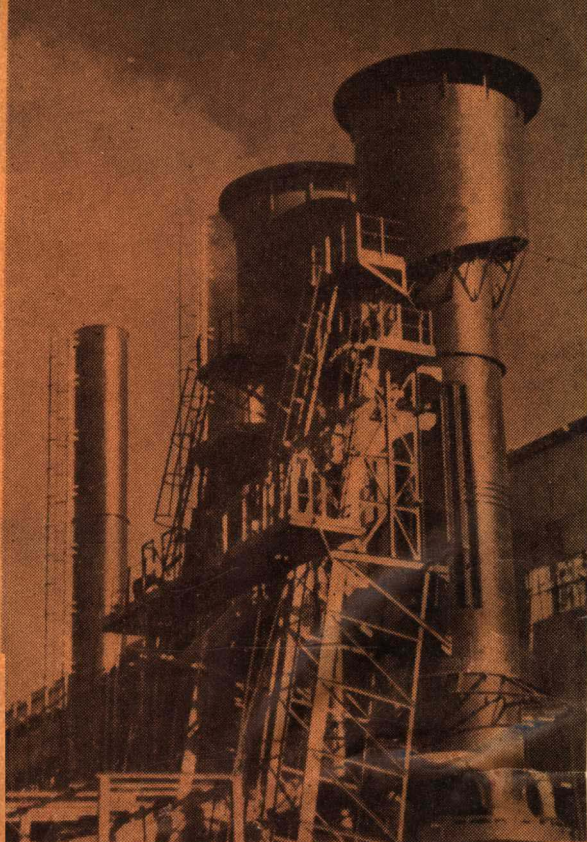


鋼鐵工業叢書

戚墅堰機車車輛修理工廠
中心試驗室鑄鐵專業組編



小風口礮性化鉄炉 球墨鑄鉄铸件生产

科学技術出版社

內 容 提 要

本書介紹小風口礮性化鐵爐，應用參進旧灰鐵鋼屑熔化，在球化處理時應用封密式鐘罩加純鎂，在較高的溫度壓入鐵水中，並且控制鐵水的化學成分，使之能具有鑄造各種耐 15 公斤/平方公分壓力以下的閥類，或者是鑄造高強度的珠光體球鐵。

本書介紹的球墨鑄鐵的熔煉及球化處理、造型及澆注、鑄件熱處理、各種主要化學元素對球鐵機械性能的影響等，其資料部比較完整，可供各鑄造車間技術人員參考。

小風口礮性化鐵爐球墨鑄鐵鑄件生產

威墅堰機車車輛修理工廠
中心試驗室鑄鐵專業組編

*

科學技術出版社出版

(上海南京西路 2004 號)

上海市書刊出版業營業許可証出 079 號

中國科學院上海分院印刷廠印刷 新華書店上海發行所總經售

*

開本 787×1092 毫米 1/32 · 印張 1 1/4 · 字數 26,000

1958 年 8 月第 1 版

1958 年 8 月第 1 次印刷 · 印數 1—10,000

目 录

第一章 鉄水の熔煉	1
第一节 熔化用爐	1
第二节 熔化工艺	2
第三节 球化处理	4
第二章 冶煉过程中的資料分析	8
第一节 关于鉄水含硫量	8
第二节 关于鉄水中碳、矽、錳、磷的含量	10
第三节 关于鉄水中的含鋁量及其因此而导致的种种現象	15
第三章 造型及澆注	19
第一节 型砂	19
第二节 澆冒口系統	20
第三节 造型工艺概況	24
第四节 澆注	24
第四章 鑄件的热处理及其性質	26
第一节 生产热处理实況	26
第二节 热处理の冷却、球鐵成分对球鉄金相和机械性能的影响	27
結語	38
参考資料	38

第一章 鉄水の熔煉

第一节 熔化用爐

熔化用爐是硷性的熔化帶，应用鎂砂調鹽滷塑造，內徑 600 公厘。鼓風機功率为 18 千瓦滾筒式。有前爐。茲將几項特点介紹如下：

風口尺寸如表 1，总截面积为爐膛截面积的 7.9%，原来爐子是标准大風口的，出鉄温度不高，曾經改小風口到爐子截面积的 4%，发现砂的燒損很劇，改为目前情况后，出鉄温度可以高达 1410°C 以上。化学元素的損失情况，比較正常，將在以下各节中敘述。

