



(12) 发明专利

(10) 授权公告号 CN 103757165 B

(45) 授权公告日 2015. 09. 16

(21) 申请号 201410048304. 5

(22) 申请日 2014. 02. 11

(73) 专利权人 东北大学

地址 110004 辽宁省沈阳市和平区文化路 3 号巷 11 号

(72) 发明人 柳政根 储满生 唐珏

(74) 专利代理机构 北京铭硕知识产权代理有限公司 11286

代理人 安宇宏 刘灿强

(51) Int. Cl.

C21B 5/00(2006. 01)

C21B 5/04(2006. 01)

C22B 1/16(2006. 01)

(56) 对比文件

CN 1766128 A, 2006. 05. 03, 全文.

CN 101413054 A, 2009. 04. 22, 全文.

CN 102925134 A, 2013. 02. 13, 全文.

柳政根等. 高铁铝土矿铁铝分离技术的研究现状. 《2012 年全国炼铁生产技术会议暨炼铁学术年会文集(下)》. 2012, 第 657-662 页.

魏党生. 高铁铝土矿综合利用工艺研究. 《有色金属(选矿部分)》. 2008, (第 6 期), 第 14-18 页.

袁志涛等. 我国高铁铝土矿铝铁分离技术现状. 《金属矿山》. 2013, (第 9 期), 第 100-103 页.

审查员 赵重阳

权利要求书1页 说明书7页

(54) 发明名称

一种高铁铝土矿高炉冶炼有色组元综合利用方法

(57) 摘要

一种高铁铝土矿高炉冶炼有色组元综合利用方法,其特征是将高铁铝土矿分别制备成高铁铝土矿烧结矿和高铁铝土矿热压块,将两种含铁物料充分混合成含铁炉料,再将含铁炉料、焦炭依次交替从高炉炉顶装入,进行高炉冶炼,炉料从炉顶到生成铁水和铝酸钙炉渣的时间大约为8~10小时;控制铁水温度为1450~1550℃,炉渣温度为1550~1650℃;然后将温度不低于1260℃的含钒铁水装入转炉,进行转炉吹钒冶炼,得到钒渣和钢水;控制高炉炉渣的冷却速度不超过6℃/min,当其冷却到室温后,经二次浸出、脱硅、碳酸化分解、煅烧等处理可得到水泥、镓精矿、三氧化二铝等产品。此方法可以处理任何粒度的高铁铝土矿,同时铁、铝、钒、镓的收得率高,有助于大规模开发利用储量丰富的高铁铝土矿资源。

1. 一种高铁铝土矿高炉冶炼有价值组元综合利用方法,其特征是所实现的方法具体包括以下步骤:

(1) 将粒度为 3-5mm 高铁铝土矿、粒度为 -0.5mm 的熔剂、粒度为 -3.0mm 的焦粉按以特定的配料原则计算的质量份数之比 60 ~ 65:25 ~ 35:6 ~ 12 的比例进行精确配料混合制粒,再利用烧结机进行抽风烧结,然后经过破碎、筛分,粒度为 10-25mm 的高铁铝土矿烧结矿作为入炉烧结矿使用;配料中,熔剂的有效熔剂性不低于 70%,烧结矿总的 CaO 和 SiO<sub>2</sub> 的质量之比控制在 3.8 ~ 4.2 之间;制备的高铁铝土矿烧结矿还原粉化指数  $RDI_{+3.15}$  不小于 60%;

(2) 将高铁铝土矿破碎,并按质量份数之比高铁铝土矿:烟煤煤粉:熔剂=100:20 ~ 25:10 ~ 15 的比例进行配料,然后经过混匀、加热、压块和热处理工艺过程,制得高铁铝土矿热压块,其中,粉碎后的高铁铝土矿粒度不大于 0.15mm;烟煤煤粉的粒度不大于 0.15mm,固定碳含量不低于 50%,挥发分含量为 20% ~ 35%,硫含量不高于 0.3%,胶质层指数不小于 8;熔剂粒度不大于 0.15mm,有效熔剂性不低于 70%;制备的高铁铝土矿热压块热处理前的抗压强度不小于 1000N/个,经热处理后抗压强度不低于 2000N/个,粒度为 20 ~ 40mm,还原膨胀指数不大于 15%,配碳比 FC/O 为 0.8 ~ 1.2, CaO 和 SiO<sub>2</sub> 构成的二元碱度不大于 1.20;

