度 (%)
M H	5 ± 0.5	2.0	0.7	92
特 A	6.5 ± 0.5	2.0	0.7	92
黑 A	8.0 ± 0.5	2.0	0.7	92

块度分级 (毫米) 为：120以上；80~120；60~80；30~60几个等级。实际进厂均比规定规格好些。

表 1—2 新生铁规格

工 厂	C	Si	Mn	P	S
大阪机工厂普通铸造铁规格	>3.4	1.4~1.8	0.3~0.9	<0.45	<0.05
大阪机工厂球铁铸造铁规格	<3.4	1.51~1.8	0.4	<0.107	<0.047
Y A N M A R 柴油机厂铸造铁规格	>3.4	>0.8	0.3~0.9	<0.35	<0.06
Y A N M A R 柴油机厂实测铸造铁	4.59	1.1	0.45	0.09	0.03

铸造厂对于炉料不需加工改制作业。生铁是小块的面包铁。焦炭是100~200毫米块度的，大小整齐的铸造焦，质地坚实，没有碎屑。废钢是经剪切为100毫米左右大小，用麻包装来。石灰石或石灰是50毫米左右粒度均一的小块。材料都是商店按规格交货的，因此炉料准备和加料用人很少。

3. 热风冲天炉结构型式和熔炼

我们看到的冲天炉炉型大多都是直线型的，只有一家 Y A N M A R 柴油机厂5吨冲天炉是曲线炉膛。全部用一排风口，风口比在6%~10%之间。据他们介绍，过去焦炭不好的年代，也曾搞过各种曲线炉型和多排风口，现在焦炭好了就不再搞了。冲天炉鼓风强度一般在110~150米³/米²左右，多采用离心鼓风机，风压偏低，Y A N M A R 柴油机厂5吨热风冲天炉风压650~750毫米水柱。

近年来日本各厂使用的冲天炉，在向大型化和热风鼓风方面发展，我们看过的14个生产铸铁件的工厂，9个厂装有冲天炉共17座计30吨、25吨、13吨各2座；12吨4座；10吨2座；8吨1座；6吨、5吨各2座，其中只有个别的是冷风操作，大部分工厂为提高铁水温度，充分利用焦炭热能，节约能源和尽可能多的使用废钢做炉料，冲天炉普遍采用热风鼓风。日熔量较大的厂，又多采用水冷热风冲天炉。我们看过所有的工厂，热风温度多数为450℃，低的350℃左右。出铁温度都是1500℃以上。炉料中最多的配废钢65%，焦铁比12%左右。

热风热交换器大多数是利用冲天炉排气外燃式的，个别的用另加燃料的外燃式的和冲天炉炉胆辐射式的。各式热交换器都是辐射式的，辐射板材和管材多是用Cr13耐热钢制成。炉排烟再燃后，温度控制在900℃左右进热交换器，放热后，废气温度降至450℃左右，再经降温除尘至国家规定的排放标准后排入大气。送风经热交换器予热加温至350~400℃送入冲天炉。我们看到的最大的到最小的几种类型的冲天炉，热交换器和除尘设备以及熔炼工艺概括如下：

(1) 日本铸铁管公司，月产球铁管5500吨，采用25吨水冷热风冲天炉（西德产品），冲天炉和热交换器结构型式示意如图1—1，冲天炉装有庞大的降温除尘设备，估计设备费用比冲天炉贵得多。冲天炉、热交换器和降温除尘系统如图1—2。冲天炉各参数如下：炉内径 $\phi 1600$ 毫米； $\phi 250$ 毫米风口8个；风口比5.9%；鼓风机330~

