



(12) 发明专利

(10) 授权公告号 CN 102899434 B

(45) 授权公告日 2014. 06. 04

(21) 申请号 201210279135. 7

C01B 35/12(2006. 01)

(22) 申请日 2012. 08. 07

(56) 对比文件

(73) 专利权人 中南大学

地址 410083 湖南省长沙市岳麓区麓山南路 932 号

CN 101172613 A, 2008. 05. 07, 说明书第 2 页第 5 段, 发明内容第 5 段.

JP 特开 2003-10633 A, 2003. 01. 14, 全文.

CN 101693948 A, 2010. 04. 14, 全文.

(72) 发明人 李光辉 饶明军 姜涛 梁斌珺
张元波 范晓慧 罗骏 杨永斌
郭宇峰 李騫 陈许玲 朱忠平
黄柱成 游志雄 曾精华 刘明霞
张树辉

审查员 朱虹

(74) 专利代理机构 长沙市融智专利事务所
43114

代理人 颜勇

(51) Int. Cl.

C21B 13/00(2006. 01)

B22F 9/20(2006. 01)

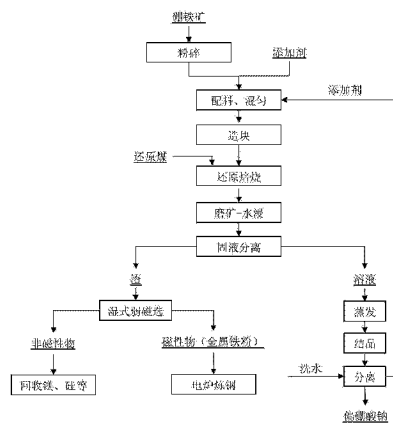
权利要求书1页 说明书5页 附图1页

(54) 发明名称

一种从硼铁矿中同步提取硼和铁的方法

(57) 摘要

本发明提供一种从硼铁矿中同步提取硼和铁的方法。硼铁矿粉与由碳酸钠、硫酸钠、胡敏酸钠、黄腐酸钠、草酸钠的混合组成的添加剂充分混匀、造块,将干燥后的硼铁矿团块以煤为还原剂进行还原焙烧,焙烧团块冷却后置于球磨机内同步进行磨矿-水浸,矿浆经固液分离得含偏硼酸钠盐的滤液和含金属铁粉的滤渣,滤液经蒸发、结晶可得偏硼酸钠晶体;滤渣采用湿式弱磁选分离可得到铁品位大于 90% 的直接还原金属铁粉,是电炉炼钢用的优质炉料;磁选非磁性产物经进一步处理可回收镁、硅等有价值成分。本发明具有原料适应性强、工艺流程简单、生产效率高、能耗少、成本低,以及硼铁综合回收效果好、产品附加值高等特点,可为我国储量丰富的硼铁矿资源高效利用提供技术支撑,有着十分广阔的推广应用前景。



1. 一种从硼铁矿中同步提取硼和铁的方法,其特征在于:将硼铁矿破碎至-3mm的硼铁矿粉,其中-1mm粒级的硼铁矿粉占硼铁矿粉质量百分数大于等于60%;加入占硼铁矿粉质量百分数15%~30%的添加剂,混匀、造块、烘干,然后以煤为还原剂进行还原焙烧,还原产物经破碎、磨矿浸出,固液分离,滤渣采用湿式弱磁选方法分选得直接还原金属铁粉,滤液经蒸发、结晶得偏硼酸钠;所述磨矿浸出是在球磨机中进行湿式球磨同步浸出偏硼酸钠;

所述添加剂为碳酸钠、硫酸钠、胡敏酸钠、黄腐酸钠、草酸钠的混合物;添加剂的粒度为0.05-0.5mm;所述添加剂中各组分的质量百分比为:

碳酸钠 50%~85%;

硫酸钠 5%~25%;

胡敏酸钠 1%~20%;

黄腐酸钠 1%~3%;

草酸钠 1%~20%。

2. 根据权利要求1所述的一种从硼铁矿中同步提取硼和铁的方法,其特征在于:所述还原焙烧温度为1000℃~1100℃,还原焙烧时间60min~90min。

3. 根据权利要求2所述的一种从硼铁矿中同步提取硼和铁的方法,其特征在于:所述湿式球磨的球磨介质为水,还原产物与水的混合物构成球磨物料,球磨物料的质量百分浓度为50%~70%,磨球与球磨物料的质量比为(7~10):1,湿式球磨时间不少于20min,球磨后得到矿浆。

