



(21) 申请号 202311754158.3

(22) 申请日 2023.12.19

(65) 同一申请的已公布的文献号

申请公布号 CN 117655112 A

(43) 申请公布日 2024.03.08

(73) 专利权人 江西联瑞新材料科技有限公司

地址 334700 江西省上饶市玉山县高新区

汪应辰北路12号

(72) 发明人 刘世峰 闵敬安

(74) 专利代理机构 南昌熠星知识产权代理有限公司

公司 36129

专利代理师 高娜

(51) Int. Cl.

G06N 3/12 (2023.01)

G06N 3/00 (2023.01)

(56) 对比文件

CN 101602066 A, 2009.12.16

Yao Chunhui等.Chameleon swarm

algorithm for data processing of a light-field multi-wavelength pyrometer.《Optics express》.2023,第31卷(第12期),第20200-20211页.

审查员 陈页骅

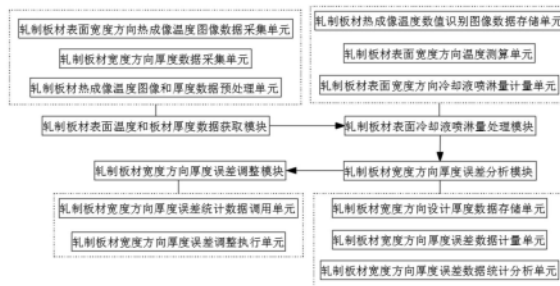
权利要求书5页 说明书13页 附图2页

(54) 发明名称

一种轧机热成像板形控制方法

(57) 摘要

本发明涉及轧机板材加工控制的技术领域,且公开了一种轧机热成像板形控制方法,该方法的运行系统包括轧制板材表面温度和板材厚度数据获取模块、轧制板材表面冷却液喷淋量处理模块、轧制板材宽度方向厚度误差分析模块、轧制板材宽度方向厚度误差调整模块;通过分别使用多组热成型仪、高温激光位置传感器在轧机输入侧、输出侧沿着轧制板材表面宽度方向水平均匀精确采集轧制板材表面宽度方向热成像温度图像数据和轧制板材表面宽度方向厚度数据,从而实现对轧制板材输入侧表面温度点对点精确测量,提高了轧制板材表面冷却作业差异化操作,同时也实现对轧制板材输出侧板厚点对点科学测量,保证了轧制板材板形的结果精准反馈。



1.一种轧机热成像板形控制方法,其特征在于,该方法包括如下步骤:

S1、采集轧机输入侧的轧制板材表面宽度方向热成像温度图像数据以及轧机输出侧的轧制板材表面宽度方向厚度数据,所述S1包括以下步骤:

S11、利用沿着轧制板材宽度方向水平设置的多组热成像仪在线采集轧机输入侧的轧制板材表面宽度方向热成像温度图像数据并建立集合 $A = (a_1, \dots, a_m, \dots, a_\sigma)$, $m = 1, 2, 3, \dots, \sigma$; 其中 a_m 表示沿着轧制板材宽度方向第 m 个热成像仪采集的轧制板材表面宽度方向热成像温度图像数据, σ 表示轧制板材表面宽度方向热成像温度图像数据数量的最大值;

S12、沿着轧制板材宽度方向水平设置的多组高温激光位置传感器在线采集轧机输出侧的轧制板材表面宽度方向厚度数据并建立集合 $B = (b_1, \dots, b_n, \dots, b_\varsigma)$, $n = 1, 2, 3, \dots, \varsigma$; 其中 b_n 表示沿着轧制板材宽度方向第 n 个高温激光位置传感器采集的轧制板材表面宽度方向厚度数据, ς 表示轧制板材表面宽度方向厚度数据数量的最大值;

S2、对轧制板材表面宽度方向热成像温度图像数据和轧制板材表面宽度方向厚度数据进行数据预处理,所述S2包括以下步骤:

S21、利用高斯滤波算法对轧制板材表面宽度方向热成像温度图像数据集合 A 和轧制板材表面宽度方向厚度数据集合 B 进行降数据噪预处理分别生成标准轧制板材表面宽度方向热成像温度图像数据集合 A' 和标准轧制板材表面宽度方向厚度数据集合 B' ;

