



煉鋼手冊

· 四分冊 ·

土法冶煉矽鐵
土法冶煉錳鐵

南京市冶金工業辦公室編

南京人民出版社

炼 鋼 手 册

四 分 册

土法冶炼矽铁

土法冶炼锰铁

南京市冶金工业办公室編

(南/京人/民出/版社

炼 钢 手 册

• 四分册 •

土法冶炼砂铁
土法冶炼盘铁

南京市冶金工业办公室编

南京人民出版社出版
南京太平路杨公井一号

南京市新华书店发行 建设印刷厂印刷

开本787×1092 $\frac{1}{32}$ 印张1 $\frac{5}{16}$ 字数29,100

1958年10月第一版

1958年10月南京第一次印刷

印数1—5,000

统一书号 15100(宁)·6

定价：(7) 一角三分

目 录

土法冶炼砂铁	冶金部钢铁研究院耐火材料室..... 1
冶炼砂铁初步总结	鞍山炼铁厂..... 6
高爐冶炼鑄鉄經驗	石景山鋼厂..... 20
1200KVA电爐冶炼砂鉄技术操作規程	天津鋼厂..... 29

土法冶炼矽鉄

冶金部鋼鐵研究院耐火材料室

土法炼制矽鉄，不用电最大特点为破除炼制矽鉄必需用电爐的迷信，并且，建設快，投資省，都可以遍地开花。如果坩堝質量好利用小烟囪自然通风及閘門調节，爐温可能更高效果可能更好。

矽鉄的制造是用焦炭在高温时还原石英岩中的二氧化矽成为金屬矽，金屬矽再与熔化的鉄水合成为矽鉄。制矽鉄时温度愈高含金屬矽量也愈多。下面介紹一下土法制造矽鉄的过程：

一、設 备

土法制造矽鉄的設備有加热爐、热风爐、木制风箱和焦炭粘土坩堝。加热爐及热风爐各附有2市尺8寸或3市尺2寸的风箱。

1. 加热爐：加热爐的内壁用普通耐火磚砌成，外壁用紅磚或青磚砌成。爐条用直徑約10公厘的鉄棒或生鉄棒。各根爐条之間的距离为20公厘左右。砌爐用磚縫要鋪滿泥，防止爐体漏风，以免影响爐温上升。加热爐形状，尺寸大小如图1。

教

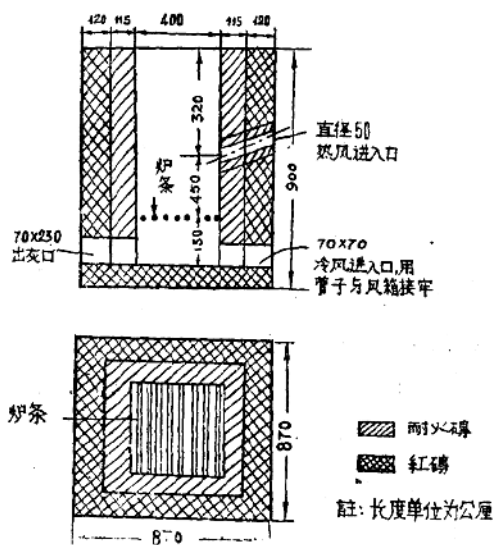


图1 加热爐

2. 热风爐 热风爐的爐体全部用紅磚砌成, 用鉄条作爐篦子, 各爐条之間相距約30公厘。在爐条上面50公厘处装热风管, 热风管系用直径50公厘的鉄管或生鉄管接成乙形, 最好要用生鉄管。热风管导热面积約为0.5—0.6平方公尺。热风爐結構如图2, 加热爐、热风爐及风箱連接結構見图3。