表 1 風口尺寸

風口类别	風口直徑		風口个数	風口截面积 (平方公厘)	風口角度	風口截面积%
	內边	外边				爐膛截面积%
主風口	50	60	共 八 个 2 个为一組	15708	10°	5.55
中排風口	35	40	4 个	3848	10°	1.35
上排風口	30	35	4 个	2827	15°	1.00

風口是品字排列的，主風口与中排風口中心綫間距为 180 公厘，中排与上排風口之間为 160 公厘。

爐缸高度是 600 公厘，比較高，可以使硷性爐渣与鉄水熔流有較多接触的机会，利于去硫；并且吸收較多的碳量，利于球化

处理时获得球化的性質及高的碳含量,而获得良好的球鉄鉄水流动性。

过桥尺寸是 110×70 公厘,使在打开出渣口之后能有适当过量的风通过爐缸从出渣口出去,因此而提高部分鉄水过热温度。

爐子有效高是爐徑的 5.5 倍,取一般数极的高限,使物理热損失較少。

第二节 熔 化 工 艺

在开爐后一段时期,爐子熔化尚未正常时,熔出鉄水澆普通灰鑄鉄配件。爐子熔化正常后,打开出渣口,將普通鉄水及鉄渣出尽,才进行球鉄鉄水熔化。

爐料中的金屬爐料如表 2, 渣料及燃料如表 3。

表 2 金 屬 爐 料

金屬料名称	平均化学成分(%)					附 注
	碳	矽	錳	磷	硫	
低磷新生鉄	—	3.0	0.72	0.055	—	最長边小于 200 公厘 重量小于 18 公斤
旧 鉄	—	1.5	0.90	0.230	—	最長边小于 200 公厘 重量小于 18 公斤
鋼 屑	—	0.2	0.60	0.040	—	清洁无紅锈
球鉄澆冒口	—	2.8	0.50	0.160	—	清洁无粘砂 最長边小于 200 公厘 重量小于 18 公斤
矽 鉄	—	>75	—	—	—	边長在 40~100 公厘間
錳 鉄	—	—	>65	—	—	边長在 40~100 公厘間
工业純鎂	—	—	—	—	—	含鎂 >99% 大小在 100×100×100 公厘

表3 爐渣及燃料成分

名 称	主要組成成分(%)					附 注
	固定碳	灰 分	硫 分	揮发物	水 分	
无 矽 焦 炭	85.7	11.18	0.41	2.47	1.28	边長在 50~250 公厘間
士賢庄焦炭	80.99	15.64	0.92	2.80	0.57	同 上
	CaO	SiO ₂	CaF	Al ₂ O ₃	Fe ₂ O ₃	
石 灰 石	>50	<2.00	—	—	—	小于 50×50×50
鉄 飢 土	—	—	—	>50	>23	同 上
螢 石	—	—	>93	—	—	同 上

爐料配比每层鉄料 200 公斤，其配比如表 4。

表4 爐 料 配 比

代表鑄件名称	球鉄牌号	新生鉄 (%)	旧灰鉄 (%)	球鉄澆冒口 (%)	鋼屑 (%)	每 层 石灰石 (公斤)	每层 螢石 (公斤)	每层 鉄飢土 (公斤)	每层 砂鉄 (公斤)	每层 錳鉄 (公斤)
蝸輪柴油机曲軸	BQ 60-2 BQ 50-1.5	65	—	10	25	24	5	2.5	2.0	2.5
低压蒸汽机曲軸 抗摩擦配件	BQ 45-10	25~35	30~40	10	25	30~35	5	2.5	2.0	—
15公斤/平方公分 以下压力閥类— 一般鉄素体基体配 件	BQ 40-10 BQ 40-5	10~30	35~55	10	25	30~35	5	2.5	2.0	—

熔化掌握——在加球鉄配料之前，根据前一包灰鑄鉄的鉄水的温度高低加入 30~35 公斤补充底焦、焦炭，使球鉄鉄水温度能超过 1410°C 以上，在开始出渣之后取渣样看断面，需要符合于如图 1 之断面多孔現象。