S3、将预处理的轧制板材表面宽度方向热成像温度图像数据与轧制板材热成像温度数值识别图像数据利用图像识别算法进行测算,输出轧制板材表面宽度方向温度分布数据,所述S3包括以下步骤:

S31、获取标准轧制板材表面宽度方向热成像温度图像数据集合 A'

S32、建立轧制板材热成像温度数值识别图像数据集合 $C = (c_1, \dots, c_o, \dots, c_\tau)$, $o = 1, 2, 3, \dots, \tau$; 其中 c_o 表示第 o 种轧制板材热成像温度数值识别图像数据, τ 表示轧制板材热成像温度数值识别图像数据数量的最大值;

S33、利用图像识别算法将标准轧制板材表面宽度方向热成像温度图像数据集合 A' 中标准轧制板材表面宽度方向热成像温度图像数据 a'_m 与轧制板材热成像温度数值识别图像数据集合 C 中轧制板材热成像温度数值识别图像数据 c_o 图像匹配测算出标准轧制板材表面宽度方向热成像温度图像数据 a'_m 对应的轧制板材表面宽度方向温度分布数据 d_m 并建立集合 $D = (d_1, \dots, d_m, \dots, d_\sigma)$, 其中 d_m 表示第 m 个标准轧制板材表面宽度方向热成像温度图像数据 a'_m 对应的轧制板材表面宽度方向温度分布数据;

图像识别算法包括如下步骤:

步骤一、设定最大迭代次数 T ,搜索猎物,轧制板材表面温度搜索变色龙为解决温饱问题,开始在搜寻猎物,即在轧制板材热成像温度数值识别图像数据集 $\mathbf{C}$ 中搜寻与标准轧制板材表面宽度方向热成像温度图像数据 $\mathbf{a}_m^i$ 匹配的轧制板材热成像温度数值识别图像数据 $\mathbf{c}_o$,搜索猎物公式为

$$y_{t+1}^{i,j} = \begin{cases} y_t^{i,j} + p_1 \times (P_t^{i,j} - G_t^j) \times r_2 + p_2 \times (G_t^j - y_t^{i,j}) \times r_1 & r_i \geq P_p \\ y_t^{i,j} + \mu^j \times ((\mu^j - l^j) \times r_3 + l^j) \times \text{sgn}(\text{rand} - 0.5) & r_i < P_p \end{cases}, \text{ 其中 } y_{t+1}^{i,j},$$

$y_t^{i,j}$ 为轧制板材表面温度搜索变色龙 i 在维度 j 中 $t+1$ 迭代次数的位置和 t 迭代次数的位置,其中维度 j 对应维度为 τ 的轧制板材热成像温度数值识别图像数据集 $\mathbf{C}$ 搜索空间, G_t^j 为 t 迭代次数后在维度 j 搜索空间中当前最优个体位置; $P_t^{i,j}$ 为轧制板材表面温度搜索变色龙 i 在 t 迭代次数后在维度 j 搜索空间的最好位置; p_1 、 p_2 是控制勘探能力的两个参数; r_1 、 r_2 、 r_3 均为 $[0,1]$ 内的随机数, r_i 代表 r_1 、 r_2 、 r_3 , P_p 表示轧制板材表面温度搜索变色龙感知猎物的概率, μ^j 、 l^j 分别表示第 j 维的上限、下限,即在轧制板材热成像温度数值识别图像数据集 $\mathbf{C}$ 中上限、下限, $\text{sgn}(\text{rand} - 0.5)$ 取值1或-1,影响勘探和开发方向;

步骤二、猎物定位,轧制板材表面温度搜索变色龙的眼睛是独立移动的,它们能够熟练地探索空间以定位猎物,他们的眼睛可以同时朝两个不同的方向看并同时旋转和聚焦,从而可以看到周围的全景,为了模拟这个过程,作者进行了四个设定:将轧制板材表面温度搜索变色龙的原始位置平移到重心,找到识别猎物位置的旋转矩阵,使用重心处的旋转矩阵更新轧制板材表面温度搜索变色龙的位置,将轧制板材表面温度搜索变色龙移回原始位置;

此阶段模拟轧制板材表面温度搜索变色龙通过眼睛旋转定位猎物时的位置更新为

$$y_{t+1}^i = y \times r_t^i + \bar{y}_t^i, \text{ 式中 } \bar{y}_t^i \text{ 为 } t \text{ 迭代次数后轧制板材表面温度搜索变色龙 } i \text{ 在位置旋}$$