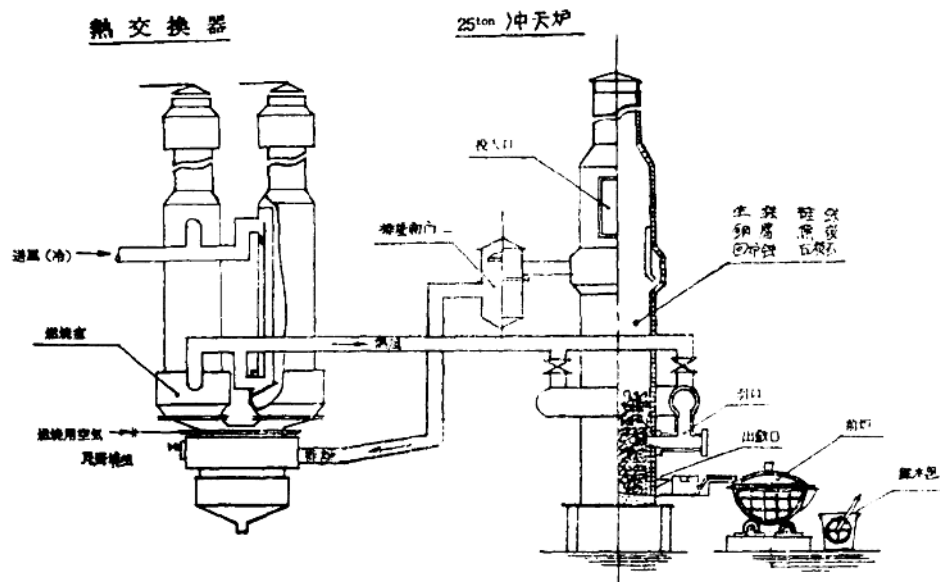


图 1—1 25吨水冷热风冲天炉、热交换器

350标米³/分、1900毫米水柱、电动机175千瓦；转动前炉约18吨；热风温度400~450℃；出铁温度1530±10℃，每小时出铁25~30吨。铁水成份控制如下：

成分	C	Si	Mn	P	S	Cr	Cu
数量%	3.4~3.5	1.8~2.0	<0.5	<0.1	0.08~0.10	<0.13	<0.13

熔炼球铁铁水，锰视为有害元素，锰、铬、铜三元素若超出以上规格，球铁基体组织珠光体则过多。

炉料配料废钢比例很大。配料比如下：

炉料	废钢	生铁	回炉铁	硅铁	焦炭	石灰石
数量(%)	65	25	10	2	11.5	3%

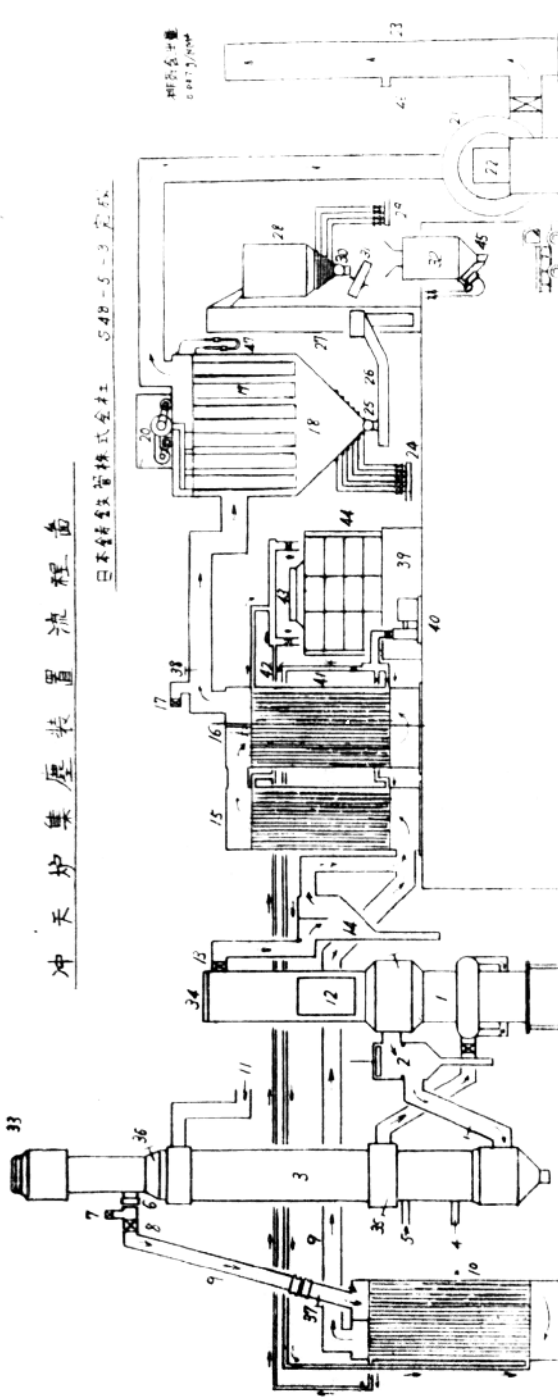
(2) 池贝铁工川口工场生产灰铁、孕育铸铁和球铁等机床铸件，月产600~700吨，经常使用4吨工频电炉，产量多时，间歇使用6吨和8吨热风冲天炉各1台，冲天炉参数如表1—3。

