



(12) 发明专利申请

(10) 申请公布号 CN 113847821 A

(43) 申请公布日 2021. 12. 28

(21) 申请号 202010599813.2

(22) 申请日 2020.06.28

(71) 申请人 宝山钢铁股份有限公司

地址 201900 上海市宝山区富锦路885号

(72) 发明人 贾凌锋 王彦峰 龚培

(74) 专利代理机构 上海三和万国知识产权代理
事务所(普通合伙) 31230

代理人 刘立平 张勤绘

(51) Int. Cl.

F27D 19/00 (2006.01)

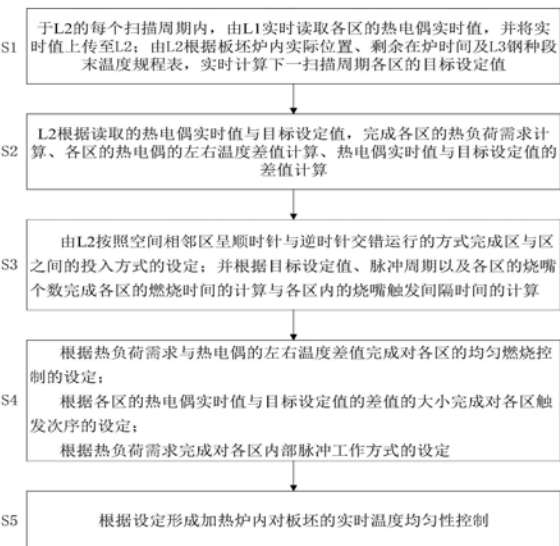
权利要求书7页 说明书19页 附图2页

(54) 发明名称

一种加热炉烧嘴用脉冲控制及脉冲炉的炉温控制方法

(57) 摘要

一种加热炉烧嘴用脉冲控制及脉冲炉的炉温控制方法,沿炉长方向将加热炉划分成若干温控区,并于各温控区的炉膛左右两侧各设置一个热电偶,通过各温控区的热负荷需求配合各区的热电偶的温差值,形成各区的均匀燃烧控制;通过各温控区的热负荷需求,确定烧嘴的投入方式、区与区之间的先后触发次序以及各温控区内部的脉冲工作方式;通过烧嘴的投入方式、各区的先后触发次序以及各区内部的脉冲工作方式的配合,形成各烧嘴的时间与空间上的均匀燃烧控制,所述的一种加热炉烧嘴用脉冲控制及脉冲炉的炉温控制方法,通过形成的各区的均匀燃烧控制配合形成的各烧嘴的时间与空间上的均匀燃烧控制,实现对板坯的温度均匀性控制。



1. 一种加热炉烧嘴用脉冲控制,其特征在于:

沿炉长方向将加热炉划分成若干温控区,根据各温控区的热负荷需求,确定烧嘴的投入方式、区与区之间的先后触发次序以及各温控区内部的脉冲工作方式;

通过烧嘴的投入方式、配合各区的先后触发次序以及各区内部的脉冲工作方式,以实现各烧嘴的时间与空间上的均匀性燃烧的方式,实现对板坯的温度均匀性控制。

2. 根据权利要求1所述的一种加热炉烧嘴用脉冲控制,其特征在于:

各温控区的热负荷需求由当前温控区的实际温度值与下一扫描周期所对应的各温控区的目标设定值的差值 $\Delta T1$ 确定。

3. 根据权利要求1所述的一种加热炉烧嘴用脉冲控制,其特征在于:

所述烧嘴的投入方式,包括区与区之间的投入方式以及各区内部的投入方式;

区与区之间以空间相邻温控区呈顺时针与逆时针交错运行的方式触发;

各区内部的投入方式在遵循区与区之间的投入方式的前提下,按照设置的燃烧时间以及设置的触发间隔时间触发。

4. 根据权利要求1所述的一种脉冲炉的炉温控制方法,其特征在于:

区与区之间的先后触发次序,按照热负荷需求由大到小的顺序进行。

5. 根据权利要求1所述的一种加热炉烧嘴用脉冲控制,其特征在于:

建立热负荷需求等级,按照热负荷需求等级建立相应的脉冲工作方式,具体如下:

第一热负荷需求等级为热负荷需求为零,相应脉冲工作方式为脉冲烧嘴关闭;

第二热负荷需求等级为热负荷需求为 $10\% \leq Hd \leq Cx$, 相应脉冲工作方式为固定烧嘴燃烧时间,调节脉冲周期;

第三热负荷需求等级为热负荷需求为 $Cx \leq Hd \leq 90\%$, 相应脉冲工作方式为固定脉冲周期,调节烧嘴燃烧时间;

第四热负荷需求等级为 $90\% \leq Hd \leq 100\%$, 相应脉冲工作方式为烧嘴满周期工作。

6. 根据权利要求2所述的一种加热炉烧嘴用脉冲控制,其特征在于:

建立热负荷需求等级,按照热负荷需求等级建立相应的脉冲工作方式,具体如下:

第一热负荷需求等级为热负荷需求为零,相应脉冲工作方式为脉冲烧嘴关闭;

第二热负荷需求等级为热负荷需求为 $10\% \leq Hd \leq Cx$, 相应脉冲工作方式为固定烧嘴燃烧时间,调节脉冲周期;

第三热负荷需求等级为热负荷需求为 $Cx \leq Hd \leq 90\%$, 相应脉冲工作方式为固定脉冲周期,调节烧嘴燃烧时间;

第四热负荷需求等级为 $90\% \leq Hd \leq 100\%$, 相应脉冲工作方式为烧嘴满周期工作。

7. 根据权利要求6所述的一种加热炉烧嘴用脉冲控制,其特征在于:

第三热负荷需求等级下的调节烧嘴燃烧时间,具体遵循如下调节:

$\Delta T1 < 20^\circ\text{C}$, 燃烧时间补偿系数为0;

$20^\circ\text{C} \leq \Delta T1 < 50^\circ\text{C}$, 燃烧时间补偿系数为1/15;

$50^\circ\text{C} \leq \Delta T1 < 70^\circ\text{C}$, 燃烧时间补偿系数为1/12;

$70^\circ\text{C} \leq \Delta T1 < 100^\circ\text{C}$, 燃烧时间补偿系数为1/6;

$\Delta T1 \geq 100^\circ\text{C}$, 燃烧时间补偿系数为1/2。

8. 根据权利要求3所述的一种加热炉烧嘴用脉冲控制,其特征在于:

所述的燃烧时间按照如下进行设置：

$$T_{on} = T * mv\%$$

其中，

T:燃烧时间,单位:S;

T:该温控区的脉冲周期;

mv%:燃烧负荷量。

9.根据权利要求3所述的一种加热炉烧嘴用脉冲控制,其特征在于:

所述的触发间隔时间按照如下进行设置:

$$T_{intvl} = T/N$$

其中，

T_{intvl} :触发间隔时间,单位:S;

T:该温控区的脉冲周期;

N:该温控区的脉冲烧嘴个数。

10.根据权利要求4所述的一种加热炉烧嘴用脉冲控制,其特征在于:

按照热负荷需求由大到小的顺序形成先后触发次序的各温控区,各区的触发时刻按照如下进行:

$$\begin{cases} \text{第一触发温控区的触发时刻为: } Q_1=0; \\ \text{其余各触发温控区的触发时刻为: } Q_i=Q_{i-1}+n_{i-1}; \end{cases}$$

其中，

i:被触发温控区的触发次序号, $i=2,3,4,\dots,n$;

$i-1$:被触发温控区的前一触发次序号;

Q_i :被触发温控区的被触发时刻,单位:S;

Q_{i-1} :当前被触发温控区的前一被触发温控区的被触发时刻,单位:S;

n_{i-1} :前一被触发温控区的烧嘴个数。

11.根据权利要求2所述的一种加热炉烧嘴用脉冲控制,其特征在于:

当前温控区的实际温度值由设于炉膛内的热电偶测得。

12.根据权利要求11所述的一种加热炉烧嘴用脉冲控制,其特征在于:

所述热电偶沿炉长方向、分布于炉膛左右两侧,每个区设置一对。

13.根据权利要求12所述的一种加热炉烧嘴用脉冲控制,其特征在于:

建立基于各温控区的热负荷需求、并综合各区的一对热电偶的温差值的补强调节,实现各区的均匀燃烧,用以补强板坯的温度均匀性控制。

14.根据权利要求13所述的一种加热炉烧嘴用脉冲控制,其特征在于:

I.当当前温控区的热负荷需求大于80%时,所述补强调节通过增加该区的总管空气压力实现;

II.当当前温控区的热负荷需求小于等于80%,且该区的一对热电偶的温差值大于30℃时,所述补强调节通过对温度低侧的烧嘴进行人工手动微调烧嘴前的压力、以缩短火焰长度的方式实现。

15.根据权利要求12所述的一种加热炉烧嘴用脉冲控制,其特征在于:

所述烧嘴的投入方式,包括区与区之间的投入方式以及各区内部的投入方式;

区与区之间以空间相邻温控区呈顺时针与逆时针交错运行的方式触发;

各区内部的投入方式在遵循区与区之间的投入方式的前提下,按照设置的燃烧时间以及设置的触发间隔时间触发;

建立基于各温控区的热负荷需求、并综合各区的一对热电偶的温差值的补强调节,实现各区的均匀燃烧,用以补强板坯的温度均匀性控制。

16. 根据权利要求15所述的一种加热炉烧嘴用脉冲控制,其特征在于:

I. 当当前温控区的热负荷需求大于80%时,所述补强调节通过增加该区的总管空气压力实现;

II. 当当前温控区的热负荷需求小于等于80%,且该区的一对热电偶的温差值大于30℃时,所述补强调节通过在维系设置的燃烧时间不变的前提下,以增加温度低侧的烧嘴燃烧时间并同时减少温度高侧的烧嘴相应燃烧时间的方式实现。

17. 根据权利要求14或16所述的一种加热炉烧嘴用脉冲控制,其特征在于:

在检测到该区的一对热电偶温差值大于30℃之后,对温度低侧的烧嘴进行人工手动微调烧嘴前的压力、以缩短火焰长度之前;

或

在检测到该区的一对热电偶温差值大于30℃之后,在维系设置的燃烧时间不变的前提下,以增加温度低侧的烧嘴燃烧时间并同时减小温度高侧的烧嘴相应燃烧时间的调节方式之前,

对该区的烧嘴进行煤气阀漏检测。

18. 根据权利要求14或16所述的一种加热炉烧嘴用脉冲控制,其特征在于:

增加该区的总管空气压力,按照如下方式进行:

$$P_{\text{gas1}} = P_{\text{gas0}} \times \left[\frac{(273 + T_{\text{gas1}})}{(273 + T_{\text{gas0}})} \right] \times \left(\frac{k0}{k1} \right)^2$$

$$P_{\text{air}} = P_{\text{air0}} \times \sqrt{\frac{P_{\text{gas1}}^2 + P_{\text{gas1}}}{P_{\text{gas0}}^2 + P_{\text{gas0}}}} \times \left[\frac{(273 + T_{\text{air1}})}{(273 + T_{\text{air0}})} \right] \times k \times \lambda$$

