

全国稀土推广应用会议

资料汇编

稀土火法冶金部分

(内部资料·注意保存)

包钢冶金研究所资料汇编小组

1975

全国稀土推广应用会议

资 料 汇 编

稀土火法冶金部分

(内部资料 注意保存)

包钢冶金研究所资料汇编小组

全国稀土推广应用会议资料汇编

编辑出版 包钢冶金研究所资料汇编小组

印 刷 冶 金 工 业 出 版 社 印 刷 厂

毛主席语录

一个粮食，一个钢铁，有了这两个东西就什么都好办了。

中国人民有志气，有能力，一定要在不远的将来赶上和超过世界先进水平。

独立自主，自力更生。

鼓足干劲，力争上游，多快好省地建设社会主义。

编 者 的 话

由国家计委、科学院和冶金部在包头共同主持召开的“全国稀土推广应用会议”已经胜利地结束。会议期间代表们认真地学习了毛主席和中央首长的重要指示，总结了十多年来稀土工作所取得的成绩，广泛地交流了第二次“4.15”会议以来的丰富经验。大家一致认为，通过这次会议开阔了眼界，统一了思想，提高了认识，并决心在毛主席革命路线的指引下，协同作战，努力奋斗，争取在较短的时间内，把我国稀土科研、生产、应用提高到一个新的阶段，达到一个新的水平，为社会主义革命和建设作出更大的贡献。

鉴于会议期间交流的技术资料份数有限，未能满足各单位的需要，特别是会后对稀土推广应用工作积极性很高，许多单位来函索取有关资料。根据上级指示，我们汇编了这套资料。按专业分为：稀土湿法冶金部分、稀土火法冶金部分、稀土在钢中应用部分、稀土在铸铁中应用部分、稀土在磁性材料等方面应用部分，共五个分册。我们选编的原则是普及与提高相结合，所选资料内容基本未做修改。但因收藏的资料有限，可能有些资料未收集入内，望同志们谅解。

由于我们水平有限，时间短促，工作难免有缺点和错误，希望同志们批评指正。

包钢冶金研究所资料汇编小组

一九七五年十一月于包头

目 录

矿热炉直接冶炼稀土硅铁合金试验报告 (1800KVA)	
.....南京铁合金三厂、包钢冶金研究所、包钢有色一厂	(1)
碳化钙、硅热还原法制备钪基重稀土合金	.....北京有色金属研究院三〇二室 (16)
稀土中间合金冶炼工艺	.....包钢有色一厂 (21)
矿热炉冶炼稀土硅钙合金	.....包钢冶金研究所 (30)
试验初步总结	.....包钢有色二厂 (36)
3000A 熔融盐电解制取金属铈	.....上海跃龙化工厂 (49)
用NaCl代替KCl1800A 熔盐电解制取混合稀土金属	
.....北京通县冶炼厂、北京钢铁学院	(54)
在氟化物熔盐中电解氧化钆制取金属钆	.....包钢冶金研究所 (60)
氯化稀土电解过程中钐对电流效率影响的研究	.....上海跃龙化工厂、吉林应化所 (66)
熔盐电解法制取钐—钆合金	.....包钢冶金研究所 (78)
稀土—镁中间合金法还原制取某些重稀土金属	.....北京有色金属研究院三〇二室 (87)
由氧化钐富集物经镧热还原制取金属钐的试验	.....包钢冶金研究所 (92)
利用300KW 可控硅中频感应炉冶炼稀土金属	.....上海跃龙化工厂 (100)
包头稀土精矿球团回转窑焙烧试验报告	.....包钢有色一厂、包钢中央试验室 (105)
包头稀土矿高炉除铁—富渣炼合金试验报告	.....上海铁合金厂、包钢冶金研究所 (112)
稀土精矿矿热炉冶炼方法生产稀土硅铁半工业性试验总结	.....包钢中央试验室 (128)
制取六硼化镧的试验报告	.....包钢冶金研究所 (136)
制取单硫化铈的试验报告	.....包钢冶金研究所 (143)

矿热炉直接冶炼稀土硅铁合金试验报告

(1800KVA)

南京铁合金三厂 包钢冶金研究所 包钢有色一厂

前 言

根据冶金部(74)冶钢字1280号文下达的矿热炉直接冶炼稀土硅铁工业试验任务,本次试验由江苏省冶金局和包头钢铁公司共同负责,自七五年二月至六月在南京市重工业局所属南京铁合金三厂1800KVA矿热炉上进行,包钢有色一厂、大同合金冶炼厂应邀参加了本次试验。