8吨热风冲天炉热交换器为重油外燃式，燃气温度控制在900℃，热风温度350℃，热交换器废气温度400℃，热交换器结构如图1—3。

6吨、8吨冲天炉装设一套庞大的排气降温除尘设备。图1—4为冲天炉和热交换器，图1—5为降温除尘设备外貌图。

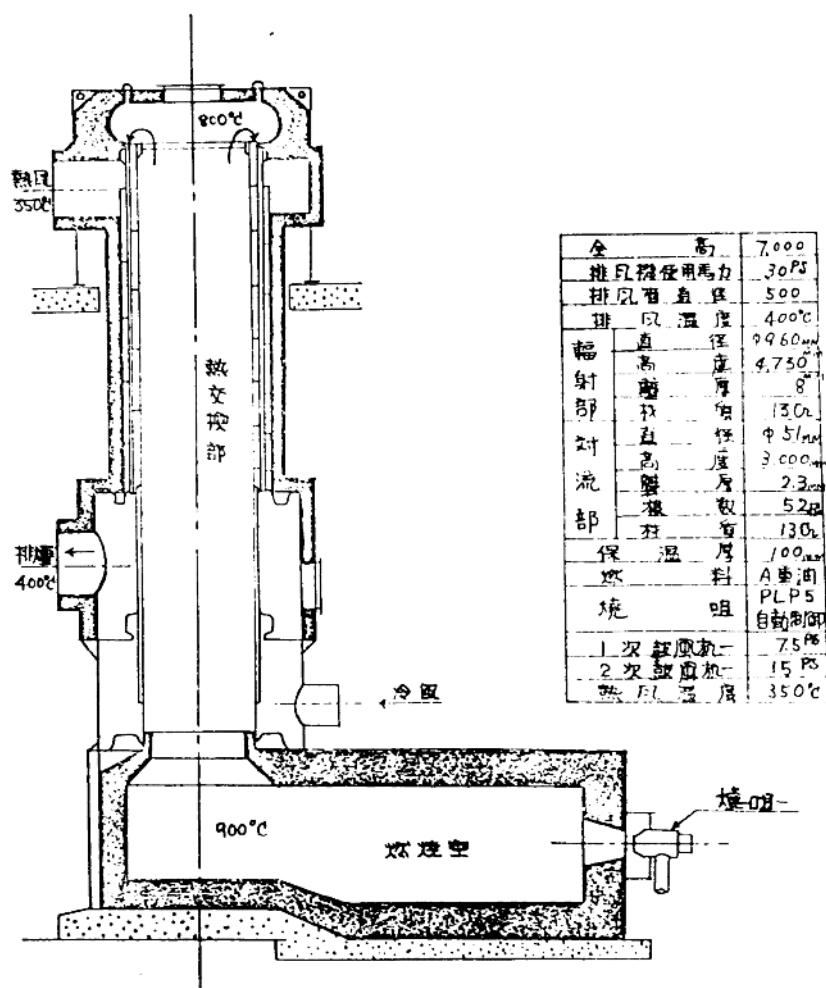
冲天炉集塵装置流程图

日本製鐵管株式会社 548-5-3 75-5



番号	名称	型式	番号	名称	型式	番号	名称	型式	番号	名称	型式
1	冲天炉本体	25吨水冷热风冲天炉	13	炉顶吸塵器	800°电动机	25	螺旋输送机	气密螺旋式	37	管道温度计	△A型热电
2	除尘器	耐熱性 200°	14	集尘器	2500°×5500H	26	螺旋输送机	△H	38	炉布温度计	制造温度计
3	热交换器	垂直式辐射型	15	N6.2同轴冷却塔	2500°×5500H	27	斗式提升机	2H	39	木槽	2.5m ³
4	热空气入口	M10×170N/m ² /m ²	16	N6.3同轴冷却塔	3200°×5500H	28	空气提升斗	10m ³	40	冷却水泵	240m ³ /h 3台
5	冷却空气入口	M10×120N/m ² /m ²	17	布袋除尘器	3200°×5500H	29	空气提升斗	10m ³	41	治水设备	5°
6	布袋除尘器	M10×120N/m ² /m ²	18	除尘器	3200°×5500H	30	螺旋输送机	气密螺旋式	42	排水设备	5°
7	布袋除尘器	M10×120N/m ² /m ²	19	除尘器	3200°×5500H	31	螺旋输送机	气密螺旋式	43	冷却风扇	244°×4.5RPM新式
8	热交换器	850°电动机	20	除尘器	3200°×5500H	32	螺旋输送机	1500°×170H 1H	44	冷却器	244°×4.5RPM新式
9	热交换器	850°电动机	21	除尘器	3200°×5500H	33	螺旋输送机	5m ³	45	冷却器	244°×4.5RPM新式
10	N6.2同轴冷却塔	3200°×5500H	22	螺旋输送机	1500°×170H 1H	34	螺旋输送机	非密封可开放	46	螺旋输送机	244°×4.5RPM新式
11	冲天炉送风入口	330N/m ² /m ²	23	螺旋输送机	1500°×170H 1H	35	螺旋输送机	密封	47	螺旋输送机	244°×4.5RPM新式
12	原料入口	2200°×100H	24	空气提升斗	450°×20m	36	螺旋输送机	△A型热电			

图1—2 25吨水冷热风冲天炉、热交换器和降温除尘系统图



附圖 2. 热交换器概要图 (外燃式)