4. 根据权利要求3所述的一种从硼铁矿中同步提取硼和铁的方法,其特征在于:所述矿浆固液分离后,滤液为含偏硼酸钠的水溶液,滤液经蒸发、结晶制得偏硼酸钠晶体;滤渣为含金属铁粉滤饼,滤渣经调浆、湿式弱磁选分离得到金属铁粉。

一种从硼铁矿中同步提取硼和铁的方法

技术领域

[0001] 本发明涉及一种从硼铁矿中同步提取硼和铁的方法,属于化学工程和钢铁冶金领域。

背景技术

[0002] 硼及硼化合物具有质轻、阻燃、耐热、高硬、高强、耐磨以及催化性能,广泛应用于国民经济各部门中。硼铁矿占我国硼资源的 57.88%,仅辽东地区硼铁矿储量就达 2.8 亿 t,其中 B_2O_3 储量为 2184 万 t,属于大型硼矿床。虽然硼铁矿开采方便,但因其共 / 伴生矿物多、结构复杂等原因,加工处理难度大,至今尚未形成工业规模的开发利用。因此,加快硼铁矿资源的开发利用,对于缓解我国硼、铁资源供需紧张状况有着重要的现实意义。

[0003] 硼铁矿加工利用的关键在于硼、铁的分离,而其中 B_2O_3 的碱解活性则是决定现有各种处理工艺硼回收率及成本高低的关键。湿法工艺中的碳碱法是目前以高品位硼镁矿石为原料生产硼砂的主流工艺,硼镁矿粉加纯碱溶液,通入石灰窑气(CO_2)进行碳解、过滤,滤液适度蒸发浓缩,冷却结晶,离心分离得硼砂;浸出渣再经磁选获得铁精矿,使硼铁分离。由于硼铁矿原矿中硼含量低、活性差,若直接采用碳碱法工艺处理生产硼砂,需经高温活化预处理,且全流程硼的回收率低、碱耗大、成本高,浸出渣经磁选获得的铁精矿品质不高。

[0004] 火法分离工艺主要包括“高炉冶炼法”和“回转窑直接还原-电炉熔分法”,硼铁矿先经选矿抛除原矿中的部分 SiO_2 、 Al_2O_3 ,再通过造块后入高炉冶炼或经回转窑预还原后采用电炉熔分,产品为含硼生铁和富硼渣。火法工艺的优点是工艺流程相对较短,设备简单。但工业试验研究表明,高炉冶炼硼铁矿生产含硼约 1.0% 的含硼生铁时,高炉产能下降、焦比升高(约 1150kg/t)、炉衬侵蚀严重、产品含硫高,更重要的是富硼渣中 B_2O_3 的含量虽可达到 12%~17% (达到或超过一级硼镁矿的标准 (B_2O_3 含量达 12%)),但是该富硼渣中的 B_2O_3 活性低,碱解化学活性只有 50% 左右,不能作为碳碱法制取硼砂的原料。

[0005] 目前改善 B_2O_3 碱解活性的工艺方法有四种。其一为“富硼渣熔态钠化-加压水浸制硼砂工艺”,通过在熔融态的富硼渣中直接喷入 Na_2CO_3 高温钠化,再加压水浸,硼的浸出率可达 89%。浸出液经过滤、浓缩、结晶可制取硼砂。但是该工艺要求富硼渣在熔融状态反应,操作温度高、难度大,不适合工业化;其二为“富硼渣缓冷工艺”。通过改变富硼渣熔体冷却条件,避免冷却过程中玻璃质的大量生成,可提高富硼渣的活性。如以 $13m^3$ 高炉处理硼铁矿,对熔炼分离所得的富硼渣进行缓冷试验研究为例,通过控制冷却速率($1500^{\circ}C \sim 1200^{\circ}C$ 区间保持在 $0.76^{\circ}C \sim 20^{\circ}C/min$, $1200^{\circ}C \sim 900^{\circ}C$ 区间内控制冷却速率应小于 $2^{\circ}C/min$),富硼渣活性可由 40.05% 提高到 83.72%。但在工业上缓冷实施较为困难,制约了“火法”工艺技术的应用,至今未能实现长期稳定工业化生产;其三,“富硼渣/硼镁铁矿/含硼铁精矿钠化焙烧工艺”。通过采用钠化焙烧预处理,可提高富硼渣/硼铁矿的反应活性。专利“活化硼镁铁矿的方法”(申请号:200710157450.1)将碳酸钠预先与硼镁铁矿粉按一定的质量百分比混匀后(质量比 $Na_2O:B_2O_3=0.6 \sim 2.0:1$),在高温($750^{\circ}C \sim 1000^{\circ}C$)下进行氧化焙烧,使硼镁铁矿中的 B_2O_3 转变为水溶性硼酸钠盐,反应活性达 90%~96%,再将物料磨细后加热水浸,

