

三活叶技术資料三

总 号: 335

热加工: 110

内部資料 注意保存

大間距二排小风口和强化 送风冲天炉

第一机械工业部新技术先进经验
宣传推广联合办公室

1965·12

目 录

一、前言	(1)
二、試驗条件	(2)
三、检测項目和試驗数据的整理	(6)
四、試驗結果对比	(8)
五、关于大間距二排小风口和强化送风冲天炉的討論	(21)
六、初步結論	(33)
附表一：三排主輔倒置和大間距二排，小风口冲天炉 炉衬侵蝕数据	
附表二：三排主輔倒置和大間距二排小风口冲天炉熔 化效果一覽表。	
附件一：冲天炉工艺参数和操作要点	
附件二：典型炉次的熔炼工艺及其操作写实	
附件三：光学高溫計和鉑—鉑銻浸入式热电偶測量铁 水溫度校正資料	

大間距二排小风口和强化送风冲天炉

北京第一机床厂 铸造研究所 机床研究所

一、前 言

为了制成新型孕育铸铁以解决机床导轨耐磨問題，北京机床一厂等从1964年5月开始曾采用鼓风机串联实现“大风量”精細备料、挑选大块层焦和改进操作等措施使铁水温度提高了，但存在着铁水温度及质量不稳定，元素烧損大，焦比低以及经常使用大块层焦有困难等問題，1964年11月一机部铸造研究所和机床研究所派出了工作组与北京机床一厂共同組成三結合小组，在模铸車間的5吨/时的冲天炉上結合生产进行了一系列的試驗，包括三排小风口主輔倒置大間距二排小风口，改进操作和改变冲天炉工艺参数等，基本上解决了上述問題，而且有了全面提高。

試驗所获得的初步結果如表1所示。該冲天炉主要特点如下：

- (1)大风量高风压。
- (2)大間距二排小风口送风。

表 1

技 术 指 标		計 划	完 成
熔化中期出鉄温度℃		1465~1495	1470~1500
I 甲鉄水成份波动范围		±0.1	±0.1
I 甲元素烧損	硅 錳	10~15	15~20
		25~30	25~30
I 甲鉄水含硫量%		<0.12	<0.12
层焦块度(不挑选)毫米		60~150	60~150
总焦比		5.5~6.0	5.6~5.8
熔化强度吨/米 ² 时		8~10	8.5~9.0

(3)适当的增加了底焦高度和有效高度。

(4)改进了冲天炉操作和加强了炉料管理。

现将有关试验结果分别叙述如下。

二、试验条件

(一)设备情况

1.冲天炉：全部试验是在同一炉上进行的，其结构参见图1，主要的结构参数列于表2中，该炉设有4排风口，第一排受前炉和点火门的限制，仅有4个为扁椭圆形，其余6个风口为圆形，试验三排主辅倒置时采用1.2.3排，试验大间距二排小风口送风时采用1.4排。

表2 冲天炉结构的主要参数

名 称	单 位	数 量
熔化率	吨 / 小时	5
名义直径 (D)	毫米	850
有效高度 (H)	米	6
H : D	—	7
一排风口个数	个	4
二、三、四排风口个数	个	6
一、二排风口间距	毫米	150
二、三排风口间距	毫米	250
三、四排风口间距	毫米	250
炉缸深度	毫米	250
前炉直径	毫米	850~970
前炉容量	吨	3.5~4.0

冲天炉设有翻斗上料机，翻斗容量为0.2米³。

2.鼓风机：

冲天炉用2台串联离心式鼓风机供风第一级为A0型二级为透平式，这两台风机的主要规范如表3，鼓风机的平面布置参见图2，试验炉与风机的联接风管，其直径为 $\phi 300$ 毫米左右，平直部分不多，无法从风管测量风量，因此试验过程中是借助于加料口炉气成份来核算风量

表 3

参 数	型 号	AO 型离心式	透 平 式
风量(米 ³ /小时)		8100	6000*
风压(毫米水柱)		700	825
功率(千瓦)		28	19
轉数(轉/分)		—	3000
电动机功率(千瓦)		28	29
电动机轉数(轉/分)		2930	2930

