



(12) 发明专利

(10) 授权公告号 CN 103194574 B

(45) 授权公告日 2014. 06. 11

(21) 申请号 201310115839. 5

(22) 申请日 2013. 04. 07

(66) 本国优先权数据

201210548817. 3 2012. 12. 17 CN

(73) 专利权人 西安电子科技大学

地址 710071 陕西省西安市太白南路 2 号西安电子科技大学

(72) 发明人 李建文 马伯渊 李锦艳 王卫东 梁成壮

(74) 专利代理机构 西安吉盛专利代理有限责任公司 61108

代理人 张培勋

(51) Int. Cl.

G21C 7/068(2006. 01)

(56) 对比文件

JP 特开平 7-173522 A, 1995. 07. 11, 全文.

JP 特开平 6-340912 A, 1994. 12. 13, 全文.

CN 101093522 A, 2007. 12. 26, 全文.

JP 特开 2012-180582 A, 2012. 09. 20, 全文.

张贵玉 等. 《应用炉气分析预测转炉吹炼终点碳含量》. 《材料与冶金学报》. 2007, 3-6.

万雪峰 等. 《基于炉气分析的转炉终点成分预测》. 《第七届(2009)中国钢铁年会论文集》. 2009, 168-174.

李亮 等. 《0Cr18Ni9 不锈钢碳含量在线预报模型的开发》. 《钢铁》. 2010, 第 45 卷(第 11 期), 45-47.

审查员 朱虹

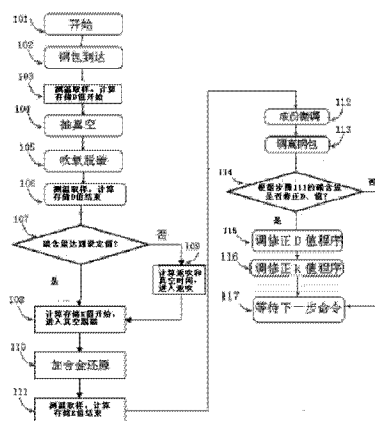
权利要求书3页 说明书8页 附图4页

(54) 发明名称

一种 VOD 精炼终点碳含量预报模型的动态调整方法

(57) 摘要

本发明属于一种 VOD 精炼预测模型动态调整方法,特别是一种 VOD 精炼终点碳含量预报模型的动态调整方法。在 VOD 生产过程中,在吹氧结束后和还原结束后分别对钢液进行一次采样,得到实际的碳含量。根据吹氧结束后碳含量的实际采样值,可以计算得到一个 D 值并将其存入数据库;根据还原结束后碳含量的实际采样值,可以计算得到一个 K 值并将其存入数据库。累计到一定数量历史炉次的实际 D 值和 K 值后,采用一次指数平滑算法,修正模型所采用的 D 和 K 值。以修正后的 D、K 值代替原有模型中的参数 D、K,模型根据修正后的 D、K 值计算出来的吹氧时间就会和实际值更加吻合,据此提高模型的预测精度。



1. 一种 VOD 精炼终点碳含量预报模型的动态调整方法,其特征是:它至少包括:吹氧脱碳、真空脱碳、加料还原三个阶段,其工艺流程是:

步骤 101:开始 VOD 工艺处理过程;

步骤 102:装有钢水并经过倒渣的钢包被运送到 VOD 处理站;

步骤 103:对钢包进行底部吹氩后,进行测温取样,获取冶炼初始数据;开始计算存储 D 值;

步骤 104:盖上真空盖启动真空泵系统开始抽真空;

步骤 105:随着真空到达一定值,氧枪吹氧,脱碳过程开始;

步骤 106:吹氧结束后对钢液进行一次采样,得到实际的碳含量;根据实际碳含量的采样值,计算得到一个实际的 D 值并将其存入数据库;

步骤 107:判断钢液中的碳含量是否达到预期值,若是进行步骤 108,否则进行步骤 109;

步骤 108:开始计算存储 K 值,同时对钢包进一步抽真空,开始进入真空阶段;

步骤 109:计算反真空和真空时间,继续对钢包进行吹氧脱碳的过程;

步骤 110:真空阶段结束时,将钢液中加入各种合金进入还原阶段;

步骤 111:对钢液进行测温取样,获取此时钢液温度和各主要元素的含量;同时计算存储 K 值结束;

步骤 112:根据步骤 111 获取的各主要元素的含量,对钢液做大气微调处理;

步骤 113:处理终止后,氩气底吹停止,自动氩气接头断开连接,行车将钢包调离真空罐;

步骤 114:比较步骤 111 检测的碳含量与目标碳含量,根据差值大小决定是否进行 D、K 值的修正,如果是进行步骤 115,否则进行步骤 117;

步骤 115:调修正 D 值程序;

步骤 116:调修正 K 值程序;

步骤 117:等待下一步命令;

所述的步骤 103 至步骤 106 计算、存储 D 值过程包括:

步骤 201:计算、存储 D 值开始;

步骤 202:输入初始数据;

步骤 203:根据原有的 D 值,代入公式计算预吹脱碳、主吹脱碳、动态吹炼三个阶段的时间,具体计算过程如下:

总的吹氧时间为:

$$t_{\text{吹氧}} = t_{\text{预}} + t_{\text{MB}} + t_{\text{DB}}$$

$t_{\text{预}}$ 为预吹阶段脱硅时间:

$$t_{\text{预}} = Q_{\text{Si}} \times 60 / 1200$$

式中: Q_{Si} 是钢液中的硅含量,由初测值经过计算得到;

主吹阶段吹氧时间 t_{MB} :

$$t_{\text{MB}} = (C_{\text{临}} - C_{\text{初}}) / v_{\text{MB}}$$

式中: $C_{\text{临}}$ 是临界碳含量,即主吹阶段结束时希望的目标碳含量,为预先设定值; $C_{\text{初}}$ 是钢包到达后测温取样测得的测碳含量; v_{MB} 是反应率,可以计算得到;

动态吹炼时间 t_{DB} :

$$t_{DB} = \frac{W_{MB}}{D \times A} \times \ln\left(\frac{C_{\text{钢}}}{C_{\text{目标, DB}}}\right)$$