过滤出的硼酸钠盐溶液经蒸浓、冷却、结晶或碳酸化,可制得偏硼酸钠或硼砂。在钠化焙烧活化预处理基础上,加入活性炭对硼精矿进行了磁化钠化焙烧,硼精矿按质量百分比与 20% 活性炭和 26.6% 碳酸钠充分混匀,混合物装入刚玉坩埚置于马弗炉中在 950℃ 温度下焙烧 2h,焙烧后的硼精矿活性可达 88.22%,且磁性明显增强。焙烧样经水热浸取后,产生的废渣主要为镁橄榄石和磁铁矿,磁铁矿可在二次磁选时分离出来,镁橄榄石可作为微晶玻璃的原料。该工艺的优点是焙烧过程中既可提高 B_2O_3 反应活性,又可增强滤渣的磁性,滤渣经磁选后可得到磁铁矿精矿,在一定程度上提高了矿渣(硼泥)的综合利用价值,但是焙烧后样品总体进行加压水热浸出(100℃~180℃),物料处理量大、效率低、成本高,且滤渣经磁选后得到的产品是磁铁矿精矿,附加值不高。

[0006] 此外,“一种钙化焙烧富硼渣的工艺方法”(申请号:201010141311.1)通过钙化焙烧富硼渣提高其反应活性,焙烧产物可作为碳碱法硼砂的生产原料。该方法以石灰石、消石灰或石灰为添加剂,在常压及 800℃~1100℃ 下,将粒度为 80 目~350 目,含 10%~20% B_2O_3 、30%~55%MgO、2%~15%CaO 的富硼渣钙化焙烧 0.5h~6h,然后在 120℃~150℃ 下进行碳解反应制取硼砂。经钙化焙烧处理的富硼渣常压碱解活性 85%~92%,碳解率 82%~90%,硼收率 78%~86%。该工艺的优点是利用廉价的石灰石或石灰为添加剂,对化学反应活性低于 50% 的富硼渣进行钙化焙烧,使活性提高 35%~45%,可作为碳碱法制硼砂的原料,但是,碳碱法制取硼砂时工艺流程复杂、成本高的问题依然存在。

[0007] 综上所述,硼铁矿的现有处理工艺大都不能实现硼、铁同步高效分离,获得高附加值的产品。例如:高炉法通过将硼铁矿造块后入高炉冶炼,实现铁氧化物的还原以及渣铁分离,产品为含硼生铁和富硼渣,富硼渣需再经活化预处理(富硼渣缓冷、钙化焙烧、熔态钠化)为碳碱法提供高活性的含硼原料或直接加压水浸制取硼砂。高炉法“先铁后硼”的技术路线,必须经高炉还原-富硼渣活化两步法处理,工艺流程长、成本高,且硼的综合回收率低(<85%)。钠化焙烧工艺可在焙烧过程中活化硼的同时又增大滤渣的磁性,但是焙烧后样品整体进行加压水热浸出,存在物料处理量大、效率低,且滤渣经磁选后得到的只是作为炼铁原料的磁铁矿精矿,产品附加值不高。

发明内容

[0008] 本发明旨在提供一种原料适应性强,工艺流程简单,生产效率高,能耗少,成本低,硼、铁综合回收率高的从硼铁矿中同步提取硼和铁的方法。

[0009] 本发明一种从硼铁矿中同步提取硼和铁的方法,是将硼铁矿破碎至 -3mm 的硼铁矿粉,其中 -1mm 粒级的硼铁矿粉占硼铁矿粉质量百分数大于等于 60%;加入占硼铁矿粉质量百分数 15%~30% 的添加剂,混匀、造块、烘干,然后以煤为还原剂进行还原焙烧,还原产物经破碎、磨矿浸出,固液分离,滤渣采用湿式弱磁选方法分选得直接还原金属铁粉,滤液经蒸发、结晶得偏硼酸钠。