* 名牌上誤为6000米³/分

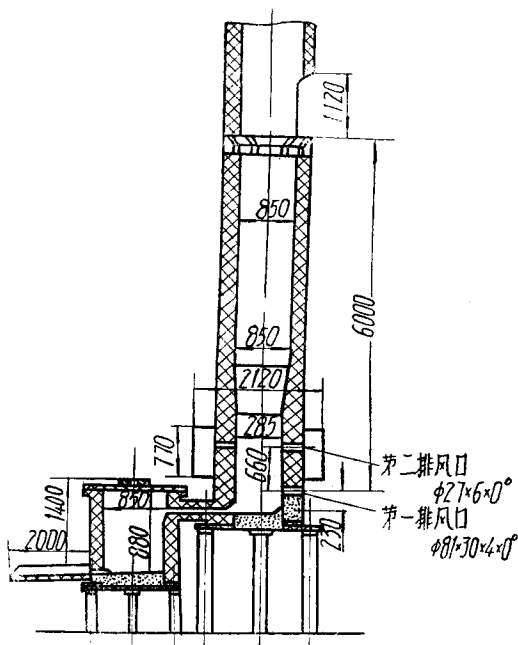


图 1 冲天炉结构示意图。

的。

(二)原材料：新生铁、铁合金按入厂日期、車次分类堆存，废钢切割后用滾筒除锈。試驗用回炉料单独破碎一些成份稳定的废铸件。

各种金属炉料的成份，按照取样規定取出 5 个試样，化驗后擇其平均值，块度則以代表性料块計量，各种金属炉料的规范如表 4。

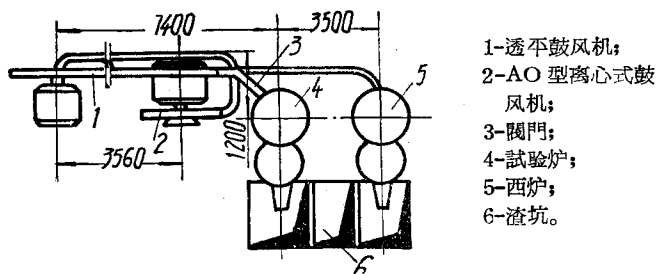


图 2 鼓风机与冲天炉平面布置图：

表 4

序号	材料名称	产地牌号	块度(毫米)	每块重量(公斤)	化 学 成 份 %				
					C	Si	Mn	S	P
1	新生铁	本溪 ×10	55×200 ×200	10~20	3.96~ 4.2	1.75~ 1.96	0.51~ 0.79	0.015~ 0.03	0.07~ 6.1
2	回炉铁	本車間 废铸件	100×130 ×220	5~20	2.96~ 3.06	0.96~ 1.19	1.04~ 1.17	0.11~ 0.12	—
3	废 钢	北京废 品公司 及本厂	>3 <200	1~5	0.1~ 0.4	0.2~0.3	0.4~0.5	0.02~ 0.05	—
4	硅 铁	北 京	40~120	0.5~ 1.0	—	71.5~ 79.0 43.9~ 45.6	—	—	—
5	錳 铁	天 津	40~120	0.5~ 1.0	—	—	63.2~ 79.0 48.7~ 49.3	—	—

燃料、熔剂及耐火材料在整个试验过程中没有改变，因此成分和块度波动不太大。焦炭均为北京焦，固定碳一般为80~83%，其他规范参见表5。

表 5

序号	名 称	产 地	块度毫米	成 份 及 性 能
1	焦 炭	北 京	60~150	固定碳80~83%水份1~2%灰份13~17%硫0.6~6.7%一般块度分类 >120毫米13%；80~110毫米50~60%；30~20毫米20~30%
2	石灰石	昌 平	20~60	CaO：52~54%
3	萤 石		20~40	CaF ₂ 95.5%
4	粘土砖	芦沟桥耐火砖厂	65×115×230 35×115×230	SiO ₂ 45%Al ₂ O ₃ 50% 耐火度>1750°C

