

(12) 按照专利合作条约所公布的国际申请

(19) 世界知识产权组织
国际局

(43) 国际公布日
2020 年 12 月 17 日 (17.12.2020)



(10) 国际公布号
WO 2020/248167 A2

(51) 国际专利分类号:
C01F 7/46 (2006.01) *C02F 1/06* (2006.01)
G16C 20/10 (2019.01)

(21) 国际申请号: PCT/CN2019/090925

(22) 国际申请日: 2019 年 6 月 12 日 (12.06.2019)

(25) 申请语言: 中文

(26) 公布语言: 中文

(30) 优先权:
201910499489.4 2019年6月11日 (11.06.2019) CN

(71) 申请人: 东北大学 (NORTHEASTERN UNIVERSITY) [CN/CN]; 中国辽宁省沈阳市和平区文化路三巷11号, Liaoning 110819 (CN)。

(72) 发明人: 王良勇(WANG, Liangyong); 中国辽宁省沈阳市和平区文化路三巷11号, Liaoning 110819 (CN)。 李战辉(LI, Zhanhui); 中国辽宁省沈阳市和平区文化路三巷11号, Liaoning 110819 (CN)。 柴天佑(CHAI, Tianyou); 中国辽宁省沈阳市和平区文化路三巷11号, Liaoning 110819 (CN)。 贾瑶(JIA, Yao); 中国辽宁省沈阳市和平区文化路三巷11号, Liaoning 110819 (CN)。 唐光振(TANG, Guangzhen); 中国辽宁省沈阳市和平区文化路三巷11号, Liaoning 110819 (CN)。

(74) 代理人: 沈阳东大知识产权代理有限公司 (SHENYANG DONGDA INTELLECTUAL PROPERTY AGENCY CO., LTD); 中国辽宁省沈阳市和平区文化路三巷11号, Liaoning 110819 (CN)。

(81) 指定国(除另有指明, 要求每一种可提供的国家保护): AE, AG, AL, AM, AO, AT, AU, AZ, BA, BB, BG, BH, BN, BR, BW, BY, BZ, CA, CH, CL, CN, CO, CR, CU, CZ, DE, DJ, DK, DM, DO, DZ, EC, EE, EG, ES, FI, GB, GD, GE, GH, GM, GT, HN, HR, HU, ID, IL, IN, IR, IS, JO, JP, KE, KG, KH, KN, KP, KR, KW, KZ, LA, LC, LK, LR, LS, LU, LY, MA, MD, ME, MG, MK, MN, MW, MX, MY, MZ, NA, NG, NI, NO, NZ, OM, PA, PE, PG, PH, PL, PT, QA, RO, RS, RU, RW, SA, SC, SD, SE, SG, SK, SL, SM, ST, SV, SY, TH, TJ, TM, TN, TR, TT, TZ, UA, UG, US, UZ, VC, VN, ZA, ZM, ZW。

(84) 指定国(除另有指明, 要求每一种可提供的地区保护): ARIPO (BW, GH, GM, KE, LR, LS, MW, MZ, NA, RW, SD, SL, ST, SZ, TZ, UG, ZM, ZW), 欧亚 (AM, AZ, BY, KG, KZ, RU, TJ, TM), 欧洲 (AL, AT, BE, BG, CH, CY, CZ, DE, DK, EE, ES, FI, FR, GB, GR, HR, HU, IE, IS, IT, LT, LU, LV, MC, MK, MT, NL, NO, PL, PT, RO, RS, SE, SI, SK, SM, TR), OAPI (BF, BJ, CF, CG, CI, CM, GA, GN, GQ, GW, KM, ML, MR, NE, SN, TD, TG)。

根据细则4.17的声明:

— 关于申请人有权申请并被授予专利(细则4.17(ii))

本国际公布:

— 包括按条约第17条(2)(a)所作的宣布, 不包括摘要, 发明名称未经国际检索单位审查。

(54) Title: METHOD FOR CALCULATING FLASH EVAPORATION SPEED OF FLASH EVAPORATION PROCEDURE IN ALUMINUM OXIDE EVAPORATION PROCESS

(54) 发明名称: 一种氧化铝蒸发流程中闪蒸过程的闪蒸速率计算方法

(57) Abstract:

(57) 摘要:



WO 2020/248167 A2

一种氧化铝蒸发流程中闪蒸过程的闪蒸速率计算方法

技术领域

本发明涉及工业自动控制应用技术领域，尤其涉及一种氧化铝蒸发流程中闪蒸过程的闪蒸速率计算方法。

背景技术

蒸发是氧化铝生产工艺中一个重要的工序，其任务是蒸发掉母液中多余的水量，提高循环母液浓度。然而在氧化铝生产过程中蒸发器的蒸汽消耗占有很大比重，为了减少蒸发汽耗，降低生产成本，国内氧化铝厂现阶段普遍采用高效低能耗的六效管式降膜蒸发器与闪蒸器相结合的蒸发技术，另外通过引进原液闪蒸技术，可以提高热效率，降低蒸汽消耗。在实际氧化铝蒸发生产过程中，主要以循环母液浓度是否合格评价蒸发效果，以蒸水量、汽水比等指标来评价蒸汽消耗量。这些评价指标是从宏观上评价整个蒸发流程蒸发效果，没有关注单一蒸发器蒸发效果，并且都是离线计算，没有实时性。由于蒸发过程的闪蒸器的闪蒸效果将直接影响着整个氧化铝蒸发流程的生产效果，但是实际生产过程中并不知道单独的每一个闪蒸器的闪蒸强度，因此通过对氧化铝蒸发过程的单个闪蒸器进行分析研究，利用评价指标在线评价闪蒸器的闪蒸强度，对指导氧化铝生产、提高闪蒸效率具有重要意义。