包头矿稀土藏量之大,世界罕有。预计包钢正常生产以后,在精选铁精矿的同时,每年可产出低品位稀土精矿(R_xO_y 20%左右)数十万吨,此种精矿将取代目前矿山单独开采的富稀土中贫矿(R_xO_y 8%左右),作为冶炼稀土合金的原料,这给稀土合金生产开辟了丰富的原料来源,但也提出了选择合理流程的迫切任务。

矿热炉直接冶炼稀土硅铁合金是综合利用包头矿和稀土富渣的一项重要流程试验,它比现有硅铁还原法生产工艺具有不消耗大量短线物资硅铁、石灰,生产工艺简单等优点。近几年来,已先后进行了数次试验,给本工艺摸索出一些基本操作条件,大同合金冶炼厂自七〇年起已采用此法进行试生产,供应了部分用户的需要。

本次试验目的在于解决在矿热炉直接冶炼稀土硅铁合金时延缓或处理电极下SiC硬块生长的技术条件,改善技术经济指标,做到稳定连续生产,以期综合利用包头矿稀土资源和今后大规模生产稀土合金闯出一条新路。

试验在上级领导部门的亲切关怀和大力支持下,在铁合金三厂党支部的领导下,充分依靠工人阶级,组成了以工人为主体的三结合试验小组,广大工人同志以阶级斗争为纲发扬了吃大苦,流大汗,大干社会主义的革命精神,使本次试验取得了一定成绩,特别是精矿试验指标较好,可作为今后安排试生产的依据。

试 验 设 备

(一) 本试验所用矿热炉主要参数为:

炉壳外径	3700mm
炉壳高度	2400mm
炉膛内径	2650mm
炉膛深度	1100~1200mm
炉 衬	炭质材料、炉膛上部为粘土砖

炭质材料高度 600~700mm
 炭质材料厚度 365~500mm
 自熔电极直径 500mm
 电极极心圆直径 1350~1400mm

(二) 炉用变压器系太原变压器厂出品, 二次电压分为五级, 试验时采用二、三两级, 其有关额定值为:

一次电压 10000伏
 二次电压 76伏 80伏
 一次电流 94安 99安
 二次电流 12300安

试验时允许超负荷15~20%, 即一次电流不超过120安。

变压器采用水淋冷却。

(三) 浇注用小车采用5.5千瓦电动机拖动, 在轻轨上运行。浇注棚内备有3吨电葫芦一台及1.5吨容量的辟渣罐一只。

原 材 料

试验用原材料的化学成份及粒度见表1、表2。

表1 主要原材料的化学成份及粒度

原料名称	化 学 成 份 (%)											粒 度 (mm)
	RxOy	CaO	MgO	SiO ₂	Al ₂ O ₃	F	MnO	ΣFe	P ₂ O ₅	ThO ₂	TiO ₂	
中贫矿富渣	12.94	39.62	1.43	21.08	3.01	16.94	1.97	1.10	0.36	0.125		30~100
稀土精矿富渣	20.66	32.46	1.20	8.30	5.13	17.60	1.63	0.73	3.04	0.08	1.10	30~80
硅 石				99.50								30~80
石 灰	炼 电 石 用 石 灰											30~50
铁 屑	无油少锈无有色金属的硅钢片下脚料											

表2 还原剂的化学成份及粒度

还原剂名称	化 学 成 份 (%)				粒 度 (mm)	备 注
	水 份	挥 发 物	灰 份	固 定 炭		
白 煤	2.45	10.84	8.87	77.84	10~70	按包钢现行规程分析
焦 炭	2.29	0.06	14.88	82.83	10~25	"
焦 屑	0.89	1.26	16.22	81.65	5~10	"
西 钢 焦 炭	15.50	3.81	23.88	72.31	10~25	暴雨后测定、按干基计算

操 作 要 点

将符合试验要求的原料, 按试验配比称量后混匀。冶炼过程中要少加、勤加、加准料(刺火处), 开炉初要尽量控制料面, 不宜加料太快, 以利于电极深插。加料速度要控制在每小时2~3批, 保持料面透气性, 适时有钢钎(或木棍)透气, 特别是死料区及电极下部。