其中,

P_{gas1} : 煤气总管补偿后的压力动态设定值;

P_{gas0} : 常数: 煤气总管压力设计值;

T_{gas1} : 煤气实际温度;

T_{gas0} : 常数: 煤气温度设计值;

$k0$: 为标准设计空燃比;

$k1$: 为实际空燃比;

P_{air} : 空气总管压力动态设定值;

P_{air0} : 常数: 助燃空气总管压力设计值;

T_{air1} : 助燃热空气实际温度;

T_{air0} : 常数: 助燃热空气设计温度;

K : 根据煤气流量的空气压力修正系数;

λ :空气过剩系数。

19. 根据权利要求18所述的一种加热炉烧嘴用脉冲控制,其特征在于:

所述空气压力修正系数 k 与空气过剩系数 λ 均按照煤气量设定;具体遵循如下设定:

将煤气量进行梯度划分,依次形成第一梯度、第二梯度、第三梯度以及第四梯度;

当煤气量属于第一梯度时,相应的空气压力修正系数 k 设定为1.0,相应的空气过剩系数 λ 设定为1.0;

当煤气量属于第二梯度时,相应的空气压力修正系数 k 设定为1.1,相应的空气过剩系数 λ 设定为1.0;

当煤气量属于第三梯度时,相应的空气压力修正系数 k 设定为1.15-1.19,相应的空气过剩系数 λ 设定为1.06;

当煤气量属于第四梯度时,相应的空气压力修正系数 k 设定为1.2,相应的空气过剩系数 λ 设定为1.06。

20. 根据权利要求19所述的一种加热炉烧嘴用脉冲控制,其特征在于:

第一梯度的煤气量为0.36-0.89万立方米;

第二梯度的煤气量为0.90-1.62万立方米;

第三梯度的煤气量为1.63-2.52万立方米;

第四梯度的煤气量为2.53-3.60万立方米。

21. 一种脉冲炉的炉温控制方法,用于实现板坯的温度均匀性控制,其特征在于:

沿炉长方向将加热炉划分成若干温控区,并于各温控区的炉膛左右两侧各设置一个热电偶,

通过各温控区的热负荷需求配合各区的两个热电偶的温差值,形成各区的均匀燃烧控制;

通过各温控区的热负荷需求,确定烧嘴的投入方式、区与区之间的先后触发次序以及各温控区内部的脉冲工作方式;

通过烧嘴的投入方式、各区的先后触发次序以及各区内部的脉冲工作方式的配合,形成各烧嘴的时间与空间上的均匀燃烧控制,

通过形成的各区的均匀燃烧控制配合形成的各烧嘴的时间与空间上的均匀燃烧控制,实现对板坯的温度均匀性控制。

22. 根据权利要求21所述的一种脉冲炉的炉温控制方法,其特征在于:

所述的炉温控制方法,涉及基础自动化控制机L1、过程控制机L2与生产控制机L3,具体包括如下步骤:

S1: 于L2的每个扫描周期内,由L1实时读取各区的热电偶实时值,并将实时值上传至L2;由L2根据板坯炉内实际位置、剩余在炉时间及L3钢种段末温度规程表,实时计算下一扫描周期各区的目标设定值;

S2: L2根据读取的热电偶实时值与目标设定值,完成各区的热负荷需求计算、各区的热电偶的左右温度差值计算、热电偶实时值与目标设定值的差值计算;

S3: 由L2按照空间相邻区呈顺时针与逆时针交错运行的方式完成区与区之间的投入方式的设定;

并根据目标设定值、脉冲周期以及各区的烧嘴个数完成各区的燃烧时间的计算与各区

内的烧嘴触发间隔时间的计算；

S4:根据热负荷需求与热电偶的左右温度差值完成对各区的均匀燃烧控制的设定；
根据各区的热电偶实时值与目标设定值的差值的大小完成对各区触发次序的设定；
根据热负荷需求完成对各区内部脉冲工作方式的设定；

S5:根据设定形成加热炉内对板坯的实时温度均匀性控制。

23.根据权利要求22所述的一种脉冲炉的炉温控制方法,其特征在于:

步骤S3中所述的完成对各区的燃烧时间的计算,具体如下:

$$T_{on}=T*mv\%$$

其中,

T:燃烧时间,单位:S;

T:该温控区的脉冲周期;

mv%:燃烧负荷量。

24.根据权利要求22所述的一种脉冲炉的炉温控制方法,其特征在于:

步骤S3中所述的完成各区的烧嘴触发间隔时间的计算,具体如下:

$$T_{intvl}=T/N$$

其中,

T_{intvl} :触发间隔时间,单位:S;

T:该温控区的脉冲周期;

N:该温控区的脉冲烧嘴个数。

25.根据权利要求22所述的一种脉冲炉的炉温控制方法,其特征在于:

步骤S4中所述的根据热负荷需求与热电偶的左右温度差值完成对各区的均匀燃烧控制的设定,具体如下:

I.当当前温控区的热负荷需求大于80%时,通过增加该区的总管空气压力完成设定;

II.当当前温控区的热负荷需求小于等于80%,且该区的一对热电偶的温差值大于30℃时,通过对温度低侧的烧嘴进行人工手动微调烧嘴前的压力、以缩短火焰长度的方式完成设定。

26.根据权利要求22所述的一种脉冲炉的炉温控制方法,其特征在于:

步骤S4中所述的根据热负荷需求与热电偶的左右温度差值完成对各区的均匀燃烧控制的设定,具体如下:

I.当当前温控区的热负荷需求大于80%时,通过增加该区的总管空气压力完成设定;

II.当当前温控区的热负荷需求小于等于80%,且该区的一对热电偶的温差值大于30℃时,通过在维系设置的燃烧时间不变的前提下,以增加温度低侧的烧嘴燃烧时间并同时减少温度高侧的烧嘴相应燃烧时间的方式完成设定。

27.根据权利要求22所述的一种脉冲炉的炉温控制方法,其特征在于:

步骤S4中所述的根据各区的热电偶实时值与目标设定值的差值的大小完成对各区触发次序的设定,具体如下:

按照热负荷需求由大到小的顺序形成先后触发次序的各温控区,各区的触发时刻按照如下进行:

$$\begin{cases} \text{第一触发温控区的触发时刻为: } Q_1=0; \\ \text{其余各触发温控区的触发时刻为: } Q_i=Q_{i-1}+n_{i-1}; \end{cases}$$

其中,

i :被触发温控区的触发次序号, $i=2,3,4,\dots,n$;

$i-1$:被触发温控区的前一触发次序号;

Q_i :被触发温控区的被触发时刻,单位:S;

Q_{i-1} :当前被触发温控区的前一被触发温控区的被触发时刻,单位:S;

n_{i-1} :前一被触发温控区的烧嘴个数。

28.根据权利要求22所述的一种脉冲炉的炉温控制方法,其特征在于:

步骤S4中所述的根据热负荷需求完成对各区内部脉冲工作方式的设定,具体如下:

建立热负荷需求等级,按照热负荷需求等级完成设定:

第一热负荷需求等级为热负荷需求为零,相应脉冲工作方式脉冲烧嘴关闭;

第二热负荷需求等级为热负荷需求为 $10\% \leq Hd \leq Cx$,相应脉冲工作方式固定烧嘴燃烧时间,调节脉冲周期;

第三热负荷需求等级为热负荷需求为 $Cx \leq Hd \leq 90\%$,相应脉冲工作方式固定脉冲周期,调节烧嘴燃烧时间;

第四热负荷需求等级为 $90\% \leq Hd \leq 100\%$,相应脉冲工作方式烧嘴满周期工作。

29.根据权利要求25或26所述的一种脉冲炉的炉温控制方法,其特征在于:

增加该区的总管空气压力,按照如下方式进行:

$$P_{\text{gasl}} = P_{\text{gas0}} \times \left[\frac{(273+T_{\text{gasl}})}{(273+T_{\text{gas0}})} \right] \times \left(\frac{k0}{k1} \right)^2$$

$$P_{\text{air}} = P_{\text{air0}} \times \sqrt{\frac{P_{\text{gasl}}^2 + P_{\text{gasl}}}{P_{\text{gas0}}^2 + P_{\text{gas0}}}} \times \left[\frac{(273+T_{\text{airl}})}{(273+T_{\text{air0}})} \right] \times k \times \lambda$$

其中,

P_{gasl} :煤气总管补偿后的压力动态设定值;

P_{gas0} :常数:煤气总管压力设计值;

T_{gasl} :煤气实际温度;

T_{gas0} :常数:煤气温度设计值;

$k0$:为标准设计空燃比;

$k1$:为实际空燃比;

P_{air} :空气总管压力动态设定值;

P_{air0} :常数:助燃空气总管压力设计值;

T_{airl} :助燃热空气实际温度;

T_{air0} :常数:助燃热空气设计温度;

K :根据煤气流量的空气压力修正系数;

λ :空气过剩系数。

30.根据权利要求29所述的一种脉冲炉的炉温控制方法,其特征在于:

所述空气压力修正系数 k 与空气过剩系数 λ 均按照煤气量设定;具体遵循如下设定:

将煤气量进行梯度划分,依次形成第一梯度、第二梯度、第三梯度以及第四梯度;

当煤气量属于第一梯度时,相应的空气压力修正系数 k 设定为1.0,相应的空气过剩系数 λ 设定为1.0;

当煤气量属于第二梯度时,相应的空气压力修正系数 k 设定为1.1,相应的空气过剩系数 λ 设定为1.0;

当煤气量属于第三梯度时,相应的空气压力修正系数 k 设定为1.15-1.19,相应的空气过剩系数 λ 设定为1.06;

当煤气量属于第四梯度时,相应的空气压力修正系数 k 设定为1.2,相应的空气过剩系数 λ 设定为1.06。

31. 根据权利要求30所述的一种脉冲炉的炉温控制方法,其特征在于:

第一梯度的煤气量为0.36-0.89万立方米;

第二梯度的煤气量为0.90-1.62万立方米;

第三梯度的煤气量为1.63-2.52万立方米;

第四梯度的煤气量为2.53-3.60万立方米。

32. 根据权利要求28所述的一种脉冲炉的炉温控制方法,其特征在于:

第三热负荷需求等级下的调节烧嘴燃烧时间,具体遵循如下调节:

$\Delta T1 < 20^{\circ}\text{C}$, 燃烧时间补偿系数为0;

$20^{\circ}\text{C} \leq \Delta T1 < 50^{\circ}\text{C}$, 燃烧时间补偿系数为1/15;

$50^{\circ}\text{C} \leq \Delta T1 < 70^{\circ}\text{C}$, 燃烧时间补偿系数为1/12;

