



(12) 发明专利申请

(10) 申请公布号 CN 104331050 A

(43) 申请公布日 2015. 02. 04

(21) 申请号 201410597364. 2

(22) 申请日 2014. 10. 29

(71) 申请人 中国科学院沈阳自动化研究所
地址 110016 辽宁省沈阳市南塔街 114 号

(72) 发明人 王卓 于海斌 贾洋 王斌
陈宜滨

(74) 专利代理机构 沈阳科苑专利商标代理有限
公司 21002

代理人 许宗富

(51) Int. Cl.
G05B 19/418 (2006. 01)

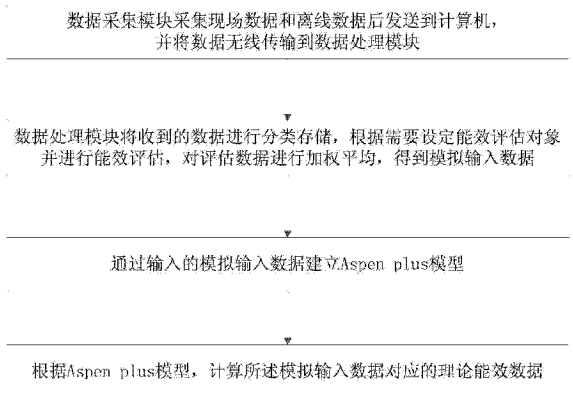
权利要求书1页 说明书4页 附图3页

(54) 发明名称

基于流程模拟的富氧底吹炼铜过程能效评估方法

(57) 摘要

本发明涉及一种基于流程模拟的富氧底吹炼铜过程能效评估方法,包括以下步骤:数据采集模块采集现场数据和离线数据,并将数据传输到数据处理模块;数据处理模块将收到的数据进行分类存储,根据需要设定能效评估对象,对评估对象的目标数据进行加权平均,得到模拟输入数据;建立 Aspen plus 模型,将模拟输入数据通过数据接口传输到所述模型中;根据 Aspen plus 模型,计算所述模拟输入数据对应的理论能效数据。本发明所述的基于流程模拟的富氧底吹炼铜过程能效评估方法有助于准确地评估富氧底吹炼铜新工艺的能效,科学地评价富氧底吹炼铜炉的运行水平,及时的挖掘节能潜力并合理地出具参数和工艺优化方案。



1. 一种基于流程模拟的富氧底吹炼铜过程能效评估方法,其特征在于:包括以下步骤:

数据采集模块采集现场数据和离线数据,并将数据传输到数据处理模块;

数据处理模块将收到的数据进行分类存储,根据需要设定能效评估对象,对评估对象的目标数据进行加权平均,得到模拟输入数据;

建立 Aspen plus 模型,将模拟输入数据通过数据接口传输到所述模型中;

根据 Aspen plus 模型,计算所述模拟输入数据对应的理论能效数据。

2. 根据权利要求 1 所述的基于流程模拟的富氧底吹炼铜过程能效评估方法,其特征在于:所述建立 Aspen plus 模型包括以下过程:

步骤 1:根据氧气底吹操作特点,将富氧底吹炉划分功能区;

步骤 2:根据系统漏风面积,通过伯努利方程计算系统漏风量;

步骤 3:根据所述功能区的功能,选择单元操作模块,建立 Aspen plus 模型。

3. 根据权利要求 2 所述的基于流程模拟的富氧底吹炼铜过程能效评估方法,其特征在于:所述功能区划分为精矿加热区、反应液化区、造钽反应区、造渣反应区以及产物分离区。

4. 根据权利要求 2 所述的基于流程模拟的富氧底吹炼铜过程能效评估方法,其特征在于,所述系统漏风量计算如下:

$$q = 3600 \times A \times \sqrt{\frac{2\Delta P}{\rho}(1-f)} \quad (1)$$

其中, q 为系统漏风量, A 为系统漏风面积, ΔP 为系统内外压差, ρ 为标准状态下大气密度, f 为阻力系数。

5. 根据权利要求 2 所述的基于流程模拟的富氧底吹炼铜过程能效评估方法,其特征在于,所述单元操作模块包括:

精矿加热区的第一精矿换热模块 Heater-1 和第二精矿换热模块 Heater-2; 反应液化区的液化反应模块 RGibbs-1 和液体分离模块 Sep-1; 造钽反应区的造钽反应模块 RGibbs-2; 造渣反应区的造渣反应模块 RGibbs-3; 产物分离区的流股分割模块 FSplit、相分离模块 Sep-2 和流股混合模块 Mixer。

6. 根据权利要求 1 所述的基于流程模拟的富氧底吹炼铜过程能效评估方法,其特征在于,所述理论能效数据计算过程如下:

$$q_d = q_{H,1} + q_{H,2} + q_{R,1} + q_{S,1} + q_{R,2} + q_{R,3} + q_F + q_{S,2} + q_M \quad (2)$$

其中, q_d 为炉体总对外放热量, $q_{H,1}$ 为第一精矿换热模块 Heater-1 的对外放热量, $q_{H,2}$ 为第二精矿换热模块 Heater-2 的对外放热量, $q_{R,1}$ 为液化反应模块 RGibbs-1 的对外放热量, $q_{S,1}$ 为液体分离模块 Sep-1 的对外放热量, $q_{R,2}$ 为造钽反应模块 RGibbs-2 的对外放热量, $q_{R,3}$ 为造渣反应模块 RGibbs-3 的对外放热量, q_F 为流股分割模块 FSplit 的对外放热量, $q_{S,2}$ 为相分离模块 Sep-2 的对外放热量, q_M 为流股混合模块 Mixer 的对外放热量。

基于流程模拟的富氧底吹炼铜过程能效评估方法

技术领域

[0001] 本发明涉及铜冶炼领域,具体地说是一种基于流程模拟的富氧底吹炼铜过程能效评估方法。

背景技术

[0002] 富氧底吹炼铜炉作为我国完全自主知识产权的“富氧底吹炼铜新工艺”和世界上第一个工业规模底吹炉,具有原料适应性强、无碳造硫熔炼、CO₂ 零排放、低耗氧量等工艺特点,受到了国内外冶金领域专家的高度评价。中国有色金属工业协会 2009 年 11 月 26 日在中色协铜字 [2009]252 号文中明确指出:该工艺是我国自己研发的、具有自主知识产权,在炼铜领域的重大技术创新成果,是世界先进的炼铜技术之一。该项技术已被列为国务院《关于发挥科学技术支撑作用,促进经济平稳较快发展的意见》(国发 [2009]9 号)重点推广应用技术。

[0003] 但是,作为刚刚工业应用的炼铜工艺过程,富氧底吹炼铜过程自动化水平偏低,很多能源相关放热关键参数无法直接测量,生产参数的调整优化、过程操作的风险评价,以及各种节能备选方案可行性评定等没有有效的支撑和可靠的理论依据。炉子的操控很大程度上受操作人员素质的影响,过程能效和产品品质波动较大,制约了该项工艺优势的发挥。

[0004] 作为一款用于工艺严格计算的模拟软件,Aspen Plus 能够针对不同原料进料、工艺条件、用户模型,实现快速得到不同工况下的设备或工艺的能量使用和生产运行情况。目前,国内外研究者已经普遍采用流程模拟软件 Aspen plus 对化工过程进行研究,以期通过对生产参数的调整优化和对工艺的改造,达到节能降耗、提高生产效益的目的。

发明内容

[0005] 针对现有富氧底吹炼铜炉缺乏有效的理论依据,无法科学地评价设备的运行水平、挖掘节能潜力、出具参数优化方案以及提出工艺改造措施等问题,本发明提供一种基于流程模拟软件的富氧底吹炼铜过程能效评估的模拟计算方法,计算富氧底吹炼铜炉的能效。

[0006] 本发明为实现上述目的所采用的技术方案是:一种基于流程模拟的富氧底吹炼铜过程能效评估方法,包括以下步骤:

[0007] 数据采集模块采集现场数据和离线数据,并将数据传输到数据处理模块;

[0008] 数据处理模块将收到的数据进行分类存储,根据需要设定能效评估对象,对评估对象的目标数据进行加权平均,得到模拟输入数据;

[0009] 建立 Aspen plus 模型,将模拟输入数据通过数据接口传输到所述模型中;