(三)操作工艺：

各试验阶段，所采取的熔炼工艺参数，除个别炉次有所调整以外，大部分炉次均按表6中所列工艺参数进行试验。

冲天炉操作方面与一般情况类似，操作上最突出的是：严格控制修炉各部分尺寸、注意前炉烘烤、入炉批料精确过磅和精细备料。

每炉次熔化四种牌号的铁水，熔化次序是Ⅱ乙—Ⅱ甲—I甲—I乙。

表 6

工 艺 参 数				单 位	数 量
底 焦	高	度		米	1.9
层 焦	重	量		公斤	90
层 铁	重	量		公斤	500
层 焦	铁	比		—	1:5.6
石	灰	石		公斤	30
实 际	送 风	量		米 ³ /分	68~70
风 箱	风	压		毫米水柱	1420~1480
送 风	强	度		米 ³ /米 ² 分	120~130

此牌号铁水的机械性能和配料組成參見表 7。

表 7

炉料組成% 材 料	鐵水牌号	I 甲 HT	I 乙 HT	II 甲 HT	II 乙 HT
		38—60	32—52	21—40	15—32
新 生 鐵		30	30	35	50
废 鋼		45	35	30	—
回 炉 铁 废 铸 件		25	30	25	35
鋼 屑		—	5	10	15

三、检测項目和試驗数据的整理

为了正确的控制炉子，从修炉、点火以及原材料管理至配料、加料的所有工序，都設有专人記錄和測定。由于生产条件所限制，检测的数据，將有一定的誤差。現將我們检测的各主要項目、所用仪器、工具以及处理試驗数据的方法，如表 8。

表 8

序号	检测項目	检 测 方 法 与 要 求	仪器和工具
1	2	3	4
1	修炉与炉衬 侵蚀	(1)測量修炉后前炉和后炉各主要尺寸要求准确。 (2)記錄修炉耗砖量。 (3)以第一排风口中心为准，向上和向下，每隔 200 毫米，測量相互垂直二个方向的尺寸，确定修炉尺寸和侵蚀情况。	(1)风口用模型修理。 (2)軟皮尺和钢卷尺各一个。
2	风 量	根据层焦耗量、焦炭固定碳含量冲天炉中期平均熔化率 G 及加料口每 100 米 ³ 废气中 O ₂ , CO ₂ , CO 含量；按下式核算风量：	所需工具及仪器 參見炉气取气

序号	检测项目	检测方法 与 要求	仪器和工具
		$W = 0.00395 \times b \times C_p \times G$ $\left(\frac{100 - O_2}{CO_2 + CO} - 1 \right) \text{米}^3/\text{分}$	
3	风 压	测量冲天炉风箱风压，每半小时观测一次。	± 150 毫米 U 型管一个。
4	铁水温度	(1) 用浸入式铂—铂铑热电偶，在 2 吨铁水包中测温。 (2) 第一包出铁温度为冷包内测量值。 (3) 热电偶和仪表定期校验。	(1) 1.5 米长铂—铂铑热电偶二支（一支备用）。 (2) 703 电位差计一台。 (3) 室用温度湿度计一个。
5	元素烧损	每炉次挑选成份准确的铁料，配 8~10 批专供试验的批料，前后处理 3~4 批交介铁水，中间取 3 个试样。	取样小包一个。
6	加料口炉气分析	(1) 开风后，每隔半小时取一次炉气并及时分析。 (2) 取气用钢管，插入炉径 3/4 处的金属层料中，上面加盖一批层焦。 (3) 取气球胆，先用炉气冲洗 2~3 次之后再取样。	(1) $\Phi 1'' \times 4000$ 毫米钢管一根。 (2) 排球球胆 4~5 个。 (3) 819 型炉气分析器一台
7	加料口炉气测温	(1) 用热电偶插入炉径 3/4 处，深入料层下 200~300 毫米测温。 (2) 开风后 1.5~2.0 小时及 3.5~4.0 小时的二段时间内，连续测量每隔 1 分钟记一次温度，直至稳定为止。 (3) 仪表定期校验。	(1) 4 米长铬—铝热电偶 2 支。 (2) 仿苏 MH—38 型铬—铝用毫伏计一个。
8	炉渣成份测定	每次在开风后的 1.5~2.0 小时和 3.5~4.0 时的二段时间内，在放渣初期用小包各取一个渣样，进行分析。	取渣小包 1 个。
9	剩铁剩焦	每炉次剩铁都过磅；剩焦用容积法核算重量。	