$70^{\circ}\text{C} \leq \Delta T1 < 100^{\circ}\text{C}$, 燃烧时间补偿系数为1/6;

$\Delta T1 \geq 100^{\circ}\text{C}$, 燃烧时间补偿系数为1/2,

其中, $\Delta T1$: 当前温控区的实际温度值与下一扫描周期所对应的各温控区的目标设定值的差值。

一种加热炉烧嘴用脉冲控制及脉冲炉的炉温控制方法

技术领域

[0001] 本发明属于工业炉热工领域,具体涉及一种加热炉烧嘴用脉冲控制及脉冲炉的炉温控制方法。

背景技术

[0002] 热轧产品性能和板形受温度均匀性影响较大,板坯温度不均匀,会导致后续轧制时的轧制力变化大、增加轧制难度,并且轧制后在同一带钢不同位置的金属特性不一致,产品性能差别大,带钢的厚薄不均匀。

[0003] 申请号为:201010000572.1的发明申请,公开了“一种脉冲燃烧控制系统和控制方法”,所述控制系统包括:点火系统,每一个烧嘴配设一套点火系统,点火系统将混合煤气输至烧嘴内,点燃烧嘴喷出的混合煤气;火焰监视系统,设置在烧嘴内的火焰监视器监视相应烧嘴的火焰点燃状况;脉冲燃烧控制系统,包括PLC系统,通过脉冲燃烧控制系统实现精确控温。

[0004] 申请号为:201610580056.8的发明申请,公开了“一种加热炉多燃烧嘴脉冲控制方法”,该方法采用一个PID控制器控制多个燃烧嘴的开启时间及开启脉冲时长。该控制方法通过PID控制器计算炉内的实际温度值与设定温度值的差值,并通过PID计算并结合循环周期确定各个燃烧嘴的开启脉冲时长。

[0005] 申请号为:201410094938.4的发明申请,公开了“一种燃气炉多烧嘴脉冲燃烧控制方法”,该控制方法的关键是通过控制器计算设定温度与燃气炉内的实际温度的差值,将温差信号通过PID计算并结合烧嘴工作的最大工作周期转换为多时序可变脉冲信号,作为控制信号输出。所述多时序可变脉冲信号根据加热方式的不同控制空气阀和燃气阀的开闭状态,并且控制烧嘴控制器的工作周期。该方法使烧嘴按照一定的规律燃烧,从而有效控制燃烧温度,保证燃气炉内的温度均匀性,提高燃烧效率。

发明内容

[0006] 为控制实现板坯长度方向上的温度均匀性,本发明提供了一种加热炉烧嘴用脉冲控制及脉冲炉的炉温控制方法,其技术方案具体如下:

[0007] 一种加热炉烧嘴用脉冲控制,其特征在于:

[0008] 沿炉长方向将加热炉划分成若干温控区,根据各温控区的热负荷需求,确定烧嘴的投入方式、区与区之间的先后触发次序以及各温控区内部的脉冲工作方式;

[0009] 通过烧嘴的投入方式、配合各区的先后触发次序以及各区内部的脉冲工作方式,以实现各烧嘴的时间与空间上的均匀性燃烧的方式,实现对板坯的温度均匀性控制。

[0010] 根据本发明的一种加热炉烧嘴用脉冲控制,其特征在于:

[0011] 各温控区的热负荷需求由当前温控区的实际温度值与下一扫描周期所对应的各温控区的目标设定值的差值 $\Delta T1$ 确定。

[0012] 根据本发明的一种加热炉烧嘴用脉冲控制,其特征在于:

- [0013] 所述烧嘴的投入方式,包括区与区之间的投入方式以及各区内部的投入方式;
- [0014] 区与区之间以空间相邻温控区呈顺时针与逆时针交错运行的方式触发;
- [0015] 各区内部的投入方式在遵循区与区之间的投入方式的前提下,按照设置的燃烧时间以及设置的触发间隔时间触发。
- [0016] 根据本发明的一种脉冲炉的炉温控制方法,其特征在于:
- [0017] 区与区之间的先后触发次序,按照热负荷需求由大到小的顺序进行。
- [0018] 根据本发明的一种加热炉烧嘴用脉冲控制,其特征在于:
- [0019] 建立热负荷需求等级,按照热负荷需求等级建立相应的脉冲工作方式,具体如下:
- [0020] 第一热负荷需求等级为热负荷需求为零,相应脉冲工作方式为脉冲烧嘴关闭;
- [0021] 第二热负荷需求等级为热负荷需求为 $10\% \leq Hd \leq Cx$,相应脉冲工作方式为固定烧嘴燃烧时间,调节脉冲周期;
- [0022] 第三热负荷需求等级为热负荷需求为 $Cx \leq Hd \leq 90\%$,相应脉冲工作方式为固定脉冲周期,调节烧嘴燃烧时间;
- [0023] 第四热负荷需求等级为 $90\% \leq Hd \leq 100\%$,相应脉冲工作方式为烧嘴满周期工作。
- [0024] 根据本发明的一种加热炉烧嘴用脉冲控制,其特征在于:
- [0025] 建立热负荷需求等级,按照热负荷需求等级建立相应的脉冲工作方式,具体如下:
- [0026] 第一热负荷需求等级为热负荷需求为零,相应脉冲工作方式为脉冲烧嘴关闭;
- [0027] 第二热负荷需求等级为热负荷需求为 $10\% \leq Hd \leq Cx$,相应脉冲工作方式为固定烧嘴燃烧时间,调节脉冲周期;
- [0028] 第三热负荷需求等级为热负荷需求为 $Cx \leq Hd \leq 90\%$,相应脉冲工作方式为固定脉冲周期,调节烧嘴燃烧时间;
- [0029] 第四热负荷需求等级为 $90\% \leq Hd \leq 100\%$,相应脉冲工作方式为烧嘴满周期工作。
- [0030] 根据本发明的一种加热炉烧嘴用脉冲控制,其特征在于:
- [0031] 第三热负荷需求等级下的调节烧嘴燃烧时间,具体遵循如下调节:
- [0032] $\Delta T1 < 20^\circ\text{C}$,燃烧时间补偿系数为0;
- [0033] $20^\circ\text{C} \leq \Delta T1 < 50^\circ\text{C}$,燃烧时间补偿系数为1/15;
- [0034] $50^\circ\text{C} \leq \Delta T1 < 70^\circ\text{C}$,燃烧时间补偿系数为1/12;
- [0035] $70^\circ\text{C} \leq \Delta T1 < 100^\circ\text{C}$,燃烧时间补偿系数为1/6;
- [0036] $\Delta T1 \geq 100^\circ\text{C}$,燃烧时间补偿系数为1/2。
- [0037] 根据本发明的一种加热炉烧嘴用脉冲控制,其特征在于:
- [0038] 所述的燃烧时间按照如下进行设置:
- [0039] $T_{on} = T * mv\%$
- [0040] 其中,
- [0041] T:燃烧时间,单位:S;
- [0042] T:该温控区的脉冲周期;
- [0043] $mv\%$:燃烧负荷量。
- [0044] 根据本发明的一种加热炉烧嘴用脉冲控制,其特征在于:
- [0045] 所述的触发间隔时间按照如下进行设置:
- [0046] $T_{intvl} = T/N$

[0047] 其中，
[0048] T_{intvl} : 触发间隔时间, 单位: S;
[0049] T: 该温控区的脉冲周期;
[0050] N: 该温控区的脉冲烧嘴个数。
[0051] 根据本发明的一种加热炉烧嘴用脉冲控制, 其特征在于:
[0052] 按照热负荷需求由大到小的顺序形成先后触发次序的各温控区, 各区的触发时刻按照如下进行:

[0053]
$$\begin{cases} \text{第一触发温控区的触发时刻为: } Q_1=0; \\ \text{其余各触发温控区的触发时刻为: } Q_i=Q_{i-1}+n_{i-1}; \end{cases}$$

[0054] 其中，
[0055] i: 被触发温控区的触发次序号, $i=2, 3, 4, \dots, n$;
[0056] i-1: 被触发温控区的前一触发次序号;
[0057] Q_i : 被触发温控区的被触发时刻, 单位: S;
[0058] Q_{i-1} : 当前被触发温控区的前一被触发温控区的被触发时刻, 单位: S;
[0059] n_{i-1} : 前一被触发温控区的烧嘴个数。
[0060] 根据本发明的一种加热炉烧嘴用脉冲控制, 其特征在于:
[0061] 当前温控区的实际温度值由设于炉膛内的热电偶测得。
[0062] 根据本发明的一种加热炉烧嘴用脉冲控制, 其特征在于:
[0063] 所述热电偶沿炉长方向、分布于炉膛左右两侧, 每个区设置一对。
[0064] 根据本发明的一种加热炉烧嘴用脉冲控制, 其特征在于:
[0065] 建立基于各温控区的热负荷需求、并综合各区的一对热电偶的温差值的补强调节, 实现各区的均匀燃烧, 用以补强板坯的温度均匀性控制。
[0066] 根据本发明的一种加热炉烧嘴用脉冲控制, 其特征在于:
[0067] I. 当当前温控区的热负荷需求大于80%时, 所述补强调节通过增加该区的总管空气压力实现;
[0068] II. 当当前温控区的热负荷需求小于等于80%, 且该区的一对热电偶的温差值大于30℃时, 所述补强调节通过对温度低侧的烧嘴进行人工手动微调烧嘴前的压力、以缩短火焰长度的方式实现。
[0069] 根据本发明的一种加热炉烧嘴用脉冲控制, 其特征在于:
[0070] 所述烧嘴的投入方式, 包括区与区之间的投入方式以及各区内部的投入方式;
[0071] 区与区之间以空间相邻温控区呈顺时针与逆时针交错运行的方式触发;
[0072] 各区内部的投入方式在遵循区与区之间的投入方式的前提下, 按照设置的燃烧时间以及设置的触发间隔时间触发;
[0073] 建立基于各温控区的热负荷需求、并综合各区的一对热电偶的温差值的补强调节, 实现各区的均匀燃烧, 用以补强板坯的温度均匀性控制。
[0074] 根据本发明的一种加热炉烧嘴用脉冲控制, 其特征在于:
[0075] I. 当当前温控区的热负荷需求大于80%时, 所述补强调节通过增加该区的总管空气压力实现;

[0076] II.当当前温控区的热负荷需求小于等于80%，且该区的一对热电偶的温差值大于30℃时，所述补强调节通过在维系设置的燃烧时间不变的前提下，以增加温度低侧的烧嘴燃烧时间并同时减少温度高侧的烧嘴相应燃烧时间的方式实现。