式中 :D 为原有动态吹炼传质系数 ;A 为钢液反应面积,为固定值 ; $C_{\text{目标, DB}}$ 为动态吹炼阶段结束时希望的目标碳含量,为预先设定值 ; W_{MB} 为钢液重量,可以根据初始检测数据计算得到 ;

步骤 204 :对钢包按步骤 203 计算得到的时间进行吹氧 ;

步骤 205 :对吹氧结束的钢液取样测量 ;

步骤 206 :根据步骤 205 取样测量得到的数据,计算此时的实际动态吹炼传质系数 D,计算过程如下 :

$$D = \frac{W_{MB}}{t_{DB} \times A} \times \ln\left(\frac{C_{\text{钢}}}{C_{\text{实测, DB}}}\right)$$

式中 :D 为实际动态吹炼传质系数 ;A 为钢液反应面积,为固定值 ; $C_{\text{实测, DB}}$ 为动态吹炼阶段结束时希望的目标碳含量,为预先设定值 ; W_{MB} 为钢液重量,根据初始检测数据计算得到 ;

步骤 207 :存储计算得到的 D 值 ;

步骤 208 :退出 D 值的存储 ;

所述的步骤 115 包括 :

所述的修正 D 值的流程是 :

步骤 301 :开始对所获取的 D 值的修正过程 ;

步骤 302 :连接数据库,获取其中存储的 D 值 ;

步骤 303 :采用指数平滑算法修正 D 值 ;

步骤 304 :存储修正过的 D 值 ;

步骤 305 :退出 D 值的修正过程 ;

所述的步骤 108、110 至 111 所述的计算、存储 K 值过程包括 :

步骤 401 :计算、存储 K 值的流程开始 ;

步骤 402 :调取真空脱碳传质系数 K,依据真空脱碳处理时间公式,计算真空脱碳处理时间 ;

$$t_{BO} = \ln\left(\frac{C_{\text{实测, DB}} - C_{\text{INF, BO}}}{C_{\text{目标, BO}} - C_{\text{INF, BO}}}\right) \times \frac{W_{DB}}{K \times A}$$

式中 : $C_{\text{实测, DB}}$ 为动态吹氧结束时的实测碳含量 ; $C_{\text{INF, BO}}$ 为真空阶段反应界面的碳含量 ; $C_{\text{目标, BO}}$ 为真空脱碳阶段结束时希望的目标碳含量,为预先设定值 ; W_{DB} 为动态吹氧结束时的钢液重量 ;A 为钢包熔池内碳氧反应面积 ;

步骤 403 :还原结束后,对钢液进行测温取样 ;

步骤 404 :依据公式计算实际 K 值 ;

步骤 405 :存储计算得到的实际 K 值 ;

步骤 406 :退出 K 值的存储 ;

所述步骤 116 的调修正 K 值的流程是 :

步骤 501 :开始对所获取的 K 值的修正过程 ;

步骤 502 :连接数据库,获取其中存储的 K 值 ;

步骤 503 :采用指数平滑算法修正 K 值 ;

步骤 504 :存储修正过的 K 值 ;

步骤 505 :退出 K 值的修正过程。

一种 VOD 精炼终点碳含量预报模型的动态调整方法

技术领域

[0001] 本发明属于一种 VOD 精炼预测模型动态调整方法,特别是 VOD 精炼终点碳含量预报模型的动态调整方法。

背景技术

[0002] VOD 是真空吹氧脱碳法 (VacuumOxygenDecarburization) 的简称,是一种特殊的钢铁冶炼工艺。它是一种炉外精炼工艺,是由联邦德国维腾特殊钢厂 (EdelstahlwerkWitten) 于 1965 年首次开发,并由此发明了 VOD 钢包精炼炉。它具有真空脱气、吹氧脱碳、真空加料、吹氩搅拌、非真空测温取样、喂丝等多种功能,有效保证了钢水中的氢、氧、氮、碳含量达到最低水平,并可精确调整钢水成份,使夹杂物充分上浮而有效提高钢的洁净度,可以精炼轴承钢、合金结构钢、弹簧钢、优质碳素钢及超低碳不锈钢等。目前,VOD 精炼已成为世界上使用最广泛的炉外精炼技术之一。

[0003] 近年来,为了使我国从钢铁大国向钢铁强国发展,提高产品的技术含量,增强行业竞争力,国内各钢铁企业大量地投产了 LF、AOD、VOD 等精炼设备。同时,通过国内冶金设备研制企业的努力,VOD 等炉外精炼设备逐步国产化。

[0004] 而 VOD 冶炼过程是一个非常复杂的高温、多相的物理化学过程。该过程的主要目标是通过冶炼过程的吹氧操作和真空操作的控制,最终获得合格的钢水成分。实际生产过程中,由于冶炼过程的高度随机和高温真空下钢水的检测难度,VOD 冶炼终点碳含量控制问题成为冶炼控制的难点,控制效果直接影响着生产效率与经济效益。

[0005] 目前 VOD 生产过程基本靠经验数据进行操作,难以保证稳定的产品质量和冶炼成本。随着 VOD 炉外精炼设备的逐步国产化,迫切需要配套的 VOD 生产指导软件系统,实时、准确地预报 VOD 炉冶炼各阶段的工艺参数和终点参数,有效指导生产工艺的优化,充分实现 VOD 精炼过程的动态控制功能。

发明内容

[0006] 本发明的目的是提供一种 VOD 精炼预测模型动态调整方法,特别是 VOD 精炼终点碳含量预报模型的动态调整方法。

[0007] 本发明的目的是这样实现的:一种 VOD 精炼终点碳含量预报模型的动态调整方法,其特征是:它至少包括:吹氧脱碳、真空脱碳、加料还原三个阶段,其工艺流程是:

[0008] 步骤 101:开始 VOD 工艺处理过程;

[0009] 步骤 102:装有钢水并经过倒渣的钢包被运送到 VOD 处理站;

[0010] 步骤 103:对钢包进行底部吹氩后,进行测温取样,获取冶炼初始数据,开始计算存储 D 值;

[0011] 步骤 104:盖上真空盖启动真空泵系统开始抽真空;