(3) 将高铁铝土矿烧结矿和高铁铝土矿热压块充分混合成含铁炉料,再将含铁炉料、焦炭依次交替从高炉炉顶装入,从高炉风口喷吹 50 ~ 100kg/tHM 煤粉,使用温度为 1000 ~ 1300℃、富氧率为 1.0% ~ 3.0% 的富氧热风,炉顶装入 800 ~ 920kg/tHM 的焦炭,进行高炉冶炼,炉料从炉顶到生成铁水和铝酸钙炉渣的时间为 8 ~ 10 小时;控制铁水温度为 1450 ~ 1550℃,炉渣温度为 1550 ~ 1650℃;铁水成分为:Fe 含量为 94.534% ~ 95.443%,Si 含量为 0.24% ~ 0.56%,C 含量为 3.86% ~ 4.27%,V 含量为 0.20% ~ 0.25%,其他成分微量;炉渣化学成分为:CaO 47% ~ 53%,SiO<sub>2</sub> 11% ~ 15%,Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub> 27% ~ 33%,MgO 2% ~ 4%,其余成分为其他,炉渣二元碱度为 3.8 ~ 4.2;含铁炉料中高铁铝土矿热压块的配比按质量百分数为含铁炉料总质量的 10% ~ 40%;

(4) 将温度不低于 1260℃ 的含钒铁水装入转炉,进行转炉吹钒冶炼,得到钒渣和钢水;

(5) 控制高炉铝酸钙炉渣的冷却速度不超过 6℃ /min,当其冷却到室温后,经二次浸出、脱硅、碳酸化分解和煅烧处理可得到水泥、镓精矿和三氧化二铝产品。

2. 根据权利要求 1 所述的高铁铝土矿高炉冶炼有价值组元综合利用方法,其特征在于,所述高铁铝土矿高炉冶炼有价值组元综合利用方法中所使用的熔剂为工业石灰。

3. 根据权利要求 1 所述的高铁铝土矿高炉冶炼有价值组元综合利用方法,其特征在于,所述高铁铝土矿高炉冶炼有价值组元综合利用方法中所述的特定配料原则是指基于烧结矿中的 CaO 分成两个部分使用,即,一部分 CaO 与 SiO<sub>2</sub> 结合生成 2CaO · SiO<sub>2</sub>,其中,CaO 与 SiO<sub>2</sub> 的物质量之比为 2.0,另一部分 CaO 与 Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub> 结合,生成 CaO · Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub>,其中,CaO 与 Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub> 的物质量之比为 1.5 ~ 1.9。

## 一种高铁铝土矿高炉冶炼有价值组元综合利用方法

### 技术领域

[0001] 本发明属于冶金资源综合利用技术领域,具体涉及一种高铁铝土矿高炉冶炼有价值组元综合利用方法。

### 背景技术

[0002] 近年来,经济的快速发展推动了我国钢铁工业的持续高速增长,铁矿石资源供求矛盾日益突出。而我国铁矿石富矿少,贫矿多,高品质和易选的铁矿资源越来越少,国内钢铁工业不得不更多的依赖进口铁矿以满足大规模工业化生产的需求,至 2012 年,我国对进口铁矿石的依赖度已超过 60%,再加上铁矿石价格连年持续上涨,这给我国钢铁工业乃至整个国民经济的安全带来重大隐患。因此,迫切需要依靠技术进步最大限度地开发利用低品位复杂难选含铁矿石资源。与此同时,近年来我国铝资源矿产品的进口数量也在逐年增加,2012 年铝土矿的进口量已达到 3961 万吨,占我国铝土矿工业消耗量的一半以上,据有关估计,铝土矿资源可能会成为我国下一个受制于人的矿产资源。