[0077] 根据本发明的一种加热炉烧嘴用脉冲控制，其特征在于：

[0078] 在检测到该区的一对热电偶温差值大于30℃之后，对温度低侧的烧嘴进行人工手动微调烧嘴前的压力、以缩短火焰长度之前；

[0079] 或

[0080] 在检测到该区的一对热电偶温差值大于30℃之后，在维系设置的燃烧时间不变的前提下，以增加温度低侧的烧嘴燃烧时间并同时减小温度高侧的烧嘴相应燃烧时间的调节方式之前，

[0081] 对该区的烧嘴进行煤气阀漏检测。

[0082] 根据本发明的一种加热炉烧嘴用脉冲控制，其特征在于：

[0083] 增加该区的总管空气压力，按照如下方式进行：

$$[0084] \quad P_{\text{gas1}} = P_{\text{gas0}} \times \left[\frac{(273 + T_{\text{gas1}})}{(273 + T_{\text{gas0}})} \right] \times \left(\frac{k0}{k1} \right)^2$$

$$[0085] \quad P_{\text{air}} = P_{\text{air0}} \times \sqrt{\frac{P_{\text{gas1}}^2 + P_{\text{gas1}}}{P_{\text{gas0}}^2 + P_{\text{gas0}}}} \times \left[\frac{(273 + T_{\text{air1}})}{(273 + T_{\text{air0}})} \right] \times k \times \lambda$$

[0086] 其中，

[0087] Pgas1:煤气总管补偿后的压力动态设定值；

[0088] Pgas0:常数:煤气总管压力设计值；

[0089] Tgas1:煤气实际温度；

[0090] Tgas0:常数:煤气温度设计值(设计温度20度)；

[0091] k0:为标准设计空燃比(2.34)；

[0092] k1:为实际空燃比；

[0093] Pair:空气总管压力动态设定值；

[0094] Pair0:常数:助燃空气总管压力设计值；

[0095] Tair1:助燃热空气实际温度；

[0096] Tair0:常数:助燃热空气设计温度(设计温度500度)；

[0097] K:根据煤气流量的空气压力修正系数；

[0098] λ:空气过剩系数。

[0099] 根据本发明的一种加热炉烧嘴用脉冲控制，其特征在于：

[0100] 所述空气压力修正系数k与空气过剩系数λ均按照煤气量设定；具体遵循如下设定：

[0101] 将煤气量进行梯度划分，依次形成第一梯度、第二梯度、第三梯度以及第四梯度；

[0102] 当煤气量属于第一梯度时，相应的空气压力修正系数k设定为1.0，相应的空气过剩系数λ设定为1.0；

[0103] 当煤气量属于第二梯度时，相应的空气压力修正系数k设定为1.1，相应的空气过剩系数λ设定为1.0；

[0104] 当煤气量属于第三梯度时,相应的空气压力修正系数 k 设定为1.15-1.19,相应的空气过剩系数 λ 设定为1.06;

[0105] 当煤气量属于第四梯度时,相应的空气压力修正系数 k 设定为1.2,相应的空气过剩系数 λ 设定为1.06。

[0106] 根据本发明的一种加热炉烧嘴用脉冲控制,其特征在于:

[0107] 第一梯度的煤气量为0.36-0.89万立方米;

[0108] 第二梯度的煤气量为0.90-1.62万立方米;

[0109] 第三梯度的煤气量为1.63-2.52万立方米;

[0110] 第四梯度的煤气量为2.53-3.60万立方米。

[0111] 一种脉冲炉的炉温控制方法,用于实现板坯的温度均匀性控制,其特征在于:

[0112] 沿炉长方向将加热炉划分成若干温控区,并于各温控区的炉膛左右两侧各设置一个热电偶,

[0113] 通过各温控区的热负荷需求配合各区的两个热电偶的温差值,形成各区的均匀燃烧控制;

[0114] 通过各温控区的热负荷需求,确定烧嘴的投入方式、区与区之间的先后触发次序以及各温控区内部的脉冲工作方式;

[0115] 通过烧嘴的投入方式、各区的先后触发次序以及各区内部的脉冲工作方式的配合,形成各烧嘴的时间与空间上的均匀燃烧控制,

[0116] 通过形成的各区的均匀燃烧控制配合形成的各烧嘴的时间与空间上的均匀燃烧控制,实现对板坯的温度均匀性控制。

[0117] 根据本发明的一种脉冲炉的炉温控制方法,其特征在于:

[0118] 所述的炉温控制方法,涉及基础自动化控制机L1、过程控制机L2与生产控制机L3,具体包括如下步骤:

[0119] S1:于L2的每个扫描周期内,由L1实时读取各区的热电偶实时值,并将实时值上传至L2;由L2根据板坯炉内实际位置、剩余在炉时间及L3钢种段末温度规程表,实时计算下一扫描周期各区的目标设定值;

[0120] S2:L2根据读取的热电偶实时值与目标设定值,完成各区的热负荷需求计算、各区的热电偶的左右温度差值计算、热电偶实时值与目标设定值的差值计算;

[0121] S3:由L2按照空间相邻区呈顺时针与逆时针交错运行的方式完成区与区之间的投入方式的设定;

[0122] 并根据目标设定值、脉冲周期以及各区的烧嘴个数完成各区的燃烧时间的计算与各区内的烧嘴触发间隔时间的计算;

[0123] S4:根据热负荷需求与热电偶的左右温度差值完成对各区的均匀燃烧控制的设定;

[0124] 根据各区的热电偶实时值与目标设定值的差值的大小完成对各区触发次序的设定;

[0125] 根据热负荷需求完成对各区内部脉冲工作方式的设定;

[0126] S5:根据设定形成加热炉内对板坯的实时温度均匀性控制。

[0127] 根据本发明的一种脉冲炉的炉温控制方法,其特征在于:

[0128] 步骤S3中所述的完成对各区的燃烧时间的计算,具体如下:

[0129] $T_{on}=T*mv\%$

[0130] 其中,

[0131] T:燃烧时间,单位:S;

[0132] T:该温控区的脉冲周期;

[0133] $mv\%$:燃烧负荷量。

[0134] 根据本发明的一种脉冲炉的炉温控制方法,其特征在于:

[0135] 步骤S3中所述的完成各区的烧嘴触发间隔时间的计算,具体如下:

[0136] $T_{intvl}=T/N$

[0137] 其中,

[0138] T_{intvl} :触发间隔时间,单位:S;

[0139] T:该温控区的脉冲周期;

[0140] N:该温控区的脉冲烧嘴个数。

[0141] 根据本发明的一种脉冲炉的炉温控制方法,其特征在于:

[0142] 步骤S4中所述的根据热负荷需求与热电偶的左右温度差值完成对各区的均匀燃烧控制的设定,具体如下:

[0143] I.当当前温控区的热负荷需求大于80%时,通过增加该区的总管空气压力完成设定;

[0144] II.当当前温控区的热负荷需求小于等于80%,且该区的一对热电偶的温差值大于30℃时,通过对温度低侧的烧嘴进行人工手动微调烧嘴前的压力、以缩短火焰长度的方式完成设定。

[0145] 根据本发明的一种脉冲炉的炉温控制方法,其特征在于:

[0146] 步骤S4中所述的根据热负荷需求与热电偶的左右温度差值完成对各区的均匀燃烧控制的设定,具体如下:

[0147] I.当当前温控区的热负荷需求大于80%时,通过增加该区的总管空气压力完成设定;

[0148] II.当当前温控区的热负荷需求小于等于80%,且该区的一对热电偶的温差值大于30℃时,通过在维系设置的燃烧时间不变的前提下,以增加温度低侧的烧嘴燃烧时间并同时减少温度高侧的烧嘴相应燃烧时间的方式完成设定。

[0149] 根据本发明的一种脉冲炉的炉温控制方法,其特征在于:

[0150] 步骤S4中所述的根据各区的热电偶实时值与目标设定值的差值的大小完成对各区触发次序的设定,具体如下:

[0151] 按照热负荷需求由大到小的顺序形成先后触发次序的各温控区,各区的触发时刻按照如下进行:

[0152]
$$\begin{cases} \text{第一触发温控区的触发时刻为: } Q_1=0; \\ \text{其余各触发温控区的触发时刻为: } Q_i=Q_{i-1}+n_{i-1}; \end{cases}$$

[0153] 其中,

[0154] i:被触发温控区的触发次序号, $i=2,3,4,\dots,n$;

- [0155] $i-1$:被触发温控区的前一触发次序号;
- [0156] Q_i :被触发温控区的被触发时刻,单位:S;
- [0157] Q_{i-1} :当前被触发温控区的前一被触发温控区的被触发时刻,单位:S;
- [0158] n_{i-1} :前一被触发温控区的烧嘴个数。
- [0159] 根据本发明的一种脉冲炉的炉温控制方法,其特征在于:
- [0160] 步骤S4中所述的根据热负荷需求完成对各区内部脉冲工作方式的设定,具体如下:
- [0161] 建立热负荷需求等级,按照热负荷需求等级完成设定:
- [0162] 第一热负荷需求等级为热负荷需求为零,相应脉冲工作方式脉冲烧嘴关闭;
- [0163] 第二热负荷需求等级为热负荷需求为 $10\% \leq H_d \leq C_x$,相应脉冲工作方式固定烧嘴燃烧时间,调节脉冲周期;
- [0164] 第三热负荷需求等级为热负荷需求为 $C_x \leq H_d \leq 90\%$,相应脉冲工作方式固定脉冲周期,调节烧嘴燃烧时间;
- [0165] 第四热负荷需求等级为 $90\% \leq H_d \leq 100\%$,相应脉冲工作方式烧嘴满周期工作。
- [0166] 根据本发明的一种脉冲炉的炉温控制方法,其特征在于:
- [0167] 增加该区的总管空气压力,按照如下方式进行:
- [0168]
$$P_{\text{gas1}} = P_{\text{gas0}} \times \left[\frac{(273 + T_{\text{gas1}})}{(273 + T_{\text{gas0}})} \right] \times \left(\frac{k_0}{k_1} \right)^2$$
- [0169]
$$P_{\text{air}} = P_{\text{air0}} \times \sqrt{\frac{P_{\text{gas1}}^2 + P_{\text{gas1}}}{P_{\text{gas0}}^2 + P_{\text{gas0}}}} \times \left[\frac{(273 + T_{\text{air1}})}{(273 + T_{\text{air0}})} \right] \times k \times \lambda$$
- [0170] 其中,
- [0171] P_{gas1} :煤气总管补偿后的压力动态设定值;
- [0172] P_{gas0} :常数:煤气总管压力设计值;
- [0173] T_{gas1} :煤气实际温度;
- [0174] T_{gas0} :常数:煤气温度设计值(设计温度20度);
- [0175] k_0 :为标准设计空燃比(2.34);
- [0176] k_1 :为实际空燃比;
- [0177] P_{air} :空气总管压力动态设定值;
- [0178] P_{air0} :常数:助燃空气总管压力设计值;
- [0179] T_{air1} :助燃热空气实际温度;
- [0180] T_{air0} :常数:助燃热空气设计温度(设计温度500度);
- [0181] K :根据煤气流量的空气压力修正系数;
- [0182] λ :空气过剩系数。
- [0183] 根据本发明的一种脉冲炉的炉温控制方法,其特征在于:
- [0184] 所述空气压力修正系数 k 与空气过剩系数 λ 均按照煤气量设定;具体遵循如下设定:
- [0185] 将煤气量进行梯度划分,依次形成第一梯度、第二梯度、第三梯度以及第四梯度;
- [0186] 当煤气量属于第一梯度时,相应的空气压力修正系数 k 设定为1.0,相应的空气过