[0010] 本发明一种从硼铁矿中同步提取硼和铁的方法,所述添加剂为碳酸钠、硫酸钠、胡敏酸钠、黄腐酸钠、草酸钠的混合物;添加剂的粒度为 0.05-0.5mm;所述添加剂中各组分的质量百分比为:

[0011] 碳酸钠 50%~85%;

[0012] 硫酸钠 5%~25%;

[0013] 胡敏酸钠 1%~20%；

[0014] 黄腐酸钠 1%~3%；

[0015] 草酸钠 1%~20%。

[0016] 本发明一种从硼铁矿中同步提取硼和铁的方法，所述还原焙烧温度为 1000℃~1100℃，还原焙烧时间 60min~90min。

[0017] 本发明一种从硼铁矿中同步提取硼和铁的方法，还原产物用于磨矿浸出、固液分离。

[0018] 本发明一种从硼铁矿中同步提取硼和铁的方法，所述磨矿浸出是在球磨机中进行湿式球磨同步浸出偏硼酸钠。

[0019] 本发明一种从硼铁矿中同步提取硼和铁的方法，所述湿式球磨的球磨介质为水，还原产物与水的混合物构成球磨物料，球磨物料的质量百分浓度为 50%~70%，磨球与球磨物料的质量比为 (7~10) : 1，湿式球磨时间不少于 20min，球磨后得到矿浆。

[0020] 本发明一种从硼铁矿中同步提取硼和铁的方法，所述矿浆固液分离后，滤液为含偏硼酸钠的水溶液，滤液经蒸发、结晶制得偏硼酸钠晶体；滤渣为含金属铁粉滤饼，滤渣经调浆、湿式弱磁选分离得到金属铁粉。

[0021] 本发明的机理简述于下：

[0022] 硼铁矿的直接焙烧过程中，由于添加剂中的 Na₂O 可与原矿中 B₂O₃ 发生化学反应生成低熔点的偏硼酸钠盐，活化了硼铁矿中的硼，破坏了矿石原有的致密、共生结构，同时低熔点物促进了金属铁晶粒的聚合长大；此外，离子半径较小的 Na⁺ 离子可造成铁氧化物的晶格畸变，催化铁氧化物的还原，从而为铁、硼分离创造有利的条件。此外，添加剂中的胡敏酸根、黄腐酸根、草酸根在加热还原中裂解产生的 H₂、CO 可促进铁氧化物的还原，提高还原速率。

[0023] 还原焙烧过程中发生的主要反应有：

[0024] $(\text{Mg, Fe})_2\text{Fe}[\text{B}_2\text{O}_7]\text{O}_2 + \text{Na}_2\text{O} + \text{CO}/\text{H}_2 \uparrow \rightarrow \text{NaBO}_2 + \text{Fe} + \text{MgO} + \text{CO}_2/\text{H}_2\text{O} \uparrow$

[0025] $\text{Fe}_3\text{O}_4 + \text{CO}/\text{H}_2 \uparrow \rightarrow \text{Fe} + \text{CO}_2/\text{H}_2\text{O} \uparrow$

[0026] $3\text{MgO} \cdot 2\text{SiO}_2 \cdot 2\text{H}_2\text{O} \rightarrow 2\text{MgO} \cdot \text{SiO}_2 (\text{镁橄榄石}) + \text{MgO} \cdot \text{SiO}_2 (\text{非晶质}) + \text{H}_2\text{O} \uparrow$

[0027] $\text{MgO} \cdot \text{SiO}_2 (\text{非晶质}) + \text{MgO} \rightarrow 2\text{MgO} \cdot \text{SiO}_2 (\text{镁橄榄石})$

[0028] 本发明将铁矿煤基直接还原技术和磨矿-水浸-磁选结合起来应用于硼铁矿资源的综合利用，既解决了现有选矿技术硼、铁分离效果不显著的缺点，又使硼铁矿资源得到最大程度的综合利用，加入高效添加剂还原焙烧使铁氧化物还原成金属铁的同时又将硼组分转变为可溶性偏硼酸钠，提高了 B₂O₃ 的反应活性，从而实现了磨矿-水浸同步提取硼，滤渣经磁选获取金属铁粉。全流程硼回收率达 85% 以上，所得磁性产品为铁品位大于 90% 的直接还原金属铁粉，是电炉炼钢用的优质炉料，铁的磁选回收率大于 90%。磁选非磁性产物经进一步处理可回收镁、硅等有价值成分。

[0029] 本发明的优点在于：

[0030] 1. 还原产品磨矿-水浸同步进行，工艺操作简单。新工艺省却高炉、电炉或矿热炉还原-熔分等高能耗工序流程，硼铁矿经还原焙烧后再经磨矿-水浸-磁选直接制备偏硼酸钠和金属铁粉，原料适应性强，硼铁矿及其选矿二次产品含硼铁精矿均可适用于本工艺，工艺流程短、能耗少、生产效率高、成本低。

[0031] 2. 浸出渣经调浆采用湿式弱磁选, 铁的回收效果好, 所得金属铁粉杂质含量低、铁品位高, 是电炉炼钢的优质原料, 因而铁产品的附加值高; 磁选尾矿可作为含镁原料生产耐火材料或镁化合物, 硼、铁、镁等有价元素均得以回收利用, 综合利用率高。

[0032] 综上所述, 本发明具有工艺流程简单、生产效率高、能耗少、成本低, 原料适应性强、硼铁综合回收率高, 产品质量好、附加值高等特点。本发明为我国储量丰富的硼铁矿资源的高效开发利用提供了新的有效途径, 有着十分广阔的推广应用前景。

附图说明

[0033] 附图 1 为本发明工艺流程图。

具体实施方式

[0034] 所用硼铁矿的主要化学成分如表 1 所示, 将硼铁矿预先破碎、磨矿至 -3mm 的硼铁矿粉, 其中 -1mm 粒级的硼铁矿粉占硼铁矿粉质量百分数大于等于 60%。

[0035] 表 1. 硼铁矿的主要化学成分 / %

[0036]

Fe _{total}	FeO	B ₂ O ₃	MgO	SiO ₂	P	S	Al ₂ O ₃	烧损
52.11	24.65	5.25	13.05	5.36	0.014	1.21	0.30	2.45

[0037] [对照例]

[0038] 对照例 1 : 将硼铁矿粉末造块、烘干后, 以褐煤作还原剂, 在 1000°C 温度下还原焙烧 90min, 将还原产物置于球磨机中以 50% 矿浆质量百分浓度、磨球与球磨物料的质量比为 10 : 1 进行磨矿 - 水浸 40min, 矿浆过滤后, 硼浸出率为 1.62%, 滤渣采用湿式弱磁选方法分选, 所得铁精矿中铁品位 83.32%, 铁磁选回收率 86.75%。

[0039] 对照例 2 : 将硼铁矿粉末造块、烘干后, 以褐煤作还原剂, 在 1100°C 温度下焙烧 60min, 将还原产物置于球磨机中以 50% 矿浆质量百分浓度、磨球与球磨物料的质量比为 10 : 1 进行磨矿 - 水浸 55min, 矿浆过滤后, 硼浸出率为 1.93%, 滤渣采用湿式弱磁选方法分选, 所得铁精矿中铁品位 83.98%, 铁磁选回收率 92.06%。

[0040] 对照例 3 : 依照专利“活化硼镁铁矿的方法”(申请号 : 200710157450.1) 申请书中所提供的主要条件, 将硼铁矿粉末与占其质量分数 30% 的碳酸钠充分混匀、造块、烘干后, 在 1000°C 温度下氧化焙烧 60min, 将焙烧产物置于球磨机中以 50% 矿浆质量百分浓度、磨球与球磨物料的质量比为 10 : 1 进行磨矿 - 水浸 40min, 矿浆过滤后, 硼浸出率为 54.2%, 滤渣采用湿式弱磁选方法分选, 所得铁精矿中铁品位 51.49%, 铁磁选回收率 73.56%。

[0041] [具体实施例]

[0042] 实施例 1 : 将 85% 碳酸钠、5% 硫酸钠、1% 黄腐酸钠、4% 胡敏酸钠、5% 草酸钠混合配制成添加剂, 硼铁矿粉末与占其质量分数为 15% 的上述添加剂充分混匀、造块、烘干后, 以褐煤作还原剂, 在 1000°C 温度下还原焙烧 60min, 将还原产物置于球磨机中以 50% 矿浆质量百分浓度、磨球与球磨物料的质量比为 10 : 1 进行磨矿 - 水浸 30min, 矿浆过滤后, 硼浸出率为 85.54%, 滤渣采用湿式弱磁选方法分选, 所得铁精矿中铁品位 86.57%, 铁磁选回收率

90.81%。

[0043] 实施例 2:将 70% 碳酸钠、20% 硫酸钠、2% 黄腐酸钠、4% 胡敏酸钠、4% 草酸钠混合配制成添加剂,硼铁矿粉末与占其质量分数为 20% 的上述添加剂混匀、造块、烘干后,以无烟煤作还原剂,在 1100℃ 温度下还原焙烧 60min,将还原产物置于球磨机中以 50% 矿浆质量百分浓度、磨球与球磨物料的质量比为 10 : 1 进行磨矿 - 水浸 30min,矿浆过滤后,硼浸出率为 87.80%,滤渣采用湿式弱磁选方法分选,所得铁精矿中铁品位 93.53%,铁磁选回收率 93.67%。

[0044] 实施例 3:将 50% 碳酸钠、25% 硫酸钠、3% 黄腐酸钠、10% 胡敏酸钠、12% 草酸钠混合配制成添加剂,硼铁矿粉末与占其质量分数为 30% 的上述添加剂混匀、造块、烘干后,以褐煤作还原剂,在 1100℃ 温度下还原焙烧 60min,将还原产物置于球磨机中以 60% 矿浆质量百分浓度、磨球与球磨物料的质量比为 8 : 1 进行 - 水浸 20min,矿浆过滤后,硼浸出率为 89.21%,滤渣采用湿式弱磁选方法分选,所得铁精矿中铁品位 92.46%,铁磁选回收率 93.85%。

[0045] 实施例 4:将 70% 碳酸钠、5% 硫酸钠、2% 黄腐酸钠、3% 胡敏酸钠、20% 草酸钠混合配制成添加剂,硼铁矿粉末与占其质量分数为 20% 的上述添加剂混匀、造块、烘干后,以褐煤作还原剂,在 1100℃ 温度下还原焙烧 90min,将还原产物置于球磨机中以 60% 矿浆质量百分浓度、磨球与球磨物料的质量比为 8 : 1 进行磨矿 - 水浸 20min,矿浆过滤后,硼浸出率为 90.32%,滤渣采用湿式弱磁选方法分选,所得铁精矿中铁品位 94.62%,铁磁选回收率 95.79%。

[0046] 实施例 5:将 70% 碳酸钠、10% 硫酸钠、2% 黄腐酸钠、13% 胡敏酸钠、5% 草酸钠混合配制成添加剂,硼铁矿粉末与占其质量分数为 20% 的上述添加剂混匀、造块、烘干后,以褐煤作还原剂,在 1100℃ 温度下还原焙烧 75min,将还原产物置于球磨机中以 70% 矿浆质量百分浓度、磨球与球磨物料的质量比为 7 : 1 进行磨矿 - 水浸 40min,矿浆过滤后,硼浸出率为 90.73%,滤渣采用湿式弱磁选方法分选,所得铁精矿中铁品位 95.02%,铁磁选回收率 95.98%。

[0047] 实施例 6:将 52% 碳酸钠、10% 硫酸钠、2% 黄腐酸钠、20% 胡敏酸钠、10% 草酸钠混合配制成添加剂,硼铁矿粉末与占其质量分数为 20% 的上述添加剂混匀、造块、烘干后,以无烟煤作还原剂,在 1100℃ 温度下还原焙烧 90min,将还原产物置于球磨机中以 70% 矿浆质量百分浓度、磨球与球磨物料的质量比为 7 : 1 进行磨矿 - 水浸 40min,矿浆过滤后,硼浸出率为 91.68%,滤渣采用湿式弱磁选方法分选,所得铁精矿中铁品位 95.55%,铁磁选回收率 96.43%。

[0048] 从以上实施例与对比例的检测结果可知,采用本发明的方法,不仅可以从硼铁矿中同步提取硼和铁,而且全流程硼回收率达 85% 以上,是对照例 1 和对照例 2 中硼回收率的 40 倍以上,较对照例 3 中硼回收率提高幅度大于 30%;所得磁性产品为铁品位大于 90% 的直接还原金属铁粉,铁的磁选回收率大于 90%;而对照例 1 和对照例 2 中所获得的磁选铁精矿因铁品位低不能直接用于电炉炼钢,对照例 3 中的所获得的磁选铁精矿只能用作炼铁原料。

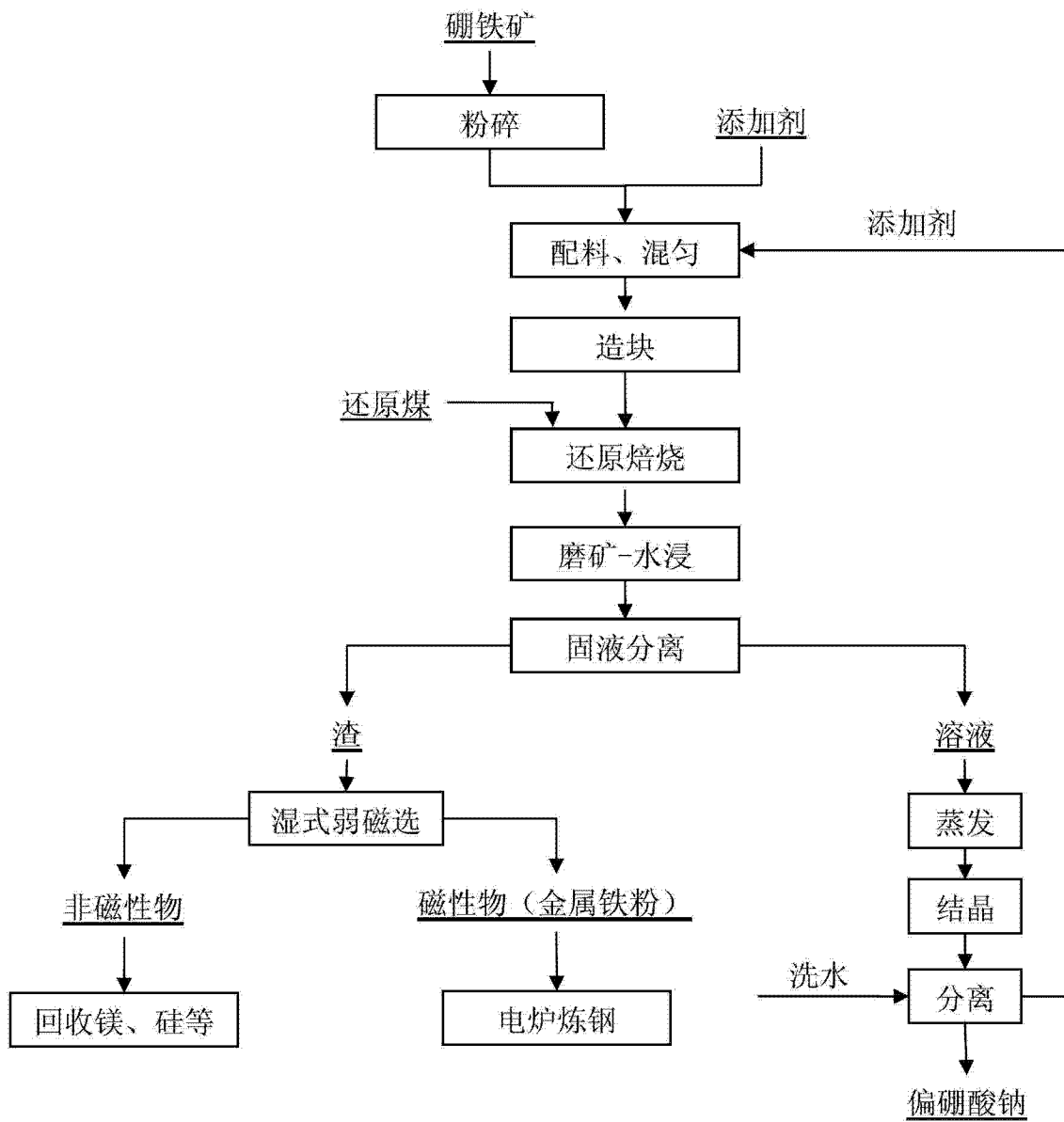


图 1