[0010] 根据 Aspen plus 模型,计算所述模拟输入数据对应的理论能效数据。

[0011] 所述建立 Aspen plus 模型包括以下过程:

[0012] 步骤 1:根据氧气底吹操作特点,将富氧底吹炉划分功能区;

[0013] 步骤 2:根据系统漏风面积,通过伯努利方程计算系统漏风量;

[0014] 步骤3:根据所述功能区的功能,选择单元操作模块,建立 Aspen plus 模型。

[0015] 所述功能区划分为精矿加热区、反应液化区、造钽反应区、造渣反应区以及产物分离区。

[0016] 所述系统漏风量计算如下:

$$[0017] \quad q = 3600 \times A \times \sqrt{\frac{2\Delta P}{\rho}(1-f)} \quad (1)$$

[0018] 其中, q 为系统漏风量, A 为系统漏风面积, ΔP 为系统内外压差, ρ 为标准状态下大气密度, f 为阻力系数。

[0019] 所述单元操作模块包括:

[0020] 精矿加热区的第一精矿换热模块 Heater-1 和第二精矿换热模块 Heater-2; 反应液化区的液化反应模块 RGibbs-1 和液体分离模块 Sep-1; 造钽反应区的造钽反应模块 RGibbs-2; 造渣反应区的造渣反应模块 RGibbs-3; 产物分离区的流股分割模块 FSplit、相分离模块 Sep-2 和流股混合模块 Mixer。

[0021] 所述理论能效数据计算过程如下:

$$[0022] \quad q_d = q_{H,1} + q_{H,2} + q_{R,1} + q_{S,1} + q_{R,2} + q_{R,3} + q_F + q_{S,2} + q_M \quad (2)$$

[0023] 其中, q_d 为炉体总对外放热量, $q_{H,1}$ 为第一精矿换热模块 Heater-1 的对外放热量, $q_{H,2}$ 为第二精矿换热模块 Heater-2 的对外放热量, $q_{R,1}$ 为液化反应模块 RGibbs-1 的对外放热量, $q_{S,1}$ 为液体分离模块 Sep-1 的对外放热量, $q_{R,2}$ 为造钽反应模块 RGibbs-2 的对外放热量, $q_{R,3}$ 为造渣反应模块 RGibbs-3 的对外放热量, q_F 为流股分割模块 FSplit 的对外放热量, $q_{S,2}$ 为相分离模块 Sep-2 的对外放热量, q_M 为流股混合模块 Mixer 的对外放热量。

[0024] 本发明具有以下有益效果及优点:

- [0025] 1. 本发明能够准确地评估过程操作的能效;
- [0026] 2. 本发明能够科学地评价富氧底吹炼铜炉的运行水平;
- [0027] 3. 本发明能够极大地挖掘节能潜力;
- [0028] 4. 本发明能够合理地出具参数和工艺优化方案。

附图说明

[0029] 图1是本发明的方法流程图;

[0030] 图2是本发明的整体结构图;

[0031] 图3是本发明的分区结构图;

[0032] 图4是本发明的底吹炉 Aspen plus 模型图;

[0033] 图5是本发明的实施例模拟结果图。

具体实施方式

[0034] 下面结合附图及实施例对本发明做进一步的详细说明。

[0035] 所述基于流程模拟的富氧底吹炼铜过程能效评估方法,整体结构如图2所示,包括:数据采集与发布部分、数据处理部分、富氧底吹炼铜炉的 Aspen plus 模型部分和信息发布界面,方案执行步骤如图1所示,包括:

[0036] 步骤 1、数据采集部分将现场基础自动化和控制系统采集到的如铜精矿进料量、铜精矿组成分析和富氧流量等在线数据以及如放出铜钼、炉渣和烟气的量和组成分析等称重或化验等手段获得的离线数据通过人机对话的形式输入到计算机系统中,并通过网络将数据发布到数据处理部分。该部分硬件包括主要硬件组成包括控制系统 (PLC 或 DCS)、检测机构、人机输入客户端以及交换机网线等附属网络设备;软件包括人机输入界面、现场总线协议等。

[0037] 步骤 2、数据处理部分将步骤 1 的数据分类存储,并设定能效评估对象。例如,如果按班次评估则将步骤 1 数据按班次分段,同样可以按天或周等对数据进行分段。对分段数据进行加权平均,获得该时间段内的一组模拟输入数据以及实际消耗的能源和物质数据。该部分硬件包括数据存储服务器、交换机等其他网络设备。软件包括 SQL Server 数据库。

[0038] 步骤 3、处理后的模拟输入数据通过 Aspen plus 模型部分的接口子程序输入到富氧底吹炼铜炉的 Aspen plus 模型中。接口子程序采用 VB 或 C# 语言对 Aspen plus 软件提供的 ActiveX 技术进行集成,通过 VB 或 C# 编程环境直接访问 Aspen plus 提供的对象并使用对象属性和方法,实现软件启动、模型加载、读写模型以及模拟计算的功能。该部分硬件包括仿真计算机和网络设备。软件包括 Visual Studio、Aspen plus 及其 ActiveX 控件。具体过程包括:

[0039] 1) 根据氧气底吹操作特点,按功能不同可以将氧气底吹过程划分为五个功能区,如图 3 所示,分别为精矿加热区、反应液化区、造钼反应区、造渣反应区以及产物分离区。

[0040] 2) 根据系统漏风面积,由伯努利方程可得系统漏风量如式 (1)。

$$[0041] \quad q = 3600 \times A \times \sqrt{\frac{2\Delta P}{\rho}(1-f)} \quad (1)$$

[0042] 其中, q 为系统漏风量, Nm³/hr; A 为系统漏风面积, m²; ΔP 为系统内外压差, Pa; ρ 为标准状态下大气密度, ρ = 1.29kg/m³; f 为阻力系数,取 f = 0.5;

[0043] 3) 根据功能区的功能,选择相应的 Aspen plus 单元操作模块,具体如表 1 所示;

[0044]

模板	Pyrometallurgical
流通股类型	MIXCISLD
组分	CuFeS ₂ 、FeS ₂ 、CuS、H ₂ O、SiO ₂ 、FeS、Cu ₂ S、Fe ₂ O ₃ 、CaO、S ₂ 、O ₂ 、N ₂ 、SO ₂ 、FeO、Fe ₃ O ₄ 、Cu ₂ O、2FeO.SiO ₂ 、2CaO.SiO ₂
性质方法	SOLIDS
单元操作模块	
精矿加热区	Heater-1, 2
反应液化区	RGibbs-1、Sep-1
造钼反应区	RGibbs-2
造渣反应区	RGibbs-3
产物分离区	FSplit、Sep-2、Mixer

[0045] 表 1

[0046] 底吹炉 Aspen plus 模型如图 4 所示。模型中,两个换热模块 Heater-1, 2 和一个

热流股 HEAT-GAS 用于模拟精矿加热区,实现烟气预热混合矿的功能。一个吉布斯反应模块 RGibbs-1 和一个分离模块 Sep-1 用于模拟反应液化区,实现混合矿脱水、离解、氧化、产物的熔化以及渣相和铈相分离的功能。一个吉布斯反应模块 RGibbs-2 用于模拟造铈反应区,实现富氧底吹铈层发生造铈反应的功能。一个吉布斯反应模块 RGibbs-3 用于模拟造渣反应区,实现由氧气喷吹使造铈产物上行,并参与渣相反应的功能。两个分离模块 FSplit、Sep-2 和一个混合模块 Mixer 用于模拟产物分离区,实现造铈和造渣反应产物的循环和分离功能。

[0047] 4) 底吹能效计算。炉体能效为模型对外放热量,包括所有单元操作模块的对外放热量,如式 (2) 所示。

$$[0048] \quad q_d = q_{H,1} + q_{H,2} + q_{R,1} + q_{S,1} + q_{R,2} + q_{R,3} + q_F + q_{S,2} + q_M \quad (2)$$

[0049] 其中, q_d 为炉体总对外放热量, W; $q_{H,1}$ 为 Heater-1 的对外放热量, W; $q_{H,2}$ 为 Heater-2 的对外放热量, W; $q_{R,1}$ 为 RGibbs-1 的对外放热量, W; $q_{S,1}$ 为 Sep-1 的对外放热量, W; $q_{R,2}$ 为 RGibbs-2 的对外放热量, W; $q_{R,3}$ 为 RGibbs-3 的对外放热量, W; q_F 为 FSplit 的对外放热量, W; $q_{S,2}$ 为 Sep-2 的对外放热量, W; q_M 为 Mixer 的对外放热量, W。

[0050] 相应的模拟输入数据,处理后的具体数据样式如表 2 所示;

[0051]

		铜精矿 ⁺ w%		富氧空气 mol%	
环境温度	25 °C	CuFeS2	0.427	O2	0.725
环境压力	1 bar	FeS2	0.162	N2	0.275
炉内反应温度	1180 °C	CuS	0.073	总进料量	13800Nm3
炉内操作压力	0.999 bar	H2O	0.065		
烟气排放温度	1000 °C	SiO2	0.129		
放渣周期	25 min	FeS	0.011		
放渣操作时间	12 min	Cu2S	0.069		
放铈周期	65 min	Fe2O3	0.046		
放铈操作时间	10 min	CaO	0.02		
系统漏风面积	0.5m2	总进料量	74 t/hr		

[0052] 表 2

[0053] 用户按照上述表 2 数据样式在数据采集客户端输入数据,经数据处理部分后通过数据接口子程序将数据传输到 Aspen plus 模型中并启动,可以获得不同班组或不同操作的理论能效数据和生产数据。

[0054] 图 5 为一组定量地调整富氧空气量与铜精矿的配比关系的模拟结果。

[0055] 步骤 4、模拟结果通过接口子程序发布到信息发布界面,供管理人员查阅。该部分硬件包括模拟结果存储服务器、信息发布界面计算机和网络设备等。软件包括 SQL Server 数据库和信息发布界面开发程序。

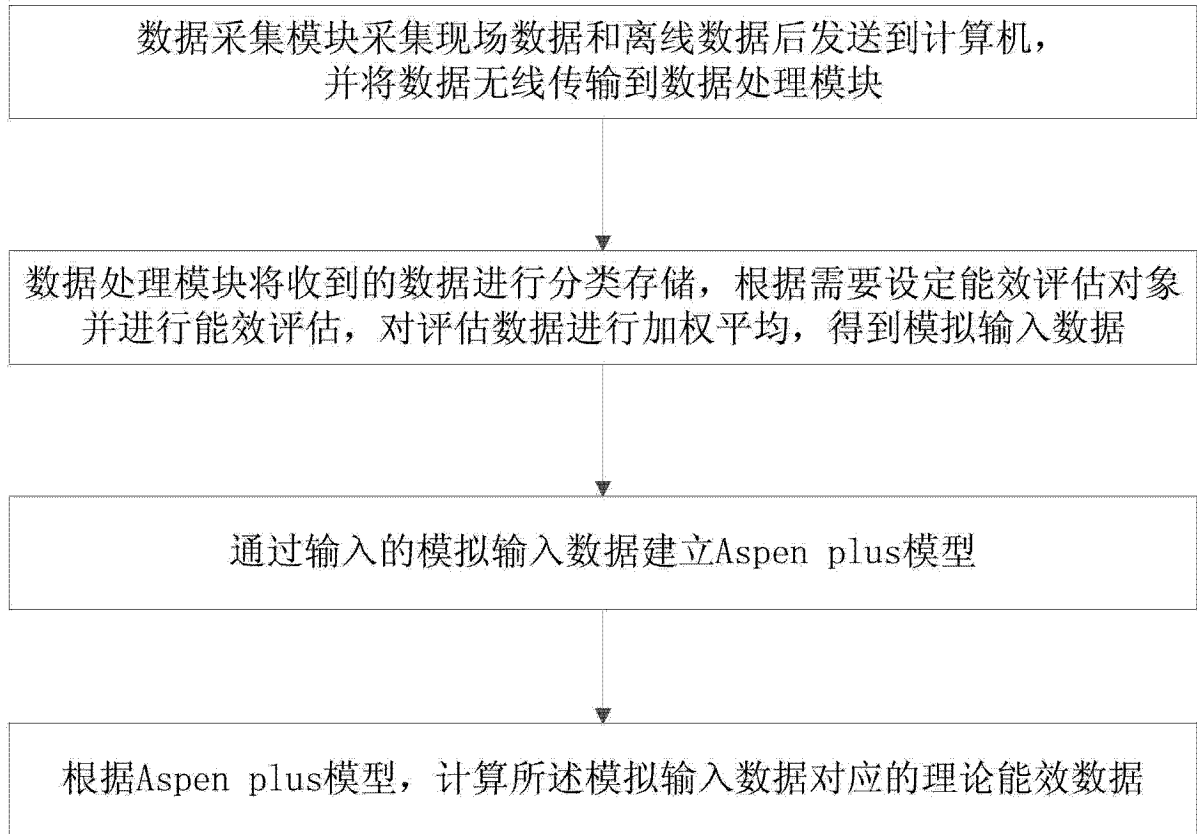


图 1

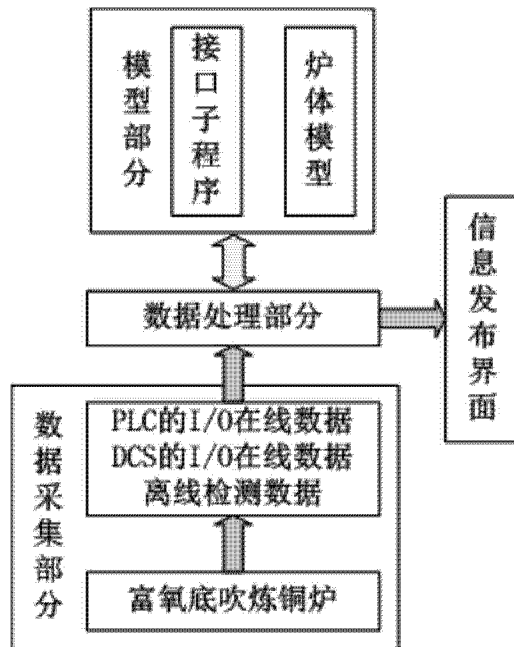


图 2

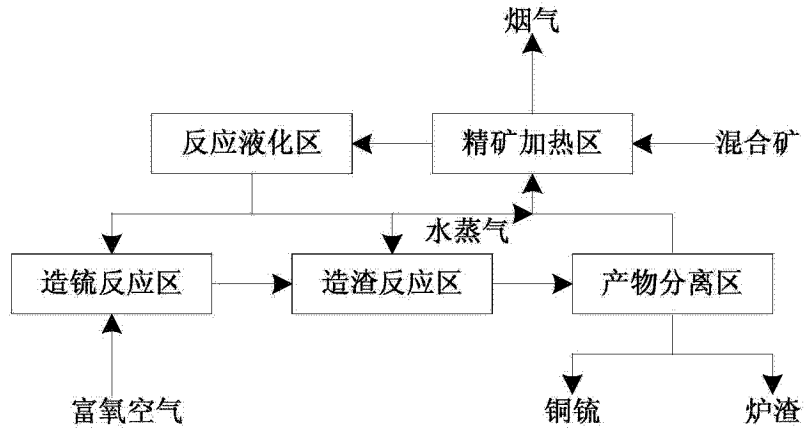


图 3

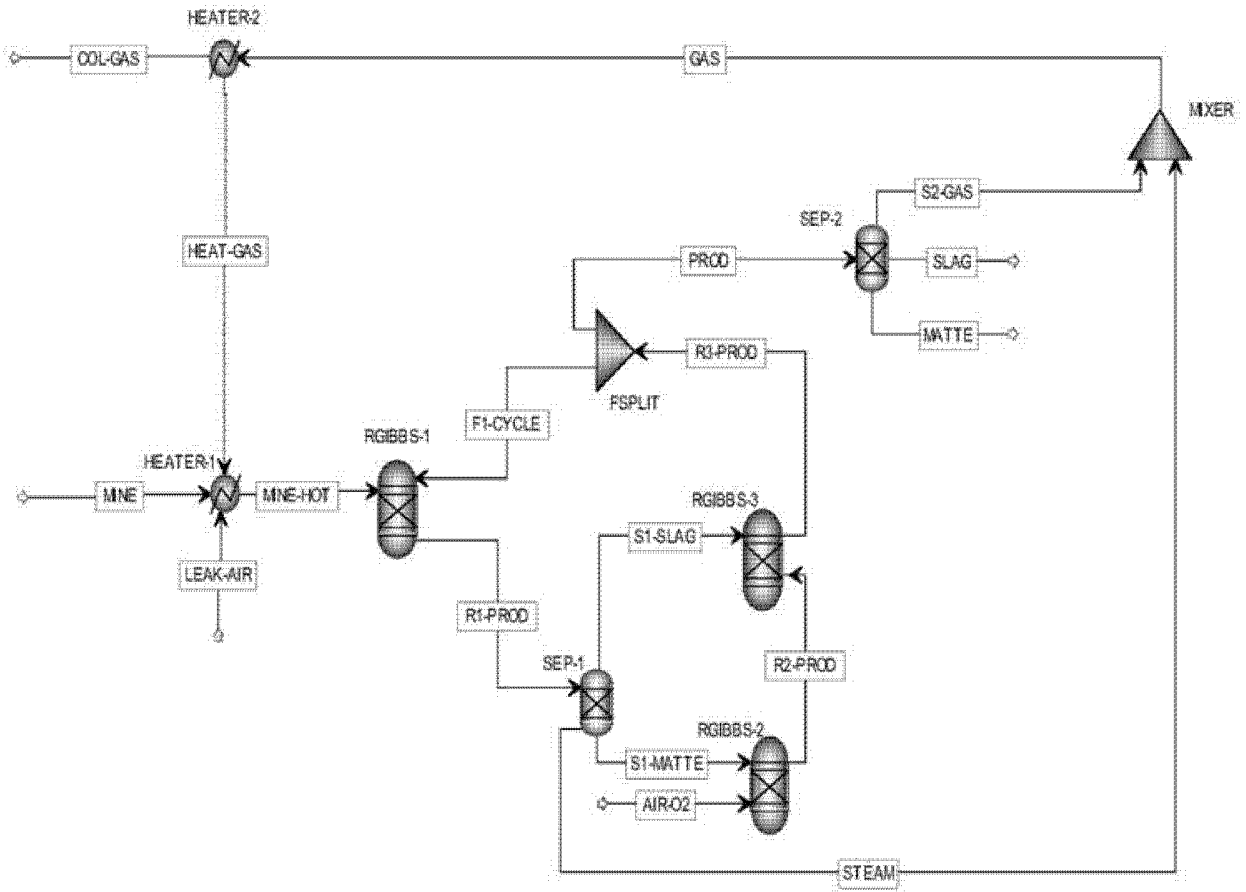


图 4

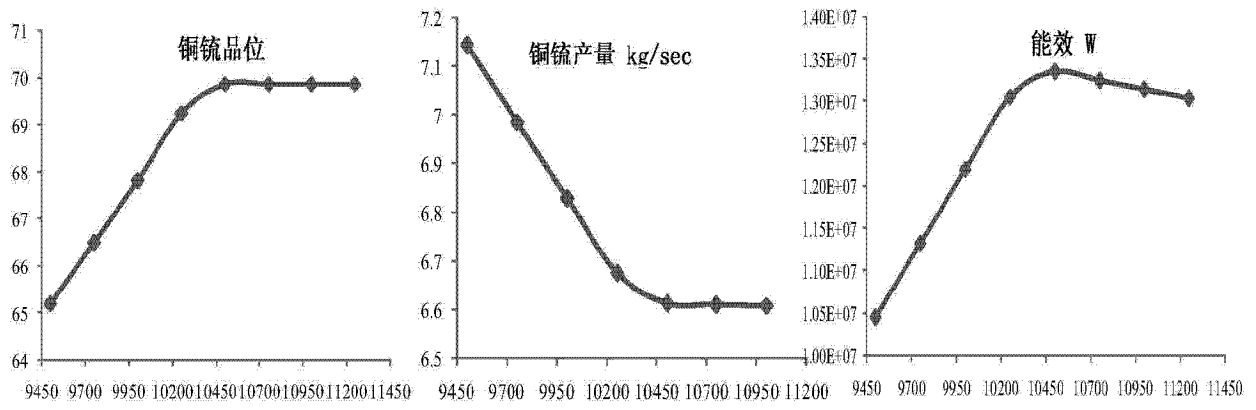


图 5