剩系数 λ 设定为1.0;

[0187] 当煤气量属于第二梯度时,相应的空气压力修正系数 k 设定为1.1,相应的空气过剩系数 λ 设定为1.0;

[0188] 当煤气量属于第三梯度时,相应的空气压力修正系数 k 设定为1.15-1.19,相应的空气过剩系数 λ 设定为1.06;

[0189] 当煤气量属于第四梯度时,相应的空气压力修正系数 k 设定为1.2,相应的空气过剩系数 λ 设定为1.06。

[0190] 根据本发明的一种脉冲炉的炉温控制方法,其特征在于:

[0191] 第一梯度的煤气量为0.36-0.89万立方米;

[0192] 第二梯度的煤气量为0.90-1.62万立方米;

[0193] 第三梯度的煤气量为1.63-2.52万立方米;

[0194] 第四梯度的煤气量为2.53-3.60万立方米。

[0195] 根据本发明的一种脉冲炉的炉温控制方法,其特征在于:

[0196] 第三热负荷需求等级下的调节烧嘴燃烧时间,具体遵循如下调节:

[0197] $\Delta T1 < 20^{\circ}\text{C}$,燃烧时间补偿系数为0;

[0198] $20^{\circ}\text{C} \leq \Delta T1 < 50^{\circ}\text{C}$,燃烧时间补偿系数为1/15;

[0199] $50^{\circ}\text{C} \leq \Delta T1 < 70^{\circ}\text{C}$,燃烧时间补偿系数为1/12;

[0200] $70^{\circ}\text{C} \leq \Delta T1 < 100^{\circ}\text{C}$,燃烧时间补偿系数为1/6;

[0201] $\Delta T1 \geq 100^{\circ}\text{C}$,燃烧时间补偿系数为1/2,

[0202] 其中, $\Delta T1$:当前温控区的实际温度值与下一扫描周期所对应的各温控区的目标设定值的差值。

[0203] 本发明的一种加热炉烧嘴用脉冲控制及脉冲炉的炉温控制方法,沿炉长方向将加热炉划分成若干温控区,并于各温控区的炉膛左右两侧各设置一个热电偶,通过各温控区的热负荷需求配合各区的两个热电偶的温差值,形成各区的均匀燃烧控制;通过各温控区的热负荷需求,确定烧嘴的投入方式、区与区之间的先后触发次序以及各温控区内部的脉冲工作方式;通过烧嘴的投入方式、各区的先后触发次序以及各区内部的脉冲工作方式的配合,形成各烧嘴的时间与空间上的均匀燃烧控制,通过形成的各区的均匀燃烧控制配合形成的各烧嘴的时间与空间上的均匀燃烧控制,实现对板坯的温度均匀性控制。

[0204] 所述的炉温控制方法,涉及基础自动化控制机L1、过程控制机L2与生产控制机L3,

[0205] 首先,于L2的每个扫描周期内,由L1实时读取各区的热电偶实时值,并将实时值上传至L2;由L2根据板坯炉内实际位置、剩余在炉时间及L3钢种段末温度规程表,实时计算下一扫描周期各区的目标设定值;

[0206] 其次,L2根据读取的热电偶实时值与目标设定值,完成各区的热负荷需求计算、各区的热电偶的左右温度差值计算、热电偶实时值与目标设定值的差值计算;

[0207] 再次,由L2按照空间相邻区呈顺时针与逆时针交错运行的方式完成区与区之间的投入方式的设定;

[0208] 并根据目标设定值、脉冲周期以及各区的烧嘴个数完成各区的燃烧时间的计算与各区内的烧嘴触发间隔时间的计算;

[0209] 然后,根据热负荷需求与热电偶的左右温度差值完成对各区的均匀燃烧控制的设

定；

[0210] 根据各区的热电偶实时值与目标设定值的差值的大小完成对各区触发次序的设定；

[0211] 根据热负荷需求完成对各区内部脉冲工作方式的设定；

[0212] 最后,根据设定形成加热炉内对板坯的实时温度均匀性控制。

[0213] 本发明的一种加热炉烧嘴用脉冲控制及脉冲炉的炉温控制方法,一方面克服了脉冲炉在低温阶段燃烧不稳定性,从最大程度上提高了脉冲炉控温的稳定性。减少炉温波动性,有效提高加热质量;另一方面,减轻了操作人员的操作负荷,且保证了各区的温度控制灵活性。

附图说明

[0214] 图1为本发明的控制方法中的控制步序图；

[0215] 图2为本发明实施例的烧嘴顺序触发示意图；

[0216] 图3为本发明实施例的烧嘴工作时序图。

具体实施方式

[0217] 下面,根据说明书附图和具体实施方式对本发明的一种加热炉烧嘴用脉冲控制及脉冲炉的炉温控制方法作进一步具体说明。

[0218] 一种加热炉烧嘴用脉冲控制,沿炉长方向将加热炉划分成若干温控区,根据各温控区的热负荷需求,确定烧嘴的投入方式、区与区之间的先后触发次序以及各温控区内部的脉冲工作方式；

[0219] 通过烧嘴的投入方式、配合各区的先后触发次序以及各区内部的脉冲工作方式,以实现各烧嘴的时间与空间上的均匀性燃烧的方式,实现对板坯的温度均匀性控制。

[0220] 其中,

[0221] 各温控区的热负荷需求由当前温控区的实际温度值与下一扫描周期所对应的各温控区的目标设定值的差值 $\Delta T1$ 确定。

[0222] 其中,

[0223] 所述烧嘴的投入方式,包括区与区之间的投入方式以及各区内部的投入方式；

[0224] 区与区之间以空间相邻温控区呈顺时针与逆时针交错运行的方式触发,如图2所示；

[0225] 各区内部的投入方式在遵循区与区之间的投入方式的前提下,按照设置的燃烧时间以及设置的触发间隔时间触发。

[0226] 其中,

[0227] 区与区之间的先后触发次序,按照热负荷需求由大到小的顺序进行。

[0228] 其中,

[0229] 建立热负荷需求等级,按照热负荷需求等级建立相应的脉冲工作方式,具体如下：

[0230] 第一热负荷需求等级为热负荷需求为零,相应脉冲工作方式为脉冲烧嘴关闭；

[0231] 第二热负荷需求等级为热负荷需求为 $10\% \leq Hd \leq Cx$,相应脉冲工作方式为固定烧嘴燃烧时间,调节脉冲周期；

[0232] 第三热负荷需求等级为热负荷需求为 $C_x \leq H_d \leq 90\%$, 相应脉冲工作方式固定脉冲周期, 调节烧嘴燃烧时间;

[0233] 第四热负荷需求等级为 $90\% \leq H_d \leq 100\%$, 相应脉冲工作方式烧嘴满周期工作。

[0234] 其中,

[0235] 建立热负荷需求等级, 按照热负荷需求等级建立相应的脉冲工作方式, 具体如下:

[0236] 第一热负荷需求等级为热负荷需求为零, 相应脉冲工作方式脉冲烧嘴关闭;

[0237] 第二热负荷需求等级为热负荷需求为 $10\% \leq H_d \leq C_x$, 相应脉冲工作方式固定烧嘴燃烧时间, 调节脉冲周期;

[0238] 第三热负荷需求等级为热负荷需求为 $C_x \leq H_d \leq 90\%$, 相应脉冲工作方式固定脉冲周期, 调节烧嘴燃烧时间;

[0239] 第四热负荷需求等级为 $90\% \leq H_d \leq 100\%$, 相应脉冲工作方式烧嘴满周期工作。

[0240] 其中,

[0241] 第三热负荷需求等级下的调节烧嘴燃烧时间, 具体遵循如下调节:

[0242] $\Delta T_1 < 20^\circ\text{C}$, 燃烧时间补偿系数为0;

[0243] $20^\circ\text{C} \leq \Delta T_1 < 50^\circ\text{C}$, 燃烧时间补偿系数为1/15;

[0244] $50^\circ\text{C} \leq \Delta T_1 < 70^\circ\text{C}$, 燃烧时间补偿系数为1/12;

[0245] $70^\circ\text{C} \leq \Delta T_1 < 100^\circ\text{C}$, 燃烧时间补偿系数为1/6;

[0246] $\Delta T_1 \geq 100^\circ\text{C}$, 燃烧时间补偿系数为1/2。

[0247] 其中,

[0248] 所述的燃烧时间按照如下进行设置:

[0249] $T_{on} = T * mv\%$

[0250] 其中,

[0251] T: 燃烧时间, 单位: S;

[0252] T: 该温控区的脉冲周期;

[0253] $mv\%$: 燃烧负荷量。

[0254] 其中,

[0255] 所述的触发间隔时间按照如下进行设置:

[0256] $T_{intvl} = T/N$

[0257] 其中,

[0258] T_{intvl} : 触发间隔时间, 单位: S;

[0259] T: 该温控区的脉冲周期;

[0260] N: 该温控区的脉冲烧嘴个数。

[0261] 其中,

[0262] 按照热负荷需求由大到小的顺序形成先后触发次序的各温控区, 各区的触发时刻按照如下进行:

[0263]
$$\begin{cases} \text{第一触发温控区的触发时刻为: } Q_1=0; \\ \text{其余各触发温控区的触发时刻为: } Q_i=Q_{i-1}+n_{i-1}; \end{cases}$$