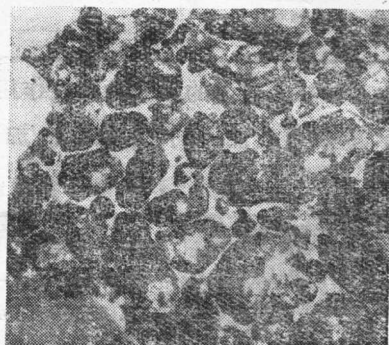


图1 实物攝影放大 1 倍

第三节 球化处理

球化处理是采用密封式鐘罩,由6~8公厘鋼板焊成。每次处理的鉄水量为900~1500公斤,加入鎂量为0.25~0.6%鉄水量,矽鉄量为1.2~2.2%鉄水量。

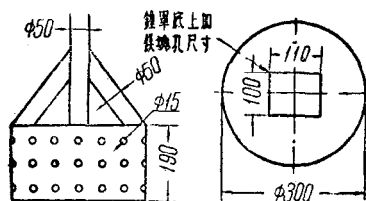


图 2

压鎂鐘罩尺寸 如图2,其直径相当于鉄水包子直径的46%,罩的側面孔眼面积約使每公斤鎂占有1700~

2700平方公厘。

鐘罩准备工作 按照鑄件的不同性質要求,如表5指定重量在鐘罩內加入鎂块,同时在鎂块四周塞入矽鉄粉,用以緩和鉄

表5 鑄件尺寸与加鎂量的关系

鑄件厚度(公厘)	需要加入鎂量为鉄水量(%)
>75	0.5~0.6
>50	0.8~0.5
5~50	0.25~0.3

水对鎂块的迅速的强烈的蒸发作用,矽鉄粉的加入量按表6所示,但因温度而不同,温度愈高,加入量愈多。

表6 矽鉄加入量与鉄水温度的关系

根据前一包出鉄鉄水温度估計可能之出鉄鉄水温度(°C)	1390	1400	1410	1420	1430	1440
鐘罩准备时在罩內加入的矽鉄量(公斤)	4.0~4.5	4.0~4.5	4.5~5.0	4.5~5.0	5.0~5.5	5.0~5.5

若遇需用的鎂量多时,可以不考虑以上限制的矽鉄粉量,以

便在罩內留有孔隙，使鉄水易于进入罩內，否則因为罩內塞得太紧，鉄水无法进入罩內使鎂蒸发，而罩壳鉄板由于較長期停留在鉄水內而熔蝕，等到后来鎂蒸发时壳已毀坏，罩壳不起封密式的作用，使鎂大量的損失掉，以致鉄水不能球化。

鐘罩加入鎂及矽鉄粉后，罩口上用鉄板塞死，在罩壳外涂上一层水玻璃石英粉水漿，由 65% 石英粉、35% 白坭粉混合水玻璃而成，以避免鉄水对罩壳鋼板的强烈的熔蝕。

出鉄及压鎂 經驗中指出合适的每次处理鉄水量为 900~1500 公斤。出鉄分为二次，第一次出鉄 700~900 公斤，每次需要处理鉄水量多时多出，少时少出。出鉄以后即行压鎂，压鎂时鐘罩距鉄水包底留 30 公厘距离。压鎂之后，再补出鉄水 400~500 公斤，同时在出鉄槽內加矽鉄，矽鉄的加入的总量，包括出鉄槽及鐘罩內的按表 7，矽鉄是粉或者是小于 10 公厘的粒子物。

在出鉄时用鉄棒測量鉄水面距包子口的高度，以控制出鉄水量，出鉄完了，用鉄扒攪拌鉄水，使成分均匀。

表 7 矽鉄加入量

鑄件主要厚度 (公厘)	鑄件名称	球鉄牌号	墨化处理时加入 总矽鉄量 (%)
大于 40~50	蝸輪牙齒、曲軸	B $\bar{Q}$ 60-2 B $\bar{Q}$ 50-1.5	1.2~1.5
5~40	閥类及一般鑄件	B $\bar{Q}$ 40-10 B $\bar{Q}$ 40-5	1.6~2.2

鉄水球化及墨化情况的鉴定 球化性質良好的鉄水，当鉄扒攪动鉄水时，鉄水面有鎂燃燒的火叢，渣失去流动性而易于結壳，常用三角試片断口的方法来鉴定鉄水性質。对三角試片要求：