待炉内储存一定量合金时（3小时左右）即可出炉，出炉时不要加料及推移料面，合金和渣尽量放尽，堵好炉眼，防止“跑炉”。出炉后静置若干分钟，将合金浇注入锭模。

（操作规程详见附录二）

试验结果

（一）中贫矿富渣的试验

1. 还原剂的选择：

在固定每批原料中，中贫矿富渣100公斤，硅石62公斤的条件下，采用焦炭、白煤为还原剂，试验结果见表3。

表3 还原剂的选择

每批料中还原剂的品种与数量	加料批数 (批)	合金中平均稀土品位 (%)	稀土回收率 (%)	平均班产 (公斤/班)	电耗 (度/吨合金)
焦炭 43公斤	638	18.65	59.07	779	15760
焦炭 20公斤 白煤 30公斤	404	22.23	40.78	540	19370

从表3可以看出，还原剂全部采用焦炭，所得技术经济指标较好，冶炼周期也较长。

在试验中为使电极下插，曾采用每批料中配入30公斤焦炭，20公斤木炭为还原剂（富渣与硅石量不变）运行了四个班次，合金中平均稀土品位为19.04%，稀土回收率高达60%以上，电耗低于15000度/吨合金，各项指标是较好的，但考虑到木炭来源有限，用于工业生产未必合适，因而未进一步探讨。

2. 碱度的影响

本次试验所用中贫矿富渣在除铁时均未另行配加石灰石，其碱度约为0.7，远较两步法为低。试验中发现合金稀土品位偏低，粉化甚为严重，因此在固定每批原料中，中贫矿渣100公斤、焦炭43公斤条件下，调整硅石与石灰石的加入量，以观察碱度的影响，其结果见表4。

表4 碱度的影响

试验条件			加料批数 (批)	合金中平均 稀土品位 (%)	稀土回收率 (%)	平均班产 (公斤/班)	电耗 (度/吨合金)	渣重/合金重
每批料重(公斤)		配料 碱度						
硅石	石灰							
65	0	0.17	248	17.31	46.51	726	16790	未测
62	0	0.18	638	18.65	59.07	779	15760	2.21
62	5~10	0.23~0.28	212	19.45	55.80	734	17120	2.60

在试验范围内，随着配料碱度的提高，合金中稀土品位有所上升，合金粉化倾向有所改善，但由于石灰的加入，导致渣量增大，因而稀土回收率略有下降，电耗略有上升，故石灰加入量不宜过大。

3. 钢屑的影响

为控制电极下SiC硬块的生长速度，曾在试验中配用了一定量的钢屑，其结果与未配用钢屑的比较列于表5。

表 5 钢 屑 的 影 响

钢屑加入量 (公斤/班)	加料批数 (批)	合金中平均稀土品位 (%)	稀土回收率 (%)	平均班产 (公斤/班)	电 耗 (度/吨合金)
0	404	22.23	40.78	540	19370
90~180	424	16.59	46.14	754	15930

注：表3~表5所列数据均系该条件下停电小于一小时的班次统计而成，其中跑炉损失的合金已按平均产量补入，电耗中已考虑洗炉耗电量，未扣除R<17%的合金产量。

试验时每批原料中，中贫矿富渣100公斤，硅石62公斤、焦炭20公斤、白煤30公斤。

试验结果表明，钢屑的加入对控制料面，延缓电极下SiC硬块的生长是有明显效果的，合金稀土品位随之下降，但只要控制适当，用中贫矿富渣生产R>17%的合金，配入少量钢屑还是有可能的。

为满足广大球铁用户对低稀土硅铁镁合金的迫切需要，采用矿热炉生产低稀土硅铁合金，炉外冲镁的工艺，技术上是可行的。但由于电耗下降幅度所限，在经济上将不如矿热炉生产R>17%的合金，用坩埚炉配镁的工艺。

(二) 稀土精矿渣的试验：

根据中贫矿富渣试验找出的较好配比，考虑到稀土精矿渣含量较高，只进行了一个条件试验，其结果如表6。

表 6 稀 土 精 矿 渣 的 试 验 结 果

每 批 料 重 (公斤)				加料批数 (批)	合金中平均 稀土品位	稀土回收率 (%)	平均班产 (公斤/班)	电 耗 (度/吨合金)	渣重/合金重
稀 土 精 矿 渣	硅 石	焦 炭	钢 屑						
100	80~85	50	10	991	20.53	64.18	1025	10120	1.0~1.2