[0012] 步骤 105:随着真空到达一定值,氧枪吹氧,脱碳过程开始;

[0013] 步骤 106:吹氧结束后对钢液进行一次采样,得到实际的碳含量;根据碳含量的实

际采样值,可以计算得到一个 D 值并将其存入数据库;

[0014] 步骤 107:判断钢液中的碳含量是否达到预期值,若是进行步骤 108,否则进行步骤 109;

[0015] 步骤 108:开始计算存储 K 值,同时对钢包进一步抽真空,开始进入真空阶段;

[0016] 步骤 109:计算反真空和真空时间,继续对钢包进行吹氧脱碳的过程;

[0017] 步骤 110:真空阶段结束时,将钢液中加入各种合金进入还原阶段;

[0018] 步骤 111:对钢液进行测温取样,获取此时钢液温度和各主要元素的含量,同时计算存储 K 值结束;

[0019] 步骤 112:根据步骤 111 获取的各主要元素的含量,对钢液做大气微调处理;

[0020] 步骤 113:处理终止后,氩气底吹停止,自动氩气街头断开连接,行车将钢包调离真空罐;

[0021] 步骤 114:比较步骤 111 检测的碳含量与目标碳含量,根据差值大小决定是否进行 D、K 值的修正,如果是进行步骤 115,否则进行步骤 117;

[0022] 步骤 115:调修正 D 值程序;

[0023] 步骤 116:调修正 k 值程序;

[0024] 步骤 117:等待下一步命令。

[0025] 所述的步骤 103 至步骤 106 计算、存储 D 值过程包括:

[0026] 步骤 201:计算、存储 D 值开始;

[0027] 步骤 202:输入初始数据;

[0028] 步骤 203:根据已有的 D 值,代入公式计算吹氧时间;

[0029] 步骤 204:对钢包按步骤 203 计算得到的时间进行吹氧;

[0030] 步骤 205:对吹氧结束的钢液取样测量;

[0031] 步骤 206:根据步骤 205 取样测量得到的数据,计算此时的实际 D 值;

[0032] 步骤 207:存储计算得到的 D 值;

[0033] 步骤 208:退出 D 值的存储。

[0034] 所述的步骤 115 包括:

[0035] 所述的修正 D 值的流程是:

[0036] 步骤 301:开始对所获取的 D 值的修正过程;

[0037] 步骤 302:连接数据库,获取其中存储的 D 值;

[0038] 步骤 303:采用指数平滑算法修正 D 值;

[0039] 步骤 304:存储修正过的 D 值;

[0040] 步骤 305:退出 D 值的修正过程。

[0041] 所述的步骤 108、110 和 111 计算、存储 K 值过程包括:

[0042] 所述的计算、存储 K 值过程是:

[0043] 步骤 401:计算、存储 K 值的流程开始;

[0044] 步骤 402:调取真空脱碳传质系数 K,依据真空脱碳处理时间公式,计算真空脱碳处理时间;

[0045]

$$t_{BO} = \ln\left(\frac{C_{\text{实测},DB} - C_{\text{INF},BO}}{C_{\text{目标},BO} - C_{\text{INF},BO}}\right) \times \frac{W_{DB}}{K \times A}$$

[0046] 式中： $C_{\text{实测},DB}$ 为动态吹氧结束时的实测碳含量； $C_{\text{INF},BO}$ 为真空阶段反应界面的碳含量； $C_{\text{目标},BO}$ 为真空脱碳阶段结束时希望的目标碳含量，为预先设定值； W_{DB} 为动态吹氧结束时的钢液重量； A 为钢包熔池内碳氧反应面积；

[0047] 步骤 403：还原结束后，对钢液进行测温取样；

[0048] 步骤 404：依据公式计算实际 K 值；

[0049] 步骤 405：存储计算得到的实际 K 值；

[0050] 步骤 406：退出 K 值的存储。

[0051] 所述的步骤 116 包括：

[0052] 所述的修正 K 值的流程是：

[0053] 步骤 501：开始对所获取的 K 值的修正过程；

[0054] 步骤 502：连接数据库，获取其中存储的 K 值；

[0055] 步骤 503：采用指数平滑算法修正 K 值；

[0056] 步骤 504：存储修正过的 K 值；

[0057] 步骤 505：退出 K 值的修正过程。

[0058] 本发明的优点是：以 VOD 炉外精炼工艺为背景，以 VOD 精炼工艺参数预测模型为基础，基于冶炼历史数据，研究预测模型参数调整方法。抛弃原操作中对经验数据的过分依赖，从而实时准确地预报 VOD 生产各阶段的碳含量等工艺参数，有效指导生产工艺流程的优化。实现不锈钢等特种钢冶炼过程的智能化和自动化，提高冶炼过程控制水平，缩短冶炼时间，降低气体消耗，减少补吹的次数，延长炉体的寿命，从而达到降低冶炼成本，提高生产效率的目的。如果在国内加以推广应用，将会产生很大的直接和间接的经济效益和社会效益。

附图说明

[0059] 图 1：VOD 工艺流程图；

[0060] 图 2：计算实际传质系数 D 流程图；

[0061] 图 3：吹氧传质系数 D 调整流程图；

[0062] 图 4：真空传质系数 K 存储流程图；

[0063] 图 5：真空传质系数 K 调整流程图。

具体实施方式

[0064] VOD 工艺处理流程如图 1 所示，可分为吹氧脱碳、真空脱碳、加料还原三个阶段。其工艺流程是：当装有钢水并经过倒渣的钢包运送到 VOD 处理站后，打开氩气阀，对钢包开始底部吹氩。随后进行测温取样，得到冶炼初始数据后，盖上真空盖使真空罐完全密闭。真空泵系统开始工作。随着压力的降低，脱碳过程开始。当真空度达到一定值时，氧枪移动到预设的位置，开始吹氧过程。吹氧结束后，需要破真空进行采样测试，得到吹氧结束后的钢液温度和各主要元素的含量。钢液碳含量达到初步目标后，进一步抽真空，开始进入真空阶段。真空阶段结束时，加入各种合金进入还原阶段。还原阶段结束后，真空泵停止工作，真