图 1—3 8吨水冷热风冲天炉用外燃辐射式热交换器结构图

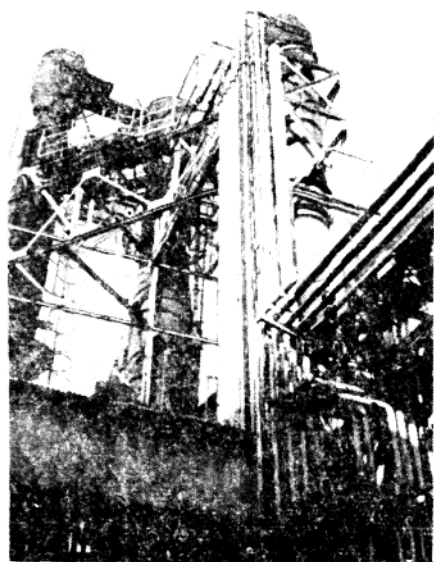


图 1—4 6 吨、8 吨热风冲天炉和热交换器外貌

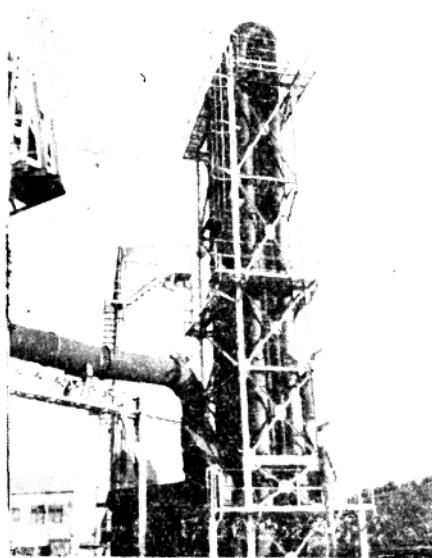


图 1—5 降温除尘设备外貌

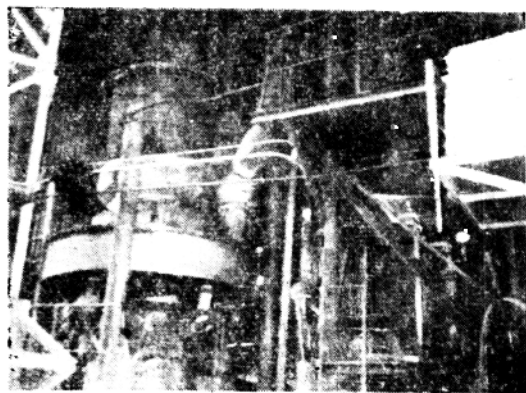


图 1—6 6 吨水冷热风冲天炉外貌

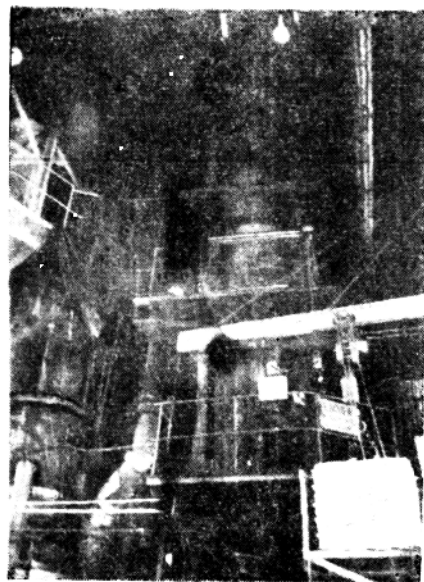


图 1—7 热交换器外貌

表 1—3 6 吨、8 吨冲天炉参数

项 目	炉 别	6 吨炉	8 吨炉
炉内径 (毫米)		φ798	φ1100
风口数		φ95, 8个	8个
风口比 (%)		8.2	9
有效高度比		5.2	5
风口炉底距离 (毫米)		790	
回转前炉容量 (吨)		4	4
风机电机功率		55.9千瓦	75马力
热交换器型式		加料口上部辐射式	重油外燃式

据介绍炉气排放标准含尘量为0.001克/米³。据1979年机械工人访日代表团调查炉气成分标准如下:

成 份	CO ₂	O ₂	CO	N ₂	NO _x	SO _x
数量 (%)	<5.2	15.8	<0.27	78.8	11.4 P.P.M	<100 P.P.M

(3) 阪神内燃机公司铸造车间生产500~1500马力柴油机和机床铸件, 最大件15吨, 月产450~500吨, 由奥地利进口6吨水冷热风冲天炉。图1—6为冲天炉, 图1—7为热交换器, 图1—8为降温除尘设备的外貌图。

冲天炉内径φ850毫米, φ125风口5个, 风口比为15%, 炉膛无炉衬, 用喷射法喷涂一层炉衬, 炉壁外水冷。隔日开炉一次, 上午9点钟到下午5点钟化铁。平均6.5~7.0吨/小时。出铁温度1500~1530℃。一般焦比12.5%。冲天炉排烟含CO 7~8%, 最高12%, 含尘量1.85克/标米³, 控制在900℃, 送入装在炉近旁的热交换器燃烧, 可将送风加热到450℃, 热交换器排气经降温除尘后, 向大气排放, 含尘量为0.0004克/标米³。

(4) YANMAR柴油机尼崎工场生产3~500马力柴油机缸体、缸盖等铸铁件, 月产450~500吨, 装设5吨热风冲天炉2座, 共用1套爬车式加料机和1套外热式热交