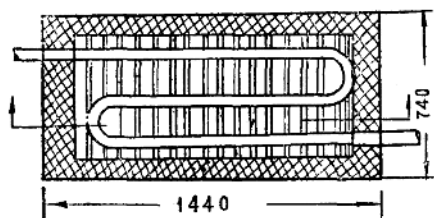
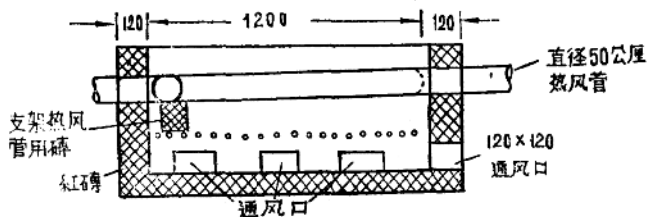


图2 热风爐

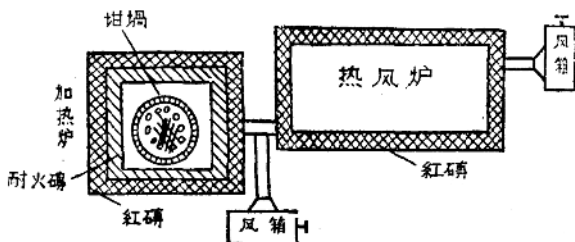


图3 加热爐热风爐的联接图

二、操作过程

土法制造矽铁的原料是用鋼屑或生鉄碎屑、石英岩碎块及焦炭三种材料。鋼屑系用車床或刨床切削下来的碎屑。石英岩

要破碎至10公厘左右，焦炭粒度为3公厘以下。三种材料按下列比例配合：

石英	100分
鉄屑	60分
焦炭	60分

把三种材料混匀后装入坩埚内(坩埚制造方法附后)。装满坩埚后在料层最上面盖一层焦炭粉。将已装满料的坩埚放在加热爐中央，坩埚距爐壁要一致，同时使坩埚底距爐条为150—200公厘的高度。可用耐火磚将坩埚垫起来。这样就能使坩埚处在爐内最高温度处(见图4)。随后即可点火，先把装在坩埚四周的木柴燃着，稍稍用风箱鼓风，此时火不可大以防止坩埚炸开。然后即加焦炭，焦炭块度不可太大，以30公厘块度为宜。待焦炭燃着后再繼加焦炭，直加到焦炭盖过坩埚为止。全爐焦炭都燃着后开始鼓入热风，同时尽量鼓入冷风。使爐温提高促使石英分解，每隔10—15分鐘用鉄通条沿爐壁把焦炭块通下，切勿碰着坩埚，以免打碎坩埚。然后繼加焦炭。三至四小时后停风，扒出盖在坩埚上部的焦炭，用坩埚鉗子把坩埚輕輕夹出来。

这样制得的为顆粒状砂鉄，同爐出来的豆粒状砂鉄含砂量最高者为40%，最低者为10%左右，平均为20%左右。为提高砂鉄的产量可采用多坩埚的加热爐。同时可节省燃燒焦炭。

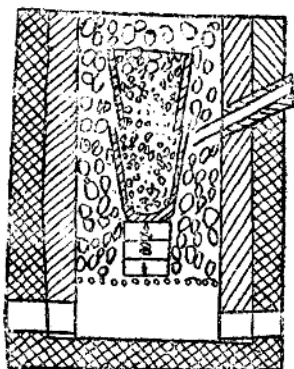


图4 坩埚在加热爐内情况

三、土法制造焦炭土坩堝的操作要点

1. 原料：所用原料为焦炭及結合粘土即耐火粘土。焦炭要破碎至1公厘以下。配合比例为：

焦炭粉	60—50份
粘土	40—50份

先干混均匀，再加約10份的水极力混合均匀。

2. 成型：将配好的泥料在木模內加一层，其厚約为50公厘，用木板和鉄錘打紧。然后扒松表面再繼加一层料，打紧后再扒松表面，又繼續加料。这样即可打好坩堝并使每层料間接合良好沒有裂縫。打平坩堝表面即可脫模。脫模时先脫出木型圓柱心子，再輕輕拆开木模外套。脫出的坩堝要輕輕托底移至烘干处。

3. 坩堝外表涂层：将已干的坩堝在外表涂一层厚約2—5公厘的耐火泥土浆（泥浆內应有50%的小于1公厘的耐火土熟料細粉）。这样可防止坩堝在爐內燒掉。涂好泥浆再干透后使用。