空罐破真空。真空罐继续在大气条件下,做大气微调处理(温度测量、取样、化学成分调整、钢水均匀化、喂丝操作软搅拌)。处理终止后,氩气底吹停止,自动氩气接头断开连接,行车将钢包吊离真空罐。

[0065] 而上述吹氧阶段又可分为预吹阶段、主吹阶段和动态吹氧阶段。预吹阶段以吹氧量达到模型计算值时为结束标志,预吹结束直接进入主吹阶段。主吹阶段也是以吹氧量达到模型计算值(达到临界碳含量)为结束标志。主吹结束后即进入动态吹氧阶段,动态吹氧阶段是以吹氧量达到模型计算值为结束标志。吹氧结束后通过检测仪器得到钢液的碳含量和温度,并根据检测碳含量提示钢液是否需要返吹。如果碳含量小于预定目标则进入真空脱碳阶段,此时需计算真空和还原阶段的相关数据(达到终点目标碳含量),并将计算结果送至下位控制器。如果碳含量超出目标值,则操作人员确认返吹后,系统会计算出返吹时间并进入返吹阶段继续吹氧以降低碳含量,并在返吹结束后重新计算还原材料的加入量,将计算结果送下位控制器。

[0066] 由此可知,在 VOD 生产的各个阶段,可以依据各阶段目标碳含量,根据工艺模型计算得到吹氧量、吹氧时间等工艺参数进行工艺流程操作。本发明依据冶金动力学模型,根据产品要求和测试数据,计算吹氧时间等工艺参数,实时提供给操作人员使用。同时采集实际冶炼数据,在实际数据的基础上,优化模型中的碳含量预测计算参数,进一步提高模型的碳含量预测精度。

[0067] 整个 VOD 生产过程主要由吹氧脱碳、真空脱碳、还原等工艺阶段组成。而每个工艺阶段吹氧时间主要由设定的相应吹氧量,根据每个阶段反应后的目标碳含量,通过冶金动力学模型计算反推得出。具体如下:

[0068] (1) 吹氧脱碳阶段:至少包括预吹脱碳、主吹脱碳、动态吹炼,总

[0069] 的吹氧时间为:

[0070] $t_{\text{吹氧}} = t_{\text{预}} + t_{\text{MB}} + t_{\text{DB}}$ (1)

[0071] 其中:

[0072] ● $t_{\text{预}}$ 为预吹阶段脱硅时间:

[0073] $t_{\text{预}} = Q_{\text{Si}} \times 60 / 1200$ (2)

[0074] 式中: Q_{Si} 是钢液中的硅含量,由初测值经过计算得到。

[0075] ● t_{MB} 为主吹阶段吹氧时间:

[0076] $t_{\text{MB}} = (C_{\text{临}} - C_{\text{初}}) / v_{\text{MB}}$ (3)

[0077] 式中: $C_{\text{临}}$ 是临界碳含量,即主吹阶段结束时希望的目标碳含量,为预先设定值。 $C_{\text{初}}$ 是钢包到达后测温取样测得的测碳含量。 v_{MB} 是反应率,可以计算得到。

[0078] ● t_{DB} 为动态吹炼时间:

[0079]

$$t_{\text{DB}} = \frac{W_{\text{MB}}}{D \times A} \times \ln \left(\frac{C_{\text{临}}}{C_{\text{目标, DB}}} \right) \quad (4)$$

[0080] 式中: D 为动态吹炼传质系数。 A 为钢液反应面积,为固定值。 $C_{\text{目标, DB}}$ 为动态吹炼阶段结束时希望的目标碳含量,为预先设定值。 W_{MB} 为钢液质量,可以根据初始检测数据计算得到。

[0081] (2) 真空脱碳阶段:

[0082] 真空脱碳处理时间：

[0083]

$$t_{BO} = \ln\left(\frac{C_{\text{实测},DB} - C_{\text{INF},BO}}{C_{\text{目标},BO} - C_{\text{INF},BO}}\right) \times \frac{W_{DB}}{K \times A} \quad (5)$$

[0084] 式中： $C_{\text{实测},DB}$ 为动态吹氧结束时的实测碳含量； $C_{\text{INF},BO}$ 为真空阶段反应界面的碳含量； $C_{\text{目标},BO}$ 为真空脱碳阶段结束时希望的目标碳含量，为预先设定值； W_{DB} 为动态吹氧结束时的钢液重量； A 为钢包熔池内碳氧反应面积； K 为真空脱碳传质系数。

[0085] 由于预测数据是依据冶金动力学模型得到，随着外界环境、原材料等的变化，根据计算时间进行实际冶炼得到的实际产品碳含量会与理论计算值有一些差距。为了使得预测模型更加符合实际，减小预测误差，有必要随着生产过程的进行，对 VOD 精炼生产工艺参数预测模型进行动态调整。

[0086] 动态吹氧阶段结束时的碳含量 C_{DB} 计算公式如下：

$$C_{DB} = C_{MB} \times \exp\left(\frac{-D \times A \times t_{DB}}{W_{MB}}\right) \dots\dots \% \quad (6)$$

[0088] 式中 C_{MB} 为主吹结束时的碳含量，可计算得到。

[0089] 真空结束时的碳含量 C_{BO} 等于最终的碳含量，其计算公式如下：

[0090]

$$C_{BO} = (C_{\text{实测},DB} - C_{\text{INF},BO}) \times \exp\left(\frac{-K \times A \times t_{BO}}{W_{DB}}\right) + C_{\text{INF},BO} \dots\dots \% \quad (7)$$

[0091] 分析上述模型的计算过程，确定在其它参数明确情况下，根据一定的算法，动态调整模型中的传质系数 D 、 K ，根据调整后的模型计算出吹氧时间 t_{DB} 和真空时间 t_{BO} ，从而使预测的吹氧阶段的吹氧时间和真空阶段的真空时间与生产实际更加接近；再根据公式 (6) 和 (7) 预测计算得到的最终碳含量和生产实际得到的碳含量也会更加接近。