[0003] 在我国的福建漳浦、海南蓬莱、台湾大屯山和广西贵港等地区存在着一种高铁铝土矿,是一种铁铝矿物相互嵌布、难处理的复杂铁铝共生矿,是我国一种重要的铁矿和铝土矿资源。根据地质部门的资料分析,其全国远景储量超过 15 亿吨,仅广西境内储量就超过 2.0 亿吨。以广西境内的高铁铝土矿为例,该高铁铝土矿广泛分布于广西中部南宁至玉林一带十余个县市,并相对集中于贵港、宾阳、横县及邻近地区,矿化面积大,矿体成群分布,储量十分丰富。矿体由红色粘土和铝土矿组成,含矿量一般为  $550 \sim 1500\text{kg}/\text{m}^3$ ,矿体厚度  $1.2 \sim 6.8\text{m}$ ,埋藏浅,表土层一般为  $0.5 \sim 1.5\text{m}$ ,绝大部分矿石可以实现露天开采。

[0004] 矿石化学成分分析表明,这种高铁铝土矿  $\text{Al}_2\text{O}_3$  含量为  $22\% \sim 37\%$ ,平均含量  $27\%$ ;  $\text{Fe}_2\text{O}_3$  含量为  $35\% \sim 48\%$ ,平均含量  $40\%$ ;  $\text{SiO}_2$  含量  $4\% \sim 13\%$ ,平均含量  $9\%$ ,均为有利用价值的矿物资源。从其成分上可以看出该铝土矿属高铁高硅型铝土矿,其中  $\text{Fe}_2\text{O}_3$  和  $\text{Al}_2\text{O}_3$  的含量均达不到各自的工业品位要求,不能单纯用传统方法来生产  $\text{Al}_2\text{O}_3$  或者金属铁产品。同时,高铁铝土矿中伴生的有益组份镓、钒等,其中镓含量  $0.068\% \sim 0.081\%$ ,  $\text{V}_2\text{O}_5$  含量  $0.10\% \sim 0.16\%$ ,均是有利用价值的资源。因此高铁铝土矿的利用应着眼于其有价值组元的高效综合利用。

[0005] 国内外针对高铁铝土矿的综合利用研究已进行了多年。按照其铁铝分离的本质可以分为:铁铝分选法、先铝后铁法、先铁后铝法。

[0006] 铁铝分选法由于高铁铝土矿中铁铝嵌布胶合、密切共生,因而难以用普通物理选矿方法实现铁铝分离;先铝后铁法也叫做先浸后冶法,先将矿石中的易于浸出的铝石浸出,再将富铁赤泥冶炼,但该方法不仅  $\text{Al}_2\text{O}_3$  浸出率低,而且碱耗高,同时碱的加入和残留给铁矿石的高炉炼铁带来了一定难度,先铝后铁不能很好的解决高铁铝土矿的开发利用问题。

[0007] 先铁后铝法主要是指火法分离铁和铝,其中,最为典型的是东北大学李殷泰教授和其他单位合作开发的烧结-高炉冶炼流程。其能实现铁铝 90% 以上的收得率,并有可能实现大规模的工业化生产,但其主要缺点是高铁铝土矿烧结困难、同时高铁铝土矿烧结矿

还原性较差,并且该高炉冶炼工艺严重依赖焦炭(焦比不低于1.3吨)。因此,到目前为止,这些高铁铝土矿研究利用工艺均未见工业化应用和实施。所以,目前高铁铝土矿这种含有铁、铝等有价金属的复合资源仍然未能得到有效开发利用。

[0008] 近年来,我国铁矿石和铝土矿进口量的不仅急剧增加,而且价格逐年上涨,吃掉了冶金行业的大部分利润。如何有效开发利用高铁铝土矿资源,缓解我国铁矿资源和铝矿资源的日益短缺状况,已成为一个重要课题。因此,开发一种新的高铁铝土矿综合工艺对于我国钢铁工业和铝工业都具有重要的战略意义。

## 发明内容

[0009] 针对传统高铁铝土矿经烧结后利用高炉进行冶炼所存在的烧结困难、同时烧结矿还原性较差,冶炼工艺严重依赖焦炭(焦比不低于1.3吨)等问题,本发明提出了一种高铁铝土矿高炉冶炼有价值组元综合利用的方法。