1. 三角試片尺寸的两長边为 60 公厘，底边为 15 公厘，湿

模澆注。

2. 澆注以后冷却到 $900\sim 850^{\circ}\text{C}$ 时,淬于水中,然后折断以供判断。判断断口根据表 8 进行。

表 8 三角試片断口判断

三角試驗片断口情况	鉄 水 性 質
断口白,細晶粒,中間无縮松,边上无圓气孔	1. 石墨球化良好 2. 珠光体为球鉄基体,矽的含量为$2.7\sim 3.0\%$ 3. 鉄水温度高在$1370\sim 1380^{\circ}\text{C}$以上 4. 适宜于閥类及一般鑄件的鑄造,澆注延續時間不能超过 20 分
断口白,細晶粒,中間有縮松,边上有圓气孔	1. 石墨球化良好 2. 珠光体为球鉄基体,矽的含量为$2.7\sim 3.0\%$ 3. 鉄水温度低在$1360\sim 1370^{\circ}\text{C}$以下 4. 适宜于一般鑄件鑄造,形状复杂一些的先澆,簡單的后澆
断口白而帶青,細晶粒,中間沒有縮松,边上无圓气孔	1. 石墨球化良好 2. 球鉄基体中除了珠光体外,尚有大量的鉄素体环,矽的含量为$2.8\sim 3.4\%$ 3. 鉄水温度在$1370\sim 1380^{\circ}\text{C}$以上 4. 适宜于厚度接近于 5 公厘而无补縮冒口的低强度配件的澆鑄,澆注時間延續不能超过 20 分鐘
断口白而帶青,細晶粒,中間有縮松,边上有圓气孔	1. 石墨球化良好 2. 球鉄基体中除了珠光体外尚有大量的鉄素体环,矽含量大于$2.8\sim 3.4\%$ 3. 鉄水温度低在$1360\sim 1370^{\circ}\text{C}$以下 4. 适宜于无机械加工面要求的低强度的不重要配件鑄造
断口白,有呈条狀断紋的白口分布,晶粒細,中間无縮松,边上无圓气孔	1. 石墨球化良好 2. 在厚度大于 50 公厘的鑄件中具有珠光体基件,矽含量低于2.4%,錳含量接近0.8% 3. 鉄水温度在$1370\sim 1380^{\circ}\text{C}$以上 4. 适宜于帶冒口的大厚度的高强度鑄件的澆鑄

續表 8

斷口白，試片尖端有白口，細晶粒中間無縮松，邊上無圓氣孔	1. 石墨球化良好 2. 在大鑄件基體中為絕大多數的珠光體，少量鐵素體，矽含量為 2.5~2.7% 3. 鉄水溫度在 1370~1380°C 以上 4. 適宜於帶冒口的高強度鑄件鑄造
斷口有分布稠密的白口斷紋，邊上有圓氣孔	1. 石墨球化良好 2. 球鉄基體，在小厚度鑄件中為萊氏體 3. 鉄水溫度低於 1360°C 以下，鎂的吸收量太高超過 1.0% 4. 適宜於鑄件形狀簡單的鑄件的澆鑄
斷口灰黑，無中心縮松，邊上無圓氣孔	鉄水沒有球化
斷口灰而有呈片狀斷紋的象徵	三角試片淬火溫度太高，再取三角試片淬火重新折斷

第二章 冶炼过程中的资料分析

第一节 关于铁水含硫量

由于硫在球铁中的含量过高时,可以使石墨不能球化,故需要加以注意。生产中原铁水常见的含硫量是 0.021~0.031%。

一段时期统计的频率如图 3 所示。影响含硫量有以下三方面:

(一) 爐渣对铁水中含硫量的影响

按照以上配料常见爐渣的化学成分如表 9。渣中的 FeO 及 MnO 稍高,是由小

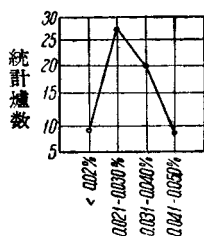


图 3 铁水中硫的含量

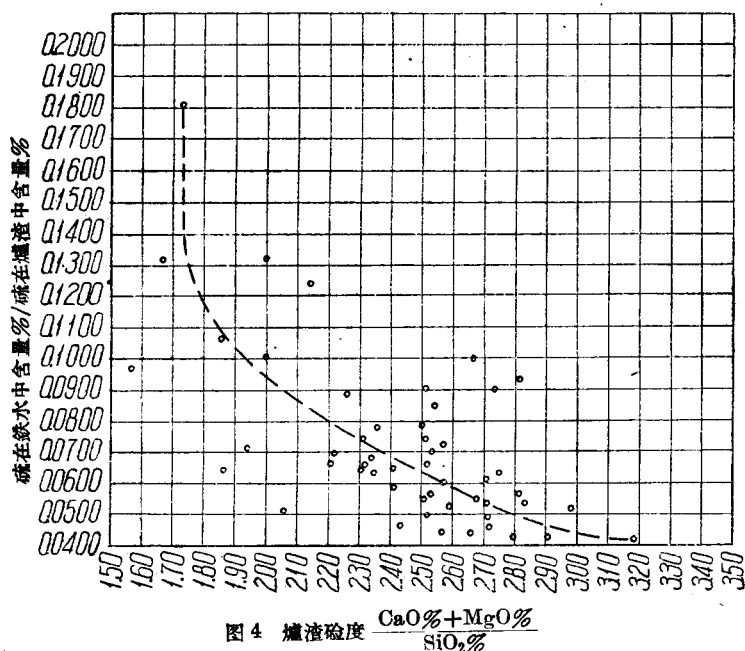
表 9 常见的爐渣化学成分

类 别	爐 渣 化 学 成 分 (%)						
	CaO	SiO ₂	MgO	Al ₂ O ₃	FeO	MnO	S
生产資料	35~50	20~30	7~15	10~20	0.5~4.0	0.6~2.0	0.3~1.0
文献資料	42~60	25~35	7~11	8~10	<1.5	<1.5	—

风口引起的。渣的碱度与硫在铁水及爐渣中的分布统计结果如图 4 曲线所示。当渣的碱度自 1.5 增加到 2.2 时,去硫能力显著增大,而往后由于渣的流动性逐渐因碱度高而衰退而减低。

(二) 爐料配比对铁水中含硫量的影响

曾经试验了三种不同爐料的配比,如表 10 所示,分别统计



鉄水中的含硫頻率如图5, 由此可見旧灰生鉄愈多, 由金屬料帶入的硫份愈多; 用的焦炭愈少, 鉄水温度愈低, 鉄水中含硫量愈多。

表10 爐料的配比

每层金屬配料(%)				每层焦炭及熔剂公斤数				含硫量 頻率曲綫
新生鉄	鋼屑	旧灰生鉄	球鉄澆冒口	石灰石	焦炭	螢石	鉄鈰土	
25	25	30	10	30	30	5	2.5	①
—	30	70	—	25	25	5	2.5	②
—	20	80	—	10	20	5	2.5	③

(三) 焦炭中的含硫量对于鉄水中含硫量的影响

曾試用了两种不同硫含量的焦炭(如表3), 統計其鉄水中

的含硫頻率如图 6，說明了焦炭中硫含量增加一倍时，鉄水中硫的含量增加 0.01%。曾經企图用增加层料中的石灰石量自 30 公斤到 35 公斤的使用数量来降低鉄水中的含硫量，亦不能避免硫的增加。

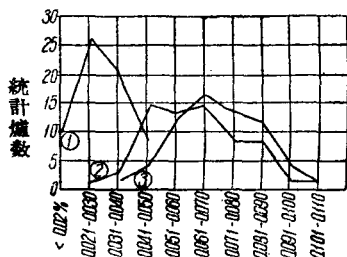


图 5 鉄水中含硫量%

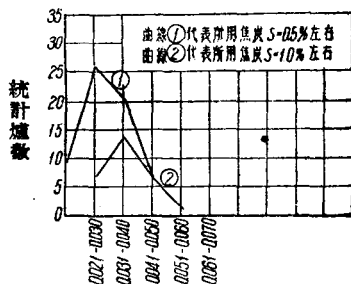


图 6 含硫量%

(四) 其他原因对鉄水含量的影响

焦炭的灰分太多，鉄水炭吸收少，打爐以后重修小风口修理得太小，造成砂在熔化中燒損大，于是鉄水的流动性低，配料中 Al_2O_3 量不足，于是渣的流动性不好，以至熔化后的鉄水滴与渣滴不能在熔化帶以下很好混合和接触，减弱了硷性渣对鉄水的去硫能力。

若遇配料时加在料中的矽鉄沒有加好，矽鉄落到爐料柱的边上去了，不能使矽鉄中矽为鉄水吸收以增加其流动性，相反增加加的 SiO_2 ，減低了渣的硷度，使渣的去硫能力下降。