备 注 本表所列数据系正常冶炼条件下，将跑炉损失合金按平均炉产补入后统计而成，电耗中包括洗炉耗电量。

稀土精矿渣稀土含量较高，在生产时可配入适量的钢屑，硅石加入量也可相应有较大幅度的增加，因此比较好操作，料面容易控制，电极下SiC硬块生长较慢，炉况显然比中贫矿渣试验顺行，其各项技术经济指标也比较好，是综合利用包头低品位稀土精矿的一条可行流程，可以安排试生产，以便不断总结经验。

试验所产二次渣稀土氧化物含量高达10%左右，与目前中贫矿渣稀土含量相近，除应在试生产中不断改进配比与操作，进一步提高稀土回收率外，亦可考虑用矿热炉再行冶炼。试验末期曾将混有少量合金的二次渣（大部分为中贫矿渣试验的二次渣）按一定配比（混有合金的二次渣100公斤，硅石50公斤，焦炭30公斤）入炉冶炼，可获得R17%左右的合金，产量等指标尚可，为今后二次渣的处理提供了一条途径。

(三) 三个冶炼周期的数据统计

在本次试验中，电极下SiC硬块的生长只能延缓，均未消除，因而在试验条件转换时，往往需要清除电极下SiC硬块、洗炉，再另行开炉，给原材料、电力造成不少损失。试验中还有不少人因素如跑眼、包湿沸腾，非正常停电等影响到各项指标的恶化，特别是为处理炉况或洗炉加入的大量钢屑，严重的影响到产品合格率过低。现选用三个周期的主要指标（各种人为因素均已全部计入）列于表7。以示影响。

表 7 三个周期的主要指标

试验条件	运行周期 (天)	合金平均稀土 品位 (%)	稀土回收率 (%)	合金产量 (吨)	产品合格率 (%)	电耗 (度/吨合金)
中贫矿渣全焦试验	24	17.95	46.44	43.114	76.23	19130
中贫矿渣配煤试验	12	18.66	36.34	17.419	51.33	20502
稀土精矿渣试验	19	20.48	52.80	44.071	96.85	12130

•原料用完后再转炼

问 题 讨 论

(一) 延缓电极下SiC硬块生长的技术条件

矿热炉直接冶炼稀土硅铁合金得以顺利进行,关键在于控制和延缓电极下SiC硬块的生长。本次试验所产生的SiC硬块远较历次试验为大,重达1~1.5吨,其宏观组织与各部分的化学成份参见图1,表8。可见其组成中占绝大多数是粘料,这与炉底温度较低是有关系的。

表 8 电极下SiC硬块各部位主要化学成份

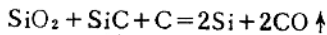
编 号	含量(%)	组 成				
		Si	Ca	Fe	Al	F
1		45.50	7.88	7.70	0.92	1.96
2		15.00	4.47	18.67	0.57	0.95
3		42.00	11.91	1.98	0.77	3.18
4		29.00	21.75	1.42	2.28	—
5		40.00	9.37	3.60	3.95	0.48
6		32.50	12.20	3.43	6.84	—
7		35.00	12.62	5.39	1.43	3.66

根据我们体会,欲延缓电极下SiC硬块的生长,可采取下列措施:

1. 在保证合金稀土品位合格的前提下,配入尽量多的钢屑,以便在SiC硬块形成前,就破坏它。其反应方程式为:

$$\text{SiC} + \text{Fe} \rightarrow \text{FeSi} + \text{C}$$

同时,在配料中可适当增加硅石量,以利电极深插,减少粘料下沉和塌料,且过量的硅石亦会促进SiC的分解。其反应方程式为:



本次精矿试验因配入了一定量的钢屑、硅石量也较大,对延缓SiC硬块的生长有明显效果。

2. 变压器功率与设备参数之间关系应力求恰当。本次试验所用设备与唐钢试验所用设备均为1800KVA,但电气参数和极心圆大小颇不一样,因而影响到电极下SiC硬块的形状,大小均不一样,现列表9。比较SiC硬块的宏观组成亦不一样,唐钢试验中SiC硬块是圆柱



图 1 电极下SiC硬块示意图

I 黑色结晶物质 SiC 成分较高
 II 极细的渣与合金混合物
 III 粘料,混有少量合金

形和电极形状相似，其成份以SiC为主，而本次试验SiC硬块甚大，除接近电极处有一部分以SiC为基体的黑色结晶状物质外，大部分为粘料和少量合金的堆积物。初步分析与本次试验中使用的实际功率小于1600KVA，极心圆过大，因而三角区温度较低，电极之间死料区也较大，使得冶炼温度偏低，特别是电极上抬后，炉底温度下降，大量高熔点的粘料就堆积下来是有关联的，因此在用矿热炉生产稀土硅铁合金时，对变压器功率，电极直径与极心圆直径之间的关系，要倍加注意，我们认为较好的参数参见下述讨论。