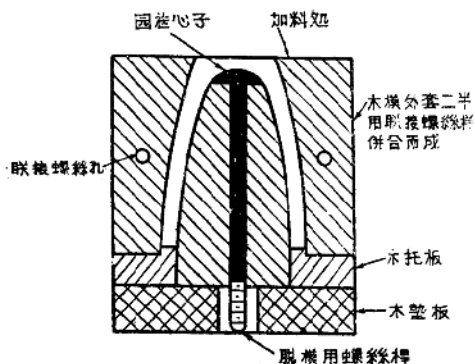


图5 坩堝在加热爐內的位置

脫模时拿去木墊板，在木托板上放二块高出木心子的木块，在二木块上架一有中孔的鉄条，把中心孔套在脫模用螺絲杆上，然后在螺絲上扣上螺母，擰轉螺母即可移出圓柱心子。然后再拆开木模外套。

冶炼矽鉄初步总结

鞍鋼炼鉄厂

鞍鋼炼鉄厂于1951年5月开始在試驗爐进行矽鉄冶炼，試驗爐的剖面結構如图1所示，以后随着外部的需要，矽鉄的冶炼时断时續。現将其实际冶炼情况分述如下：

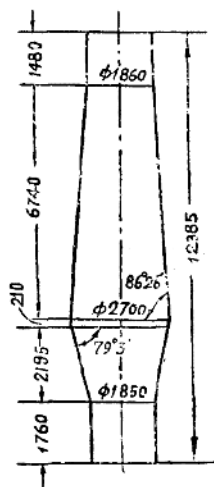


图1 試驗爐剖面

一、冶炼矽鉄的一般理論根据

在高爐冶炼条件下，矽进入生鉄有两个来源，一为从自由状态的 SiO_2 中还原出来的矽，另一为从矽酸盐中还原出来的矽，第一种情况下矽的还原总反应可写成下列方程式： $\text{SiO}_2 + 2\text{C} + \text{Fe} = \text{FeSi} + 2\text{CO} - 132490$ 大卡，每还原1公斤矽时吸收的热量为4730大卡，而在第二种情况下面矽的还原須要更多的热量。

因而冶炼砂鉄須具有高的爐温，但在高爐中由于不能获得更高的温度以及高温区較小的原故，限制了冶炼含砂較高的砂鉄。利用高爐所冶炼出的砂鉄含砂大都在10—13%，再高就比較困难了，为了在高爐中能获得比較高的爐温和能得到較高的含砂，冶炼砂鉄时必须遵守以下原則：

1. 使用难熔的含 Al_2O_3 較高的爐渣，或含 SiO_2 較高的爐渣，这种渣熔点都比較高，能夠获得較高的爐温以利于 SiO_2 的还原。

2. 选用易还原的矿石(为难熔化的脈石的貧鉄矿)，这样在 SiO_2 熔化之前 FeO 就已經还原了，所以可以保証 SiO_2 不熔化的而呈自由状态存在于爐料中，这样就有利于Si的还原。

3. 采用較高的焦比。

4. 使用高的热风温度。

二、砂鉄的冶炼

試驗爐冶炼砂鉄是在1951年5月24日开始的，由炼錳鉄改为炼砂鉄，因为我們沒有炼砂鉄的經驗，又沒有比較有系統的詳細的有关炼砂鉄的資料，所以在事前的准备工作是不夠周密的。炼砂鉄后，檢驗室的化驗工作也存在着許多問題，如分析不及时，五日后始能化驗出試样的成份，这样也使沒有經驗的我們掌握爐况更感困难了。