[0010] 本发明所实现的方法具体包括以下步骤:

[0011] 1. 将高铁铝土矿、熔剂、焦粉按以特定的配料原则计算的质量份数之比,即按质量份数之比进行计算高铁铝土矿:熔剂:焦粉=60~65:25~35:6~12的比例进行精确配料混合制粒,这里所使用的高铁铝土矿的粒度为3-5mm、熔剂粒度为-0.5mm、焦粉的粒度为-3.0mm;再利用烧结机进行抽风烧结,然后经过破碎、筛分,粒度为10-25mm的高铁铝土矿烧结矿作为入炉烧结矿使用,粒度小于10mm的高铁铝土矿烧结矿用作烧结返矿使用;配料中,使用的熔剂为石灰,即工业生产所用的氧化钙,其有效熔剂性不低于70%,特定的配料原则是基于烧结矿中的CaO分成两个部分使用,即一部分CaO与SiO<sub>2</sub>结合生成2CaO·SiO<sub>2</sub>(CaO与SiO<sub>2</sub>的质量之比为2.0),另一部分CaO与Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub>结合,主要生成CaO·Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub>(CaO与Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub>的质量之比为1.5~1.9(更具体地,1.5~1.7),例如12CaO·7Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub>),烧结矿碱度(即总的CaO和SiO<sub>2</sub>的质量之比)控制在3.8~4.2之间;制备的高铁铝土矿烧结矿还原粉化指数RDI<sub>+3.15</sub>不小于60%。

[0012] 2. 将高铁铝土矿破碎,并按质量份数之比计算高铁铝土矿:烟煤煤粉:熔剂=100:20~25:10~15的比例进行配料,然后经过混匀、加热、压块、热处理等工艺过程,制得高铁铝土矿热压块,其中,粉碎后的高铁铝土矿粒度不大于0.15mm;烟煤煤粉的粒度不大于0.15mm,固定碳含量不低于50%,挥发分含量为20%~35%,硫含量不高于0.3%,胶质层指数不小于8;熔剂石灰的粒度不大于0.15mm,有效熔剂性不低于70%;制备的高铁铝土矿热压块热处理前的抗压强度不小于1000N/个,经热处理后抗压强度不低于2000N/个,粒度为20~40mm,还原膨胀指数不大于15%,配碳比(FC/O)为0.8~1.2,CaO和SiO<sub>2</sub>构成的二元碱度不大于1.20。

[0013] 3. 将高铁铝土矿烧结矿和高铁铝土矿热压块充分混合形成含铁炉料,再将含铁炉料、焦炭依次交替从高炉炉顶装入,从高炉风口喷吹50~100kg/tHM煤粉,使用温度为1000~1300℃、富氧率为1.0%~3.0%的富氧热风,炉顶装入800~920kg/tHM的焦炭,进行高炉冶炼。炉料从炉顶到生成铁水和铝酸钙炉渣的时间大约为8~10小时;控制铁水温度为1450~1550℃,炉渣温度为1550~1650℃;铁水成分为:Fe含量为94.534%~95.443%,Si含量为0.24%~0.56%,C含量为3.86%~4.27%,V含量为0.20%~0.25%,其他成分微量;炉渣化学成分为:CaO47%~53%,SiO<sub>2</sub>11%~15%,Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub>27%~33%,MgO2%~4%,

其余成分为其他,炉渣二元碱度为 3.8 ~ 4.2;含铁炉料中高铁铝土矿热压块的配比按质量百分数为含铁炉料总质量的 10% ~ 40%;

[0014] 4. 将温度不低于 1260℃的含钒铁水装入转炉,进行转炉吹钒冶炼,得到钒渣和钢水。

[0015] 5. 控制高炉铝酸钙炉渣的冷却速度不超过 6℃ /min,当其冷却到室温后,经二次浸出、脱硅、碳酸化分解、煅烧等处理可得到水泥、镓精矿、三氧化二铝等产品。