表 9 两次试验设备参数对SiC硬块的影响

试验设备	功率 (KVA)	二次电压 (V)	二次电流 (A)	电极直径 (mm)	极心圆直径 (mm)	控SiC时间 (天)	SiC硬块重量 (Kg)
唐 钢	1800	72	14460	520	1150	7~10	300
南铁三厂	1800	76	12300	500	1350	15	1000~1500

3. 原料的粒度要配合适当，矿热炉生产的主要原料稀土富渣、硅石、焦炭的粒度不要悬殊太大，以免形成不可避免的偏加料，即焦炭在电极周围富聚，大粒度炉料富渣、硅石滚入三角区和死料区。特别是焦炭粒度不宜过小，在精矿渣试验时，曾配用部分5~10mm的小焦，运行了两天，料面透气性差，容易翻渣，迫使电极上抬，加速了SiC硬块的生长，造成炉况显著恶化，后将焦炭粒度仍改为10~25mm，炉况才逐渐好转，因此在本次试验中，还原剂粒度选用10~25mm是适宜的。

(二) 防止合金粉化的措施和处理粉化合金的方法

本次试验所产稀土硅铁合金大部分粉化，尤其是精矿渣试验所产生合金粉化尤为严重，给合金使用造成一定困难。

1. 影响合金粉化的因素甚多，如冶炼温度、杂质含量、冷却速度及周围环境的湿度等均在本次试验中又一次得到证实。

凡易粉化的合金一般晶粒比较粗大，结构疏松，遇水加速粉化。

合金粉化时放出气体，该气体有电石味，能燃烧，这可能与合金中夹杂有微量的碳化物有关。

原材料中含有P、Al、S等杂质较多，合金粉化就较为严重，如精矿渣含磷量较中贫矿渣高10倍，粉化问题就严重得多。

2. 防止合金粉化的措施：

1) 提高原料碱度，降低原料中有害杂质含量。

本次试验中，凡配加石灰的试验所产合金，粉化倾向较未配加石灰者为小，但石灰加入量过大，将引起各项指标的恶化，石灰的适当加入量有待今后试生产中进一步摸索。

本次试验所用精矿渣，系土法烧结，电炉脱铁所得，其含磷量远较高炉脱铁所得富渣含磷量为高，因此在今后试生产时，特别要注意控制脱铁时的温度与碱度，大幅度地降低富渣含磷量，以利于减少合金粉化。

2) 采用包中添加石灰、纯碱等处理合金。

试验时经在包中添加3%石灰（指占合金重量）或3%纯碱（同上）搅拌，使其充分反应，然后铸锭处理的合金，粉化倾向大为减少，但试验次数较少，试生产时需进一步试验。

3) 浇铸薄锭和水淬处理。

浇铸薄锭和水淬均是加快冷却速度，防止合金偏析、细化晶粒的措施，对控制合金粉化有一定效果，尤其是水淬，操作简单，水淬前后合金化学成份变化不大（表 10），至今未发现粉化现象，是今后试生产中值得考虑的措施，据用户反映水淬粒度要在 20mm 左右，以免因堆比重太小影响应用效果。

表 10 水淬前后合金化学成份比较

含量(%) 组成 试样	R	Si	Fe	Ca	Mg	P	Al
水 淬 前	18.55	55.73	16.73	2.53	0.14	0.018	0.96
水 淬 后	18.79	51.35	20.36	2.14	0.17	0.024	0.90

3. 粉化合金的处理。

1) 粉化后合金在配有一定碱度的中贫矿渣保护下进行重熔处理，其稀土品位略有提高，硅含量略有下降，重熔后合金一般不再粉化，但增加一道重熔工序，增加合金成本，因此除对少数必须直接应用稀土硅铁合金的用户外，都不宜采用。