2. 試驗数据的整理

从統計的观点出发，我們对标志冲天炉效果的几項主要指标，按照下列方法处理各項数据。

(1) 出铁溫度(均为热电偶插入 2 吨铁水包中測量数值)：

① 实际铁水溫度值 = 測量毫伏数，查表得出的溫度 + $1/2$ 热电偶冷端溫度值。

試驗的铁水溫度，均以实际铁水溫度值表示之。該值与測得毫伏数加冷端溫度毫伏数，查表核出的溫度值比較，誤差仅为 $+1^{\circ}\text{C}$ 。

② 平均出铁溫度：取开风后 1 小时起至加料停止这一段时间內，所測各次溫度的算术平均值。

$$t_{\text{平均}} = \frac{t_{n1} + t_{n2} + \cdots + t_{n-1} + t_n}{n}$$

③ 出铁溫度波动范围：取計算平均出铁溫度同一時間間隔內的最高和最低溫度来表示。

(2) 元素烧損：

① 元素烧損率平均值，取各炉次烧損率的算术平均值。

② 元素烧損波动范围，用各炉次最高与最低烧損率表示之。

四、試驗結果对比

試驗的 40 余炉次中，可以进行对比的有三排风口主輔倒置和大間距二排小风口送风对比，大間距二排小风口不同风口面积分配比之間之对比，以及大間距二排小风口送风的条件下改进操作的对比。

由于試驗是在同一座冲天炉上进行的，尽管生产条件变化无常，但是在控制比較严格以及記錄詳尽的情况下，以統計数据为依据，来进行分析，看来还是具有很大的现实意义。下面将分別列举出各項試驗結果：

(一) 三排风口主輔倒置与大間距二排小风口送风（以下簡称三排与二排）試驗是以原三排风口熔炼工艺参数为基础的（參見表 6）二种送风方式，风口系統参数如表 9。在同一操作条件下进行了 6 炉次的对比試驗，除 I—2 炉次的送风量偏低和焦类质量較差以外，其余各炉次的

表 9

类别	送风方式特点	风 口 主 要 参 数							实际送风量 米 ³ /分	送风强度 米 ³ /米 ² 分	风箱风压 毫米水柱
		排 序	尺 寸 (毫米× 度×个)	排 距 (毫米)	Σf f (以熔 化 截 计算)	Σf_1 F %	Σf_2 F %	Σf_3 F %			
Ⅲ	三排小	1	$\Phi 30 \times 0 \times 4$	200	1:35	17	36	47	68~73	120~ 130	1440 ~ 1550
	风口主	2	$\Phi 35 \times 0 \times 6$								
	辅助倒置	3	$\Phi 40 \times 0 \times 6$	300							
Ⅱ	大间距	1	(36×30)	700	1:35	60	40	—	68~69	104~ 121	1430 ~ 1500
	二排小 风口	2	$\Phi 37 \times 0 \times 6$								

条件基本一致，送风强度为120米³/米²分，风箱风压为1430~1500毫米水柱，层焦铁比均为1:5.2~5.4；在这种条件下获得如下结果。

1. 出铁温度：

三排与二排典型炉次的出铁温度曲线，如图3所示，图中表明：三排第一包出铁温度较低(1420℃)，温升速度慢，1.5小时以后才能达到1480℃，而且随即又趋于下降，二排的特点首先表现在第一包出铁温度高(1480℃)，温度波动小；其次是后期还出现温度回升现象。