从1951年到1957年在砂鉄的冶炼中，若以其造渣制度来分，可以分为两个阶段：

1. 高 Al_2O_3 碱性渣。

2. 高 SiO_2 的酸性渣。

在第一阶段中，所使用的矿石，是以含 Al_2O_3 較高的許家屯貧赤鉄矿为主，第二阶段中所使用的矿石主要是含 SiO_2 較高的

含 Al_2O_3 較低的貧赤鐵礦，如東鞍山、西鞍山、大孤山、櫻桃園、弓長嶺等貧赤鐵礦。

高 Al_2O_3 鹼性渣冶煉：

①原料成分：鐵礦石是使用許家屯貧磁鐵礦，成分見附表，焦炭灰分14.15%。

②操作制度的選擇：

1)生鐵含矽15.0%。

2)焦比：4.0。

3)渣成分：採用蘇聯巴甫洛夫的高氧化鋁鹼性渣：

SiO_2	Al_2O_3	$\text{CaO} + \text{MgO}$
30.0%	20—22%	43—45%

③操作情況：

系數	焦比	強度	渣比	風溫	作業率
4.69	4.00	0.853	—	770	93.8

生鐵成分				渣渣成分				煤氣成分		
Si.	Mn.	P.	S	SiO_2	CaO	Al_2O_3	MgO	CO	CO_2	CO/CO ₂
13.06	4.39	0.545		30.73	40.33	24.03	2.12	36.5	1.7	21.5

④操作上的困難：在操作上由於我們選用了高氧化鋁渣(鹼性)進行冶煉，渣中 Al_2O_3 經常在20%左右。當時礦石中 Al_2O_3 的波動較大，渣中 Al_2O_3 的含量最高竟達到30.4%。渣子的流動性很壞，高爐操作遇到嚴重的困難，結果造成爐缸隆起，出渣出鐵困難，同時因為礦石含磷較高，所以矽鐵中含磷平均在0.5%以上，而不合乎矽鐵質量要求(要求 $P < 0.2\%$)。當發現渣子流動性不好時，即逐漸提高渣中MgO的含量，在7.0%左右，而渣子的流動性並未見有所改善，從而我們認為巴甫洛夫的高氧化鋁渣在鞍山的冶煉條件下是不很適合的。

由以上原因，我們認為許家屯赤鐵礦煉矽鐵不适宜，而遂於五月三十一日改為使用西鞍山赤鐵礦。

高SiO₂的酸性渣冶炼:

①原料成份: 矿石是使用含Al₂O₃較低的貧赤鉄矿如 西鞍山, 东鞍山等矿石, 焦炭灰份14—13%(矿石的成份見附表)。

②操作制度的选择:

1)生鉄含砂10—12%。

2)焦比, 3.0。

3)渣成份采用巴甫洛夫的高SiO₂渣:

SiO ₂	Al ₂ O ₃	CaO + MgO
------------------	--------------------------------	-----------

40—42%	10—12%	43%
--------	--------	-----

③操作情况及其所遇到的問題: 鞍鋼砂鉄的冶炼大部分采用高SiO₂渣, 各个期間的生产技术指标, 可詳見附表, 在使用高SiO₂渣冶炼期間, 操作較順, 我們認為这种渣是适于炼砂鉄的, 因为它含有适量的SiO₂, 虽然渣的熔点不很高, 但它具有給砂更多的还原机会, 同时又因为碱度低, 所以渣子的流动性較好, 而防除了在高Al₂O₃时的爐缸隆起現象。

含SiO₂較高的貧赤鉄矿也有它的缺点, 即爐内渣量太多, 耗热量大, 因而后来为了減少渣量, 降低焦比而采用了一部分碎鉄来代替鉄矿石, 渣比由最高的7降至0.33。