表 11 合金重熔前后主要化学成份比较

含量(%) 组成 试样	R	Si	Fe
粉 化 合 金	24.79	53.50	9.26
重 熔 后 合 金	25.02	55.10	10.06

2) 粉化后合金可配制成稀土硅铁镁合金：

目前稀土硅铁合金大部分是配镁后作球化剂用的，因此粉化后合金能顺利地配制成稀土硅铁镁合金是处理粉化合金的重要途径，试验期间我们对此进行了一些探索，并已投入正式生产（配制方法详见附录三），此法设备投资少，易于操作，产品很受用户欢迎。

(三) 对设备的要求

通过本次工业性试验，我们认为用 1800KVA 矿热炉冶炼稀土硅铁合金，其设备参数的选择可考虑下列数值。

1. 供电系统

变压器冷却措施要好，采用二次电压为 76~80 伏，二次电流为 12000~14000 安时能允许 15~20% 的超负荷运行。

由于料面温度较高，二次电流较大，要求短网系统性能良好。

2. 炉子结构：

因包头矿含氟量较高，对炉衬侵蚀比较严重，稀土合金穿透能力较强，加上生产周期较短，洗炉、烘炉均影响炉衬寿命，故应采取下列措施：

1) 炉底采用炭砖或炭捣，结构严密、结实。炉墙采用电极糊烧结或用炭捣。炭质炉墙高度不小于 800mm，厚度不小于 500mm。

2) 炉子主要参数

自动焙烧电极直径 500~520mm
电极极心圆直径 1200~1250mm

炉膛深度 1100mm
 炉膛内径 2500~2700mm

3) 出铁口用二块炭砖对垒而成, 要求稍有一定锥度(外大内小)表面光滑。出铁口大小既要考虑到方便排渣, 又要考虑合金和渣的冲蚀, 以100~120mm为宜。

3. 平台要求宽敞, 备有捣料机、卷扬机等设备, 便于挖电极下SiC硬块。

4. 因包头矿含氟高, 火法冶炼粉尘大, 有微量放射性元素(防护测定数据参见附录四), 故要求烟罩密封良好, 烟罩要相应加高, 必要时可考虑强力排风, 同时要加强出铁口的排风能力, 最好烟尘能水洗。

合金成本的估算

由于试验过程中影响因素较多, 试验的实际经费消耗并不能反映出本次试验中所选择出的最佳配比的合金成本, 为此根据本次试验中最佳的两个条件试验, 即中贫矿富渣: 硅石: 焦炭=100: 62: 43, 和稀土精矿渣: 硅石: 焦炭: 钢屑=100: 85: 50: 10, 在正常生产条件下, 剔除了—些可能避免的影响因素(如跑眼、非正常停电等)之后所得消耗定额, 估计出矿热炉直接冶炼稀土硅铁合金的成本, 参见表12, 其中稀土精矿渣的单价, 本次试验因采取土法烧结, 电炉脱铁高达1000元/吨之多, 预计将来低品位稀土精矿的单价不会高于150元/吨, 高炉脱铁及烧结费用不会高于60元/吨, 故估算中将此单价估为340元/吨, 车间经费等以铁合金三厂现行分摊为依据。

表 12 合 金 成 本 估 算

项 目 名 称	单 位	单 价 (元)	中贫矿所产合金		稀土精矿所产合金	
			单 耗 (吨)	金 额 (元)	单 耗 (吨)	金 额 (元)
中贫矿富渣	吨	64.00	3	192.00		
稀土精矿渣	吨	340.00			2	680.00
硅 石	吨	28.50	1.86	53.01	1.7	48.45
焦 炭	吨	68.00	1.29	87.72	1	68.00
钢 屑	吨	32.00			0.2	6.40
电 极 糊	吨	236.00	0.2	47.20	0.2	47.20
二次渣运费	吨	6.00	3	18.00	2	12.00
电 费	万度	650.00	1.8	1170.00	1.1	715.00
车间经费	每月	13500.00	每月产量按		每月产量按	
辅助材料	每月	400.00	48吨计(按每		75吨计(按每	
工人工资	每月	4300.00	月生产廿五		月生产廿七	
折 旧	每月	1500.00	天, 每天产	570.83	天, 每天产	385.33
企业管理费	每月	6200.00	1.9吨合金)		2.8吨合金)	
待摊费用	每月	1500.00				
税 金	5 %			106.94		97.12
合 计				2245.70		2039.50

结 语

通过本次工业试验所取得的数据, 与包钢有色—厂现行硅铁还原法的生产数据相比较(表13), 不难看出, 矿热炉直接冶炼硅铁合金可以节省硅铁、石灰, 省去了两步法的一整