[0016] 本项发明的优点在于:采用高铁铝土矿热压块可以处理任何粒度的高铁铝土矿,同时热压块采用烟煤作为还原剂和粘结剂,热压温度为 500℃左右,远低于烧结的 1300℃,并且高铁铝土矿热压块还原速率远高于高铁铝土矿烧结矿。本发明结合高铁铝土矿烧结矿、高铁铝土矿热压块以及高炉冶炼的优点,有效地解决了传统高铁铝土矿烧结-高炉冶炼存在的问题,同时铁、铝、钒、镓的收得率高。因此,本发明具有收得率高、生产强度高、能耗少、资源综合利用、节约焦炭资源、生产成本低,生产规模大等特点,有助于我国大规模开发利用储量丰富的高铁铝土矿资源,具有广阔的应用前景。

### 具体实施方式

[0017] 下面结合具体实施例来进一步描述本发明,本发明的优点和特点会在描述中更为清楚,但这些实施例仅是范例性质的,并不对本发明的范围构成任何限制。

[0018] 实施例 1

[0019] 某高铁铝土矿 TFe 含量为 34.68%, Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub> 的含量为 23.85%,其化学成分列于表 1。

[0020] 表 1 高铁铝土矿的主要化学成分

[0021]

成分	TFe	FeO	Fe <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	SiO <sub>2</sub>	Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	CaO	MgO	烧损	其它
含量(质量%)	34.68	0.30	49.21	7.16	23.85	0.01	0.21	17.50	1.76

[0022] 将高铁铝土矿、熔剂和焦粉按特定的配料原则计算出的比例 (63.17:28.83:8) 精确配矿造粒、烧结、破碎,筛分,得到高铁铝土矿烧结矿,其中,烧结矿中的 CaO 分成两个部分使用的原则,即一部分 CaO 与 SiO<sub>2</sub> 结合生成 2CaO · SiO<sub>2</sub> (CaO 与 SiO<sub>2</sub> 的物质的量之比为 2.0),另一部分 CaO 与 Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub> 结合,生成 12CaO · 7Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub>,烧结矿碱度为 4.0;其主要化学成分列于表 2。

[0023] 表 2 高铁铝土矿烧结矿的主要化学成分 (质量 %)

[0024]

组分	TFe	FeO	CaO	SiO <sub>2</sub>	MgO	Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	TiO <sub>2</sub>	V <sub>2</sub> O <sub>5</sub>	Ga	SO <sub>3</sub>	P <sub>2</sub> O <sub>5</sub>
含量	27.72	6.04	30.90	7.73	1.17	19.62	1.36	0.11	0.005	0.024	0.175

[0025] 该高铁铝土矿、熔剂和烟煤煤粉,按配碳比 n(FC)/n(O)=1.0 (即烟煤固定碳量与高铁铝土矿铁氧化物中氧的物质的量之比)、ω(CaO)/ω(SiO<sub>2</sub>)=1.0,然后进行充分混匀、加热、压块、热处理等步骤,得到高铁铝土矿热压块,其主要化学成分列于表 3。

[0026] 表 3 高铁铝土矿热压块的主要化学成分 (质量 %)

[0027]

TFe	FeO	CaO	SiO <sub>2</sub>	Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	MgO	FC	V <sub>da</sub>	SO <sub>3</sub>	P <sub>2</sub> O <sub>5</sub>	Ga	TiO <sub>2</sub>	V <sub>2</sub> O <sub>5</sub>
32.42	0.28	8.43	8.43	22.99	0.50	10.40	1.23	0.08	0.27	0.006	1.27	0.114

[0028] 将表 2 中的高铁铝土矿烧结矿、表 3 中的高铁铝土矿热压块、焦炭、煤粉等进行高炉冶炼,冶炼时间为 10 个小时,得到含钒生铁和铝酸钙炉渣。其中含铁炉料中高铁铝土矿热压块的比例为 10%,热风温度为 1150℃,富氧率为 1%。其物料平衡和能量平衡分别列于表 4、表 5。