转前的各维度平均位置, y_{t+1}^i 表示轧制板材表面温度搜索变色龙 i 在 $t+1$ 迭代次数旋转后的坐标, $y \times r_t^i$ 为轧制板材表面温度搜索变色龙 i 在 t 迭代次数的旋转中心坐标, $y \times r_t^i = m \times y \times \alpha_t^i$,其中 $y \times \alpha_t^i$ 为轧制板材表面温度搜索变色龙 i 在 t 迭代次数的定心坐标, $y \times \alpha_t^i = y_t^i - \bar{y}_t^i$; m 表示轧制板材表面温度搜索变色龙 i 位置旋转的旋转矩阵,

$\mathbf{m} = \mathbf{R} \times \begin{pmatrix} \theta, \vec{V}_{z1}, \vec{V}_{z2} \end{pmatrix}$, 其中 $\vec{V}_{z1}, \vec{V}_{z2}$ 为坐标空间中的两个正交向量, $\mathbf{R}$ 表示各轴中的旋

转矩阵; θ 是轧制板材表面温度搜索变色龙眼睛的旋转角,

$\theta = \beta \times \text{sgn}(\text{rand} - 0.5) \times 180^\circ$, β 为 $[0, 1]$ 内随机值, $\text{sgn}(\text{rand} - 0.5)$ 取值 1 或 -1;

步骤三、捕获猎物, 接近猎物的轧制板材表面温度搜索变色龙应该是位置最好的轧制板材表面温度搜索变色龙, 这只轧制板材表面温度搜索变色龙用它的舌头攻击猎物, 它的位置会更新, 因为它的舌头可以下降到原来长度的两倍, 轧制板材表面温度搜索变色龙的舌头落向猎物时的速度定义为:

$$\mathbf{V}_{t+1}^{i,j} = \chi \times \mathbf{V}_t^{i,j} + \delta \times (\mathbf{G}_t^i - \mathbf{y}_t^{i,j}) \times \mathbf{r}_1 + \varepsilon \times (\mathbf{P}_t^{i,j} - \mathbf{y}_t^{i,j}) \times \mathbf{r}_2, \text{ 式 中 } \mathbf{V}_{t+1}^{i,j},$$

$\mathbf{V}_t^{i,j}$ 为轧制板材表面温度搜索变色龙 i 在维度 j 中 $t+1$ 迭代次数的位置和 t 迭代次数的舌

头落向猎物的速度, $\delta = \varepsilon = 1.75$ 控制 $\mathbf{G}_t^i$ 和 $\mathbf{P}_t^{i,j}$ 对舌头速度的影响, χ 的更新方式为

$$\chi = (1 - t/T)^{(\rho \sqrt{(t/T)})}, \text{ 其中 } T \text{ 表示最大迭代次数, } t \text{ 表示当前迭代次数, } \rho = 1 \text{ 是控制开发}$$

能力的参数, 当轧制板材表面温度搜索变色龙的舌头向猎物投射时, 其位置隐含地表示轧制板材表面温度搜索变色龙的位置;

步骤四、当轧制板材表面温度搜索变色龙搜索满足最大迭代次数, 则输出轧制板材表面宽度方向温度分布数据集合 $\mathbf{D}$, 当轧制板材表面温度搜索变色龙搜索未满足最大迭代次数, 则继续执行步骤一至步骤三, 直至轧制板材表面温度搜索变色龙搜索满足最大迭代次数;

S4、依据轧制板材表面宽度方向温度分布数据与轧制板材表面冷却关系建立轧制板材表面温度与冷却液喷淋量数学式, 计算输出轧制板材表面宽度方向冷却液喷淋量数据, 所述 S4 包括以下步骤:

S41、获取轧制板材表面宽度方向温度分布数据集合 $\mathbf{D}$;

S42、建立轧制板材表面温度与冷却液喷淋量数学式 $\mathbf{v} = \frac{\mathbf{d}_m}{Q}$, 其中 $\mathbf{v}$ 表示轧制板材表