套设施和人力，随着试生产中经验的不断总结，指标还会有所改善。特别是采用稀土精矿渣为原料后，两步法的各项指标虽能有所改善，但电耗等因硅铁生产电耗所限，不会有很大幅度的下降，同时硅铁加入量的增加也给操作带来一些麻烦，因此矿热炉直接冶炼稀土硅铁合金这一新生事物是有生命力的，对包头矿综合利用是一个带方向性的课题。当然，这一新生事物还是不很完善的，由于电极下SiC硬块尚未排除，冶炼周期还较短，合金粉化倾向还比较大，中贫矿渣冶炼时电耗还较高，稀土回收率还不理想，都有待于进一步改善。

表 13 两种工艺的比较

工艺名称	主要原料	合金稀土品位 (%)	稀土回收率 (%)	电耗 (度/吨合金)	合金成本 (元/吨合金)	冶炼周期	炉龄
一步法(中贫矿)	富渣、硅石、焦炭、钢屑	17~20	50~60	16000~18000	2000~2500	15~20天	8~12个月大修一次
一步法(精矿)	同上	20以上	60以上	10000~11000	2000左右	一个月	"
两步法(中贫矿)	富渣、硅铁、石灰	"	50~60	14000~15500	2000~2500	间断性生产	每月大修一次

• 包括冶炼硅铁电耗9500度/吨。

我们认为，在本次试验的基础上，选择一、两个1800KVA矿热炉进行试生产，不断总结经验，以臻完善，是有必要的。让矿热炉直接冶炼稀土硅铁合金新流程为推广应用于生产稀土硅铁合金做出贡献！

附录一 试验产

序 号	原 料 配 比							炉 号	合 金 化 学						
	中贫矿 富 渣	稀土精 矿 渣	硅石	焦炭	白煤	木炭	石灰		钢屑	R	Si	Fe	Ca	Mg	Ti
1	100		62	20	30				I-5	19.80	64.50	10.65	痕	0.57	1.73
									I-17A(已粉)	24.22	57.60	10.70	1.06	0.45	1.93
									I-17B(未粉)	23.81	59.35	10.12	1.29	0.28	1.93
									I-21	24.23	58.80	9.71	1.93	0.25	1.73
									I-507	18.14	57.90	14.43	0.55	<0.1	2.83
									I-519	20.01	58.30	12.65	1.87	0.24	2.05
									I-526	18.55	55.73	16.73	2.53	0.14	1.95
									I-564	20.74	60.00	8.40	3.08	0.20	2.40
2	100		65	43-45					I-141	17.93	59.60	12.43	1.38	0.34	2.00
									I-143	19.00	58.80	12.22	1.33	0.14	1.58
									I-144	17.00	58.75	15.87	0.51	0.10	1.83
3	100		62	30		30			I-172	19.60	58.80	11.00	2.81	0.26	1.53
									I-173	19.60	57.40	11.17	3.96	0.22	1.48
4	100		62	43					I-204	18.11	58.60	11.58	4.23	0.08	1.75
									I-209A(已粉)	18.95	57.60	13.57	2.16	0.20	2.10
									I-209B(未粉)	18.95	57.60	13.69	2.11	0.18	2.00
									I-211	17.62	57.20	11.28	4.60	0.42	1.48
5	100		62	43			5-10		I-326	19.64	57.20	12.10	3.13	0.34	1.75
									I-327	19.40	58.80	11.94	2.21	0.28	1.88
									I-328	19.40	58.80	11.94	2.10	0.28	1.83
6	100	80-85	50					10	I-708	21.74	41.40	30.39	0.43	<0.1	1.42
									I-709	22.80	44.00	27.08	0.43	<0.1	1.30
									I-718	20.82	44.40	26.51	1.79	<0.1	1.45
									I-719	21.60	46.90	23.06	1.72	0.16	1.32
									I-720	21.20	46.00	24.38	1.55	0.16	1.31
									I-721	20.86	45.20	27.26	0.82	—	1.48
									I-722	18.59	44.50	29.44	1.12	—	1.24
									I-751	19.90	47.85	23.69	1.20	—	0.31
									I-761	21.89	46.60	23.33	1.72	0.13	1.58

