



(12) 发明专利申请

(10) 申请公布号 CN 104772342 A

(43) 申请公布日 2015. 07. 15

(21) 申请号 201410018394. 3

(22) 申请日 2014. 01. 15

(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 曾建峰 李红梅 王波 李山青
陈卓雷 韩卫国 刘普

(74) 专利代理机构 上海集信知识产权代理有限
公司 31254
代理人 周成 肖祎

(51) Int. Cl.
B21B 37/40(2006. 01)

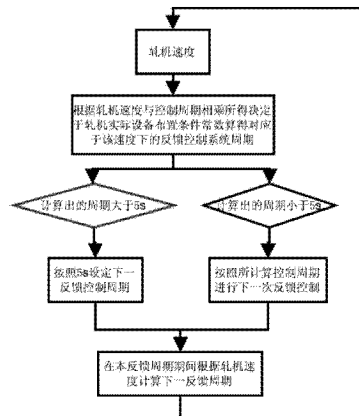
权利要求书2页 说明书7页 附图3页

(54) 发明名称

具有可变周期模式的冷轧产品边缘降反馈控制系统和方法

(57) 摘要

本发明是一种具有可变周期模式的冷轧产品边缘降反馈控制系统和方法,该方法包括:由测速仪测得钢板在相应出口处的输出速度;根据轧机运行速度与控制周期相乘所得决定于轧机实际设备布置条件常数算得对应于该速度下的反馈控制系统周期;计算机控制装置的计算逻辑模块根据 n 个机架的前 m 个机架工作辊轴向移位位置反馈修正量的计算值控制输出周期;根据计算出的控制周期进行反馈控制:如大于 5 秒,则按照 5 秒设定下一个反馈控制周期;如计算出的周期小于 5 秒,则按照所计算周期进行下一次反馈控制;在反馈控制周期期间根据轧机速度计算下一次反馈周期。本发明显著提高了边缘降反馈控制系统的反馈效率,降低了原有固定周期延时模式所带来的负面影响。



1. 一种具有可变周期模式的冷轧产品边缘降反馈控制系统,用于具有 n 个机架和出口的冷轧机,该 n 个机架的每一个设有工作辊,所述工作辊的端部呈锥形,所述反馈控制系统包括入口和出口边缘降仪、边缘降的执行设备以及计算机控制装置;所述测速仪用于测定钢板输出出口时的速度;所述边缘降仪用于测定带钢边缘降实际值并分别与所述计算机控制装置连接;所述计算机控制装置设有工作辊窜动的位置控制模块、前馈控制模块、反馈控制模块;其特征在于:还设有测速仪;所述边缘降的执行设备包括工作辊轴向移位机构和工作辊弯辊机构;所述计算机控制装置进一步设有计算逻辑模块,所述计算逻辑模块,根据 n 个机架的前 m 个机架工作辊轴向移位位置反馈修正量的计算值控制输出周期。

2. 根据权利要求 1 所述的具有可变周期模式的冷轧产品边缘降反馈控制系统,其特征在于,所述输出周期根据以下公式计算:
$$V_{n\text{出口}} \times T_{\text{控制周期}} = (h_1 + \dots + h_m + \dots + h_n) / h_{\text{入口}} \times 60 \times h_5 / h_1$$
;其中: $V_{n\text{出口}}$ 为第 n 个出口(G_n) 钢板输出速度, $T_{\text{控制周期}}$ 为边缘降控制周期, $h_{\text{入口}}$ 、 h_1 至 h_n 分别为轧机入口处、第 1 至第 n 个出口处的钢板厚度; $n \geq 3, 1 \leq m < n, m, n$ 为正整数, $V_{\text{出口}}$ 单位为 m/min , $T_{\text{控制周期}}$ 单位为秒。

3. 根据权利要求 2 所述的具有可变周期模式的冷轧产品边缘降反馈控制系统,其特征在于,所述 n 个为 5 个,所述 m 个为 1 至 3 个,所述输出周期根据以下公式计算:

$$V_{5\text{出口}} \times T_{\text{控制周期}} = \frac{(h_1 + h_2 + h_3 + h_4 + h_5) \times n}{h_{\text{入口}}} \times 60 \times \frac{h_5}{h_1}$$

其中: $V_{5\text{出口}}$ 为第 5 个出口(G_5) 测得的速度, $T_{\text{控制周期}}$ 为边缘降控制周期, $h_{\text{入口}}$ 、 h_1 至 h_5 分别为轧机入口处、第 1 至第 5 出口处的钢板厚度, $V_{\text{出口}}$ 单位为 m/min , $T_{\text{控制周期}}$ 单位为秒。

4. 一种具有可变周期模式的冷轧产品边缘降反馈控制方法,其特征在于,通过权利要求 1 所述的反馈系统实施,所述方法包括以下步骤:

由测速仪测得轧机运行速度,即钢板在相应出口处的输出速度;

根据轧机运行速度与控制周期相乘所得决定于轧机实际设备布置条件常数算得对应于该速度下的反馈控制系统周期,即计算机控制装置的计算逻辑模块,根据 n 个机架的前 m 个机架工作辊轴向移位位置反馈修正量的计算值控制输出周期;

根据计算出的控制周期进行反馈控制:如大于 5 秒,则按照 5 秒设定下一个反馈控制周期;如计算出的周期小于 5 秒,则按照所计算周期进行下一次反馈控制;

在所述反馈控制周期期间根据轧机速度计算下一次反馈周期。

5. 根据权利要求 4 所述的具有可变周期模式的冷轧产品边缘降反馈控制方法,其特征在于,所述输出周期根据以下公式计算:
$$V_{n\text{出口}} \times T_{\text{控制周期}} = (h_1 + \dots + h_m + \dots + h_n) \times n / h_{\text{入口}} \times 60 \times h_5 / h_1$$
;其中: $V_{n\text{出口}}$ 为第 n 个出口(G_n) 钢板输出速度, $T_{\text{控制周期}}$ 为边缘降控制周期, $h_{\text{入口}}$ 、 h_1 至 h_n 分别为轧机入口处、第 1 至第 n 个出口处的钢板厚度, $n \geq 3, 1 \leq m < n, m, n$ 为正整数,公式中的 n 为出口到边缘降仪的距离,单位为米, $V_{\text{出口}}$ 单位为 m/min , $T_{\text{控制周期}}$ 单位为秒。

6. 根据权利要求 5 所述的具有可变周期模式的冷轧产品边缘降反馈控制方法,其特征在于, n 个为 5 个,所述 m 个为 1 至 3 个,所述输出周期根据以下公式计算:

$$V_{5\text{出口}} \times T_{\text{控制周期}} = \frac{(h_1 + h_2 + h_3 + h_4 + h_5) \times n}{h_{\text{入口}}} \times 60 \times \frac{h_5}{h_1}$$

其中: $V_{5\text{出口}}$ 为第 5 个出口(G_5) 速度, $T_{\text{控制周期}}$ 为边缘降控制周期, $h_{\text{入口}}$ 、 h_1 至 h_5 分别为

轧机入口处、第 1 至第 5 出口处的钢板厚度, n 为出口到边缘降仪的距离, 单位为米, $V_{\text{出口}}$ 单位为 m/min , $T_{\text{控制周期}}$ 单位为秒。

具有可变周期模式的冷轧产品边缘降反馈控制系统和方法

技术领域

[0001] 本发明涉及冷轧产品边缘降控制方法及系统,具体说涉及一种冷轧钢板边缘降反馈控制方法及系统。

背景技术

[0002] 冷轧钢板的边缘降(Edge Drop, ED)简称为边降,也称为边部减薄,这是钢板尺寸的重要参数。因有些钢板需要冲片后叠层使用,如果钢板边降过大,冲出的钢片将会有规律地一边厚一边薄,叠片后的定子和转子将会发生很大的尺寸偏差,从而影响产品的使用效能。因此边缘降精度(同板差精度)是钢板的一个重要尺寸指标,而用户对钢板的边缘降指标都是有严格的要求的。

[0003] 边缘降的传统定义如图 1 所示,是距离边部 100mm 位置的厚度 T_a 减去距离边部 15mm 位置的厚度 T_b 的差值,即: $ED=T_a-T_b$ 。

[0004] 但随着目前用户对产品质量要求的不断提高,传统的边缘降定义已经难以满足要求,时常发生当传统边缘降的控制水平完全达到机组控制要求时,仍然无法满足用户对带钢钢板断面形状要求的情况。因此目前在生产边缘降要求最高的产品的冷轧机组均将边缘降概念拓展至同板差,即带钢中心点厚度 T_c 减去距离边部 15mm 位置的厚度 T_b 的差值:同板差(边缘降) $=T_c-T_b$, 以此计算得到的边缘降值能够真正体现全板宽范围内的厚度差异,是表征机组精度控制能力的优良指标。

[0005] 当今世界上先进的机型的轧机在边缘降的控制上均采用反馈控制系统进行,其主要控制思路均为使用带倒角或特殊弧形的工作辊或中间辊对边部减薄区域进行补偿以降低边缘降值。图 2 是反馈控制系统的示意图,如图所示包括入口边缘降仪、出口边缘降仪、前馈控制系统模块、反馈控制模块、工作辊窜动的位置控制模块,钢板按轧制方向运行。在实际控制过程中,当反馈控制系统将反馈信息发送至执行机构后,执行机构执行指令需要一定的时间,此时若反馈控制系统根据实物质量情况不断发送反馈指令,执行机构可能会在执行上一条命令的同时接到下一条要求反向操作的命令。为消除指令间的干扰作用,目前通用的技术为在反馈控制系统发送某一条指令后,对此后一段时间内的信号(一般为 5-10s)自动屏蔽,此时相应测量系统及反馈控制系统仍在运行,但为避免执行机构执行上一条指令的同时与当前指令之间的冲突,故自动屏蔽相应延后时间段内的指令。

[0006] 虽然相应时间段内信号的屏蔽虽然可以保证系统的正常运行,但同时也导致了控制输出严重滞后的情况,这与当前越来越高的质量要求之间存在较大的矛盾。

[0007] 在中国专利申请第 CN200810041688.2 号中公开了一种连轧机的带钢边缘降控制方法,包括以下步骤:a. 在连轧机前安装边缘降仪;b. 在带钢经过边缘降仪时,可编程逻辑控制器(PLC)根据边缘降仪在整卷带钢长度中的位置确定一个采样长度并且边缘降仪采集该采样长度中两侧边部的带钢边缘降数据,计算出连轧机的窜动工作辊在该采样长度内的窜动位置预设值并存储该值;如此,PLC 控制器完成确定一个采样长度并计算、存储该采样长度内的窜动位置预设值后按序完成确定下一个采样长度并计算、存储下一采样长度

内的窜动位置预设值;c. 当每个采样长度经过连轧机的窜动工作辊时, PLC 控制器根据该采样长度内的窜动位置预设值控制窜动工作辊在该采样长度内的带钢上窜动。该方法提高了对带钢边缘降的控制精度。但该控制方法涉及的主要是带钢边缘降的常规前馈控制原理,但在其整个过程中的核心控制模块是采用轧机前增加设备,测量边缘降值并延时到轧机处给出设定值的物料跟踪方式。

[0008] 在中国专利申请第 CN200820059052.6 号中公开了一种用于控制带钢边缘降的工作辊,所述工作辊的辊形由三段曲线组成,中间段辊形为直线;一侧为圆弧辊形,辊形曲线在圆弧与直线的交点处圆弧曲线的导数为零,即这一侧的工作辊的辊形曲线为一条光滑曲线,所述圆弧辊线用于控制带钢边缘降,圆弧进入带钢边部;另一侧为圆弧辊形或直线形式的锥角辊形,用于减小或消除有害接触区,所述圆弧辊线或直线辊线不进入带钢;上、下工作辊的辊形方向相反,即上工作辊驱动端侧辊线在下工作辊的操作端侧,上工作辊操作端侧辊线在下工作辊的驱动端侧。这种工作辊方便加工、便于使用,使机组能够有效控制带钢边缘降。但该实用新型是用于控制边缘降的工作辊的辊形曲线,属于边缘降控制执行机构的硬件配备。

[0009] 上述的专利申请所揭示的技术均未解决目前固定边缘降反馈控制系统控制周期延时模式所导致的控制输出严重滞后以及信号屏蔽过程影响边缘降控制精度的技术问题。

[0010] 而现有的边缘降控制系统的反馈控制输出周期均是采用固定周期时间,未能针对边缘降测量值进行反馈控制输出,从而未能实现真正的反馈控制。因此,现有技术存在以下问题:

[0011] 1、冷轧产品,特别是用于电机行业的冷轧硅钢产品,对边缘降要求极高,而现有边缘降控制系统的反馈周期长,影响边缘降控制水平。

[0012] 2、现有的反馈控制系统均需采用一定的固定周期延时模式来处理连续性的信号,以保证执行机构能够正常执行指令,但这与控制系统输出的控制关联性不一致,从而影响边缘降控制效果。

[0013] 3、当前固定周期延时模式与边缘降控制要求之间的矛盾问题不能解决。

发明内容

[0014] 本发明的目的在于提供一种具有可变周期模式的冷轧产品边缘降反馈控制系统和方法,可通过对当前固定边缘降反馈控制系统控制周期延时模式的优化来降低信号屏蔽过程带来的影响,从而提高整个反馈控制系统的控制效率并显著提高冷轧产品边缘降控制水平。

[0015] 根据本发明一方面提供一种具有可变周期模式的冷轧产品边缘降反馈控制系统,用于具有 n 个机架和出口的冷轧机,该 n 个机架的每一个设有工作辊,所述工作辊的端部呈锥形,所述反馈控制系统包括:入口和出口边缘降仪、边缘降的执行设备以及计算机控制装置;所述测速仪用于测定钢板输出出口时的速度;所述边缘降仪用于测定带钢边缘降实际值并分别与所述计算机控制装置连接;所述计算机控制装置设有工作辊窜动的位置控制模块、前馈控制模块、反馈控制模块;其特点是:还设有测速仪;所述边缘降的执行设备包括工作辊轴向移位机构和工作辊弯辊机构;所述计算机控制装置进一步设有计算逻辑模块,所述计算逻辑模块,根据 n 个机架的前 m 个机架工作辊轴向移位位置反馈修正量的计算值

控制输出周期。

[0016] 所述输出周期根据以下公式计算： $V_{n\text{出口}} \times T_{\text{控制周期}} = (h_1 + \dots + h_m + \dots + h_n) / h_{\text{入口}} \times 60 \times h_5 / h_1$ ；其中： $V_{n\text{出口}}$ 为第n个出口(Gn)钢板输出速度， $T_{\text{控制周期}}$ 为边缘降控制周期， $h_{\text{入口}}$ 、 h_1 至 h_n 分别为轧机入口处、第1至第n个出口处的钢板厚度； $n \geq 3, 1 \leq m < n, m、n$ 为正整数， $V_{\text{出口}}$ 单位为m/min， $T_{\text{控制周期}}$ 单位为秒。

[0017] 较佳地，所述n个为5个，所述m个为1至3个，所述输出周期根据以下公式计算：
[0018]

$$V_{5\text{出口}} \times T_{\text{控制周期}} = \frac{(h_1 + h_2 + h_3 + h_4 + h_5) \times n}{h_{\text{入口}}} \times 60 \times \frac{h_5}{h_1};$$

[0019] 其中： $V_{5\text{出口}}$ 为第5个出口(G5)测得的速度， $T_{\text{控制周期}}$ 为边缘降控制周期， $h_{\text{入口}}$ 、 h_1 至 h_5 分别为轧机入口处、第1至第5出口处的钢板厚度， $V_{\text{出口}}$ 单位为m/min， $T_{\text{控制周期}}$ 单位为秒。

[0020] 根据本发明另一方面提供一种具有可变周期模式的冷轧产品边缘降反馈控制方法，通过上述反馈系统实施，所述方法包括以下步骤：

[0021] 由测速仪测得轧机运行速度，即钢板在相应出口处的输出速度；

[0022] 根据轧机运行速度与控制周期相乘所得决定于轧机实际设备布置条件常数算得对应于该速度下的反馈控制系统周期，即计算机控制装置的计算逻辑模块，根据n个机架的前m个机架工作辊轴向移位位置反馈修正量的计算值控制输出周期；

[0023] 根据计算出的控制周期进行反馈控制；如大于5秒，则按照5秒设定下一个反馈控制周期；如计算出的周期小于5秒，则按照所计算周期进行下一次反馈控制；

[0024] 在所述反馈控制周期期间根据轧机速度计算下一次反馈周期。

[0025] 所述输出周期根据以下公式计算： $V_{n\text{出口}} \times T_{\text{控制周期}} = (h_1 + \dots + h_m + \dots + h_n) \times n / h_{\text{入口}} \times 60 \times h_5 / h_1$ ；其中： $V_{n\text{出口}}$ 为第n个出口(Gn)钢板输出速度， $T_{\text{控制周期}}$ 为边缘降控制周期， $h_{\text{入口}}$ 、 h_1 至 h_n 分别为轧机入口处、第1至第n个出口处的钢板厚度， $n \geq 3, 1 \leq m < n, m、n$ 为正整数，公式中的n为出口到边缘降仪的距离，单位为米， $V_{\text{出口}}$ 单位为m/min， $T_{\text{控制周期}}$ 单位为秒。

[0026] 较佳地，n个为5个，所述m个为1至3个，所述输出周期根据以下公式计算：
[0027]

$$V_{5\text{出口}} \times T_{\text{控制周期}} = \frac{(h_1 + h_2 + h_3 + h_4 + h_5) \times n}{h_{\text{入口}}} \times 60 \times \frac{h_5}{h_1};$$

[0028] 其中： $V_{5\text{出口}}$ 为第5个出口(G5)速度， $T_{\text{控制周期}}$ 为边缘降控制周期， $h_{\text{入口}}$ 、 h_1 至 h_5 分别为轧机入口处、第1至第5出口处的钢板厚度，n为出口到边缘降仪的距离，单位为米， $V_{\text{出口}}$ 单位为m/min， $T_{\text{控制周期}}$ 单位为秒。

[0029] 本发明通过对原有固定周期延时模式的优化，根据控制输出量输出后控制效果在轧机后边缘降仪监测后，进行下一周期的控制输出量，显著提高了边缘降反馈控制系统的反馈效率，降低了原有固定周期延时模式所带来的负面影响。

附图说明

[0030] 图1是边缘降的传统定义和其概念拓展的示意图；

[0031] 图2是现有的轧机所采用的边缘降反馈控制系统的示意图；

[0032] 图 3 是图 2 的反馈控制系统控制下执行机构驱动工作辊横移窜动的示意图；

[0033] 图 4 是钢板轧制过程在入口和各出口处厚度变化的示意图；

[0034] 图 5 是本发明一个实施例的具有可变周期模式的冷轧产品边缘降反馈控制方法的流程图。

具体实施方式

[0035] 为了让本发明的上述目的、特征和优点能更明显易懂，以下结合附图对本发明的具体实施方式作详细说明。首先需要说明的是，本发明并不限于下述具体实施方式，本领域的技术人员应该从下述实施方式所体现的精神来理解本发明，各技术术语可以基于本发明的精神实质来作最宽泛的理解。

[0036] 本发明的一个实施例的一种具有可变周期模式的冷轧产品边缘降反馈控制系统，是对具有固定周期模式的现有反馈控制系统的改进和优化。冷轧机具有 5 个机架和出口 G1 至 G5，各机架安装有上下工作辊 2a、2b，可以理解的是冷轧机可以设有多于 5 个的 n 个机架和出口。工作辊 2a、2b 的端部 2a'、2b' 呈锥形，如图 3 所示。本发明该实施例的反馈控制系统包括：测速仪（未图示）、入口和出口边缘降仪 3a、3b、边缘降的执行设备以及计算机控制装置。测速仪用于测定钢板 S 输出出口 G1 至 G5 时的速度 $V_{1出口}$ 至 $V_{5出口}$ 。边缘降仪 3a、3b 用于测定带钢 S 边缘降实际值并分别与所述计算机控制装置连接。计算机控制装置设有工作辊窜动的位置控制模块、前馈控制模块、反馈控制模块，如图 2 所示，这些控制模块是现有反馈控制系统所具有的。本发明的具有可变周期模式的边缘降反馈控制系统作了以下进一步改进：边缘降的执行设备包括工作辊轴向移位机构和工作辊弯辊机构（未图示）。计算机控制装置进一步设有计算逻辑模块（未图示）。边缘降反馈控制系统以边缘降仪 3a、3b 测定的带钢 S 边缘降实际值为依据进行 1～3 机架的工作辊 2a、2b 轴向移位位置反馈修正量的计算，同时通过实时修正 1～5 机架工作辊弯辊来补偿工作辊 1a、1b 轴向移位对带钢 S 整体平坦度的影响。整个边缘降控制系统应用辊端 2a'、2b' 带锥形的工作辊 2a、2b 的轴向移位即工作辊横移，如图 3 所示直接控制带钢的边部轮廓形状。涉及边缘降控制的主要设备是连轧机组出口侧测定成品带钢 S 边缘降实际值的边缘降仪 3a、3b 和边缘降的执行设备，即 5 个机架冷连轧机的端部锥形工作辊轴向移位机构和工作辊弯辊机构。边缘降反馈控制系统的控制周期主要指依据 1～3 机架工作辊轴向移位位置反馈修正量的计算值控制输出周期。

[0037] 现对可变周期模式的新方案的基本原理进行说明如下。

[0038] 根据秒流量原理，假设带钢宽度一致，从 G1 出口到边缘降仪之间每机架间距离为 n 米，且 G5 到边缘降仪的距离也为 n 米，有如下等式（W 为宽度值）：

[0039] $W \times (h_{1出口} + h_{2出口} + h_{3出口} + h_{4出口} + h_{5出口}) \times n = W \times V_{1入口} \times H_{入口厚度} \times T_{控制周期}$

[0040] 以上公式表示：在一定时间内，轧机入口总金属流量 = G1 到边缘降仪之间的总金属流量。

[0041] 以实际出入口厚度值计算代入下式，如下：

[0042] $(h_1 + h_2 + h_3 + h_4 + h_5) \times n = V_{1入口} \times h_{入口} \times T_{控制周期} \quad (1)$

[0043]

$$V_{1入口} \times T_{控制周期} = \frac{(h_1+h_2+h_3+h_4+h_5) \times n}{h_{入口}} \quad (2)$$

[0044] 其中 $V_{1入口}$ 单位为 m/s, $T_{控制周期}$ 单位为秒。

[0045] 所以, 得到边缘降控制周期的函数:

[0046]

$$V'_{1入口} \times T_{控制周期} = \frac{(h_1+h_2+h_3+h_4+h_5) \times n}{h_{入口}} \times 60 \quad (3)$$

[0047] 其中 $V'_{1入口}$ 单位为 m/min, $T_{控制周期}$ 单位为秒。

[0048] 根据 G5 出口和 G1 入口的厚度比, 也可将公式转换为 G5 出口速度时,

[0049] 此公式为:

[0050]

$$V_{5出口} \times T_{控制周期} = \frac{(h_1+h_2+h_3+h_4+h_5) \times n}{h_{入口}} \times 60 \times \frac{h_5}{h_1} \quad (4)$$

[0051] 其中: $V_{5出口}$ 为第 5 个出口 (G5) 测得的速度, $T_{控制周期}$ 为边缘降控制周期, $h_{入口}$ 、 h_1 至 h_5 分别为轧机入口处、第 1 至第 5 出口处的钢板厚度, $V_{出口}$ 单位为 m/min, $T_{控制周期}$ 单位为秒。

[0052] 针对不同轧机配置及不同变形率, 计算 $T_{控制周期}$ 后会有不同。

[0053] 对于既定轧机, 上述等式右边为一常数 β , 此常数决定于轧机的设备布置情况。

[0054] 基于以上的公式计算逻辑, 在控制周期上充分考虑控制输出量输出后控制效果在轧机后边缘降仪监测后, 再进行下一周期的控制量输出, 这样采用根据轧机速度、厚度等变控制周期方式, 即当前反馈信号发出的同时, 相应的延时周期按照 β 除以出口速度来设定。

[0055] 同时, 考虑到当前冷连轧机组生产中的某些低速情况 (正常生产速度一般在 900mpm ~ 1100mpm 之间), 若速度较低时按照变延时周期模式将会延长延时周期, 故设定若 β 除以出口速度所得出的周期值大于 5s, 则直接使用 5s 进行延时处理。

[0056] 本发明通过对原有固定周期延时模式的优化, 根据控制输出量输出值边缘降仪监测的效果, 进行下一周期的控制输出方式, 显著提高了边缘降反馈控制系统的反馈效率, 降低了原有固定周期延时模式所带来的负面影响。

[0057] 以上是以具有 5 个机架为例进行说明的, 对于具有多于 5 个的 n 个机架和出口而言, 前 m 个机架工作辊轴向移位位置反馈修正量的计算值控制输出周期, 所述输出周期根据以下公式计算: $V_{n出口} \times T_{控制周期} = (h_1 + \dots + h_m + \dots + h_n) / h_{入口} \times 60 \times h_5 / h_1$; 其中: $V_{n出口}$ 为第 n 个出口 (G_n) 钢板输出速度即轧机运行速度, $T_{控制周期}$ 为边缘降控制周期, $h_{入口}$ 、 h_1 至 h_n 分别为轧机入口处、第一至第 n 个出口处的钢板厚度; $n \geq 3, 1 \leq m < n, m, n$ 为正整数, $V_{出口}$ 单位为 m/min, $T_{控制周期}$ 单位为秒。

[0058] 以下结合图 5 具体说明采用上述具有可变周期模式的冷轧产品边缘降反馈控制系统, 实施反馈控制的方法, 所述方法包括以下步骤:

[0059] 由测速仪测得轧机运行速度, 即钢板 S 在相应出口 G1 至 G5 处的输出速度;

[0060] 根据轧机运行速度与控制周期相乘所得决定于轧机实际设备布置条件常数算得对应于该速度下的反馈控制系统周期, 即计算逻辑模块, 根据 n 个机架的前 m 个机架工作辊轴向移位位置反馈修正量的计算值控制输出周期;

[0061] 根据计算出的控制周期进行反馈控制；如大于 5 秒，则按照 5 秒设定下一个反馈控制周期；如计算出的周期小于 5 秒，则按照所计算周期进行下一次反馈控制；

[0062] 在所述反馈控制周期期间根据轧机速度计算下一次反馈周期。

[0063] 所述输出周期根据以下公式计算： $V_{n\text{出口}} \times T_{\text{控制周期}} = (h_1 + \dots + h_m + \dots + h_n) \times n / h_{\text{入口}} \times 60 \times h_5 / h_1$ ；其中： $V_{n\text{出口}}$ 为第 n 个出口 (Gn) 钢板输出速度即轧机运行速度， $T_{\text{控制周期}}$ 为边缘降控制周期， $h_{\text{入口}}$ 、 h_1 至 h_n 分别为轧机入口处、第一至第 n 个出口处的钢板厚度， $n \geq 3$ ， $1 \leq m < n$ ， m 、 n 为正整数，公式中的 n 为出口到边缘降仪的距离，单位为米， $V_{\text{出口}}$ 单位为 m/min， $T_{\text{控制周期}}$ 单位为秒。

[0064] 较佳地，n 个为 5 个，所述 m 个为 1 至 3 个，所述输出周期根据以下公式计算：

[0065]

$$V_{5\text{出口}} \times T_{\text{控制周期}} = \frac{(h_1 + h_2 + h_3 + h_4 + h_5) \times n}{h_{\text{入口}}} \times 60 \times \frac{h_5}{h_1} ;$$

[0066] 其中： $V_{5\text{出口}}$ 为第 5 个出口 (G5) 速度， $T_{\text{控制周期}}$ 为边缘降控制周期， $h_{\text{入口}}$ 、 h_1 至 h_5 分别为轧机入口处、第 1 至第 5 出口处的钢板厚度，n 为出口到边缘降仪的距离，单位为米， $V_{\text{出口}}$ 单位为 m/min， $T_{\text{控制周期}}$ 单位为秒。

[0067] 以下通过应用实例进一步说明本发明的实施情况。

[0068] 如图 4 所示，某生产硅钢的 5 机架冷连轧机，生产出口宽度为 1200mm 的产品，来料入口厚度 2.5mm，出口厚度 0.501mm，从 G1 出口到边缘降仪之间每机架间距离为 5 米，且 G5 到边沿降仪的距离也为 5 米，根据秒流量原理，有：

[0069] $1200\text{mm} \times (h_{1\text{出口}} + h_{2\text{出口}} + h_{3\text{出口}} + h_{4\text{出口}} + h_{5\text{出口}}) \times 5 = 1200\text{mm} \times V_{1\text{入口}} \times h_{\text{入口厚度}} \times T_{\text{控制周期}}$

[0070] 其中 1 到 5 机架出口厚度值分别为 1.72mm、1.136mm、0.799mm、0.562mm、0.501mm，以实际出入口厚度值计算代入下式，如下：

$$[0071] \quad (1.72 + 1.136 + 0.799 + 0.562 + 0.501) \times 5 = V_{1\text{入口}} \times 2.5\text{mm} \times T_{\text{控制周期}} \quad (1)$$

$$[0072] \quad V_{1\text{入口}} \times T_{\text{控制周期}} = 9.436 \quad (2)$$

[0073] 其中 V_1 入口单位为 m/s， $T_{\text{控制周期}}$ 单位为秒。

[0074] 所以，得到边缘降控制周期的函数：

$$[0075] \quad V_{1\text{入口}} \times T_{\text{控制周期}} = 566.16 \quad (3)$$

[0076] 其中 $V_{1\text{入口}}$ 单位为 m/min， $T_{\text{控制周期}}$ 单位为秒。

[0077] 因为 G5 出口和 G1 入口的厚度比为 5，所以若转换为 G5 出口速度时，此公式为：

$$[0078] \quad V_{5\text{出口}} \times T_{\text{控制周期}} = 2830.8 \quad (4)$$

[0079] 当轧机出口速度为 943.6m/min 时，若此时轧机出口有边缘降反馈控制系统信号输出，则同时输出的延时周期为 3s，表示 3s 后若有反馈信息输入，执行机构将执行下一条输入信息。

[0080] 当轧机出口速度为 471.8m/min 时，若此时轧机出口有边缘降反馈控制系统信号输出，则同时输出的延时周期为 6s，因 6s 大于 5s 的延时周期上限设定值，故此时系统默认延时周期为 5s，表示 5s 后若有反馈信息输入，执行机构将执行下一条输入信息。

[0081] 本发明通过对原有固定周期延时模式的优化，根据控制输出量输出后控制效果在轧机后边缘降仪监测后，进行下一周期的控制输出量，显著提高了边缘降反馈控制系统的

反馈效率,降低了原有固定周期延时模式所带来的负面影响。而原边缘降控制系统反馈控制输出周期采用固定周期时间,未能针对边缘降测量值进行反馈控制输出,因而未能实现真正的反馈控制。

[0082] 综上所述,本发明通过对原有固定周期延时模式的优化,显著提高了边缘降反馈控制系统的反馈效率,降低了原有固定周期延时模式所带来的负面影响。因本发明所提出的想法可针对不同冷轧轧机结构、不同变形量水平设定、不同固定周期设定系统,故其可广泛用于目前采用固定周期模式进行边缘降反馈控制的冷轧机组。在当前全球电工钢产品产线不断新增的背景下,本发明所提出的技术具有广阔的市场前景。

[0083] 应理解,在阅读了本发明的上述讲授内容之后,本领域技术人员可以对本发明作各种改动或修改,这些等价形式同样落于本申请所附权利要求书所限定的范围。

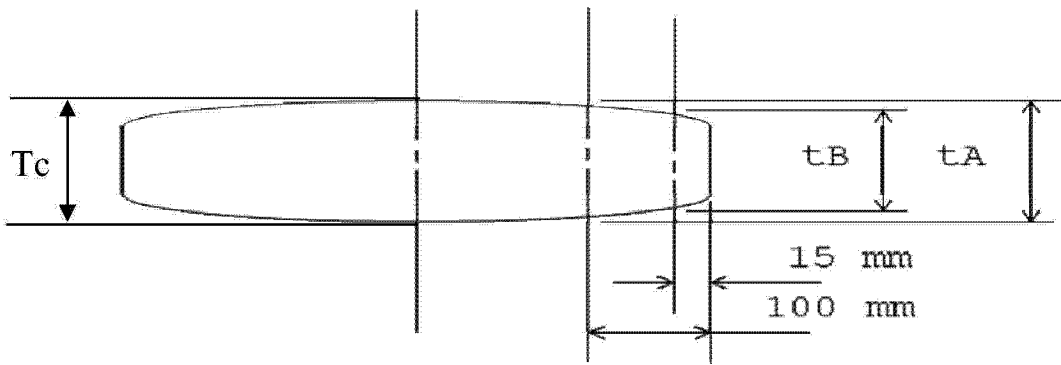


图 1

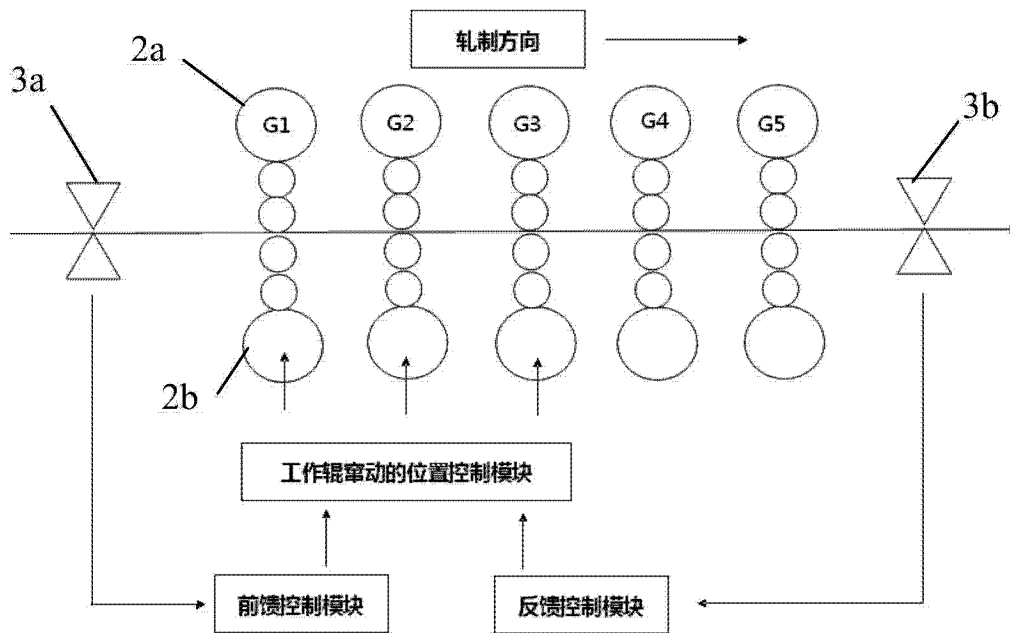


图 2

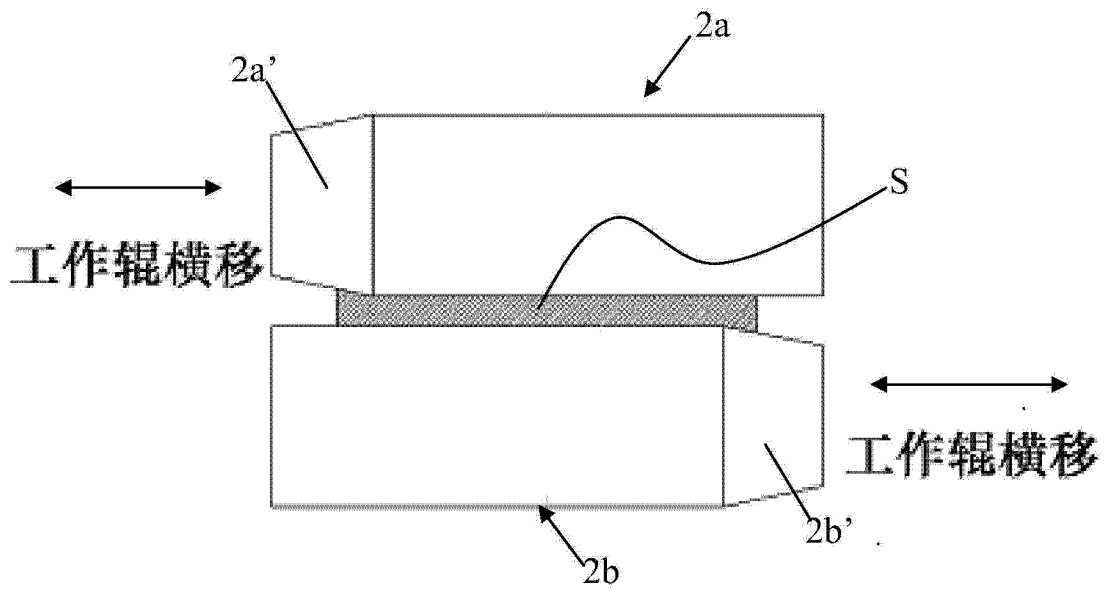


图 3

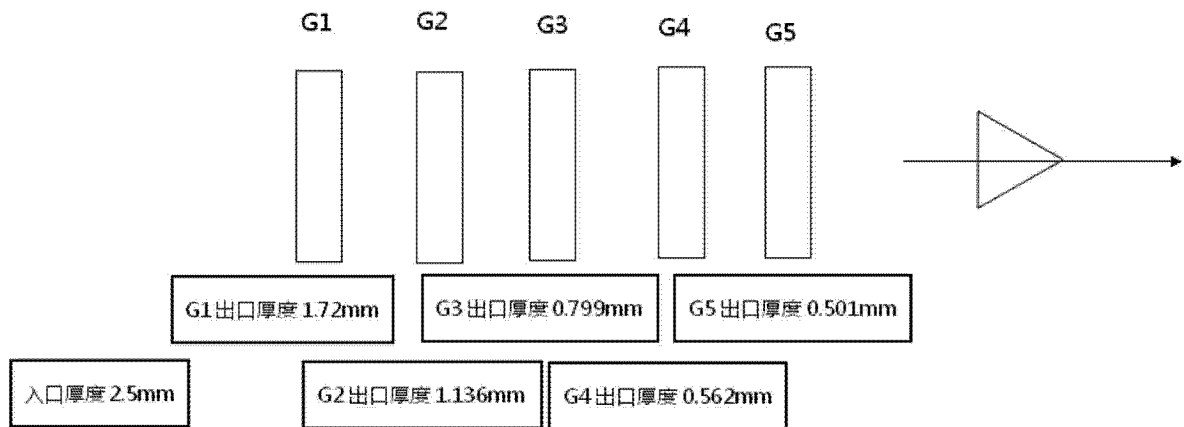


图 4

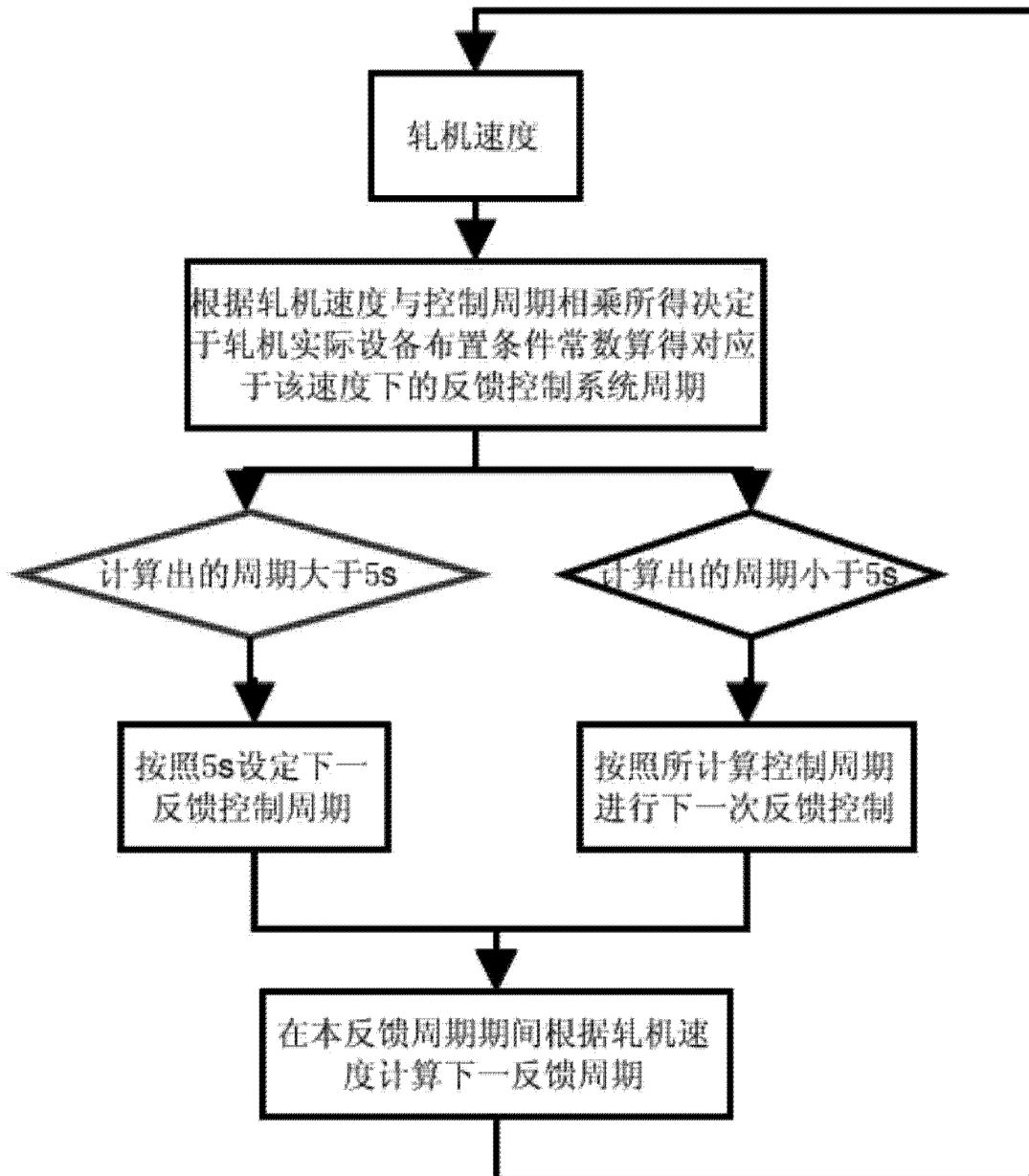


图 5