面温度与冷却液喷淋量因子, $\mathbf{v}$ 为固定参数, $\mathbf{v}$ 的数值大小取决于在轧制板材冷却实践中依据轧制板材表面温度与使用冷却液喷淋量比值关系确定, $\mathbf{d}_m$ 为热成型仪热成像温度图像采集位置的轧制板材表面宽度方向温度分布数据, Q 表示冷却液喷淋流量, 由于轧制板材的轧制过程中板材输送速度相同, 沿着轧制板材表面宽度方向的冷却液喷淋时间相同, 冷却液喷淋量的多少与轧制板材表面宽度方向各个冷却液喷淋位置的喷淋流量大小正相关;

S43、利用轧制板材表面宽度方向温度分布数据集合 $\mathbf{D}$ 中轧制板材表面宽度方向温度分布数据 $\mathbf{d}_m$ 并结合轧制板材表面温度与冷却液喷淋量数学式 $v = \frac{d_m}{Q}$ 计算出热成像仪

对应的轧制板材表面宽度方向的热成像温度图像数据采集点的冷却液喷淋流量数据；

S5、在轧制板材表面冷却轧制后，依据轧制板材表面宽度方向厚度数据与轧制板材宽度方向设计厚度数据进行数值比对，计算输出轧制板材宽度方向厚度误差数据，所述S5包括以下步骤：

S51、获取标准轧制板材表面宽度方向厚度数据集合 $\mathbf{B}'$ ；

S52、建立轧制板材宽度方向设计厚度数据 $\mathbf{E}$ ， $\mathbf{E}$ 的大小取决于轧制板材的型号、材料、规格；

S53、将标准轧制板材表面宽度方向厚度数据集合 $\mathbf{B}'$ 中所有标准轧制板材表面宽度方向厚度数据 $\mathbf{b}_n'$ 与轧制板材宽度方向设计厚度数据 $\mathbf{E}$ 进行作差比较计算生成轧制板材宽度方向厚度误差数据集合 $\mathbf{F} = (f_1, \dots, f_n, \dots, f_\varsigma)$ ， $n = 1, 2, 3, \dots, \varsigma$ ；其中 f_n 表示沿着轧制板材宽度方向第 n 个标准轧制板材表面宽度方向厚度数据 $\mathbf{b}_n'$ 与轧制板材宽度方向设计厚度数据 $\mathbf{E}$ 的轧制板材宽度方向厚度误差数据， ς 表示轧制板材宽度方向厚度误差数据数量的最大值， f_n 取 $\mathbf{b}_n'$ 与 $\mathbf{E}$ 作差计算结果的绝对值，轧机在轧制板材过程通常将大尺寸板材轧制成一定形状的小尺寸板材，为此板材轧制后出现轧制板材厚度规格满足设计规格要求和轧制板材厚度规格大于设计规格要求；

S6、将轧制板材宽度方向厚度误差数据利用统计方法计量分析出轧制板材宽度方向厚度误差均值数据，所述S6包括以下步骤：

S61、获取轧制板材宽度方向厚度误差数据集合 $\mathbf{F}$ ；

S62、计算出轧制板材宽度方向厚度误差数据集合 $\mathbf{F}$ 中所有轧制板材宽度方向厚度误差数据 f_n 的轧制板材宽度方向厚度误差均值数据 $\bar{F} = \frac{f_1 + \dots + f_n + \dots + f_\varsigma}{\varsigma}$ ；

S7、调用轧制板材宽度方向厚度误差均值数据调整轧机工作辊之间距离消除轧制板材厚度加工误差，所述S7包括以下步骤：

S71、获取轧制板材宽度方向厚度误差均值数据 $\bar{F}$ 并依据 $\bar{F}$ 数值大小控制轧机工作辊运动缩小两个工作辊之间距离，消除轧制板材厚度加工误差。

2. 一种实现如根据权利要求1所述的轧机热成像板形控制方法的运行系统，其特征在于，该系统包括轧制板材表面温度和板材厚度数据获取模块、轧制板材表面冷却液喷淋量处理模块、轧制板材宽度方向厚度误差分析模块、轧制板材宽度方向厚度误差调整模块；

所述轧制板材表面温度和板材厚度数据获取模块包括轧制板材表面宽度方向热成像

温度图像数据采集单元、轧制板材宽度方向厚度数据采集单元、轧制板材热成像温度图像和厚度数据预处理单元；

所述轧制板材表面宽度方向热成像温度图像数据采集单元,使用热成型仪采集轧机输入侧的轧制板材表面宽度方向热成像温度图像数据;所述轧制板材宽度方向厚度数据采集单元,使用高温激光位置传感器采集轧机输出侧的轧制板材表面宽度方向厚度数据;所述轧制板材热成像温度图像和厚度数据预处理单元,利用高斯滤波算法对轧制板材表面宽度方向热成像温度图像数据和轧制板材表面宽度方向厚度数据进行数据降噪预处理;