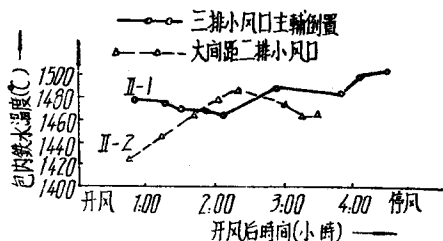


图3 铁水温度变化曲线图。

汇总各炉次出铁温度，同样看出上述趋向，参见图5，三排风口出铁温度在1440~1490℃范围内波动，出铁初期，温度逐渐上升，大约三小时以后，又趋于下降。

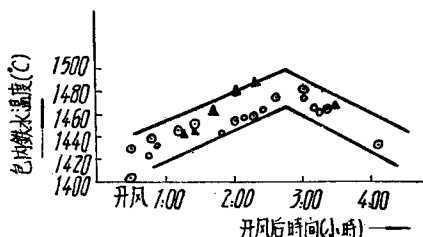


图4 三排小风口主辅倒置铁水温度变化图。

二排风口，一般出铁温度为1440~1500℃。虽然平均温度并不比三排高得很多，但是前者升温速度快而平稳，并且显示出熔化时间愈长，温度逐步增高的特点。

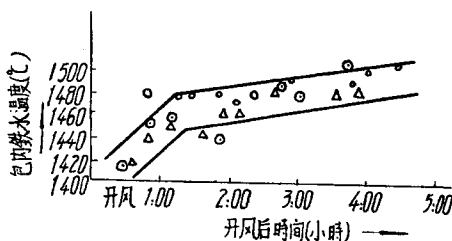


图5 大间距二排小风口铁水温度变化范围图。

2. 元素烧损

本阶段元素烧损的试验，是以Ⅱ甲牌号铁水来计算的。二种送风方式，在增碳率方面，不相上下，平均增碳率，约为25~30%，但二排小风口增碳率，波动范围较大，参见图6。

二种送风方式，硅的烧损不相同，三排风口送风的情况下，一般为6~8%，平均烧损率为7%，而二排小风口，一般为12~18%，平均为14%。后者硅的烧损约高一倍。

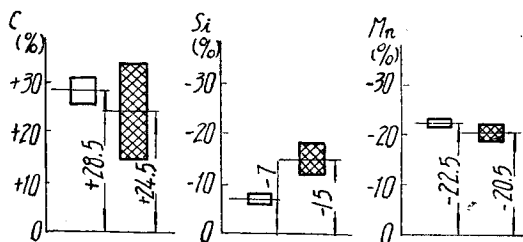


图6 30%废钢的铁水元素增减率图。

表示三排小风口主辅倒置 表示大间距二排小风口

锰的烧损情况，二排送风方式相差太大：一般均为20~22%。

3. 熔化率

三排风口平均熔化强度，为9.2吨/米²小时。二排小风口为8.6吨/米²小时。根据一般规律来判断，在其他条件大致相同的情况下，熔化率与出铁温度有着反比的关系，前叙二排出铁温度高于三排，显然与熔化率偏低有关。

4. 炉衬侵蚀：

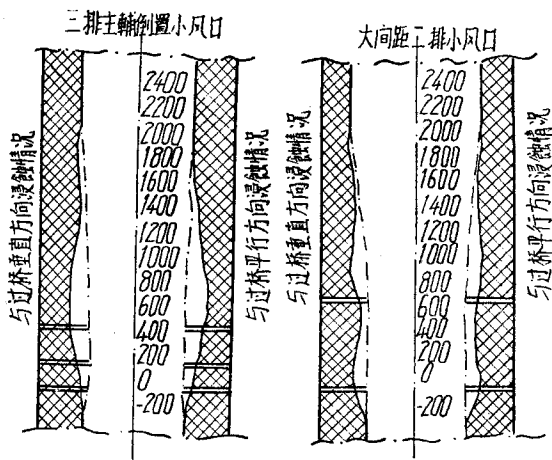


图7 炉衬侵蚀示意图。

两种送风方式的炉衬浸蚀情况，有很大差别，具有代表性的炉衬浸蚀情况，如图 7 所示；从图中可以看出，三排风口送风时，最大浸蚀部位在第一排风口以上 600~700 毫米处(或第三排风口 150~200 毫米)。二排风口浸蚀截然不同，它出现了二个最大浸蚀区。每个最大浸蚀区，都位于相应的各排风口以上 200~250 毫米的地方，它们之间的间距，一般为 700~900 毫米。试验各个炉次的浸蚀数据列于附表 1 中。