品全分析举例

成 份 (%)					二 次 渣 化 学 成 份 (%)										
Al	Mn	P	Th	S	RxOy	CaO	MgO	SiO ₂	ΣFe	Al ₂ O ₃	MnO	TiO ₂	ThO ₂	F	P ₂ O ₅
0.71	3.24	0.081	0.10	0.004	9.23	38.13	1.80	35.36	1.11	6.05	0.70	0.47	0.05	9.31	微
0.74	3.59	0.03	0.12	0.002	7.84	39.65	1.40	38.40	0.84	5.60	0.49	0.37	0.04	8.56	0.046
0.79	3.44	0.032	0.11	0.002	7.84	"	"	"	"	"	"	"	"	"	"
0.86	2.97	0.016	0.13	0.002	7.76	46.85	0.66	32.88	0.60	5.85	0.36	0.29	0.04	8.62	0.12
0.53	4.43	0.052	0.11	0.003	8.70	40.80	1.85	35.20	0.32	6.37	0.15	0.39	0.05	8.03	0.15
0.94	3.25	0.026	0.12	0.0022	5.80	41.29	1.23	39.65	0.35	5.96	0.12	0.44	0.04	7.10	0.19
0.96	3.26	0.018	0.11	0.0022	6.60	41.57	1.51	39.50	0.33	5.35	0.11	0.48	0.04	8.16	0.16
1.05	3.64	0.015	0.14	0.0005	6.96	44.45	1.63	35.83	0.20	6.57	微	0.33	0.05	7.00	0.19
0.78	3.22	0.032	0.09	0.002	5.85	45.50	1.67	34.24	0.69	5.16	0.24	0.29	0.04	7.95	0.064
0.64	3.00	0.032	0.09	未测	6.46	46.34	1.69	32.32	0.79	5.35	0.21	0.25	0.04	8.32	0.12
0.45	3.77	0.061	0.09	0.001	8.61	43.23	1.32	33.25	0.44	5.80	0.30	0.24	0.05	8.85	0.114
0.81	3.06	0.021	0.10	0.003	5.01	43.90	1.47	36.75	1.05	5.10	0.22	0.24	0.04	8.05	0.14
0.84	3.08	0.0075	0.10	0.003	4.81	48.64	0.64	34.35	0.94	4.99	0.15	0.32	0.04	7.95	0.31
0.90	3.03	0.016	0.06	0.001	5.35	43.52	1.29	34.00	1.38	5.10	0.20	0.36	0.03	9.92	0.162
0.86	3.92	0.012	0.09	0.0005	6.21	44.16	1.75	34.88	0.97	6.55	0.19	0.32	0.03	7.26	0.142
0.88	3.87	0.022	0.09	0.001	"	"	"	"	"	"	"	"	"	"	"
0.91	2.56	0.014	0.10	0.004	4.87	48.26	1.66	34.45	0.39	5.78	0.13	0.31	0.04	6.80	0.143
0.83	2.93	0.014	0.10	0.002	5.43	46.14	1.43	37.17	0.35	5.40	0.22	0.31	0.03	7.63	0.148
0.78	3.44	0.021	0.11	0.002	5.82	45.06	1.43	38.45	0.41	5.15	0.33	0.35	0.03	7.47	0.164
0.77	4.00	0.016	0.11	0.002	6.75	42.79	1.13	37.75	0.42	5.35	0.45	0.36	0.05	8.05	0.134
0.49	2.10	0.463	0.11				未	送			样				
0.45	2.20	0.496	0.12	未	13.65	33.42	2.37	31.73	0.79	7.52	0.15	0.031	0.067	9.54	0.634
0.61	2.38	0.30	0.12	未	11.53	35.79	1.79	31.89	1.13	7.97	0.15	0.018	0.066	8.32	0.898
1.00	1.52	0.126	0.12	未	11.51	33.84	1.29	37.77	3.64	6.97	0.41	0.022	0.050	8.11	0.925
0.91	1.83	0.203	0.11	测	9.88	37.62	1.51	32.42	0.74	7.32	0.12	0.008	0.044	8.02	0.821
0.83	2.20	0.336	0.12	未	10.82	37.22	1.63	29.53	0.66	8.22	微	0.017	0.061	8.43	0.813
0.78	2.01	0.279	0.11	定	11.24	37.92	1.72	26.48	1.11	8.17	"	0.008	0.057	8.14	0.829
0.93	2.25	0.163	0.11	定	9.92	34.08	1.81	37.38	1.28	8.37	"	0.012	0.055	7.32	0.797
1.10	2.29	0.065	0.11	定	9.34	37.80	1.66	32.68	0.16	7.77	"	0.010	0.049	8.00	0.858