[0264] 其中,

- [0265] i :被触发温控区的触发次序号, $i=2、3、4、\dots、n$;
- [0266] $i-1$:被触发温控区的前一触发次序号;
- [0267] Q_i :被触发温控区的被触发时刻,单位:S;
- [0268] Q_{i-1} :当前被触发温控区的前一被触发温控区的被触发时刻,单位:S;
- [0269] n_{i-1} :前一被触发温控区的烧嘴个数。
- [0270] 其中,
- [0271] 当前温控区的实际温度值由设于炉膛内的热电偶测得。
- [0272] 其中,
- [0273] 所述热电偶沿炉长方向、分布于炉膛左右两侧,每个区设置一对。
- [0274] 其中,
- [0275] 建立基于各温控区的热负荷需求、并综合各区的一对热电偶的温差值的补强调节,实现各区的均匀燃烧,用以补强板坯的温度均匀性控制。
- [0276] 其中,
- [0277] I.当当前温控区的热负荷需求大于80%时,所述补强调节通过增加该区的总管空气压力实现;
- [0278] II.当当前温控区的热负荷需求小于等于80%,且该区的一对热电偶的温差值大于30℃时,所述补强调节通过对温度低侧的烧嘴进行人工手动微调烧嘴前的压力、以缩短火焰长度的方式实现。
- [0279] 其中,
- [0280] 所述烧嘴的投入方式,包括区与区之间的投入方式以及各区内部的投入方式;
- [0281] 区与区之间以空间相邻温控区呈顺时针与逆时针交错运行的方式触发;
- [0282] 各区内部的投入方式在遵循区与区之间的投入方式的前提下,按照设置的燃烧时间以及设置的触发间隔时间触发;
- [0283] 建立基于各温控区的热负荷需求、并综合各区的一对热电偶的温差值的补强调节,实现各区的均匀燃烧,用以补强板坯的温度均匀性控制。
- [0284] 其中,
- [0285] I.当当前温控区的热负荷需求大于80%时,所述补强调节通过增加该区的总管空气压力实现;
- [0286] II.当当前温控区的热负荷需求小于等于80%,且该区的一对热电偶的温差值大于30℃时,所述补强调节通过在维系设置的燃烧时间不变的前提下,以增加温度低侧的烧嘴燃烧时间并同时减少温度高侧的烧嘴相应燃烧时间的方式实现。
- [0287] 其中,
- [0288] 在检测到该区的一对热电偶温差值大于30℃之后,对温度低侧的烧嘴进行人工手动微调烧嘴前的压力、以缩短火焰长度之前;
- [0289] 或
- [0290] 在检测到该区的一对热电偶温差值大于30℃之后,在维系设置的燃烧时间不变的前提下,以增加温度低侧的烧嘴燃烧时间并同时减小温度高侧的烧嘴相应燃烧时间的调节方式之前,
- [0291] 对该区的烧嘴进行煤气阀漏检测。

[0292] 其中，

[0293] 增加该区的总管空气压力，按照如下方式进行：

$$[0294] \quad P_{\text{gas1}} = P_{\text{gas0}} \times \left[\frac{(273 + T_{\text{gas1}})}{(273 + T_{\text{gas0}})} \right] \times \left(\frac{k0}{k1} \right)^2$$

$$[0295] \quad P_{\text{air}} = P_{\text{air0}} \times \sqrt{\frac{P_{\text{gas1}}^2 + P_{\text{gas1}}}{P_{\text{gas0}}^2 + P_{\text{gas0}}}} \times \left[\frac{(273 + T_{\text{air1}})}{(273 + T_{\text{air0}})} \right] \times k \times \lambda$$

[0296] 其中，

[0297] Pgas1:煤气总管补偿后的压力动态设定值；

[0298] Pgas0:常数:煤气总管压力设计值；

[0299] Tgas1:煤气实际温度；

[0300] Tgas0:常数:煤气温度设计值；(设计温度20度)

[0301] k0:为标准设计空燃比；(2.34)

[0302] k1:为实际空燃比；

[0303] Pair:空气总管压力动态设定值；

[0304] Pair0:常数:助燃空气总管压力设计值；

[0305] Tair1:助燃热空气实际温度；

[0306] Tair0:常数:助燃热空气设计温度；(设计温度500度)

[0307] K:根据煤气流量的空气压力修正系数；

[0308] λ:空气过剩系数。

[0309] 其中，

[0310] 所述空气压力修正系数k与空气过剩系数λ均按照煤气量设定；具体遵循如下设定：

[0311] 将煤气量进行梯度划分，依次形成第一梯度、第二梯度、第三梯度以及第四梯度；

[0312] 当煤气量属于第一梯度时，相应的空气压力修正系数k设定为1.0，相应的空气过剩系数λ设定为1.0；

[0313] 当煤气量属于第二梯度时，相应的空气压力修正系数k设定为1.1，相应的空气过剩系数λ设定为1.0；

[0314] 当煤气量属于第三梯度时，相应的空气压力修正系数k设定为1.15-1.19，相应的空气过剩系数λ设定为1.06；

[0315] 当煤气量属于第四梯度时，相应的空气压力修正系数k设定为1.2，相应的空气过剩系数λ设定为1.06。

[0316] 其中，

[0317] 第一梯度的煤气量为0.36-0.89万立方米；

[0318] 第二梯度的煤气量为0.90-1.62万立方米；

[0319] 第三梯度的煤气量为1.63-2.52万立方米；

[0320] 第四梯度的煤气量为2.53-3.60万立方米。

[0321] 一种脉冲炉的炉温控制方法，用于实现板坯的温度均匀性控制，

[0322] 沿炉长方向将加热炉划分成若干温控区，并于各温控区的炉膛左右两侧各设置一

个热电偶，

[0323] 通过各温控区的热负荷需求配合各区的两个热电偶的温差值，形成各区的均匀燃烧控制；

[0324] 通过各温控区的热负荷需求，确定烧嘴的投入方式、区与区之间的先后触发次序以及各温控区内部的脉冲工作方式；

[0325] 通过烧嘴的投入方式、各区的先后触发次序以及各区内部的脉冲工作方式的配合，形成各烧嘴的时间与空间上的均匀燃烧控制，

[0326] 通过形成的各区的均匀燃烧控制配合形成的各烧嘴的时间与空间上的均匀燃烧控制，实现对板坯的温度均匀性控制。

[0327] 其中，

[0328] 所述的炉温控制方法，涉及基础自动化控制机L1、过程控制机L2与生产控制机L3，如图1所示，具体包括如下步骤：

[0329] S1：于L2的每个扫描周期内，由L1实时读取各区的热电偶实时值，并将实时值上传至L2；由L2根据板坯炉内实际位置、剩余在炉时间及L3钢种段末温度规程表；实时计算下一扫描周期各区的目标设定值；

[0330] S2：L2根据读取的热电偶实时值与目标设定值，完成各区的热负荷需求计算、各区的热电偶的左右温度差值计算、热电偶实时值与目标设定值的差值计算；

[0331] S3：由L2按照空间相邻区呈顺时针与逆时针交错运行的方式完成区与区之间的投入方式的设定；

[0332] 并根据目标设定值、脉冲周期以及各区的烧嘴个数完成各区的燃烧时间的计算与各区内的烧嘴触发间隔时间的计算；

[0333] S4：根据热负荷需求与热电偶的左右温度差值完成对各区的均匀燃烧控制的设定；

[0334] 根据各区的热电偶实时值与目标设定值的差值的大小完成对各区触发次序的设定；

[0335] 根据热负荷需求完成对各区内部脉冲工作方式的设定；

[0336] S5：根据设定形成加热炉内对板坯的实时温度均匀性控制。

[0337] 其中，

[0338] 步骤S3中所述的完成对各区的燃烧时间的计算，具体如下：

[0339] $T_{on} = T * mv\%$

[0340] 其中，

[0341] T：燃烧时间，单位：S；

[0342] T：该温控区的脉冲周期；

[0343] $mv\%$ ：燃烧负荷量。

[0344] 其中，

[0345] 步骤S3中所述的完成各区的烧嘴触发间隔时间的计算，具体如下：

[0346] $T_{intvl} = T / N$

[0347] 其中，

[0348] T_{intvl} ：触发间隔时间，单位：S；

- [0349] T:该温控区的脉冲周期;
- [0350] N:该温控区的脉冲烧嘴个数。
- [0351] 其中,
- [0352] 步骤S4中所述的根据热负荷需求与热电偶的左右温度差值完成对各区的均匀燃烧控制的设定,具体如下:
- [0353] I.当当前温控区的热负荷需求大于80%时,通过增加该区的总管空气压力完成设定;
- [0354] II.当当前温控区的热负荷需求小于等于80%,且该区的一对热电偶的温差值大于30℃时,通过对温度低侧的烧嘴进行人工手动微调烧嘴前的压力、以缩短火焰长度的方式完成设定。
- [0355] 其中,
- [0356] 步骤S4中所述的根据热负荷需求与热电偶的左右温度差值完成对各区的均匀燃烧控制的设定,具体如下:
- [0357] I.当当前温控区的热负荷需求大于80%时,通过增加该区的总管空气压力完成设定;
- [0358] II.当当前温控区的热负荷需求小于等于80%,且该区的一对热电偶的温差值大于30℃时,通过在维系设置的燃烧时间不变的前提下,以增加温度低侧的烧嘴燃烧时间并同时减少温度高侧的烧嘴相应燃烧时间的方式完成设定。
- [0359] 其中,
- [0360] 步骤S4中所述的根据各区的热电偶实时值与目标设定值的差值的大小完成对各区触发次序的设定,具体如下:
- [0361] 按照热负荷需求由大到小的顺序形成先后触发次序的各温控区,各区的触发时刻按照如下进行:
- [0362]
$$\begin{cases} \text{第一触发温控区的触发时刻为: } Q_1=0; \\ \text{其余各触发温控区的触发时刻为: } Q_i=Q_{i-1}+n_{i-1}; \end{cases}$$
- [0363] 其中,
- [0364] i:被触发温控区的触发次序号, $i=2,3,4,\dots,n$;
- [0365] i-1:被触发温控区的前一触发次序号;
- [0366] Q_i :被触发温控区的被触发时刻,单位:S;
- [0367] Q_{i-1} :当前被触发温控区的前一被触发温控区的被触发时刻,单位:S;
- [0368] n_{i-1} :前一被触发温控区的烧嘴个数。
- [0369] 其中,
- [0370] 步骤S4中所述的根据热负荷需求完成对各区内部脉冲工作方式的设定,具体如下:
- [0371] 建立热负荷需求等级,按照热负荷需求等级完成设定:
- [0372] 第一热负荷需求等级为热负荷需求为零,相应脉冲工作方式脉冲烧嘴关闭;
- [0373] 第二热负荷需求等级为热负荷需求为 $10\% \leq H_d \leq C_x$,相应脉冲工作方式固定烧嘴燃烧时间,调节脉冲周期;

[0374] 第三热负荷需求等级为热负荷需求为 $C_x \leq H_d \leq 90\%$, 相应脉冲工作方式固定脉冲周期, 调节烧嘴燃烧时间;

[0375] 第四热负荷需求等级为 $90\% \leq H_d \leq 100\%$, 相应脉冲工作方式烧嘴满周期工作。

[0376] 其中,

[0377] 增加该区的总管空气压力, 按照如下方式进行:

$$[0378] \quad P_{\text{gas1}} = P_{\text{gas0}} \times \left[\frac{(273 + T_{\text{gas1}})}{(273 + T_{\text{gas0}})} \right] \times \left(\frac{k_0}{k_1} \right)^2$$

$$[0379] \quad P_{\text{air}} = P_{\text{air0}} \times \sqrt{\frac{P_{\text{gas1}}^2 + P_{\text{gas1}}}{P_{\text{gas0}}^2 + P_{\text{gas0}}}} \times \left[\frac{(273 + T_{\text{air1}})}{(273 + T_{\text{air0}})} \right] \times k \times \lambda$$