换器，热风温度 360°C 化铁炉、热交换器设备如图1—9，热交换器结构如图1—10。

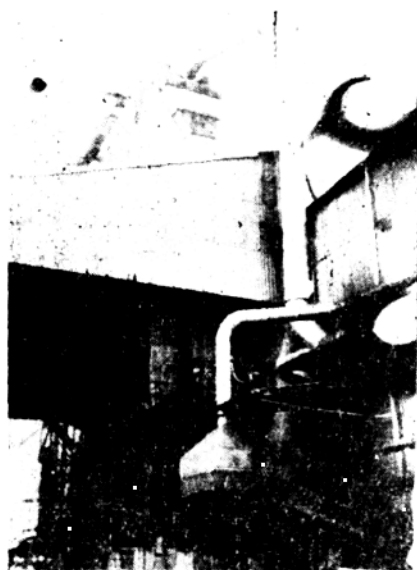


图1—8 降温除尘设备外貌

冲天炉为曲线炉膛，风口处炉直径 $\phi 950$ 毫米，风口比 $5\sim 7\%$ ，砌炉用冲天炉专用耐火粘土砖($\text{SiO}_2 76\%$ ， $\text{Al}_2\text{O}_3 21\%$ ，其它 3%)，鼓风机用离心风机 70 标米 $^3/\text{分}$ ，电机 75 千瓦，风压 $650\sim 750$ 毫米水柱，送风强度 110 标米 $^3/\text{米}^2$ ，焦比为 $12\sim 13\%$ ，炉料配料中加入 1.5% 的 CaC_2 以脱硫和提高铁水温度。

冲天炉热交换器排气温度约 350°C ，因冲天炉间地势狭窄，废气送入较远的靠院墙附近的降温除尘设备，先经水洗冷却降温后，再经布袋除尘排入大气。排气降温用水量 20 吨/小时，冷却水经净化处理设备处理后，循环使用。

4. 感应电炉

我们看到的铸铁用感应电炉，大多是产量较大的厂，冲天炉——感应电炉双联熔炼。另一些是熔炼多品种的灰铸铁、球铁、特殊合金铸铁的厂，单独使用感应电炉化铁，例如：大阪机工猪名川制作所的铸铁车间生产机床和柴油机缸体等铸铁件，月产 550 吨，使用 8 吨和 5 吨工频感应电炉熔炼铁水，质量稳定效果较好。其概况如下：