如果加料过多的应用了鋼屑，阻碍爐气在爐中間上升而沿爐牆上升，以及爐子修理时捶击得不紧，均使爐牆 MgO 大量的熔蝕及剝落，引起渣的稠濁，降低了熔化去硫的能力。

第二节 关于鉄水中碳、矽、錳、磷的含量

碳、矽、錳、磷根据苏联中央机器制造和工艺科学研究所的

資料,对不同厚度及性質的鑄件,需要量如表 11。在~~生产中成份~~的范围与表 11 大同小异,茲述其情况如下几点。

表 11 碳、矽、錳、磷含量表

球鐵基体	鑄件厚度 (公厘)	原 鉄 水 化 学 成 分 (%)				球鉄化学成分(%)	
		碳	矽	錳	磷	矽	硫
珠 光 体	≤10	≥3.4	2.4~2.7	0.5~0.8	≤0.2	2.7~3.0	<0.03
	10~30	≥3.2	2.2~2.5	0.8	≤0.2	2.5~2.8	<0.03
	30~75	≥3.2	1.8~2.1	0.8	≤0.2	2.1~2.4	<0.03
	75~150	2.7~3.1	0.8~1.2	0.8	≤0.2	1.3~1.6	<0.03
鉄 素 体	≤10	≥3.4	2.6~3.1	≤0.4	≤0.1	3.0~3.2	<0.03
	10~30	≥3.2	2.4~2.8	≤0.6	≤0.1	2.8~3.2	<0.03
	30~75	≥3.2	2.2~2.6	≤0.6	0.1	2.6~3.0	<0.03
	75~100	≥3.0	2.2~2.6	≤0.6	≤0.1	2.4~2.8	<0.03

(一)常見熔化过程中的鉄水的含碳量为 3.61~3.70%, 統計了一段时期的資料,其頻率如图 7 所示。試驗了增加层料中的石灰石用 30 公斤及 35 公斤时,其鉄水的含碳量用 35 公斤石灰石的要高出 0.1%, 統計頻率如图 8 所示。曲綫①代表 30 公斤石灰石层料, 曲綫②代表 35 公斤石灰石层料。原因是石灰石多时, 焦炭在燃烧过程中附着表面的酸性灰份比較多的被硷性渣帶走, 而鉄水滴比較好的与焦炭块接触, 引起較多的吸收焦

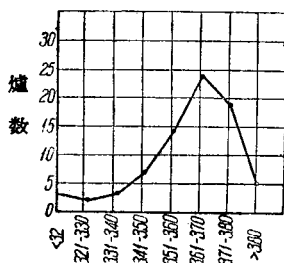


图 7 碳%

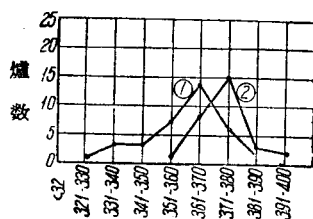


图 8 碳%

量,如果焦炭的含灰量比較少时,相应可以导致鉄水較多的炭吸收量。

(二)常見熔化过程中砂的含量,按照原料砂含量的計算,配料中的砂量为3.2%,如表12所示。而实际的鉄水中的含砂量及加入墨化剂后的球鉄水的含砂量部分的分析資料如表13。由

表 12 爐料的含砂量

爐料名称	平均含砂量(%)	配料量(公斤)	加入的砂量(公斤)	配料中砂含量(%)
新 生 鉄	3.0	35	1.050	3.200
球墨鑄鉄	2.8	10	0.280	3.200
旧灰鑄鉄	1.5	25	0.375	3.200
鋼 屑	0.2	30	0.060	3.200
砂 鉄	7.5	2	1.500	3.200

表 13 鉄水的含砂量

爐 号	原鉄水含砂量 (%)	球鉄成品含砂 量 (%)	墨化处理 后增加的含砂 量 (%)	墨化处理时 加入砂鉄量 (%) (含砂75%)	墨化处理时 砂的吸收率 (%)
200-1	1.36	2.42	1.02	2.0	68
200-2	1.42	2.61	1.19	2.0	79.4
201-1	1.53	2.83	1.30	2.0	86.6
201-2	1.77	3.25	1.48	2.0	98.7
202-2	1.40	2.86	1.46	2.0	97.4
平 均	1.496	—	—	2.0	86.02

此而知砂在熔化过程中的損失率为54%,而其变迁也比較大。可以理解当料块粗大时,风口小,风量大量的进入爐膛中心部分,砂的損失便大了一些。

在墨化处理时砂的吸收率按平均数來說尚好,沒有与大风口的二样維持一般的85%水平,可見鉄水不具有特殊的氧化性;不过原鉄水含砂量的变迁,引起了球鉄成品含砂量及墨化性質