发明内容

本发明要解决的技术问题是针对上述现有技术的不足，提供一种氧化铝蒸发流程中闪蒸过程的闪蒸速率计算方法，本发明在线评价闪蒸器的闪蒸强度，对指导氧化铝蒸发生产，提高蒸发流程的蒸发效果、节能降耗具有重要意义。

为解决上述技术问题，本发明所采取的技术方案是：

本发明提供一种氧化铝蒸发流程中闪蒸过程的闪蒸速率计算方法，包括如下步骤：

步骤 1：获取氧化铝蒸发系统实时过程数据；

实时采集氧化铝蒸发过程闪蒸系统中的过程数据，该数据包括：当前的原液闪蒸器的进料浓度、进料温度、进料流量，出料温度，闪蒸器内平衡压力，二次蒸汽温度；

步骤 2：判断闪蒸系统的进料量是否在正常的工作范围 $450\text{m}^3/\text{小时} \sim 650\text{m}^3/\text{小时}$ ？若是，则转到步骤 3；若否，则执行步骤 1；

步骤 3：根据步骤 1 中得到的数据获得铝酸钠溶液的沸点升 Δ'_{BPE} ；

步骤 3.1：计算在当前获得的压力下所对应的饱和温度；

将当前闪蒸器内平衡压力 P 转为绝压下工程压力 P ，单位是 kg/cm^2 ，如下式所示：

$$P = (p + 0.101325) / 0.098$$

二次蒸汽饱和温度 T_p 与其相对应的工程压力 P 之间的关系式为:

$$T_p = b_0 + b_1 P^{b_2} + b_3 P^{b_4}$$

其中 b_0, b_1, b_2, b_3, b_4 为参数, 所述参数由当前生产工况下饱和蒸汽压力所对应的饱和温度对照表中的数据通过最小二乘方法实际拟合得到;

步骤 3.2: 计算铝酸钠溶液常压下的沸点升;

铝酸钠溶液的沸点升与溶液中含碱的浓度以及当前溶液温度有关, 在氧化铝生产的蒸发工序中, 铝酸钠溶液常压下的沸点升 Δ_{BPE} 的关系式为:

$$\Delta_{BPE} = c_0 + c_1 Nk + c_2 T_{in} + c_3 Nk T_{in} + c_4 Nk^2 + c_5 T_{in}^2 + c_6 Nk T_{in}^2 + c_7 Nk^2 T_{in} + c_8 Nk^3 + c_9 T_{in}^3$$

其中 $c_0, c_1, c_2, c_3, c_4, c_5, c_6, c_7, c_8, c_9$ 为参数, 所述参数是在当前生产工况下根据出料口处的铝酸钠溶液浓度进行生产与化验得到的数据对上式进行多项式回归拟合后得到, Nk 为苛碱浓度, T_{in} 为进料溶液温度;

步骤 3.3: 根据吉辛柯公式对沸点升 Δ_{BPE} 进行修正, 得到修正后的沸点升 Δ'_{BPE} ;

由于溶液的压力变化会导致料液沸点变化, 根据吉辛柯公式对铝酸钠溶液常压下的沸点升高进行校正, 公式为:

$$\Delta'_{BPE} = f \Delta_{BPE}$$

其中 f 为校正系数, 其计算公式为:

$$f = \frac{0.0162 (T_p + 273)^2}{r}$$

其中 r 为当前生产工况的压强下二次蒸汽的汽化潜热;

通过对蒸汽温度与热焓表进行回归分析, 得到蒸汽潜热与温度的关系式为:

$$r = d_1 - d_2 T_p - d_3 T_p^2$$

其中 d_1, d_2, d_3 为参数, 根据当前生产工况下对蒸汽温度与热焓表中的数据进行回归拟合得到;

通过计算上述步骤计算可得修正后的铝酸钠溶液的沸点升 Δ'_{BPE} ;

$$\Delta'_{BPE} = \frac{0.0162(T_p + 273)^2}{r} \Delta_{BPE}$$

步骤 4: 根据步骤 3 得到的沸点升 Δ'_{BPE} 计算闪蒸速率 CFS, 根据得到的 CFS 在线实时评价实际氧化铝生产过程中闪蒸的强度, 如下式所示:

$$CFS = \frac{T_{in} - T_{out}}{T_{in} - T_{sat}} / \tau$$

其中 T_{in} 为进料溶液温度, T_{out} 为出料溶液温度, T_{sat} 为与溶液相对应压力下的饱和温度, $T_{sat} = T_p + \Delta'_{BPE}$; τ 为溶液在闪蒸器内的停留时间, $\tau = \frac{Q}{\pi \alpha^2 h}$, Q 为进料流量, α 为闪蒸器半径, h 为闪蒸器内液位高度。

采用上述技术方案所产生的有益效果在于: 本发明提供一种氧化铝蒸发流程中闪蒸过程的闪蒸速率计算方法, 利用计算机系统和常规的检测仪表提供的在线过程数据, 通过将闪蒸过程中铝酸钠溶液沸点升的计算方法与闪蒸速率的计算方法相结合, 通过在不同的进料过热度, 进料流量, 闪蒸器液位高度、平衡压力情况下对该指标进行计算分析, 结果表明我们可以用闪蒸速率这个指标在线实时评价实际氧化铝生产闪蒸的强度, 对指导氧化铝蒸发生产过程, 提高蒸发流程的蒸发效果、节能降耗具有重要意义。

附图说明

图 1 为本发明实施例提供的原液闪蒸过程回路的流程及装置示意图, 其中 1 为二次蒸汽温度计, 2 为闪蒸器液位计, 3 为出料温度计, 4 为闪蒸器压力计, 5 为进料温度计, 6 为进料流量计, 7 为原液闪蒸器, 8 为进料浓度计;

图 2 为本发明实施例提供的闪蒸速率 CFS 计算流程图;

图 3 为本发明实施例提供的闪蒸速率 CFS 在进料浓度、压力、液位高度以及进料流量基本保持不变时随着过热度的变化图;