[0092] 1. 吹氧脱碳阶段预测模型动态调整方法

[0093] 如上所述，吹氧脱碳阶段由预吹、主吹、动态吹炼等分阶段组成。预吹阶段主要脱硅，主吹阶段时间由公式 (3) 确定，动态吹炼时间由公式 (4) 确定。通过分析，确定通过动态调整公式 (4) 中的参数 D ，达到依据前期冶炼数据动态调整动态吹炼时间计算模型的目的。吹氧传质系数 D 的调整流程参见图 2 和图 3。其中图 2 为计算和存储实际 D 值的过程，图 3 为根据实际 D 值调整模型中的 D 值的过程。

[0094] 其实现过程概括如下：在 VOD 生产过程中，吹氧结束后对钢液进行一次采样，得到实际的碳含量。根据实际碳含量的采样值，可以计算得到一个采样的 D 值并将其存入数据库。累计到一定数量历史炉次的实际 D 值后，就采用一次指数平滑算法，修正模型所采用的 D 值。以修正后的 D 值代替原有模型中的参数 D ，模型根据修正后的 D 值计算出来的吹氧时间就会和实际值更加吻合，据此提高模型的预测精度。

[0095] 根据历史炉次的实际吹氧时间，采用指数平滑算法修正 D 值。修正后将新的 D 值存入数据库，以后模型就采用此 D 值进行计算和预测。

[0096] 要点汇总如下：

[0097] (1) 通过公式 (4) 可得：

[0098]

$$D = \frac{W_{MB毛}}{t_{DB} \times A} \times \ln\left(\frac{C_{临}}{C_{实测, DB}}\right) \quad (8)$$

[0099] 每一炉根据吹氧结束后的实际采样值,由式(8)计算得到实际的D,并将其值存入数据库,作为修正、调整D值的基础数据。其流程如图2所示。当经过一段时期的生产,就可累积一定数量炉次的实际D值数据。模型使用原有的D值计算得到预测数据并用于生产,如果得到的结果与生产实际偏差较大,就可以根据数据库中的实际D值,对模型中采用的D值进行调整与修正,从而改进模型在吹氧阶段的预测精度;如果得到的预测结果和实际生产结果吻合度较好,可以继续采用已有的D值,并根据实际生产数据不断计算、存储实际D值,为以后模型的进一步改进提供数据基础。

[0100] 吹氧传质系数D的实测数据的分布有很强的随机性,没有明显的趋势,属于随机分布。因此,选用一次指数平滑算法对吹氧传质系数D进行修正,并据此调整模型中的D值,使得预测值与实际测量值更加接近。

[0101] (2) 采用平滑指数算法进行D值调整

[0102] D的一次指数平滑预测公式如下:

$$D'_{t+1} = D'_{t+a} * (D_t - D'_t) \quad (9)$$

[0104] 式中:

[0105] D'_{t+1} —t+1期的预测值,

[0106] D_t —t期的实际值;

[0107] D'_t —t期的预测值。

[0108] 公式(9)中,初始值选择的准确与否直接关系到预测结果的准确率。由公式(9)可以看出,在计算平滑值时,当平滑过程开始时,需要初始条件 D_1 ,然而 D_1 是不存在的。因此,需要确定初始值 D_1 的值。当初始数据较多时,可以取前几个或前十个数据的平均值作为 D_1 的初始值;当初始数据较少时,可用第一期数据作为 D_1 的初始值。

[0109] 式(9)中,平滑系数a是作为常数看待的。为了使模型能适应时间数列本身模式的变化,可以采用自动调整平滑系数a的方法来改善模型的预测效果。其基本思想是,采用某些预测精度指标来衡量时间数列的模式是否发生变化;如果当前预测精度高,则认为时间数列的模式没有发生变化,应该取较小的平滑系数;如果当前预测精度较低则认为时间数列的模式已经发生变化,应当取较大的平滑系数,以减少模型调整时间,使得模型反应迅速。

[0110] 2. 真空脱碳阶段预测模型动态调整方法:

[0111] 真空脱碳阶段时间由公式(5)确定。通过分析,确定动态调整公式(5)中的真空脱碳传质系数K,达到依据前期冶炼数据动态调整动态吹炼时间计算模型的目的。

[0112] 由公式(5)可得到实际的K值:

[0113]

$$K = \ln\left(\frac{C_{实测, DB} - C_{INF, BO}}{C_{实测, BO} - C_{INF, BO}}\right) \times \frac{W_{DB}}{t_{BO} \times A} \quad (10)$$

[0114] 式中: $C_{实测, DB}$ 为动态吹氧结束时的实测碳含量; $C_{INF, BO}$ 为真空阶段反应界面的碳含量; $C_{实测, BO}$ 为真空脱碳阶段结束时的实测碳含量; W_{DB} 为动态吹氧结束时的钢液重量;A为钢包熔池内碳氧反应面积;K为真空脱碳传质系数, t_{BO} 为真空脱碳处理时间。

[0115] 每一炉根据实际数据由式(10)计算得到实际的K,并将实际的K值存入数据库,用于自学习。

[0116] 同样,实际的真空脱碳传质系数K的分布有很强的随机性,没有明显的趋势,属于随机分布。因此,仍然选用一次指数平滑算法对真空传质系数K进行修正。

[0117] 采用平滑指数算法计算、存储K值和调整K值的流程如图4和图5所示。具体调整方法和过程与D值调整方法和过程类似,在此略去。

[0118] 本发明的工作过程及步骤如下,其特征是:

[0119] 步骤101:开始VOD工艺处理过程;

[0120] 步骤102:装有钢水并经过倒渣的钢包被运送到VOD处理站;

[0121] 步骤103:对钢包进行底部吹氩后,进行测温取样,获取冶炼初始数据,开始计算存储D值;

[0122] 步骤104:盖上真空盖启动真空泵系统开始抽真空;

[0123] 步骤105:随着真空到达一定值,氧枪吹氧,脱碳过程开始;

[0124] 步骤106:吹氧结束后对钢液进行一次采样,得到实际的碳含量;根据碳含量的实际采样值,可以计算得到一个D值并将其存入数据库;

[0125] 步骤107:判断钢液中的碳含量是否达到预期值,若是进行步骤108,否则进行步骤109;

[0126] 步骤108:开始计算存储K值,同时对钢包进一步抽真空,开始进入真空阶段;