[0380] 其中,

[0381] P_{gas1} : 煤气总管补偿后的压力动态设定值;

[0382] P_{gas0} : 常数: 煤气总管压力设计值;

[0383] T_{gas1} : 煤气实际温度;

[0384] T_{gas0} : 常数: 煤气温度设计值 (设计温度20度);

[0385] k_0 : 为标准设计空燃比 (2.34);

[0386] k_1 : 为实际空燃比;

[0387] P_{air} : 空气总管压力动态设定值;

[0388] P_{air0} : 常数: 助燃空气总管压力设计值;

[0389] T_{air1} : 助燃热空气实际温度;

[0390] T_{air0} : 常数: 助燃热空气设计温度 (设计温度500度);

[0391] K : 根据煤气流量的空气压力修正系数;

[0392] λ : 空气过剩系数。

[0393] 其中,

[0394] 所述空气压力修正系数 k 与空气过剩系数 λ 均按照煤气量设定; 具体遵循如下设定:

[0395] 将煤气量进行梯度划分, 依次形成第一梯度、第二梯度、第三梯度以及第四梯度;

[0396] 当煤气量属于第一梯度时, 相应的空气压力修正系数 k 设定为1.0, 相应的空气过剩系数 λ 设定为1.0;

[0397] 当煤气量属于第二梯度时, 相应的空气压力修正系数 k 设定为1.1, 相应的空气过剩系数 λ 设定为1.0;

[0398] 当煤气量属于第三梯度时, 相应的空气压力修正系数 k 设定为1.15-1.19, 相应的空气过剩系数 λ 设定为1.06;

[0399] 当煤气量属于第四梯度时, 相应的空气压力修正系数 k 设定为1.2, 相应的空气过剩系数 λ 设定为1.06。

[0400] 其中,

[0401] 第一梯度的煤气量为0.36-0.89万立方米;

[0402] 第二梯度的煤气量为0.90-1.62万立方米;

- [0403] 第三梯度的煤气量为1.63-2.52万立方米;
- [0404] 第四梯度的煤气量为2.53-3.60万立方米。
- [0405] 其中,
- [0406] 第三热负荷需求等级下的调节烧嘴燃烧时间,具体遵循如下调节:
- [0407] $\Delta T1 < 20^{\circ}\text{C}$, 燃烧时间补偿系数为0;
- [0408] $20^{\circ}\text{C} \leq \Delta T1 < 50^{\circ}\text{C}$, 燃烧时间补偿系数为1/15;
- [0409] $50^{\circ}\text{C} \leq \Delta T1 < 70^{\circ}\text{C}$, 燃烧时间补偿系数为1/12;
- [0410] $70^{\circ}\text{C} \leq \Delta T1 < 100^{\circ}\text{C}$, 燃烧时间补偿系数为1/6;
- [0411] $\Delta T1 \geq 100^{\circ}\text{C}$, 燃烧时间补偿系数为1/2,
- [0412] 其中, $\Delta T1$: 当前温控区的实际温度值与下一扫描周期所对应的各温控区的目标设定值的差值。
- [0413] 工作原理与实施例
- [0414] 本部分设定加热炉按照各炉段划分成12个温控区, 各温控区包括四个烧嘴, 如图2所示。
- [0415] 各区的燃烧时间与触发间隔时间部分:
- [0416] 对于某个区来说, 烧嘴工作原理的时序图如图2所示。任何一个烧嘴脉冲时序计算公式如下:
- [0417] 1、单个烧嘴一个周期的燃烧时间
- [0418] $T_{\text{on}} = T * mv\%$, $mv\%$ 为燃烧负荷量, T 为脉冲周期; T_{on} 为燃烧时间。
- [0419] 2、相邻两个烧嘴时序启动间隔 (T_{intvl})
- [0420] $T_{\text{intvl}} = T/N$, N 为该区域烧嘴个数。
- [0421] 通过对单区域烧嘴脉冲时序公式可以看出:
- [0422] 对每一区来说, 当前时刻正在燃烧的烧嘴个数为: $N * MV\%$ 。
- [0423] 对整个炉子来说 (12个区), 则为: $N1 * MV1\% + \dots + N12 * MV12\%$, 可以看出: 对每一个区, 该区域的负荷量越大, 则每一刻燃烧的烧嘴个数越多。极端情况: $MV\% = 0$, 没有烧嘴燃烧; $MV\% = 100$, 该区4个烧嘴同时燃烧。
- [0424] 因此对一个炉子来说, 平均负荷越高, 每一刻同时燃烧的烧嘴个数也越多; 反之亦然。当某区的烧嘴个数是一定时, 相邻烧嘴间的脉冲启动时刻的间隔也是一定的。利用这种方法, 我们能够保证单个区域中的脉冲时序稳定。
- [0425] 各区根据热负荷需求建立的不同脉冲工作方式部分:
- [0426] 建立热负荷需求等级, 按照热负荷需求等级建立相应的脉冲工作方式, 具体如下:
- [0427] 第一热负荷需求等级为热负荷需求为零, 相应脉冲工作方式为脉冲烧嘴关闭;
- [0428] 第二热负荷需求等级为热负荷需求为 $10\% \leq Hd \leq Cx$, 相应脉冲工作方式为固定烧嘴燃烧时间, 调节脉冲周期;
- [0429] 第三热负荷需求等级为热负荷需求为 $Cx \leq Hd \leq 90\%$, 相应脉冲工作方式为固定脉冲周期, 调节烧嘴燃烧时间;
- [0430] 第四热负荷需求等级为 $90\% \leq Hd \leq 100\%$, 相应脉冲工作方式为烧嘴满周期工作;
- [0431] 固定燃烧时间, 增加脉冲周期时。根据温差的大小来改变烧嘴点燃的频率 (脉冲周期), 烧嘴一旦点燃, 其燃烧时间是一定的, 炉子燃料消耗量的调节, 是通过改变烧嘴脉冲周

期来实现的。最小燃烧时间为10S,可增加最大脉冲周期至120S。

[0432] 采用固定脉冲周期,改变脉冲燃烧时间时。脉冲的周期是固定的,根据温差的大小来改变烧嘴燃烧的时间,炉子燃料消耗量的调节,是通过改变烧嘴脉冲燃烧的时间来实现的。脉冲周期为120S时,根据负荷量设定燃烧时间。

[0433] 采用两种方式结合的方法进行控制。即在炉温控制器计算出的负荷量小于Cx时,采用固定脉冲时间,改变脉冲周期进行控制;当炉温控制器计算出的负荷量大于Cx时,采用固定脉冲周期,调节脉冲燃烧时间的方式来控制烧嘴,使得加热效果,炉温均匀性更加优越。

[0434] 比如,当定修时炉温 $<1000^{\circ}\text{C}$,自动选择燃烧周期可控制时序,此时固定单个烧嘴燃烧时间较短(如单个烧嘴燃烧时间固定为10s)。以此获得低温下较好的炉温均匀性。

[0435] 其中,当改变脉冲燃烧时间时,具体遵循如下调节:

[0436] $\Delta T1 < 20^{\circ}\text{C}$,燃烧时间补偿系数为0;

[0437] $20^{\circ}\text{C} \leq \Delta T1 < 50^{\circ}\text{C}$,燃烧时间补偿系数为1/15;

[0438] $50^{\circ}\text{C} \leq \Delta T1 < 70^{\circ}\text{C}$,燃烧时间补偿系数为1/12;

[0439] $70^{\circ}\text{C} \leq \Delta T1 < 100^{\circ}\text{C}$,燃烧时间补偿系数为1/6;

[0440] $\Delta T1 \geq 100^{\circ}\text{C}$,燃烧时间补偿系数为1/2,

[0441] 其中, $\Delta T1$:当前温控区的实际温度值与下一扫描周期所对应的各温控区的目标设定值的差值。

[0442] 各区根据热负荷需求与热电偶的左右温度差值完成各自的均匀燃烧控制部分:

[0443] 实时检测加热炉各区两侧热电偶的温度偏差与各区的加热炉负荷量,当两侧热电偶的温度差值大于 30°C ,且加热炉负荷小于等于80%时;现场确认两侧烧嘴的ON-OFF阀是否存在关不到位的现象;B.如果烧嘴ON-OFF阀确实有泄漏,则降低该区烧嘴煤气压力,增加空气压力,保持常开控制;如果ON-OFF阀正常,则在维系该区总燃烧时间不变的前提下,对温度较低的烧嘴增加燃烧时间,并同时温度高侧减少相应的燃烧时间;或者通过人工手动调整烧嘴空气压力,从而减少火焰长度;或者以上两种方式可配合协同作业;当两侧热电偶的温度差值大于 30°C ,且加热炉负荷大于80%时,通过增加该区的总管空气压力完成调节控制,

[0444] 所述该区的总管空气压力,按照如下方式进行:

$$[0445] \quad P_{\text{gas1}} = P_{\text{gas0}} \times \left[\frac{(273 + T_{\text{gas1}})}{(273 + T_{\text{gas0}})} \right] \times \left(\frac{k0}{k1} \right)^2$$

$$[0446] \quad P_{\text{air}} = P_{\text{air0}} \times \sqrt{\frac{P_{\text{gas1}}^2 + P_{\text{gas1}}}{P_{\text{gas0}}^2 + P_{\text{gas0}}}} \times \left[\frac{(273 + T_{\text{air1}})}{(273 + T_{\text{air0}})} \right] \times k \times \lambda$$

[0447] 其中,

[0448] P_{gas1} :煤气总管补偿后的压力动态设定值;

[0449] P_{gas0} :常数:煤气总管压力设计值;

[0450] T_{gas1} :煤气实际温度;

[0451] T_{gas0} :常数:煤气温度设计值;(设计温度20度)

[0452] $k0$:为标准设计空燃比;(2.34)

[0453] k_1 :为实际空燃比;

[0454] Pair:空气总管压力动态设定值;

[0455] Pair0:常数:助燃空气总管压力设计值;

[0456] Tair1:助燃热空气实际温度;

[0457] Tair0:常数:助燃热空气设计温度;(设计温度500度)

[0458] K:根据煤气流量的空气压力修正系数;

[0459] λ :空气过剩系数。

[0460] 根据本发明的一种加热炉烧嘴用脉冲控制,其特征在于:

[0461] 所述空气压力修正系数 k 与空气过剩系数 λ 均按照煤气量设定;具体见下表:

序号	煤气量(万立方米)	修正系数K	空气过剩系数 λ
1	0.36-0.89	1.0	1.0
2	0.90-1.62	1.1	1.0
3	1.63-2.52	1.15-1.19	1.06
4	2.53-3.60	1.2	1.06

[0463] 各区的触发次序与触发时刻部分:

[0464] 假设温度控制区的温差(即当前温控区的实际温度值与下一扫描周期所对应的各温控区的目标设定值的差值) $e_1 > e_6 > e_9 > \dots > e_{12}$,说明第1温度控制区的温差最大,第6温度控制区的温差其次,第六温度控制区的触发时刻 $Q=4$ (因为第1温控区的烧嘴个数为4,而其触发时刻为0s),说明第6温度控制区的第1个烧嘴的触发时间为第4秒;而第一温控区的触发时刻 $Q=0$,说明第1温度控制区的第1个烧嘴触发时间为第0秒;第9温度控制区的触发时刻 $Q=8$ (其为4+4),说明第9温度控制区的第1个烧嘴触发时间为第8秒。在完成上次触发的第48个烧嘴后,本次触发第1个烧嘴之前,将12个温度控制区的温差进行扫描,扫描完成的同时就将每个温度控制区的第1个烧嘴的触发时间决定了。考虑到阀门的个体差异性,不排除同时打开的可能,但至少在程序的触发上避免了同时打开的可能性。如若工艺允许指定的哪两个烧嘴可以同时打开,烧嘴触发时间间隔就可以加大。

[0465] 本发明的一种加热炉烧嘴用脉冲控制及脉冲炉的炉温控制方法,沿炉长方向将加热炉划分成若干温控区,并于各温控区的炉膛左右两侧各设置一个热电偶,通过各温控区的热负荷需求配合各区的两个热电偶的温差值,形成各区的均匀燃烧控制;通过各温控区的热负荷需求,确定烧嘴的投入方式、区与区之间的先后触发次序以及各温控区内部的脉冲工作方式;通过烧嘴的投入方式、各区的先后触发次序以及各区内部的脉冲工作方式的配合,形成各烧嘴的时间与空间上的均匀燃烧控制,通过形成的各区的均匀燃烧控制配合形成的各烧嘴的时间与空间上的均匀燃烧控制,实现对板坯的温度均匀性控制。

[0466] 所述的炉温控制方法,涉及基础自动化控制机L1、过程控制机L2与生产控制机L3,

[0467] 首先,于L2的每个扫描周期内,由L1实时读取各区的热电偶实时值,并将实时值上传至L2;由L2根据板坯炉内实际位置、剩余在炉时间及L3钢种段末温度规程表,实时计算下一扫描周期各区的目标设定值;

[0468] 其次,L2根据读取的热电偶实时值与目标设定值,完成各区的热负荷需求计算、各区的热电偶的左右温度差值计算、热电偶实时值与目标设定值的差值计算;

[0469] 再次,由L2按照空间相邻区呈顺时针与逆时针交错运行的方式完成区与区之间的

投入方式的设定；

[0470] 并根据目标设定值、脉冲周期以及各区的烧嘴个数完成各区的燃烧时间的计算与各区内的烧嘴触发间隔时间的计算；

[0471] 然后,根据热负荷需求与热电偶的左右温度差值完成对各区的均匀燃烧控制的设定；

[0472] 根据各区的热电偶实时值与目标设定值的差值的大小完成对各区触发次序的设定；

[0473] 根据热负荷需求完成对各区内部脉冲工作方式的设定；

[0474] 最后,根据设定形成加热炉内对板坯的实时温度均匀性控制。

[0475] 本发明的一种加热炉烧嘴用脉冲控制及脉冲炉的炉温控制方法,一方面克服了脉冲炉在低温阶段燃烧不稳定性,从最大程度上提高了脉冲炉控温的稳定性。减少炉温波动性,有效提高加热质量;另一方面,减轻了操作人员的操作负荷,且保证了各区的温度控制灵活性。

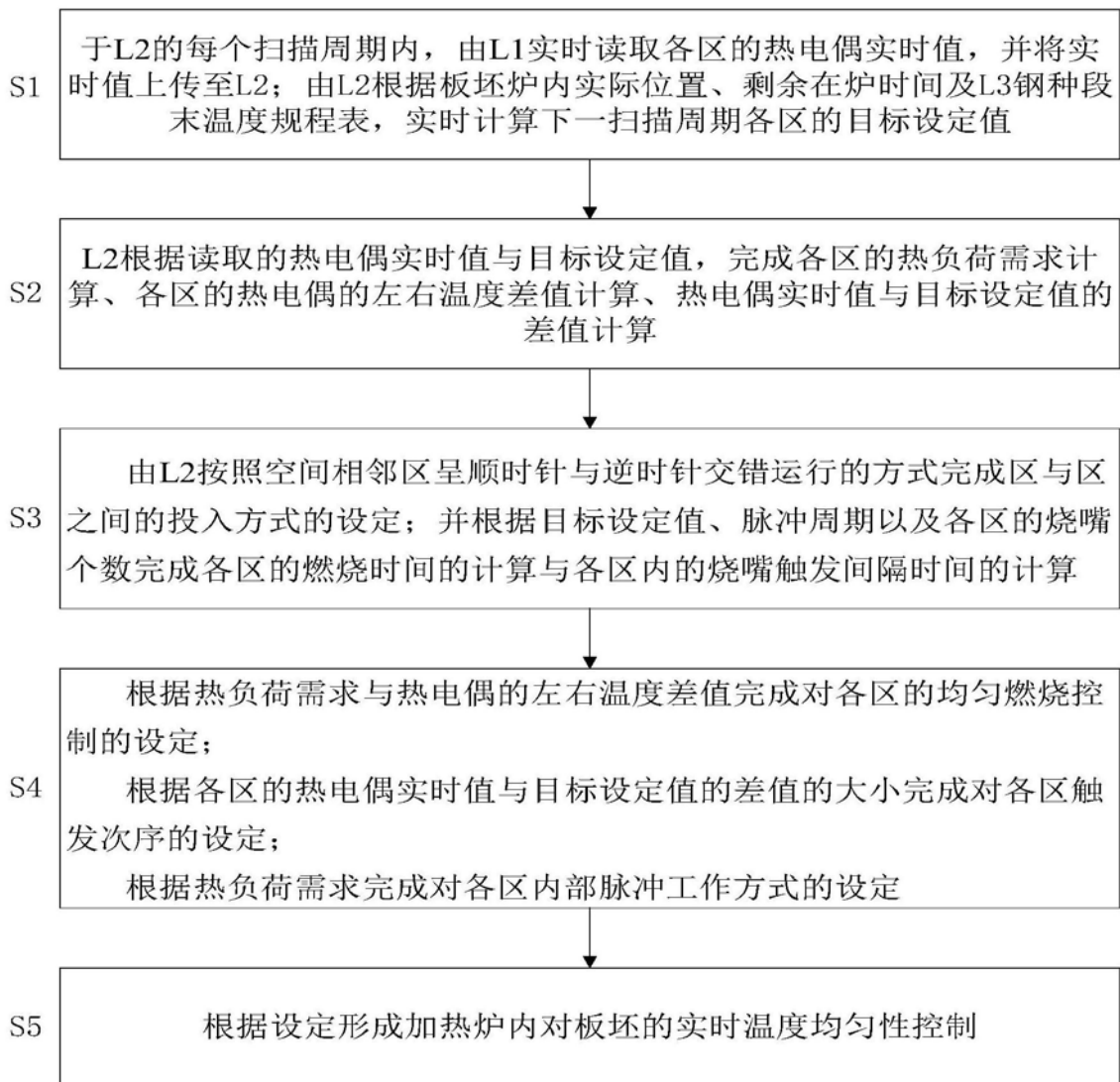


图1

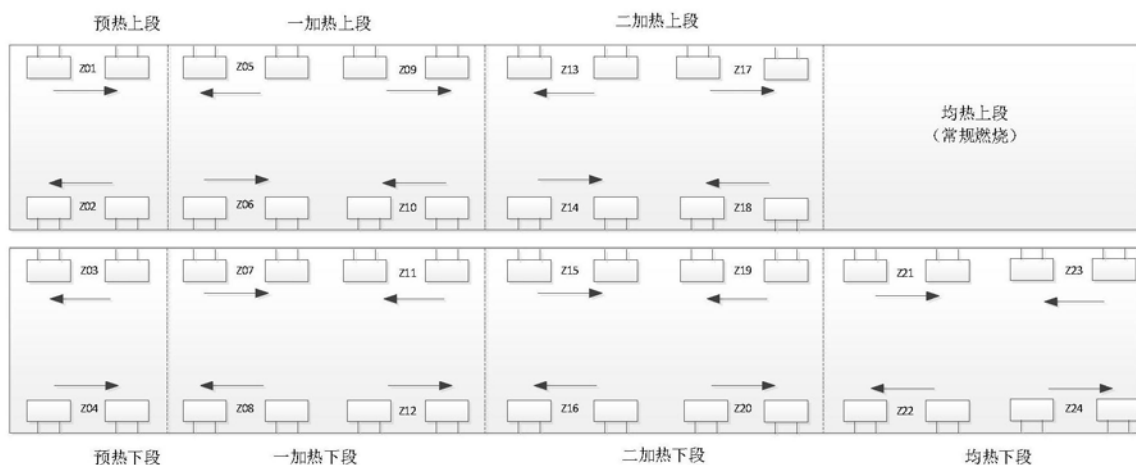


图2

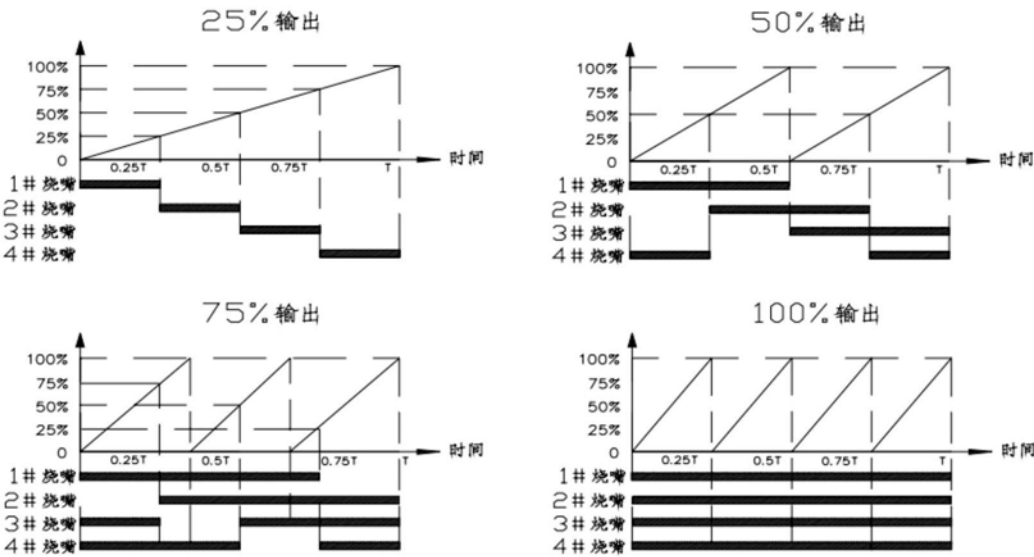


图3