图 4 为本发明实施例提供的闪蒸速率 CFS 在进料浓度、过热度、以及进料流量基本保持不变时随着液位高度的变化图;

图 5 为本发明实施例提供的闪蒸速率 CFS 在进料浓度、液位高度、过热度以及进料流量基本保持不变时随着压力的变化图;

图 6 为本发明实施例提供的闪蒸速率 CFS 在进料浓度、液位高度、过热度以及压力基本保持不变时随着进料流量的变化图;

图 7 为本发明实施例提供的闪蒸速率 CFS 在进料流量、液位高度、过热度以及压力基本保持不变时随着进料浓度的变化图。

具体实施方式

下面结合附图和实施例，对本发明的具体实施方式作进一步详细描述。以下实施例用于说明本发明，但不用来限制本发明的范围。

本发明的氧化铝蒸发过程闪蒸系统的指标评价方法依赖于闪蒸系统硬件平台，由编写的软件程序实现，该程序用于采集当前的原液闪蒸器的进料浓度、进料温度、进料流量，出料温度，闪蒸器内平衡压力，二次蒸汽温度等数据。

其硬件平台核心由原液闪蒸器以及相关设备组成，同时配备了测量仪表，执行机构以及进行软件计算的计算机系统。蒸发原液通过进料口进入原液闪蒸器进行闪蒸，然后通过出料口出料进入下一效蒸发器继续进行蒸发，闪蒸过程中会产生大量蒸汽，通过闪蒸器顶部的二次蒸汽出口进入下一蒸发器继续进行加热，如图 1 所示，详细结构如下：

以闪蒸器为核心的闪蒸系统，还包括以下测量仪表：

用于在线测量进料温度的进料温度计，安装在原液闪蒸器进料入口管道上；

用于在线测量原液闪蒸器进料流量的流量计，安装在原液闪蒸器进料入口管道上；

用于在线测量原液闪蒸器进料浓度的浓度计，安装在原液闪蒸器进料入口管道上；

用于在线测量二次蒸汽压力的压力计，安装在原液闪蒸器出料口上；

用于在线测量原液闪蒸器出料温度的出料温度计，安装在原液闪蒸器的出料管道上；

在原液闪蒸器上装有差压液位计，用来检测闪蒸器内液位；

该闪蒸系统同时配置了分布式计算机控制系统（DCS）、或可编程逻辑控制器（PLC）、或工业控制计算机（IPC），或分立式工业调节器；上述测量仪表与执行机构连接至控制计算机，本发明的氧化铝蒸发过程的闪蒸速率计算方法既可以运行在计算机控制系统的监控计算机上，也可以运行于独立的优化设定计算机上，该软件通过与控制计算机（分布式计算机控制系统（DCS）、或可编程逻辑控制器（PLC）、或工业控制计算机（IPC））进行通讯，获得实时的过程数据，并给出闪蒸速率的计算值。

如图 2 所示，本实施例的方法如下所述。

本发明提供一种氧化铝蒸发流程中闪蒸过程的闪蒸速率计算方法，包括如下步骤：

步骤 1：获取氧化铝蒸发系统实时过程数据；

实时采集氧化铝蒸发过程闪蒸系统中的数据，该数据包括：当前的原液闪蒸器的进料浓度、进料温度、进料流量，出料温度，闪蒸器内平衡压力，二次蒸汽温度；

步骤 2：判断闪蒸系统的进料量是否在正常的工作范围 $450\text{m}^3/\text{小时} \sim 650\text{m}^3/\text{小时}$ ？若是，

则转到步骤 3；若否，则执行步骤 1；

步骤 3：根据步骤 1 中得到的数据获得铝酸钠溶液的沸点升 Δ'_{BPE} ；

料液沸点升高是指在同等压力的条件下，料液的沸点温度高于纯水的沸点温度；在氧化铝蒸发生产过程中，由于料液浓度的不断变化，致使蒸发器内料液沸点不同；同时由于在蒸发器内存在一定的压力，这也会导致料液沸点的不同。

由于沸点升对闪蒸过程相关指标的计算有影响，需要大致计算出料液沸点升值，以下为主要计算步骤：

步骤 3.1：计算在当前获得的压力下所对应的饱和温度：

由于实际生产中的二次蒸汽过热，我们可以通过由蒸汽压力得到对应的饱和温度；首先将当前闪蒸器内平衡压力 P 转为绝压工程压力 P ，单位是 kg/cm^2 ，如下式所示：

$$P = (p + 0.101325) / 0.098$$

二次蒸汽饱和温度 T_p 与其相对应的工程压力 P 之间的关系式为：

$$T_p = b_0 + b_1 P^{b_2} + b_3 P^{b_4}$$

其中 b_0, b_1, b_2, b_3, b_4 为参数，所述参数由当前生产工况下氧化铝蒸发过程现场得到的饱和蒸汽压力对应的饱和温度对照表中的数据通过最小二乘方法实际拟合得到，

本实施例中得到：

$$T_p = 68 \times P^{0.3} - 48011 \times P^{-0.0003} + 48042$$

步骤 3.2：计算铝酸钠溶液常压下的沸点升；

铝酸钠溶液的沸点升与溶液中含碱的浓度以及当前溶液温度有关，在氧化铝生产的蒸发工序中，铝酸钠溶液常压下的沸点升 Δ_{BPE} 的关系式为：

$$\Delta_{BPE} = c_0 + c_1 Nk + c_2 T_{in} + c_3 Nk T_{in} + c_4 Nk^2 + c_5 T_{in}^2 + c_6 Nk T_{in}^2 + c_7 Nk^2 T_{in} + c_8 Nk^3 + c_9 T_{in}^3$$