[0127] 步骤109:计算反真空和真空时间,继续对钢包进行吹氧脱碳的过程;

[0128] 步骤110:真空阶段结束时,将钢液中加入各种合金进入还原阶段;

[0129] 步骤111:对钢液进行测温取样,获取此时钢液温度和各主要元素的含量,同时计算存储K值结束;

[0130] 步骤112:根据步骤111获取的各主要元素的含量,对钢液做大气微调处理;

[0131] 步骤113:处理终止后,氩气底吹停止,自动氩气街头断开连接,行车将钢包调离真空罐;

[0132] 步骤114:比较步骤111检测的碳含量与目标碳含量,根据差值大小决定是否进行D、K值的修正,如果是进行步骤115,否则进行步骤117;

[0133] 步骤115:调修正D值程序;

[0134] 步骤116:调修正k值程序;

[0135] 步骤117:等待下一步命令。

[0136] 所述的步骤103至步骤106计算、存储D值过程包括:

[0137] 步骤201:计算、存储D值开始;

[0138] 步骤202:输入初始数据;

[0139] 步骤203:根据已有的D值,代入公式计算吹氧时间;

[0140] 步骤204:对钢包按步骤203计算得到的时间进行吹氧;

[0141] 步骤205:对吹氧结束的钢液取样测量;

[0142] 步骤206:根据步骤205取样测量得到的数据,计算此时的实际D值;

[0143] 步骤207:存储计算得到的D值;

[0144] 步骤208:退出D值的存储。

[0145] 所述的修正 D 值的流程是：

[0146] 步骤 301：开始对所获取的 D 值的修正过程；

[0147] 步骤 302：连接数据库，获取其中存储的 D 值；

[0148] 步骤 303：采用指数平滑算法修正 D 值；

[0149] 步骤 304：存储修正过的 D 值；

[0150] 步骤 305：退出 D 值的修正过程。

[0151] 所述的步骤 108、110 和 111 计算、存储 K 值过程包括：

[0152] 所述的计算、存储 K 值过程是：

[0153] 步骤 401：计算、存储 K 值的流程开始；

[0154] 步骤 402：调取真空脱碳传质系数 K，依据真空脱碳处理时间公式，计算真空脱碳处理时间；

[0155]

$$t_{BO} = \ln\left(\frac{C_{\text{实测},DB} - C_{\text{INF},BO}}{C_{\text{目标},BO} - C_{\text{INF},BO}}\right) \times \frac{W_{DB}}{K \times A}$$

[0156] 式中： $C_{\text{实测},DB}$ 为动态吹氧结束时的实测碳含量； $C_{\text{INF},BO}$ 为真空阶段反应界面的碳含量； $C_{\text{目标},BO}$ 为真空脱碳阶段结束时希望的目标碳含量，为预先设定值； W_{DB} 为动态吹氧结束时的钢液重量；A 为钢包熔池内碳氧反应面积；