冶炼砂鉄时, 操作上遇到的最大問題は悬料和爐頂結瘤, 当时爐頂結瘤是冶炼砂鉄的最大故障。

三、冶炼砂鉄的有利操作制度的选择

砂鉄的冶炼在我厂是时断时續的, 每个时期使用的矿石也不一样, 因而操作制度也有所不同。根据历次的冶炼, 我們对砂鉄的冶炼有以下几个原則性观点。

1. 造渣制度: 渣成份的选样, 基于三个原則: ①使不进入生鉄或煤气的物質結合起来, 成为液体的爐渣, 并能从高爐流

出。②能除去金屬中的硫。③幫助和阻止某些元素進入金屬鐵中，在煉矽鐵時，為了滿足以上的三個要求。根據文獻最好採用高氧化鋁渣，所以在開始煉矽鐵時，我們採用了高氧化鋁鹼性渣，結果所產生的渣子達不到第一個要求——從高爐不能自己流出來。因此我們認為這種渣在鞍山的條件下不適合煉矽鐵，所以便選用高SiO₂的酸性渣，雖然它達不到象高Al₂O₃渣那樣高的溫度，但它可以給Si更多的還原機會，這樣也能獲得較多的矽，實踐證明，這種渣可煉出很多矽鐵來。

高SiO₂渣與高Al₂O₃渣的冶金性能比較。

	SiO ₂	Al ₂ O ₃	CaO+MgO	熔化熱(卡/公斤)	粘 度(泊),		
					1600°C	1500°C	1400°C
高氧化矽渣	44.15	7.88	44.23	365	2.0	4.0	9.0
高氧化鋁渣	45.85	8.21	45.95		2.0		
高氧化矽渣	39.13	12.74	47.46	355	2.0	4.0	8.0
高氧化鋁渣	39.33	12.89	47.78				
高氧化矽渣	30.73	24.03	42.45	380	3.0	6.5	凝固
高氧化鋁渣	31.61	24.73	43.66				

从上表不难看出高氧化鋁渣不易流動，當1400的時候就凝固，所以它給爐前工作帶來很大的困難。

當礦石和焦炭中的硫黃不高時，渣鹼度可維持在0.95—1.02之間，若礦石中含硫較高，鹼度應適當的提高，如1957年7月份的操作，因王家堡子礦石含硫較高並為磁礦，所以冶煉這種礦石時，提高了渣鹼度，但生鐵的含硫平均較其他各階段仍較高，總之，渣成份的波動是依據上面的三個原則來確定的。

2. 適宜的渣鐵比：煉矽鐵時，渣比通常是0.8—1.0或更高，一般文獻均認為應保持較高的渣比，否則有礙與矽的還原。在初煉矽鐵時，我們採取了較高的渣比，但渣量多時，要消耗巨大的熱量，所以初期的焦比甚高。以後為了降低焦比，我們逐漸採用一部分碎鐵，以減少渣量，渣量由一噸以上減至半噸以下，

有一阶段仅0.33吨，而并未因渣量减少而炼不出砂铁来。该阶段每吨铁耗用700公斤以上的碎铁，所以焦比仅为1.329，约降低20%左右。在1955年5、6月份，渣量最少（0.37—0.33吨/吨铁），而生铁中含砂仍高，这主要的是由于爐料中的碎铁较多，而碎铁有利与砂的还原，因为碎铁是金属状态存在的，此时 SiO_2 熔融成渣较困难，因为只有在 FeO 存在时 SiO_2 和 FeO 结合才容易，所以此时 SiO_2 能更多以自由状态存在，这样就有利于Si的还原。所以炼砂铁时可采用一部分碎铁，但亦不宜过多，否则爐缸温度不易控制，同时砂也会降低。

根据实践证明：炼砂铁时也不须维持太高的渣量，每吨铁能保持500—800公斤，渣量可以保证有足够量的砂进入生铁中。

四、冶炼砂铁所遭遇的困难

在初炼砂铁时，由于高 Al_2O_3 渣流动性坏，出渣出铁工作失常，經改用高 SiO_2 渣后，爐前操作一切正常，但爐内經常产生悬料和結瘤，前者是后者的征兆，結瘤的位置大部分在料綫零点下1.5—2.0公尺处，形状多成环形，爐瘤組織疏松，結瘤最严重时，每周必須打一次，甚而一周两次，这样严重地影响了作业率。51—53年結瘤比較严重。今将炼砂铁后，首次結瘤的情况介紹如下：5月24日改炼砂铁，6月分即不断产生悬料，而最严重的有两次。一次是6月6日至7日，共悬料23小时。一次是6月18日起先后連續約7天之久，在此期間，时好时坏，悬了坐，坐了又悬，初期的悬料是风压升高，风量减少，爐頂煤气压力低，处理悬料的方法是減风温減风量和坐料，以后坐料也坐不下来，即采取从鉄口渣口噴焦炭以后再坐料，也坐不下来，直至25日，我們发现爐料在上部有卡着的发现：当小风吹的时候，风量、风压记录波动甚小，但料尺始終不下降。若增加风量时，則风压升高，