[0029] 表 4 高铁铝土矿热压块为 10% 时的高炉冶炼物料平衡

	入 相		出 相			
	kg	%	kg	%		
[0030]	高铁铝土矿烧结矿	3038.83	34.35	含钒生铁	1000.00	11.30
	热压块	337.61	3.82	铝酸钙炉渣	2395.44	27.08
	焦炭(湿)	936.00	10.58	煤气(干)	5295.44	59.86
	煤粉	100.00	1.13	煤气中水	55.33	0.63
	石灰石	650.63	7.35	炉尘	100.00	1.13
	鼓风(湿)	3783.14	42.77			
	总计	8846.21	100.00	总计	8846.21	100.00

[0031] 表 5 高铁铝土矿热压块为 10% 时的高炉冶炼能量平衡

	热收入		热支出			
	kJ	%	kJ	%		
[0032]	碳素氧化放热	11860517.25	68.63	氧化物分解	6918422.05	40.03
	热风带的热	4872390.08	28.19	脱硫	58744.99	0.34
	氢氧化放热	92301.75	0.53	碳酸盐分解	1108083.34	6.41
	甲烷生成热	62341.94	0.36	水分分解	456436.11	2.64
	成渣热	395261.94	2.29	游离水蒸发	94020.02	0.54
			铁水带热	1173000.00	6.79	
			炉渣带热	4368904.97	25.28	
			喷吹物分解	104800.00	0.61	
			煤气带热	1091090.10	6.31	
			炉尘带热	15084.00	0.09	
			热损失	1894227.38	10.96	
	总计	17282812.96	100.00	总计	17282812.96	100.00

[0033] 在高铁铝土矿热压块占含铁炉料质量比为 10% 时,高炉冶炼得到的含钒铁水和铝酸钙炉渣成分分别如表 6、表 7 所示。

[0034] 表 6 高铁铝土矿热压块为 10% 时的高炉冶炼含钒铁水主要化学成分

[0035]

组分	Fe	Si	P	S	C	V	Ti
含量(质量%)	94.920	0.428	0.271	0.005	4.101	0.203	0.072

[0036] 表 7 高铁铝土矿热压块为 10% 时的高炉冶炼铝酸钙炉渣的主要化学成分

组分	CaO	SiO <sub>2</sub>	MgO	Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	FeO	TiO <sub>2</sub>	S	Ga
含量(质量%)	52.98	13.63	1.85	29.08	0.50	1.82	0.133	0.007

[0038] 含钒铁水进一步转炉吹钒冶炼可以得到约 15 kg 钒渣 (含钒 20% 的 V<sub>2</sub>O<sub>5</sub>) 和 1100 kg 钢锭;铝酸钙炉渣通过控制冷却,二次浸出、脱硅、水泥生产、碳酸化分解、煅烧等处理可得到约 60 kg 水泥、0.5 kg 镓精矿、800 kg 三氧化二铝等产品。因此,该工艺的吨铁能耗为 936 kg 焦炭,100 kg 煤粉,同时得到了上述产品。

[0039] 实施例 2

[0040] 采用实施例 1 中的高铁铝土矿烧结矿、高铁铝土矿热压块、焦炭、煤粉等原燃料条件,将高铁铝土矿热压块的比例由 10% 提高到 20%,热风温度为 1150℃,富氧率为 1%,冶炼时间约缩短到 9.2 小时,其物料平衡和能量平衡分别如表 8、表 9 所示。

[0041] 表 8 高铁铝土矿热压块为 20% 时的高炉冶炼物料平衡

	入 相		出 相		
	kg	%	kg	%	
高铁铝土矿烧结矿	2656.09	29.61	含钒生铁	1000.00	11.15
热压块	664.21	7.40	铝酸钙炉渣	2370.71	26.43
焦炭(湿)	904.80	10.09	煤气(干)	5441.41	60.66
煤粉	100.00	1.11	煤气中水	57.69	0.64
石灰石	815.01	9.09	炉尘	100.00	1.12
鼓风(湿)	3829.70	42.70			
总计	8969.81	100.00	总计	8969.81	100.00