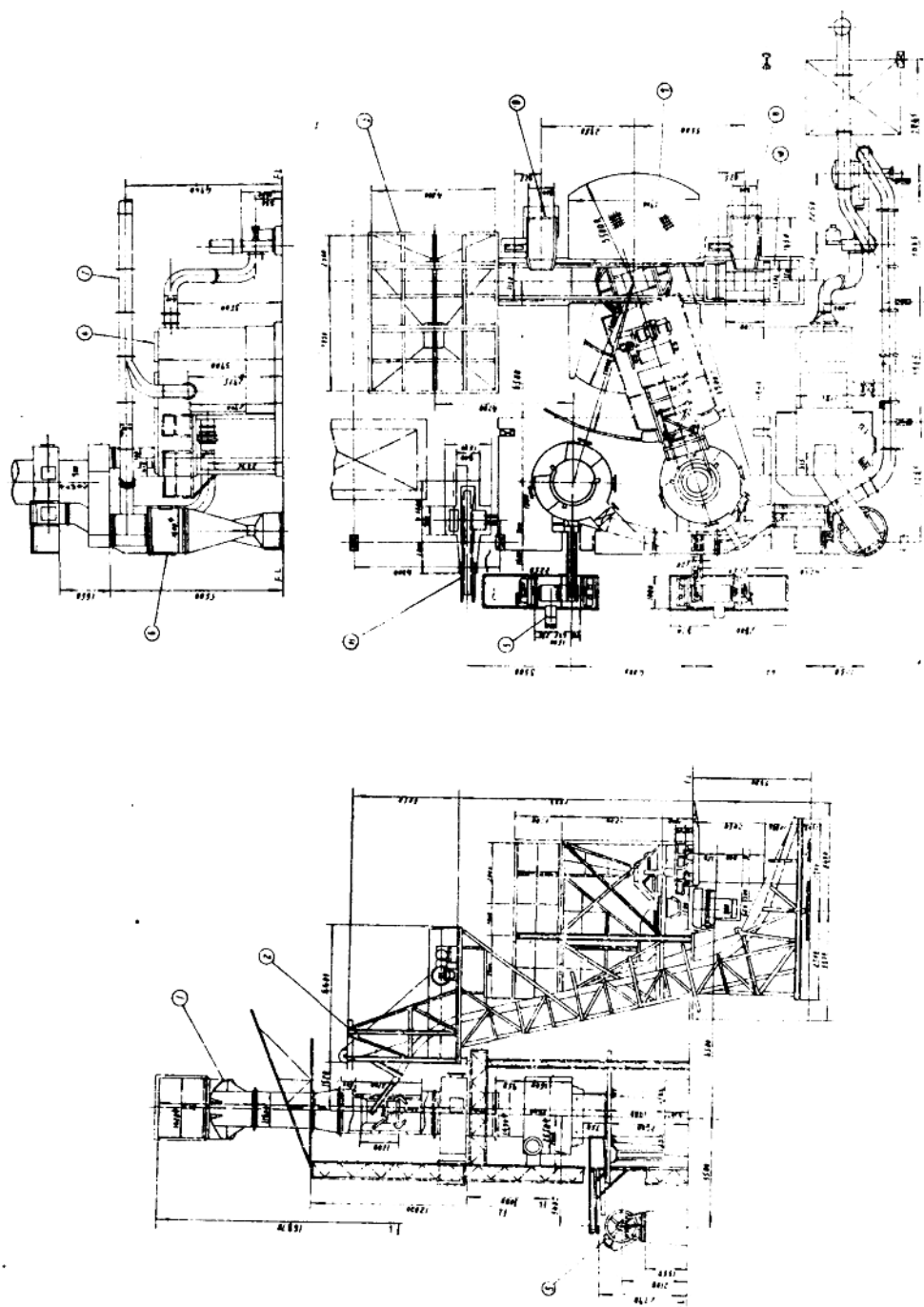


图1—3 YANMAR 5吨热风冲天炉

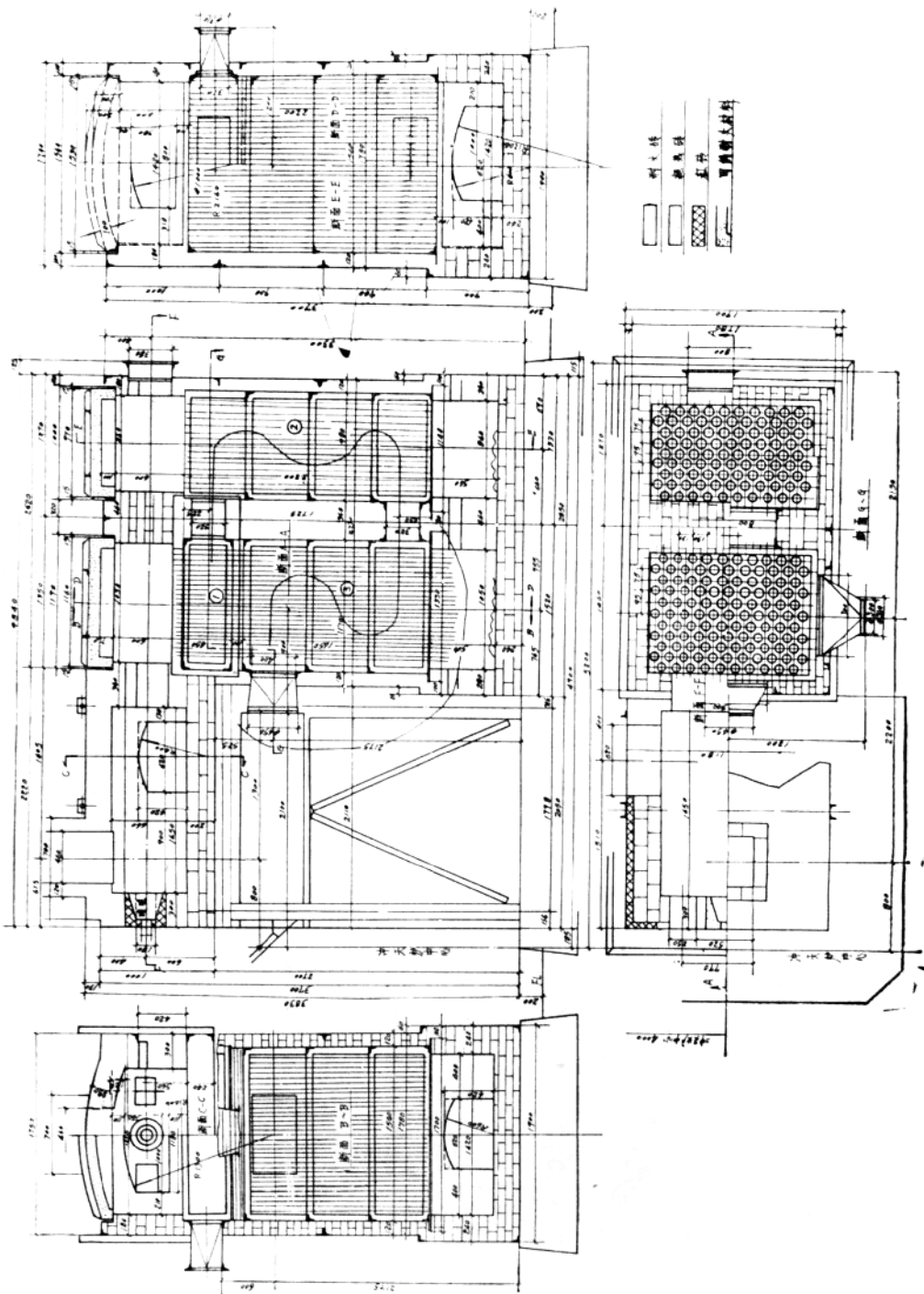


图 1—10 热交换器

(1) 设备概况:

8 吨工频感应电炉电源: 1800 千伏安

5 吨工频感应电炉电源: 1200 千伏安

砌筑炉衬使用由瑞典进口的纯度很高的斯平卡产石英砂。二氧化硅含量 99.8%。价格颇贵(5 万日元/吨)。用硼酸 1.3% 混制炉衬材料。打结时, 炉壳内侧先加一层厚 0.3 毫米铝板(防漏检查用), 再覆一层云母板, 内衬 6~7 毫米石棉板, 炉壁内放一个与炉膛尺寸相同的 