从各炉次平均的耐火砖耗量来看，二者相近似；三排平均为 7.1 块/吨，二排为 7.2 块/吨(中修除外)，但是，从最深浸蚀处浸蚀速度来对比，则由于三排集中浸蚀，浸蚀速度 $V_s = 3.1 \sim 3.4$ 毫米/小时，二排为 2.3~2.8 毫米/小时，前者比后者浸蚀速度大 25% 左右。这意味着，二排风口送风可以延长炉衬连续使用时间 25%。

综合上述各项对比结果(参见附表 2)，可以明显的看出，在熔炼条件基本一致的情况下，大间距二排小风口送风，具有如下的特点：

- (1) 出铁温度稳定，平均出铁温度约高 $10 \sim 15^\circ\text{C}$ ；
 - (2) 硅的烧损较大，约为 12~18%；锰烧损与三排近似；
 - (3) 平均熔化率稍低，与三排比较约低 10%；但熔化强度仍能达到一般水平(8.3~9.0 吨/米²小时)；
 - (4) 最大浸蚀区有二个，浸蚀较均匀；
 - (5) 平均热效率比三排高，前者为 29%，后者为 27.7%。
- (二) 大间距二排小风口，调整风口面积分配比的试验：

每排风口面积分配比的变化，实质上是调整送风量的问题，我们调整风口面积分配比的目的，是希望在保证温度不降的前提下，减少 I 甲铁水的元素烧损。共试验了三种不同风口面积分配比，其参变数如表 10 所示。现将试验结果分别叙述如下：

1. 出铁温度：

三种不同风口面积分配比的典型出铁温度曲线如图 8 所示，图中曲线表明： $\frac{\sum f_2}{\sum f_1} = \frac{50}{50}$ 与 $\frac{40}{60}$ 的前期出铁温度大致相同，而后期 $\frac{\sum f_2}{\sum f_1} = \frac{40}{60}$ 比较稳定。

表10

序号	风口面积 分配比	风口主要参数						实际送风量 米 ³ /分	送风强度 米 ³ /米 ² 分	风箱风压 (毫米水柱)
		排 序	尺 寸 (毫米 × 度 × 个)	排 距 (毫米)	$\frac{\Sigma f}{F}$	$\frac{\Sigma f_1}{\Sigma f}$	$\frac{\Sigma f_2}{\Sigma f}$			
					(以熔 化带面 积计)	(%)	(%)			
1	$\frac{\Sigma f_2}{\Sigma f_1} = \frac{50}{50}$	1	(58×30) ×0°×4	650	1:40	50	50	68~70	100 ~ 125	1420 ~ 1450
		2	Φ37×0° ×6	660	1:45					
2	$\frac{\Sigma f_2}{\Sigma f_1} = \frac{40}{60}$	1	(69×30) ×0°×4	670	1:40	60	40	68~70	120 ~ 125	1440 ~ 1490
		2	Φ33×0° ×6	700	1:45					
3	$\frac{\Sigma f_2}{\Sigma f_1} = \frac{60}{70}$	1	(81×30) ×0°×4	650	1:40	70	30	68~70	120 ~ 125	1420 ~ 1450
		2	Φ29×0° ×6	670	1:45					

$\frac{\Sigma f_2}{\Sigma f_1} = \frac{30}{70}$ 的前期出铁温度较高，温高速度快，一般出铁温度为：1480~1500°C，较前二种分配比高10°C左右。