风量反而减少,这说明爐子不接受风量,在25日3时,风压突然下降,风量升高,爐喉温度升高,然料尺仍不下降,因而我們推測爐料有在爐喉卡住的可能,并决定休风检查爐頂。

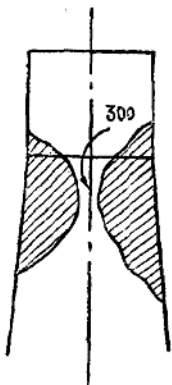


图2 試驗爐爐頂結瘤情况

当爆发口打开后发现爐頂布料情况如图2所示,爐料粘結在料棧1.5—2.0米的地方,而成一环形,爐喉中心仅剩300公厘的空隙,从而推知以前的悬料乃是由于爐瘤所致。

由于未能及时判断出爐頂結瘤,因而使高爐蒙受了重大的損失,以后由于多次結瘤,我們已掌握了爐頂結瘤的象征。即:

- (1) 风量、风压稳定,但不能維持正常的风量。
- (2) 爐料不下,坐料仍不能使爐料下降。

每当遇到爐頂結瘤时(象征)首先坐料,連續两次坐不下,即空料和渣口、鉄口噴焦,使下部的焦炭很快的燒掉,以后坐料,休风后打爐瘤,这样料面可降至瘤根以下,以利打瘤,因为結瘤的机会很多,我們准备了一些打瘤工具,再加上休风前作好打瘤的准备工作,打瘤的时间可以縮短,一般均在一小时以内,同时因

为爐瘤內含有很多的 SiO_2 ，所以为了防止爐瘤料下来后，渣子变酸和硫黄升高，而在爐瘤料上面附加一些石灰石，这样可以避免渣碱度的波动和保证了砂鉄的质量。

五、砂鉄結瘤的原因

1951年5月开始炼砂鉄，而6月分就开始出现結瘤，而結瘤的情况又很严重，1953年以前炼砂鉄时，每月都打一次到两次瘤，下面是1953年炼砂鉄时爐瘤的成分：

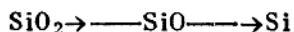
	TFe	FeO	Fe_2O_3	SiO_2	Al_2O_3	CaO	MgO	燒碱
№1	24.02	0.42	34.10	32.60	4.51	11.48	0.80	7.51
№2	5.36	6.18	0.08	62.28	4.72	19.72	1.68	1.12

当1951年爐頂結瘤时，我們认为是由于矿石粉末太多，同时冶炼砂鉄时爐頂温度又高（ 550°C — 600°C ，有时超过 600°C ），因而这些粉末很容易融成半融熔状态，粘于爐壁上，以致造成爐瘤，同时炼砂鉄时我們又认为爐頂布料不好，边缘重，以及下料速度不均匀（开启大鐘的速度不一致）。除此而外，我們也为了减少悬料和消除爐頂結瘤曾請教哈尔滨工大教授苏联专家麦赫坦克，他说苏联炼砂鉄也是一样容易結瘤，而且結瘤在同一部位原因直到现在还没研究出来（作者注：这在1951年的事，现已可能找出原因）。

在目前的情况下我們认为炼鉄爐頂容易結瘤有两种解释：

①炼砂鉄时爐頂温度高不适于使用粉末多的矿石，否则粉矿很容易粘結在坩埚上造成爐瘤。

②炼砂鉄易于結瘤，乃是 SiO 的升华所致，盖尔特之試驗証明， Si 有两种氧化物，一为 SiO_2 ，一为 SiO ，其还原顺序为：



SiO 蒸汽压力很大，易于挥发，在 1880°C 时 SiO_2 氧气压力