[0157] 步骤 403：还原结束后，对钢液进行测温取样；

[0158] 步骤 404：依据公式计算实际 K 值；

[0159] 步骤 405：存储计算得到的实际 K 值；

[0160] 步骤 406：退出 K 值的存储。

[0161] 所述的修正 K 值的流程是：

[0162] 步骤 501：开始对所获取的 K 值的修正过程；

[0163] 步骤 502：连接数据库，获取其中存储的 K 值；

[0164] 步骤 503：采用指数平滑算法修正 K 值；

[0165] 步骤 504：存储修正过的 K 值；

[0166] 步骤 505：退出 K 值的修正过程。

[0167] 本实施例没有详细叙述的部件和结构属本行业的公知部件和常用结构或常用手段，这里不一一叙述。

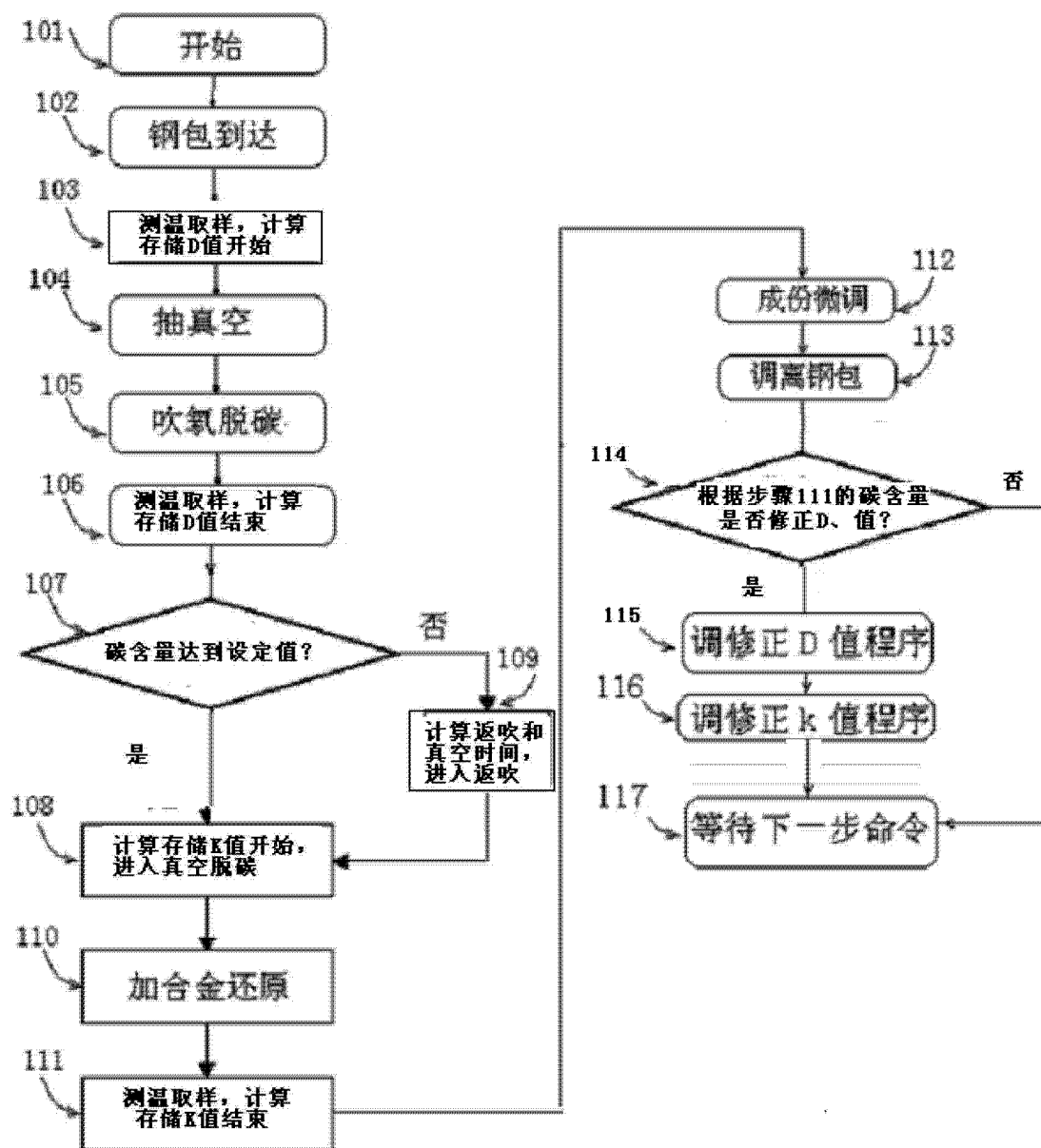


图 1

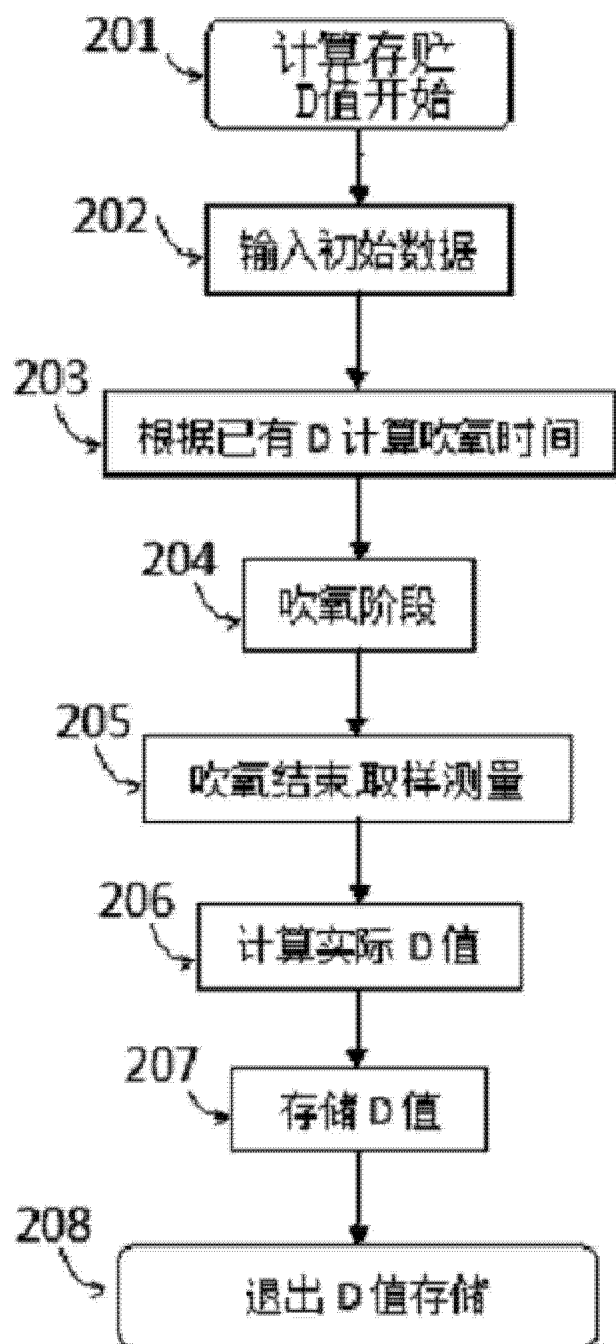


图 2

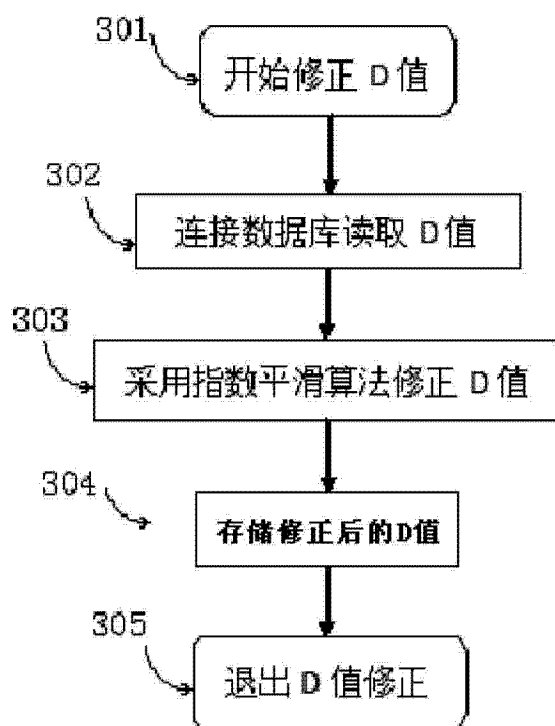


图 3

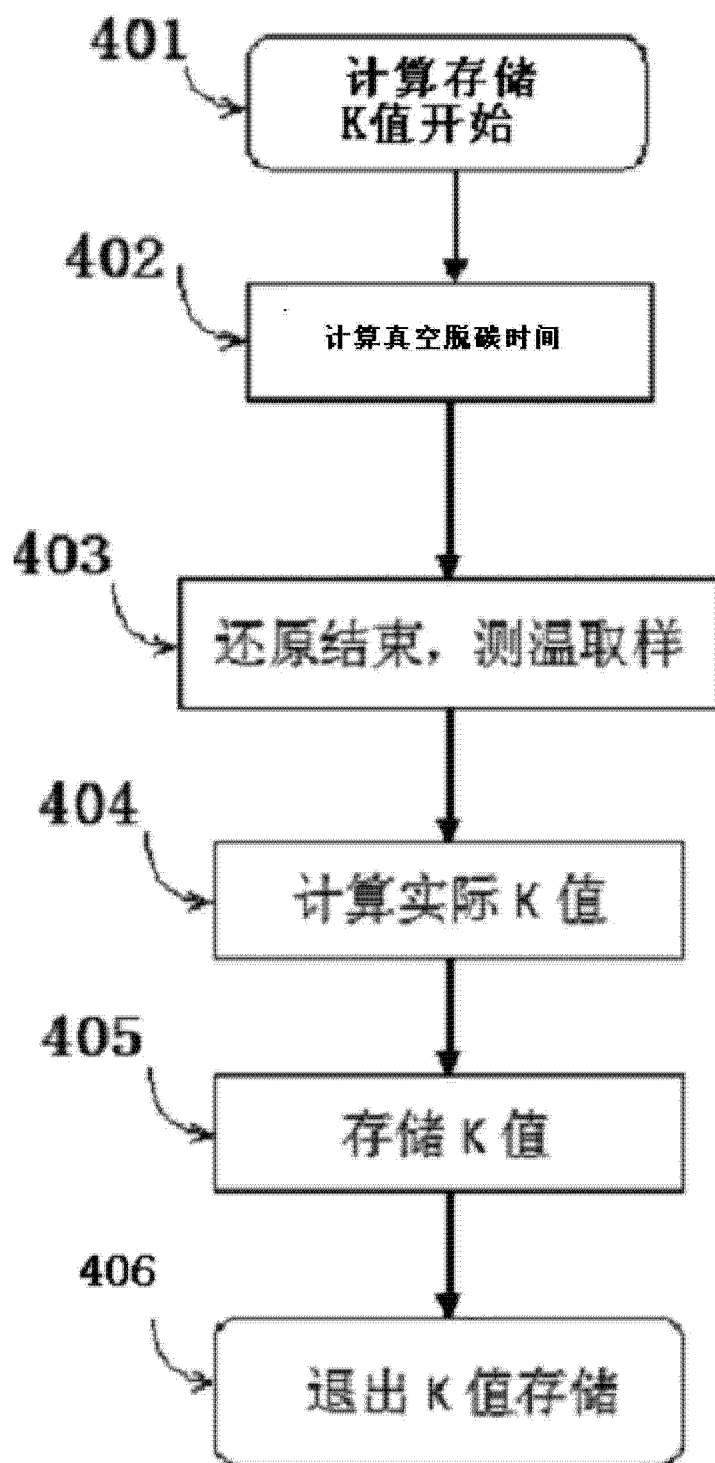


图 4

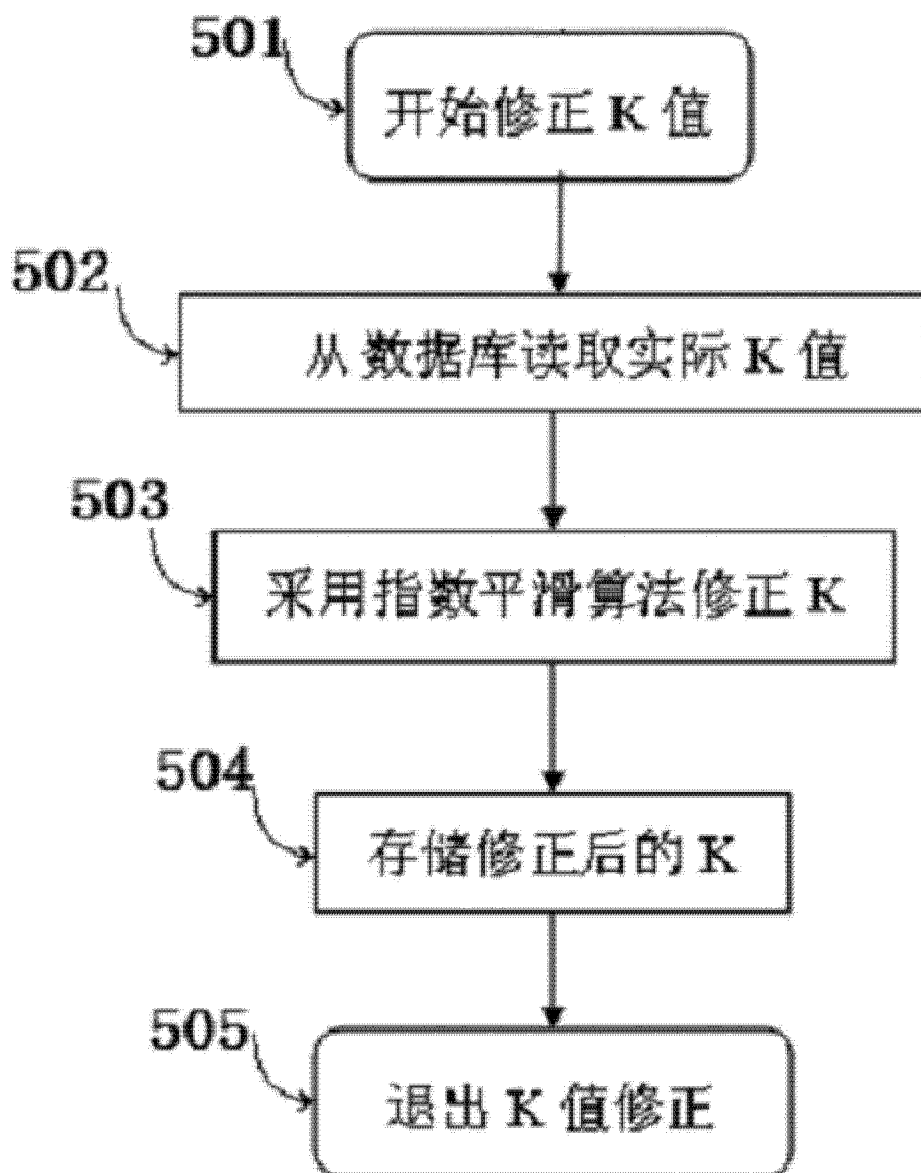


图 5