汇总各炉次出铁温度的数据，同样表明典型曲线所指出的趋势。参见图9 A、B、C。

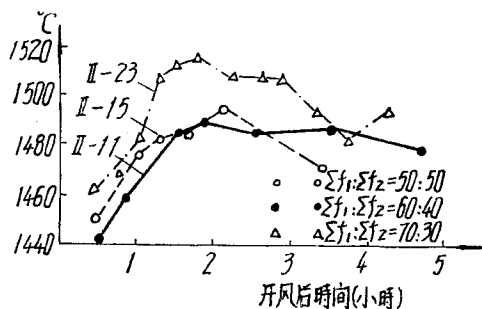


图8 大间距二排小风口不同面积分配比的出铁温度曲线。

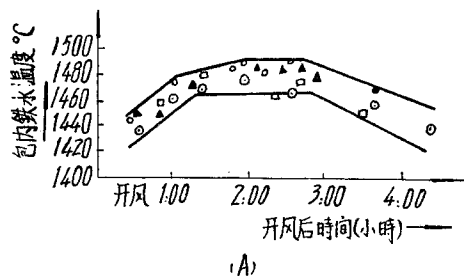


图 9 A $\frac{\Sigma f_2}{\Sigma f_1} = \frac{50}{50}$ 出铁温度变化曲线。

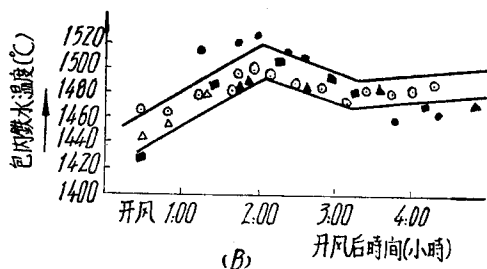


图 9 B $\frac{\Sigma f_2}{\Sigma f_1} = \frac{40}{60}$ 出铁温度变化曲线。

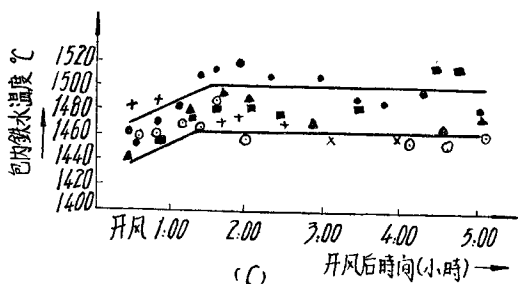


图 9 C $\frac{\Sigma f_2}{\Sigma f_1} = \frac{30}{70}$ 出铁温度变化曲线。

2. 元素烧损, 本阶段试验是以 I 甲牌号铁水来计算的, 与 II 甲相比, 由于含硅、锰、量较低, 相对烧损率较高 (参见前一阶段试验结果如图 6)。

三种不同风口面积分配比的元素烧损情况, 如图10所示。从图中看出:

$\frac{\sum f_2}{\sum f_1} = \frac{40}{60}$, 与 $\frac{30}{70}$ 的增碳率相差不多, 前者平均为 51%, 后者为 49.5%。 $\frac{\sum f_2}{\sum f_1} = \frac{50}{50}$ 的增碳率, 显得特别高(87%)。这是因为 $\frac{50}{50}$ 的几炉次试验中, 废钢加入量, 由一般的45%增加到55~60%因此不能与上述两种风口配比进行直接对比。

硅的烧损以 $\frac{\sum f_2}{\sum f_1} = \frac{40}{60}$ 最大, 其平均值达到, 32%, $\frac{50}{50}$ 与 $\frac{30}{70}$ 的烧损率基本属于同一数量级, 前者约在10~26%范围内波动, 后者为12~19%, 其平均值分别为18%和16%。

锰的烧损情况类似于硅的趋向, 即 $\frac{\sum f_2}{\sum f_1} = \frac{40}{60}$ 的平均烧损率最高, 达到35.5%。 $\frac{50}{50}$, $\frac{30}{70}$ 大致相同, 分别为23%和25.8%; $\frac{\sum f_2}{\sum f_1} = \frac{50}{50}$ 偏低一些。

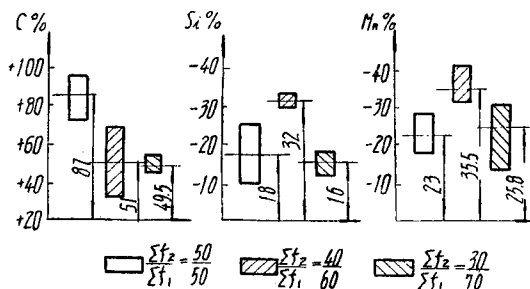


图10 不同风口面积分配比对元素烧损的影响。

3. 熔化率: