(19)中华人民共和国国家知识产权局

(12)发明专利申请

(10)申请公布号 CN 105238938 A
(43)申请公布日 2016.01.13

(21)申请号 201510753045.0

(22)申请日 2015.11.03

(71)申请人 赤峰金峰冶金技术发展有限公司
地址 024400 内蒙古自治区赤峰市喀喇沁旗锦山工业园区

(72)发明人 王国军　韩志

(74)专利代理机构 北京细软智谷知识产权代理有限责任公司 11471
代理人 郭亚芳

(51)Int.Cl.
C22B 15/00(2006.01)
C22B 15/14(2006.01)

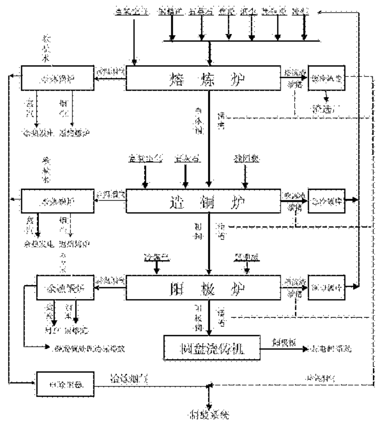
权利要求书1页　说明书5页　附图1页

(54)发明名称

一种铜精矿连续生产阳极铜的三连炉工艺

(57)摘要

本发明提供一种铜精矿连续生产阳极铜的三连炉工艺。其独有的特征是：熔炼炉、造铜炉和阳极炉分前后串联布置，炉窑之间通过溜槽连接。主要流程为：铜精矿及熔剂进入熔炼炉与富氧空气反应、生成白冰铜和熔炼渣及高温烟气，熔炼渣连续溢流、经溜槽放入缓冷渣包、浮选贫化；白冰铜通过虹吸、经溜槽连续流入造铜炉、与熔剂及富氧空气反应，生成粗铜、造铜吹炼渣和高温烟气。粗铜通过虹吸、经溜槽连续或间断流入阳极炉，阳极炉交替作业，经氧化、还原产出阳极铜；吹炼渣定期排出、急冷破碎返回熔炼炉。本发明实现了铜精矿冶炼生产粗铜的连续化作业。



CN 105238938 A

1.一种铜精矿连续生产阳极铜的三连炉工艺，其特征在于包括如下内容：

(1)熔炼反应过程：按比例配比的铜精矿、石英石熔剂、焦粉、烟尘、黑铜粉、冷料通过皮带秤计量、经由胶带输送机直接从熔池熔炼炉顶部加料口落入熔炼炉内，连续向熔炼熔池内鼓入富氧空气，在熔炼炉内实现白冰铜和熔炼渣的分离，白冰铜通过虹吸连续排出，熔炼渣连续溢流排出，产生的高温烟气进入余热锅炉；

(2)造铜吹炼反应过程：熔炼炉产出的液态白冰铜经过溜槽连续流入造铜炉，石灰石熔剂通过皮带秤计量按配比经由胶带输送机直接从造铜炉炉顶送入炉内，残阳极通过侧位专有进料口加入，连续向造铜炉内鼓入富氧空气；造铜炉内产出的粗铜通过虹吸连续或间断排出，产出的吹炼渣溢流放出，产生的高温烟气进入余热锅炉；

(3)精炼作业过程：造铜炉产出的液态粗铜经过溜槽连续或间断流入阳极炉，两台或三台阳极炉并列布置，阳极炉以炉交换的作业方式实现阳极铜的生产过程；一台阳极炉备料，另一台阳极炉氧化、还原，合格的阳极铜通过圆盘浇铸机生产阳极板。

2.根据权利要求1所述的一种铜精矿连续生产阳极铜的三连炉工艺，其特征在于：所述内容(1)中，铜精矿含水6～10％，石英石熔剂含硅≥95％、粒度＜30mm，熔炼反应过程的鼓风为含氧60～90％的富氧空气，白冰铜为含铜70％～80％的铜铁硫化合物，熔炼渣连续溢流排出、经渣包缓冷去浮选贫化；熔炼渣 Fe/SiO_2＝2.0～2.5、含铜2.0～3.0％。

3.根据权利要求1所述的一种铜精矿连续生产阳极铜的三连炉工艺，其特征在于：所述内容(2)中，造铜反应过程的鼓风为含氧25～30％的富氧空气，石灰石熔剂粒度为＜30mm，粗铜品位为＞98.5％，粗铜含硫＜0.03％，吹炼渣为钙铁渣，经冷却破碎后返回造渣炉。

4.根据权利要求1所述的一种铜精矿连续生产阳极铜的三连炉工艺，其特征在于：所述内容(1)、(2)中，熔炼反应过程和造铜吹炼反应过程产生的高温烟气分别进入对应的余热锅炉，余热锅炉产出的饱和中压蒸汽集中用于余热发电。

5.根据权利要求1所述的一种铜精矿连续生产阳极铜的三连炉工艺，其特征在于：所述内容中，不仅仅包括熔炼炉和造铜炉采用溜槽连接、造铜炉与阳极炉之间采用溜槽衔接，还包括熔炼炉与缓冷渣包之间、造铜炉与渣包之间均采用溜槽衔接，实现白冰铜、熔炼渣、粗铜的液态流动转移。

6.根据权利要求5所述的一种铜精矿连续生产阳极铜的三连炉工艺，其特征在于：还包括熔炼炉和造铜炉所对应的熔炼反应过程和造铜吹炼反应过程均在负压条件下运行，工艺烟气无泄漏；溜槽及渣包处均分别设置集烟罩，用以收集从熔炼炉、造铜炉中逸出的含有 SO_2 和金属雾的烟气；烟气汇入制酸系统，用于调节工艺烟气氧硫比的稀释风，使环集烟气中的 SO_2 气体在制酸系统得以回收利用。

一种铜精矿连续生产阳极铜的三连炉工艺

技术领域

[0001] 本发明涉及一种生产阳极铜的工艺，尤其是一种铜精矿连续生产阳极铜的三连炉工艺。

背景技术

[0002] 铜冶炼技术正逐渐朝着高效、清洁和连续化的方向发展，国内外铜冶炼企业积极寻求或开发产能大、投资和运行费用低、操作连续、有利于环保的铜冶炼工艺。我国在大中型铜冶炼新建或改造项目中，非常重视熔炼工艺与吹炼工艺的选择与开发，在引进、消化先进技术的同时，着力于开发具有自主知识产权的熔炼技术和连续吹炼技术，以期在工艺及装备设计、加工制造、生产操作诸方面逐步缩小与世界先进水平的差距，已成为必然趋势。

[0003] 目前，国内外采用的较为先进的铜熔炼工艺主要有：闪速炉熔炼、三菱熔炼、瓦纽科夫熔炼、奥斯麦特熔炼、艾萨熔炼、白银法熔炼等；成熟的粗铜吹炼工艺主要有：PS 转炉吹炼、闪速吹炼、三菱法吹炼。在熔炼工艺中，对入炉矿料的预处理以及进料和鼓风风方式各不相同，深度干燥或造粒等复杂的备料程序无形中增加了能耗和环境治理成本；在冰铜吹炼成粗铜的生产过程中，PS 转炉吹炼工艺占绝大部分，冰铜由钢包和桥式起重机倒运；仅有三菱法是一个连续的熔炼和吹炼过程，将三个炉子（S 炉 +CL 炉 +C 炉）用两个溜槽连接、实现了粗铜的连续生产，但其吹炼过程的造渣反应和造铜反应是在单一空间 C 炉中同步进行的，粗铜质量不理想。

[0004] 随着粗铜火法生产工艺的发展，传统的 PS 转炉吹炼工艺已不适应现代环保的要求。PS 转炉吹炼粗铜，间断作业过程难以实现系统密闭，存在着漏风率高、烟气 SO_2浓度低、烟气量波动大、逸散烟气造成低空污染严重、耐火材料消耗量大等弊病，将会逐渐被淘汰。目前，国际上比较先进的粗铜吹炼工艺有两种：一是闪速吹炼工艺，二是三菱法吹炼工艺。闪速吹炼工艺是将熔炼产生的冰铜（品位小于 70％）水淬后，研磨成细粉再烘干，连同粉状溶剂一起用高压风喷入闪速炉内，经过氧化反应生成吹炼渣、粗铜和高温烟气。该工艺存在着不能消化冷料、综合能耗高、吹炼渣含铜高、直收率低、生产成本高、粗铜含硫高的缺点。三菱法吹炼工艺是将热态冰铜（品位小于 68％）通过溜槽直接流入吹炼炉并同时采用风料喷枪向熔体中喷入熔剂和富氧空气，经过氧化反应生成吹炼渣、粗铜和高温烟气；虽然能耗较低，但存在吹炼渣含铜高、直收率低、粗铜含硫及杂质高的缺点。

[0005] 粗铜由钢包和桥式起重机倒运至阳极炉，经氧化和还原过程，生成阳极铜，绝大部分企业采用天然气或固体燃料、固体还原剂，作业环境较差。

发明内容

[0006] 为了消除现有铜冶炼工艺技术存在的工艺缺陷，本发明提供了一种铜精矿连续生产阳极铜的三连炉工艺，此工艺备料简单、过程连续易操作，可有效避免 SO_2有害烟气逸散造成的低空环境污染，环保效果理想，生产安全稳定，粗铜质量优，熔炼渣含铜低、直收率高，耐火材料使用寿命较长，烟气量小且连续稳定、SO_2浓度高，余热回收利用效果好，总硫

回收率高，炉渣资源化利用，技术经济指标优良。

[0007] 本发明采取的技术方案是：一种铜精矿连续生产阳极铜的三连炉工艺，包括以下步骤：

[0008] (1) 依据铜精矿原料的化学成分和供应量，合理确定入炉铜精矿的复配比例及用量、熔剂量和燃料量，铜精矿无需深度干燥或造粒，铜精矿、石英石熔剂、焦粉、烟尘、黑铜粉、冷料均通过皮带秤计量、经由胶带输送机直接从熔池熔炼炉顶部加料口送入炉内，向炉内连续鼓入适量的富氧空气，在熔炼反应区实现白冰铜和炉渣的分离，白冰铜通过虹吸连续排出；高铁硅比的熔炼渣连续溢流排出，经过溜槽进入缓冷渣包；含 SO_2的高温烟气连续稳定的进入余热锅炉，低温烟气经过电收尘进入制酸系统。

[0009] (2) 熔炼产出的白冰铜通过溜槽连续流入造铜炉，根据白冰铜量和化学成分，从炉顶加料口连续或间断加入适量的石灰石熔剂，向炉内连续鼓入适量的富氧空气，进一步除铁和杂质，同时氧化 Cu_2S 中的 S 生成 SO_2进入烟气，完成造铜反应，同时通过残阳极加料口加入电解残阳极。产出粗铜、微量的吹炼渣和含 SO_2的高温烟气。粗铜通过虹吸连续或断续排放，经过溜槽转入阳极炉内；微量的吹炼渣从排渣口定期排放，经过溜槽进入渣包或水淬；含 SO_2的高温烟气连续稳定的进入余热锅炉，低温烟气经过电收尘进入制酸系统。

[0010] (3) 造铜炉产出的液态粗铜经过溜槽连续排出、进入阳极炉组中处于进料阶段的阳极炉内，阳极炉组以炉交换作业的方式实现进料过程与精炼作业过程同步进行，氧化阶段和还原阶段采用冷煤气。

[0011] 作为优选，所述步骤 (1) 中白冰铜为含铜 70％～ 80％的铜铁硫化合物，其品位为 72 ～ 80％，熔炼渣 Fe/SiO_2＝ 2.0 ～ 2.5、渣含铜 2.0 ～ 3.0％。

[0012] 作为优选，所述步骤 (1) 中熔炼反应温度为 1250℃—1280℃。

[0013] 作为优选，所述步骤 (1) 中富氧空气含氧浓度为 60 ～ 90％，鼓风压力为 100 ～ 160KPa。

[0014] 作为优选，所述步骤 (1) 中石英石熔剂含硅≥ 95％，粒度＜ 30mm。

[0015] 作为优选，所述步骤 (1) 中燃料可以是煤粉、焦粉或天然气。

[0016] 作为优选，所述步骤 (2) 中造铜反应温度为 1250℃～ 1300℃。

[0017] 作为优选，所述步骤 (2) 中富氧空气含氧浓度为 25 ～ 30％，鼓风压力为 150 ～ 400KPa。

[0018] 作为优选，所述步骤 (2) 中石灰石熔剂的粒度＜ 30mm。

[0019] 作为优选，所述步骤 (2) 中粗铜品位 >98.5％，粗铜含硫 <0.03％。

[0020] 作为优选，所述步骤 (3) 中阳极炉组以分炉交叉作业的方式实现进料过程与精炼作业过程同步连续进行。

[0021] 作为优选，所述步骤 (3) 中冷煤气由冷煤气站供应。

[0022] 进一步地，所述步骤 (1)、(2) 中高温烟气温度 1200 ～ 1250℃，经余热锅回收热量后的低温烟气温度 340±20℃。

[0023] 进一步地，所述步骤 (1)、(2) 中在溜槽、渣包处均对应设置集烟罩，将收集的逸散烟气集中汇入制酸系统。

[0024] 本发明的有益效果是：

[0025] (1) 铜精矿连续生产阳极铜的三连炉工艺中的熔炼工艺为富氧双侧吹熔池熔炼工

艺，铜精矿无需深度干燥或造粒，在熔炼反应区一步生成白冰铜、实现白冰铜和熔炼渣的分离，白冰铜经溜槽连续造铜炉，高铁硅比的熔炼渣连续排出，经过溜槽进入缓冷渣包，经缓冷后送至选矿厂；在熔炼炉内瞬时同步完成了铜精矿熔炼生成冰铜和冰铜吹炼生成白冰铜的冶金反应过程，省掉了传统 PS 转炉吹炼工艺中冰铜需利用钢包和桥式起重机的倒运作业，可降低冶金设备及厂房投资、避免了铜锍倒运过程中的显热损失和气体逸散。

[0026] (2) 铜精矿连续生产阳极铜的三连炉工艺中的吹炼工艺采用熔池反应机理，造铜吹炼反应过程在顶吹造铜炉内进行，从而实现连续进白冰铜、连续鼓风、连续放出粗铜、均衡排渣的连续吹炼过程。

[0027] (3) 因为粗铜的吹炼过程是连续进行的，炉膛温度变化极小，解决了热震对耐火材料的损伤，减少了耐火材料消耗，延长了炉窑的使用寿命。

[0028] (4) 进入造铜炉的白冰铜，其品位控制在 70 ～ 80％之间，其中的含铁量小于 2.0％，这样，造铜时只产生微量的吹炼渣，为保证粗铜质量这部分吹炼渣必然要过氧化，渣含铜会很高，约为 20 ～ 30％，但由于其渣量很小，急冷破碎后返回熔炼炉；所以金属直收率较高，还能获得含硫低、含杂质少的优质粗铜。

[0029] (5) 吹炼过程连续化作业，漏风率小、烟气温度高、烟气量稳定，余热回收效果好，产出的饱和蒸汽量和压强稳定，可与熔炼余热锅炉蒸汽集中用于余热发电，降低综合能耗。

[0030] (6) 熔炼炉和造铜炉均在负压条件下运行，漏风率只有 10％左右，工艺烟气无泄漏，烟气 SO_2 浓度高，烟气量小并且连续稳定；所有溜槽及渣包处从熔液中逸出的 SO_2 和金属雾均设置集烟罩全部收集，此环集烟气 100％汇入制酸系统、用于调节工艺烟气氧硫比的稀释风，环集烟气中的 SO_2 气体在制酸系统得以回收利用，从而提高了硫的回收率、降低了制酸运行成本、彻底解决了逸散烟气造成的低空污染问题。

[0031] (7) 粗铜经过溜槽连续转入阳极炉内，省掉了粗铜利用钢包和桥式起重机的倒运作业，避免了粗铜倒运过程中的显热损失；氧化阶段和还原阶段采用冷煤气，改善了精炼作业环境，烟气经余热回收和脱硫处理后，达标排放。

附图说明

[0032] 图 1 是本发明的一种工艺流程图。

具体实施方式

[0033] 下面结合附图和实施例对本发明作进一步的详细说明。

[0034] 参照图 1，本发明采用铜精矿连续生产阳极铜的三连炉工艺，所采用的主要设备包括熔炼炉、造铜炉、阳极炉及余热锅炉。其中熔炼炉和造铜炉分前后布置，两个炉窑之间用溜槽连接，每台炉窑的烟道出口分别连接一台余热锅炉。

[0035] 熔炼炉：设有熔剂和冷料的加料口、富氧空气风嘴、观察口、白冰铜排放虹吸道、熔炼渣溢流排放口和用于烟气导出的竖直烟道。

[0036] 造铜炉：设有白冰铜溜槽、白冰铜流入口、熔剂加料口、残阳极加料口、富氧空气喷枪、粗铜排放虹吸道、粗铜溜槽、吹炼渣溢流排放口和用于烟气导出的竖直烟道。

[0037] 阳极炉：设有粗铜流入口、炉口盖、燃烧器及燃烧口、氧化还原口、出铜口、出烟口及烟道。

[0038] 实施例 1

[0039] 如图 1 所示，一种铜精矿连续生产阳极铜的三连炉工艺包括如下步骤：

[0040] (1) 按配料比例、经准确计量，将混配的含铜 18.5％、含水 6％的铜精矿与粒度＜ 10mm 的石英石熔剂和焦粉以及烟尘、黑铜粉、冷料，经由胶带输送机直接从熔池熔炼炉顶部加料口送入炉内，通过风嘴鼓入压力 100KPa、含氧 60％的富氧空气，在炉内发生化学反应，熔炼温度控制在 1250℃，生成熔炼渣、白冰铜和含 SO_2的高温烟气。熔炼渣和冰铜在炉内分离，含铜 72％的白冰铜沉在熔体下层，通过虹吸道排出，经过溜槽流入造铜炉；含铜 2.0％、Fe/SiO_2＝ 2.0 的熔炼渣熔炼渣连续溢流排出，经过溜槽进入缓冷渣包，去渣选厂浮选，浮选尾渣含铜＜ 0.30％；1220℃含 SO_2的高温烟气经过竖直烟道进入余热锅炉，从余热锅炉出来的 320℃低温烟气经过电收尘进入制酸系统。

[0041] (2) 白冰铜连续稳定地流入造铜炉，通过加料口加入粒度 10mm 的石灰石熔剂，通过喷枪鼓入压力 150KPa、含氧 25％的富氧空气，在炉内发生化学反应，吹炼温度控制在 1250℃，生成微量的吹炼渣、粗铜和含 SO_2的高温烟气。吹炼渣和粗铜在炉内分离，含铜 20％的吹炼渣漂浮在熔体的上层，从溢流排渣口定期排出，急冷破碎后返回熔炼炉作为冷料；含铜 >98.5％、含硫 <0.03％的粗铜沉在熔体下层，通过虹吸道经过溜槽进入粗铜包或阳极炉；1250℃含 SO_2的高温烟气经过竖直烟道进入余热锅炉，从余热锅炉出来的 320℃低温烟气经过电收尘进入制酸系统，烟尘返回熔炼炉，产出的饱和中压蒸汽用于余热发电。炉内熔体温度适当时通过残阳极加料口加入电解残阳极。所有溜槽和渣包的环集烟气进入制酸系统。

[0042] (3) 粗铜连续流入 1#阳极炉，2#阳极炉处于氧化阶段，进料期间维持铜水温度 1250℃，氧化阶段操作温度 1260℃，还原阶段操作温度 1270℃。

[0043] 实施例 2

[0044] 如图 1 所示，一种铜精矿连续生产阳极铜的三连炉工艺包括如下步骤：

[0045] (1) 按配料比例、经准确计量，将混配的含铜 19.5％、含水 8％的铜精矿与粒度＜ 20mm 的石英石熔剂和焦粉以及烟尘、黑铜粉、冷料，经由胶带输送机直接从熔池熔炼炉顶部加料口送入炉内，通过风嘴鼓入压力 130KPa、含氧 80％的富氧空气，在炉内发生化学反应，熔炼温度控制在 1260℃，生成熔炼渣、白冰铜和含 SO_2的高温烟气。熔炼渣和白冰铜在炉内分离，含铜 75％的白冰铜沉在熔体下层，通过虹吸道排出，经过溜槽流入造铜炉；含铜 2.20％、Fe/SiO_2＝ 2.2 的熔炼渣熔炼渣连续溢流排出，经过溜槽进入缓冷渣包，去渣选厂浮选，浮选尾渣含铜＜ 0.30％；1240℃含 SO_2的高温烟气经过竖直烟道进入余热锅炉，从余热锅炉出来的 330℃低温烟气经过电收尘进入制酸系统。

[0046] (2) 白冰铜连续稳定地流入造铜炉，通过加料口加入粒度 20mm 的石灰石熔剂，通过喷枪鼓入压力 270KPa、含氧 27％的富氧空气，在炉内发生化学反应，吹炼温度控制在 1260℃，生成微量的吹炼渣、粗铜和含 SO_2的高温烟气。吹炼渣和粗铜在炉内分离，含铜 22％的吹炼渣漂浮在熔体的上层，从溢流排渣口定期排出，急冷破碎后返回熔炼炉作为冷料；含铜 >98.9％、含硫 <0.03％的粗铜沉在熔体下层，通过虹吸道经过溜槽进入粗铜包或阳极炉；1270℃含 SO_2的高温烟气经过竖直烟道进入余热锅炉，从余热锅炉出来的 340℃低温烟气经过电收尘进入制酸系统，烟尘返回熔炼炉，产出的饱和中压蒸汽用于余热发电。炉内熔体温度适当时通过残阳极加料口加入残阳极。所有溜槽和渣包的环集烟气进入制酸系统。

[0047]　(3) 粗铜连续流入 2#阳极炉，1#阳极炉处于氧化阶段，进料期间维持铜水温度 1260℃，氧化阶段操作温度 1270℃，还原阶段操作温度 1280℃。

[0048]　实施例 3

[0049]　如图 1 所示，一种铜精矿连续生产阳极铜的三连炉工艺包括如下步骤：

[0050]　(1) 按配料比例、经准确计量，将混配的含铜 20.5％、含水 10％的铜精矿与粒度＜ 30mm 的石英石熔剂和焦粉以及烟尘、黑铜粉、冷料，经由胶带输送机直接从熔池熔炼炉顶部加料口送入炉内，通过风嘴鼓入压力 160KPa、含氧 90％的富氧空气，在炉内发生化学反应，熔炼温度控制在 1270℃，生成熔炼渣、白冰铜和含 SO_2的高温烟气。熔炼渣和白冰铜在炉内分离，含铜 78％的白冰铜沉在熔体下层，通过虹吸道排出，经过溜槽流入造铜炉；含铜 <3.0％、Fe/SiO_2＝ 2.5 的熔炼渣熔炼渣连续溢流排出，经过溜槽进入缓冷渣包，去渣选厂浮选，浮选尾渣含铜＜ 0.30％；1250℃含 SO_2的高温烟气经过竖直烟道进入余热锅炉，从余热锅炉出来的 340℃低温烟气经过电收尘进入制酸系统。

[0051]　(2) 白冰铜连续稳定地流入造铜炉，通过加料口加入粒度 <30mm 的石灰石熔剂，通过喷枪鼓入压力 400KPa、含氧 30％的富氧空气，在炉内发生化学反应，吹炼温度控制在 1270℃，生成微量的吹炼渣、粗铜和含 SO_2的高温烟气。吹炼渣和粗铜在炉内分离，含铜 25％的吹炼渣漂浮在熔体的上层，从溢流排渣口定期排出，急冷破碎后返回熔炼炉作为冷料；含铜 >99.0％、含硫 <0.03％的粗铜沉在熔体下层，通过虹吸道经过溜槽进入粗铜包或阳极炉；1290℃含 SO_2的高温烟气经过竖直烟道进入余热锅炉，从余热锅炉出来的 350℃低温烟气经过电收尘进入制酸系统，烟尘返回熔炼炉，产出的饱和中压蒸汽用于余热发电。炉内熔体温度适当时通过残阳极加料口加入残阳极。所有溜槽和渣包的环集烟气进入制酸系统。

[0052]　(3) 粗铜连续流入 1#阳极炉，2#阳极炉处于氧化阶段，进料期间维持铜水温度 1270℃，氧化阶段操作温度 1280℃，还原阶段操作温度 1290℃。

[0053]　以上实施例仅为说明本发明的工艺原理、技术路线及反应过程控制，不能以此限定本发明的保护范围，凡是依据本发明中采用三连炉生产阳极铜的炼铜技术、尤其是本发明中由铜精矿经熔炼反应连续出产白冰铜、再经造铜吹炼反应连续出产粗铜的全流程连续的炼铜技术，以及在本发明的技术方案基础上所做的任何改动和衍变，均落在本发明的保护范围之内。

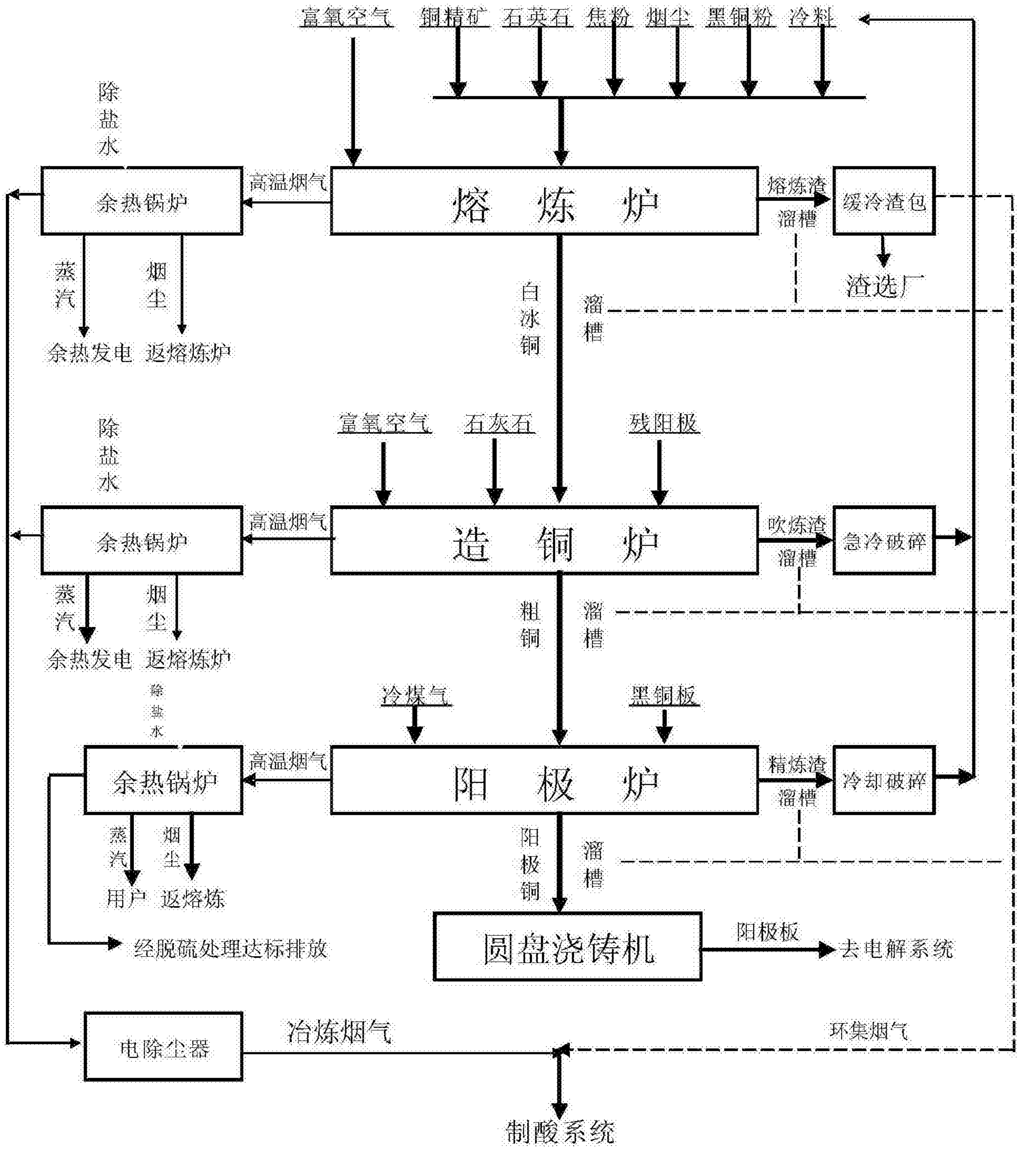

富氧空气
铜精矿
石英石
焦粉
烟尘
黑铜粉
冷料
除盐水
余热锅炉
高温烟气
熔　炼　炉
熔炼渣
溜槽
缓冷渣包
渣选厂
蒸汽
烟尘
余热发电
返熔炼炉
白冰铜
溜槽
富氧空气
石灰石
残阳极
除盐水
余热锅炉
高温烟气
造　铜　炉
吹炼渣
溜槽
急冷破碎
蒸汽
烟尘
余热发电
返熔炼炉
粗铜
溜槽
冷煤气
黑铜板
除盐水
余热锅炉
高温烟气
阳　极　炉
精炼渣
溜槽
冷却破碎
蒸汽
烟尘
用户
返熔炼
阳极铜
溜槽
圆盘浇铸机
阳极板
去电解系统
经脱硫处理达标排放
电除尘器
冶炼烟气
环集烟气
制酸系统

图 1