其中 $c_0, c_1, c_2, c_3, c_4, c_5, c_6, c_7, c_8, c_9$ 为参数，所述参数是在当前生产工况下根据出料口处的铝酸钠溶液浓度进行生产与化验得到的数据对上式进行多项式回归拟合后得到， Nk 为苛碱浓度， T_{in} 为进料溶液温度；

本实施例为通过实际的生产与化验数据对上式进行辨识可得其中的未知参数：

$$\begin{aligned}\Delta_{BPE} = & 1.5 + 0.007 \times Nk + 3 \times 10^{-5} \times T_{in} + 2 \times 10^{-4} \times Nk \times T_{in} \\ & + 1 \times 10^{-4} \times Nk^2 - 3.8 \times 10^{-8} \times T_{in}^2 + 1.7 \times 10^{-10} \times Nk \times T_{in}^2 \\ & - 2.5 \times 10^{-7} \times T_{in} \times Nk^2 - 9 \times 10^{-10} \times Nk^3 - 8.6 \times 10^{-10} \times T_{in}^3\end{aligned}$$

步骤 3.3: 根据吉辛柯公式对沸点升 Δ_{BPE} 进行修正, 得到修正后的沸点升 Δ'_{BPE} ;

由于溶液的压力变化会导致料液沸点变化, 根据吉辛柯公式对铝酸钠溶液常压下的沸点升高进行校正, 公式为:

$$\Delta'_{BPE} = f \Delta_{BPE}$$

其中 f 为校正系数, 无因次, 采用经验计算其计算公式为:

$$f = \frac{0.0162(T_p + 273)^2}{r}$$

其中 r 为当前生产工况的压强下二次蒸汽 (饱和水蒸气) 的汽化潜热, 单位为 kJ/kg ;

上式中需要二次蒸汽的汽化潜热, 然而蒸汽热焓会受到蒸汽压力和温度的影响, 对于实际的正常过程, 很难得到蒸汽潜热与蒸发器内压力和温度之间的精确数学关系。对饱和水和饱和蒸汽的热力学性质进行分析得知, 蒸汽压力的变化对蒸汽的潜热的影响很小, 可以忽略其对蒸汽潜热的影响, 而蒸汽温度对蒸汽潜热有着较大的影响。所以说可以通过对蒸汽温度与热焓表进行回归分析, 得到蒸汽潜热与温度的关系式为:

$$r = d_1 - d_2 T_p - d_3 T_p^2$$

其中 d_1 , d_2 , d_3 为参数, 根据当前生产工况下对蒸汽温度与热焓表中的数据进行回归拟合得到;

通过计算上述步骤计算可得修正后理论铝酸钠溶液的沸点升 Δ'_{BPE} ;

$$\Delta'_{BPE} = \frac{0.0162(T_p + 273)^2}{r} \Delta_{BPE}$$

步骤 4: 根据步骤 3 得到的沸点升 Δ'_{BPE} 计算闪蒸速率 CFS, 根据得到的 CFS 在线实时评价实际氧化铝生产过程中闪蒸的强度, 如下式所示:

WangYu 等人定义循环闪蒸的闪蒸速率 CFS, 用来表示闪蒸进行的强度, 如下式所示:

$$CFS = \frac{T_{in} - T_{out}}{T_{in} - T_{sat}} / \tau$$

其中 T_{in} 为进料溶液温度, T_{out} 为出料溶液温度, T_{sat} 为与溶液相对应压力下的饱和温度,

$T_{sat} = T_p + \Delta'_{BPE}$; τ 为溶液在闪蒸器内的停留时间, $\tau = \frac{Q}{\pi \alpha^2 h}$, Q 为进料流量, α 为闪蒸器半径, h 为闪蒸器内液位高度。

通过对实际生产数据进行分析发现, 闪蒸速率由于考虑了料液在闪蒸器内的停留时间, 所以很够更加全面的衡量闪蒸的真正强度。

本实施例为一个大型氧化铝厂的原液闪蒸过程。其中原液闪蒸器的型号为 $\Phi 4.8\text{m} \times 4.5\text{m}$; 首先按照本方法的要求安装如下的测量仪表, 包括: 电磁流量计测量原液闪蒸器进料流量 Q ; 温度计测量原闪蒸器进料溶液温度 T_{in} ; 温度计测量原闪蒸器出料溶液温度 T_{out} ; 压力计测量原液闪蒸器内平衡压力 p ; Nk 浓度计测量原液闪蒸器进料浓度; 电动调节阀控制原液闪蒸器进料流量;

以分布式计算机控制系统 (DCS) 实现基础控制回路的自动控制, 在下位机中, 使用 DCS 中的单回路调节器组态成如下的基础控制回路: 原闪进料流量电动调节阀控制原闪进料流量,

在上位机 (监控计算机) 以 Foxview 软件实现监控人机界面。该闪蒸系统的进料流量正常工作范围为: 原闪进料流量—— $450\text{m}^3/\text{小时} \sim 650\text{m}^3/\text{小时}$

闪蒸指标的计算程序用 MathWorks 提供的 MATLAB 应用软件编制, 并在单独的优化计算机上运行, 该计算机上装有 OPC Server 负责与 DCS 和上位机进行数据通讯。

本发明利用实际生产数据计算闪蒸过程的闪蒸速率, 其中闪蒸速率 CFS 在压力、液位高度、进料流量、以及原液浓度基本保持不变时随着过热度的变化, 具体参数为: -77.2kPa , 0.87m , $572\text{m}^3/\text{h}$, 177g/l , 结果如图 3 所示; 闪蒸速率 CFS 在过热度、压力、进料流量、以及原液浓度基本保持不变时随着液位高度的变化, 具体参数为: 1.5°C , -72.5kPa , $595\text{m}^3/\text{h}$, 177g/l , 结果如图 4 所示; 闪蒸速率 CFS 在过热度、液位高度、进料流量以及原液浓度基本保持不变时随着压力的变化, 具体参数为: 1.5°C , 0.77m , $595\text{m}^3/\text{h}$, 175g/l , 结果如图 5 所示; 闪蒸速率 CFS 在过热度以及压力、液位高度、原液浓度基本保持不变时随着进料流量的变化, 具体参数为: 1.7°C , -74.5kPa , 0.82m , 163g/l , 结果如图 6 所示; 闪蒸速率 CFS 在过热度、压力、液位高度、以及进料流量基本保持不变时随着原液浓度的变化, 具体参数为: 1.7°C , -74.5kPa , 0.82m , $586\text{m}^3/\text{h}$, 结果如图 7 所示。通过对结果的分析可得: 在氧化铝生产过程中, 原液闪蒸器的闪蒸速率 CFS 随着进料流量和平衡压力的增大而增大, 随着液膜高度与进料浓度增大而减少, 由此闪蒸速率 CFS 这个指标能够反映闪蒸效果的强度; 在实际氧化铝蒸发生产过程中, 可以利用本发明中的氧化

铝蒸发流程中闪蒸速率 CFS 的计算方法在线实时评价氧化铝蒸发过程中闪蒸器的闪蒸强度，对指导氧化铝蒸发流程的生产，提高蒸发流程的蒸发效果、节能降耗具有重要意义。

最后应说明的是：以上实施例仅用以说明本发明的技术方案，而非对其限制；尽管参照前述实施例对本发明进行了详细的说明，本领域的普通技术人员应当理解：其依然可以对前述实施例所记载的技术方案进行修改，或者对其中部分或者全部技术特征进行等同替换；而这些修改或者替换，并不使相应技术方案的本质脱离本发明权利要求所限定的范围。

权 利 要 求 书

1、一种氧化铝蒸发流程中闪蒸过程的闪蒸速率计算方法，其特征在于：包括如下步骤：

步骤 1：获取氧化铝蒸发系统实时过程数据；

实时采集氧化铝蒸发过程闪蒸系统中的过程数据，该数据包括：当前的原液闪蒸器的进料浓度、进料温度、进料流量，出料温度，闪蒸器内平衡压力，二次蒸汽温度；

步骤 2：判断闪蒸系统的进料量是否在正常的工作范围 $450\text{m}^3/\text{小时} \sim 650\text{m}^3/\text{小时}$ ？若是，则转到步骤 3；若否，则执行步骤 1；

步骤 3：根据步骤 1 中得到的数据获得铝酸钠溶液的沸点升 Δ'_{BPE} ；

步骤 3.1：计算在当前获得的压力下所对应的饱和温度；

将当前闪蒸器内平衡压力 P 转为绝压下工程压力 P ，单位是 kg/cm^2 ，如下式所示：

$$P = (p + 0.101325) / 0.098$$

二次蒸汽饱和温度 T_p 与其相对应的工程压力 P 之间的关系式为：

$$T_p = b_0 + b_1 P^{b_2} + b_3 P^{b_4}$$

其中 b_0, b_1, b_2, b_3, b_4 为参数，所述参数由当前生产工况下饱和蒸汽压力所对应的饱和温度对照表中的数据通过最小二乘方法实际拟合得到；

步骤 3.2：计算铝酸钠溶液常压下的沸点升；

铝酸钠溶液的沸点升与溶液中含碱的浓度以及当前溶液温度有关，在氧化铝生产的蒸发工序中，铝酸钠溶液常压下的沸点升 Δ_{BPE} 的关系式为：

$$\Delta_{BPE} = c_0 + c_1 Nk + c_2 T_{in} + c_3 Nk T_{in} + c_4 Nk^2 + c_5 T_{in}^2 + c_6 Nk T_{in}^2 + c_7 Nk^2 T_{in} + c_8 Nk^3 + c_9 T_{in}^3$$

其中 $c_0, c_1, c_2, c_3, c_4, c_5, c_6, c_7, c_8, c_9$ 为参数，所述参数是在当前生产工况下根据出料口处的铝酸钠溶液浓度进行生产与化验得到的数据对上式进行多项式回归拟合后得到， Nk 为苛碱浓度， T_{in} 为进料溶液温度；

步骤 3.3：根据吉辛柯公式对沸点升 Δ_{BPE} 进行修正，得到修正后的沸点升 Δ'_{BPE} ；

由于溶液的压力变化会导致料液沸点变化，根据吉辛柯公式对铝酸钠溶液常压下的沸点升高进行校正，公式为：

$$\Delta'_{BPE} = f \Delta_{BPE}$$

其中 f 为校正系数，其计算公式为：

$$f = \frac{0.0162(T_p + 273)^2}{r}$$

其中 r 为当前生产工况的压强下二次蒸汽的汽化潜热；

通过对蒸汽温度与热焓表进行回归分析，得到蒸汽潜热与温度的关系式为：

$$r = d_1 - d_2 T_p - d_3 T_p^2$$

其中 d_1 , d_2 , d_3 为参数，根据当前生产工况下对蒸汽温度与热焓表中的数据进行回归拟合得到；

通过计算上述步骤计算可得修正后的铝酸钠溶液的沸点升 Δ'_{BPE} ：

$$\Delta'_{BPE} = \frac{0.0162(T_p + 273)^2}{r} \Delta_{BPE}$$

步骤 4：根据步骤 3 得到的沸点升 Δ'_{BPE} 计算闪蒸速率 CFS，根据得到的 CFS 在线实时评价实际氧化铝生产过程中闪蒸的强度，如下式所示：

$$CFS = \frac{T_{in} - T_{out}}{T_{in} - T_{sat}} / \tau$$

其中 T_{in} 为进料溶液温度， T_{out} 为出料溶液温度， T_{sat} 为与溶液相对应压力下的饱和温度， $T_{sat} = T_p + \Delta'_{BPE}$ ； τ 为溶液在闪蒸器内的停留时间， $\tau = \frac{Q}{\pi \alpha^2 h}$ ， Q 为进料流量， α 为闪蒸器半径， h 为闪蒸器内液位高度。

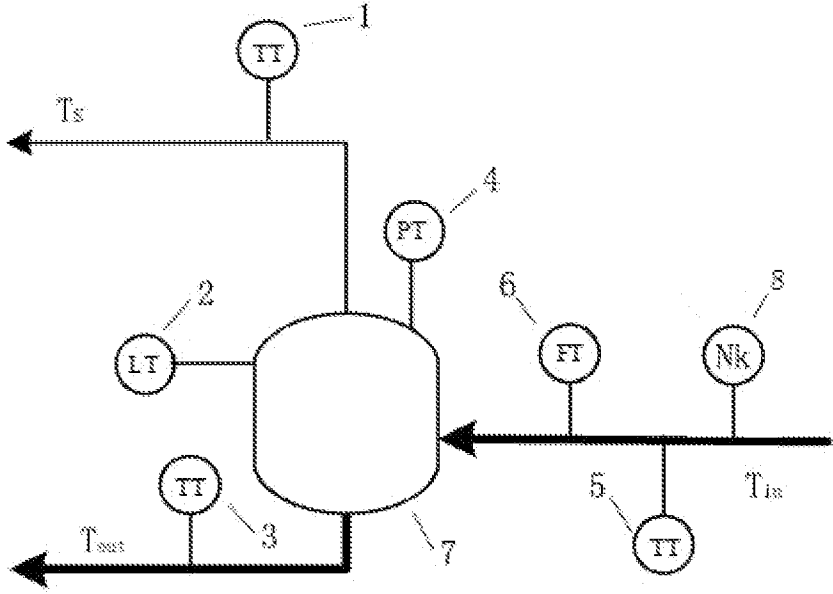


图 1

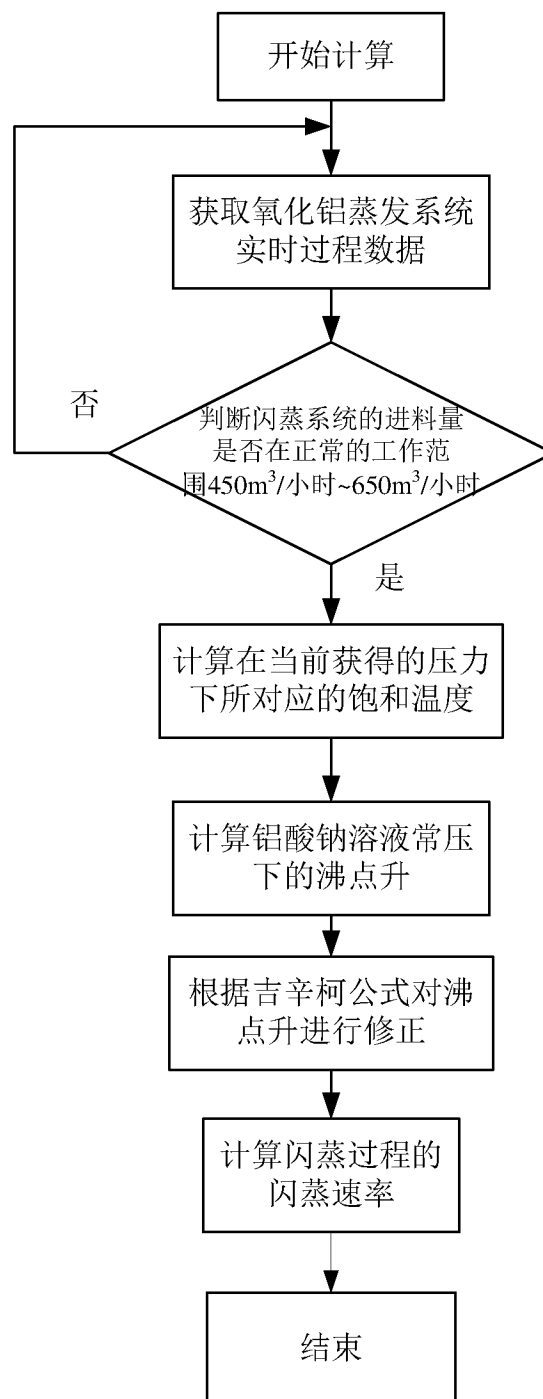


图 2

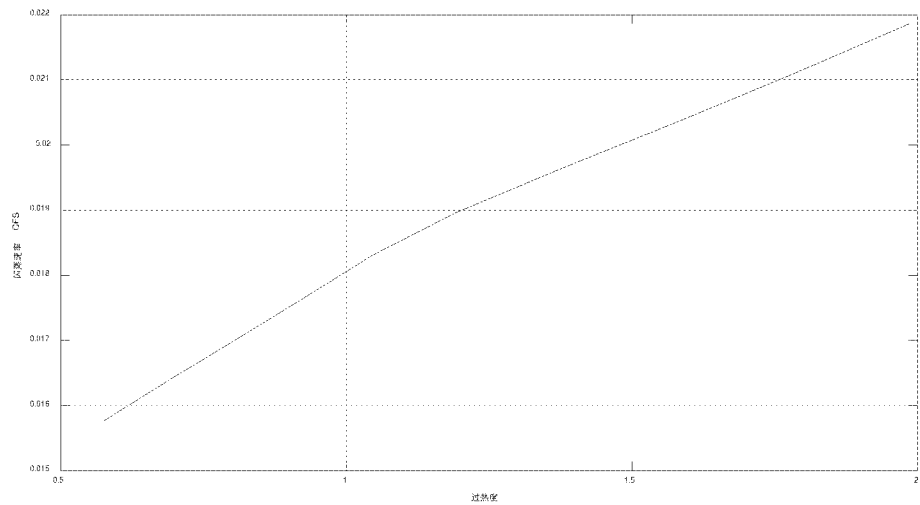


图 3

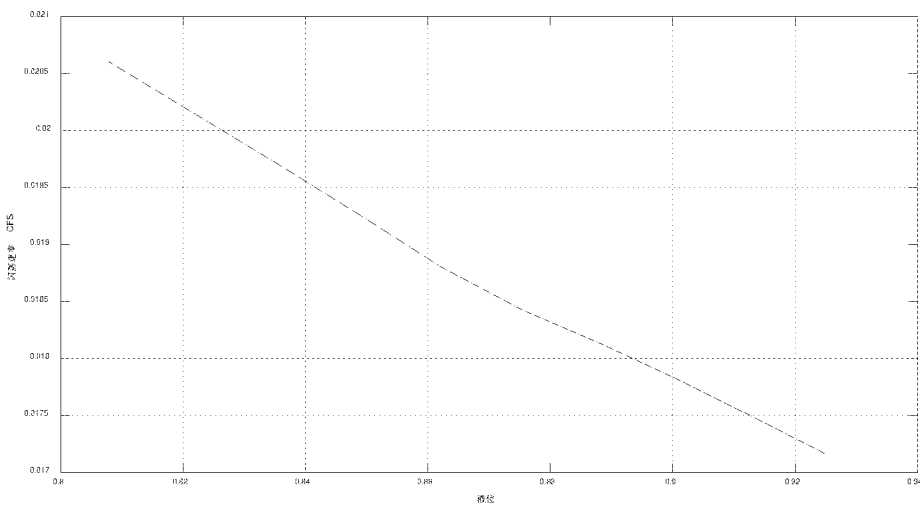


图 4

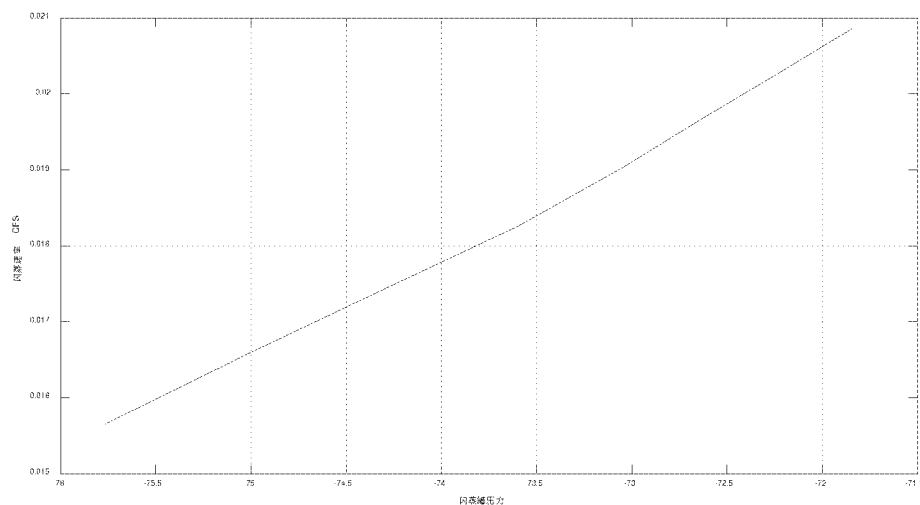


图 5

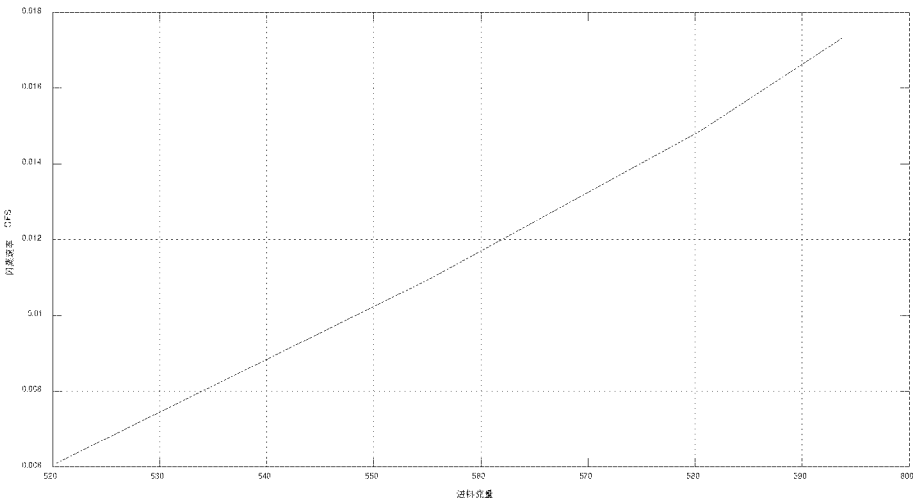


图 6

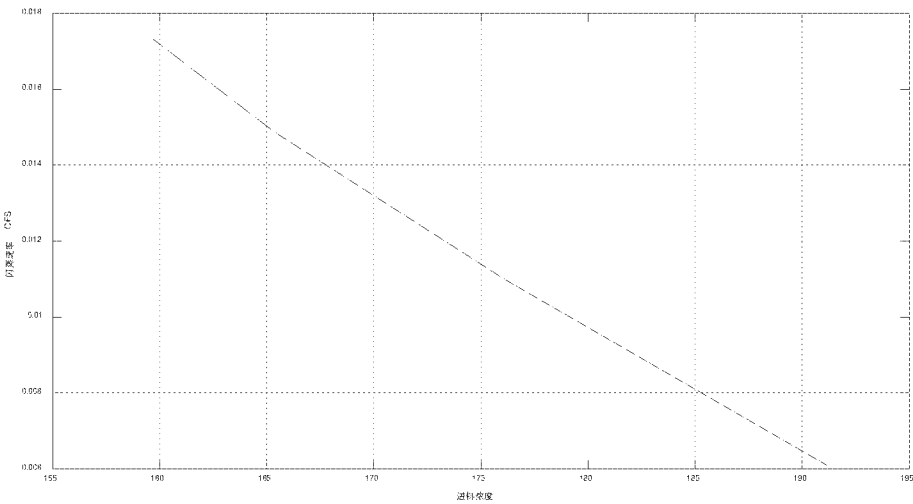


图 7

PATENT COOPERATION TREATY

PCT

DECLARATION OF NON-ESTABLISHMENT OF INTERNATIONAL SEARCH REPORT

(PCT Article 17(2)(a), Rules 13^{ter}.1(c) and (d) and 39)

Applicant's or agent's file reference	IMPORTANT DECLARATION	Date of mailing (<i>day/month/year</i>)
International application No.	International filing date (<i>day/month/year</i>)	(Earliest) Priority Date (<i>day/month/year</i>)
International Patent Classification (IPC) or both national classification and IPC		
Applicant		

This International Searching Authority hereby declares, according to Article 17(2)(a), that **no international search report will be established** on the international application for the reasons indicated below.

1. ☒ The subject matter of the international application relates to:
 - a. ☐ scientific theories
 - b. ☒ mathematical theories
 - c. ☐ plant varieties
 - d. ☐ animal varieties
 - e. ☐ essentially biological processes for the production of plants and animals, other than microbiological processes and the products of such processes
 - f. ☐ schemes, rules or methods of doing business
 - g. ☐ schemes, rules or methods of performing purely mental acts
 - h. ☐ schemes, rules or methods of playing games
 - i. ☐ methods for treatment of the human body by surgery or therapy
 - j. ☐ methods for treatment of the animal body by surgery or therapy
 - k. ☐ diagnostic methods practised on the human or animal body
 - l. ☐ mere presentations of information
 - m. ☐ computer programs for which this International Searching Authority is not equipped to search prior art
2. ☐ The failure of the following parts of the international application to comply with prescribed requirements prevents a meaningful search from being carried out:

☐ the description
☐ the claims
☐ the drawings
3. ☐ A meaningful search could not be carried out without the sequence listing; the applicant did not, within the prescribed time limit:

☐ furnish a sequence listing in the form of an Annex C/ST.25 text file, and such listing was not available to the International Searching Authority in a form and manner acceptable to it; or the sequence listing furnished did not comply with the standard provided for in Annex C of the Administrative Instructions.

☐ furnish a sequence listing on paper or in the form of an image file complying with the standard provided for in Annex C of the Administrative Instructions, and such listing was not available to the International Searching Authority in a form and manner acceptable to it; or the sequence listing furnished did not comply with the standard provided for in Annex C of the Administrative Instructions.

☐ pay the required late furnishing fee for the furnishing of a sequence listing in response to an invitation under Rule 13^{ter}.1(a) or (b).
4. Further comments:

Name and mailing address of the ISA/	Authorized officer
Facsimile No.	Telephone No.

专 利 合 作 条 约

PCT

宣布不制定国际检索报告

(PCT 条约17(2) (a)、细则13之三1(c)和(d)和 39)

申请人或代理人的档案号 DDPCT19168LY	重要宣布	发文日 (年/月/日) 2020年 3月 11日
国际申请号 PCT/CN2019/090925	国际申请日 (年/月/日) 2019年 6月 12日	(最早的)优先权日 (年/月/日) 2019年 6月 11日
国际专利分类 (IPC) 或国家分类及IPC C01F 7/46(2006.01)i; G16C 20/10(2019.01)i; C02F 1/06(2006.01)n		
申请人 东北大学		

本国际检索单位根据条约17(2) (a) 宣布，对于国际申请**将不制定国际检索报告**，其理由如下：

1. ☒ 国际申请的主题涉及：
 - a. ☐ 科学理论
 - b. ☒ 数学理论
 - c. ☐ 植物品种
 - d. ☐ 动物品种
 - e. ☐ 本质上是生物学方法的动植物生产方法，微生物方法以及用所述方法获得的产品除外
 - f. ☐ 经营的方案、规则或方法
 - g. ☐ 纯智力活动的方案、规则或方法
 - h. ☐ 游戏的方案、规则或者方法
 - i. ☐ 处理人体的外科手术或治疗方法
 - j. ☐ 处理动物体的外科手术或治疗方法
 - k. ☐ 在人体或动物体上实施的诊断方法
 - l. ☐ 单纯的信息提供
 - m. ☐ 本国际检索单位不具备检索现有技术的计算机程序
2. ☐ 国际申请的下列部分不符合规定的要求，以致不能进行有意义的检索：

☐ 说明书
 ☐ 权利要求
 ☐ 附图
3. ☐ 没有序列列表，不能进行有意义的检索；申请人没有在规定的期限内：

☐ 提交符合附件C/ST. 25文本文件形式的序列列表，并且国际检索单位也未获得形式和方式可以被接受的序列列表；或者提交的序列列表不符合行政规程附件C规定的标准。

☐ 提交符合行政规程附件C规定标准的纸件或图形文件形式的序列列表，并且国际检索单位也未获得形式和方式可以被接受的序列列表；或者提交的序列列表不符合行政规程附件C规定的标准。

☐ 在答复根据细则13之三.1(a)或(b)的通知提交序列列表时，未缴纳后提交费用。
4. 补充意见：

[1] 本国际申请的全部权利要求涉及氧化铝蒸发流程中闪蒸过程的闪蒸速率计算方法，当其作为一个整体来看时，其结果是纯粹抽象或智力的，属于数学理论的范畴，不具有可提供有用、具体及有形结果的实践应用的特征，属于PCT细则39.1(i)中所列的无需进行国际检索的情形，因此未进行国际检索。

ISA/CN的名称和邮寄地址 中国国家知识产权局 中国北京市海淀区蓟门桥西土城路6号 100088	授权官员 陈俊杰
传真号 (86—10) 62019451	电话号码 86-(20)-28950646