6 毫米钢板制的胎具, 炉体置於震动台上, 分层震实打结, 炉衬厚 100 毫米, 打结完毕后, 炉内放置热铁块 3 块, 通电加热, 以 100 C/小时升温至 1200 C 烧结成型, 烧结层厚度为 1/3 壁厚。

第一次熔化时, 加料后加热至 1550 C, 24 小时后出铁, 然后转入正常作业。炉衬寿命为 200 炉次。

(2) 熔炼作业:

一般生产正常情况, 凌晨 3 时通电, 早 8 时出第一炉铁水, 下午 6 时再出一炉, 2 台炉子日熔铁 31~32 吨, 电力消耗比较低, 约为 600 度/吨。

这个厂对炉料控制很严格。进炉的新生铁、回炉铁、铁屑都有进厂原材料规格标准, 如表 1—4。进厂时实测成分都比规格要求好。使用时按照铸铁、球铁牌号和原材料实测成分, 每炉编制配料表。摘录牌号 FC 35 铸铁和 FCD S 球铁配料表如表 1—5, 表 1—6。

使用的辅助材料也很考究。例如: 增炭剂用专业生产厂生产的炭粒, 外形尺寸约 10 毫米左右, 粒度整齐, 如图 1—11。化学成分如下:

成分	固定炭	挥发分	灰份	硫
数量(%)	97 以上	2.0 以下	1.0 以下	0.3~0.6

脱氧用的铝, 为专业厂生产的铝粒, 大小如黄豆, 为压延或拉拔铝条切断成丝的。

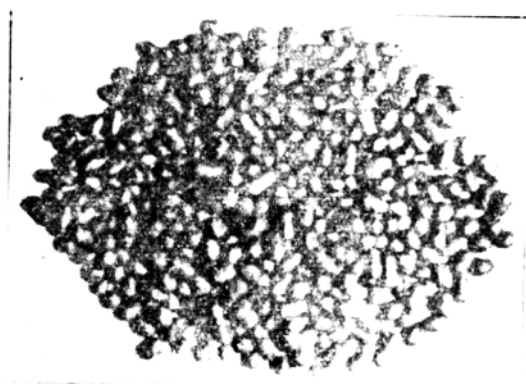


图 1—11 增炭剂