变迁是比较大的,统计球铁成品中的含砂量频率如图9所示。这里说明砂的含量有时是过份高的。

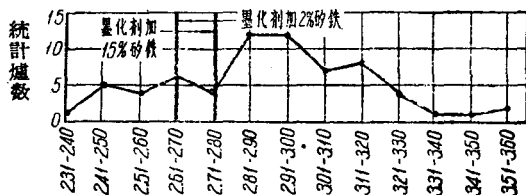


图9 Si %

(三)常見鉄水中的含錳量为 0.41~0.60%, 统计频率如图10所示。在制造高强度鑄件时加入錳鉄, 提高鉄水的含錳量, 按照配料 加入爐子中的含錳量按表14 計算是 0.707%, 由此而知錳在熔化过程中损失达到 29.3%, 比一般三排大风口在爐內的

表14 爐料的含錳量

爐料名称	平均含錳量(%)	配料量(公斤)	加入錳量(%)	平均总錳量
新生鉄	0.72	35	0.252	0.707
球鉄澆冒口	0.50	10	0.050	0.707
旧灰鑄鉄	0.90	25	0.225	0.707
鋼 屑	0.60	30	0.180	0.707

损耗大10%。在熔化过程中, 对非高强度球鉄錳的含量是不予控制的, 因为其含量在要求的范围之內。

(四)关于鉄水的含磷量, 按照配料, 鉄水中含磷量为 0.1027%。計算如表15。而实际熔出鉄水中的含磷量为 0.140~0.180%, 比配料时高出 0.04~0.08%。一段时期统计的频率

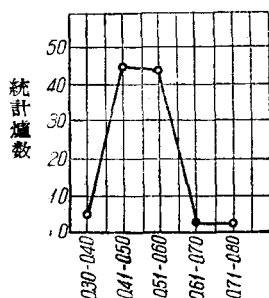


图10 球鉄中含錳量

表 15 爐料的含磷量

爐料名稱	平均含磷量(%)	配料量(公斤)	加入磷量(%)	平均總含磷量(%)
新 生 鐵	0.055	35	0.01825	0.10275
球鐵澆冒口	0.160	10	0.01600	0.10275
旧 灰 鑄 鐵	0.230	25	0.05750	0.10275
鋼 屑	0.040	30	0.01200	0.10275

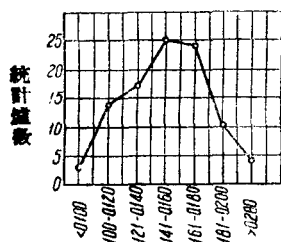


圖 11 球鐵中含磷量

如图 11 所示，說明了小風口硷性化鐵爐由于溫度提高，即虽是硷性爐渣，也无法去磷。其次是由于鐵水熔化过程中进入了元素磷，誠然由于在連續熔化过程中为了开始时熔化一些普通灰鑄鐵鐵水以提高爐子溫度，而部分灰鑄鐵鐵水有可能混入球鐵

鐵水中。例如剩余前爐中高磷的普通鑄鐵鐵水及其渣，可以使球鐵鐵水不能保持原来的低磷含量，所以最好的办法是熔化球鐵鐵水前一包的配料即掌握低磷，这样才能得到低磷的鐵水。磷在球鐵中的最大含量，在沒有越过 2.0% 的情况下对鐵素体基

表 16 含磷量与伸率的关系

爐 号	球鐵中含磷量 (%)	退火后基体結構 (%)	石墨情况 (%)	伸 率 (%) 搖距 = 5 倍直徑
174-1	0.155	鐵素体 100	球狀 100	20.5
177-1	0.164	鐵素体 100	球狀 100	21.4
179-1	0.116	鐵素体 100	球狀 100	22.6
182-1	0.126	鐵素体 100	球狀 100	23.8
198-2	0.100	鐵素体 100	球狀 100	26.0
130-1	0.144	鐵素体 100	球狀 100	24.7
138-2	0.131	鐵素体 100	球狀 100	23.7
149-1	0.178	鐵素体 100	球狀 100	17.5
194-1	0.192	鐵素体 100	球狀 100	19.2
163-1	0.188	鐵素体 100	球狀 100	19.5