[0043] 表 9 高铁铝土矿热压块为 20% 时的高炉冶炼能量平衡

热收入			热支出		
	kJ	%		kJ	%
碳素氧化放热	11986264.39	68.19	氧化物分解	6957732.10	39.56
热风带的热	4932356.51	28.06	脱硫	57481.24	0.33
氢氧化放热	94534.76	0.54	碳酸盐分解	1388035.89	7.90
甲烷生成热	70510.08	0.40	水分分解	461916.21	2.63
成渣热	495123.19	2.81	游离水蒸发	90801.62	0.52
[0044]			铁水带热	1173000.00	6.67
			炉渣带热	4352199.92	24.76
			喷吹物分解	104800.00	0.60
			煤气带热	1119333.79	6.37
			炉尘带热	15084.00	0.09
			热损失	1858404.16	10.57
总计	17578788.93	100.00	总计	17578788.93	100.00

[0045] 含钒铁水进一步转炉吹钒冶炼可以得到约 14.5 kg 钒渣（含钒 20% 的  $V_2O_5$ ）和 1100 kg 钢锭；铝酸钙炉渣通过控制冷却，二次浸出、脱硅、水泥生产、碳酸化分解、煅烧等处理可得到约 56 kg 水泥、0.45 kg 镓精矿、820 kg 三氧化二铝等产品。因此，该工艺的吨铁能耗为 904.80 kg 焦炭，100 kg 煤粉，比实施例 1 显著降低焦比约 30 kg。

[0046] 实施例 3

[0047] 采用实施例 1 中的高铁铝土矿烧结矿、高铁铝土矿热压块、焦炭、煤粉等原燃料条件，将高铁铝土矿热压块的比例由 10% 提高到 30%，热风温度为 1150℃，富氧率为 1%，冶炼时间约减至 8.5 小时，其物料平衡和能量平衡分别如表 10、表 11 所示。

[0048] 表 10 高铁铝土矿热压块为 30% 时的高炉冶炼物料平衡

[0049]

入 相			出 相		
	kg	%		kg	%
高铁铝土矿烧结矿	2286.29	25.09	含钒生铁	1000.00	10.97
热压块	979.85	10.75	铝酸钙炉渣	2348.28	25.77
焦炭(湿)	878.80	9.64	煤气(干)	5605.21	61.50
煤粉	100.00	1.10	煤气中水	60.17	0.66
石灰石	975.32	10.70	炉尘	100.00	1.10
鼓风(湿)	3893.40	42.72			
总计	9113.66	100.00	总计	9113.66	100.00

[0050] 表 11 高铁铝土矿热压块为 30% 时的高炉冶炼能量平衡



热收入	kJ	%	热支出	kJ	%
碳素氧化放热	12140618.47	67.74	氧化物分解	6995915.34	39.03
热风带的热	5014398.84	27.98	脱硫	56504.14	0.32
氢氧化放热	97007.60	0.54	碳酸盐分解	1661062.60	9.27
甲烷生成热	78619.72	0.44	水分分解	469413.75	2.62
成渣热	592513.93	3.30	游离水蒸发	88119.62	0.49
[0051]			铁水带热	1173000.00	6.54
			炉渣带热	4338502.34	24.21
			喷吹物分解	104800.00	0.58
			煤气带热	1151371.02	6.43
			炉尘带热	15084.00	0.08
			热损失	1869385.75	10.43
总计	17923158.56	100.00	总计	17923158.56	100.00

[0052] 含钒铁水进一步转炉吹钒冶炼可得到约 14.0 kg 钒渣（含钒 20% 的  $V_2O_5$ ）和钢锭；铝酸钙炉渣通过控制冷却，二次浸出、脱硅、碳酸化分解、煅烧等处理可得到约 54 kg 水泥、0.42 kg 镓精矿、840 kg 三氧化二铝等产品。因此，该工艺的吨铁能耗为 878.80 kg 焦炭，100 kg 煤粉，比实施例 2 显著降低焦比约 25 kg。

[0053] 综上 3 个实施例所述，以本发明工艺成功解决了高铁铝土矿烧结 - 高炉冶炼工艺存在的问题，显著降低了高铁铝土矿烧结矿和焦炭能耗，同时能耗大幅度降低，加速了冶炼速度，增加了产量，节约了大量的生产成本。