所述轧制板材表面冷却液喷淋量处理模块包括轧制板材热成像温度数值识别图像数据存储单元、轧制板材表面宽度方向温度测算单元、轧制板材表面宽度方向冷却液喷淋量计量单元;

所述轧制板材热成像温度数值识别图像数据存储单元,用于存储轧制板材热成像温度数值识别图像数据;所述轧制板材表面宽度方向温度测算单元,将预处理的轧制板材表面宽度方向热成像温度图像数据与轧制板材热成像温度数值识别图像数据利用图像识别算法进行测算,输出轧制板材表面宽度方向温度分布数据;所述轧制板材表面宽度方向冷却液喷淋量计量单元,依据轧制板材表面宽度方向温度分布数据与轧制板材表面冷却关系建立轧制板材表面温度与冷却液喷淋量数学式,计算输出轧制板材表面宽度方向冷却液喷淋量数据;

所述轧制板材宽度方向厚度误差分析模块包括轧制板材宽度方向设计厚度数据存储单元、轧制板材宽度方向厚度误差数据计量单元、轧制板材宽度方向厚度误差数据统计分析单元;

所述轧制板材宽度方向设计厚度数据存储单元,用于存储轧制板材宽度方向设计厚度数据;所述轧制板材宽度方向厚度误差数据计量单元,在轧制板材表面冷却轧制后,依据轧制板材表面宽度方向厚度数据与轧制板材宽度方向设计厚度数据进行数值比对,计算输出轧制板材宽度方向厚度误差数据;所述轧制板材宽度方向厚度误差数据统计分析单元,将轧制板材宽度方向厚度误差数据利用统计方法计量分析出轧制板材宽度方向厚度误差均值数据;

所述轧制板材宽度方向厚度误差调整模块包括轧制板材宽度方向厚度误差统计数据调用单元、轧制板材宽度方向厚度误差调整执行单元;

所述轧制板材宽度方向厚度误差统计数据调用单元,用于调用轧制板材宽度方向厚度误差均值数据;所述轧制板材宽度方向厚度误差调整执行单元,依据轧制板材宽度方向厚度误差均值数据调整轧机工作辊之间距离消除轧制板材厚度加工误差。

一种轧机热成像板形控制方法

技术领域

[0001] 本发明涉及轧机板材加工控制的技术领域,具体为一种轧机热成像板形控制方法。

背景技术

[0002] 轧机是实现金属轧制过程的设备,泛指完成轧材生产全过程的装备,轧机按照辊筒数目可分为两辊、四辊、六辊、八辊、十二辊、十八辊等;按照辊筒的排列方式又可分为“L”型、“T”型、“F”型、“Z”型和“S”型;普通轧机主要由辊筒、机架、辊距调节装置、辊温调节装置、传动装置、润滑系统、控制系统和拆辊装置等组成,精密压延机除了具有普通轧机主要零部件和装置以外,增加了保证压延精度的装置。热成像是物体的温度高于绝对零度-273℃,都会有红外辐射,由于物体内部分子热运动的结果。其辐射能量正比于自身温度的四次方,辐射出的波长与其温度成反比。红外成像技术就是根据探测到的物体的辐射能量的高低。经系统处理转变为目标物体的热图像,以灰度级或伪彩色显示出来,即得到被测目标的温度分布从而判断物体所处的状态。因此探测物体发射的热量的高低是红外热成像技术的与生俱来的基因;热成像是通过非接触探测红外能量,并将其转换为电信号,进而在显示器上生成热图像和温度值,并可以对温度值进行计算的一种检测设备。热成像的作用有:炎症的提示、肿瘤的早期预警、周围神经疾病的提示、其他疑难病症分析、疗效跟踪。热成像又称长波红外成像。工作波段在3~14微米的被动红外成像。主要记录物体受热的自身红外辐射,可将景物辐射的热象变为可见的二维图像,热成像系统主要有热辐射电子成像及热照相两个基本类别,目前的轧机轧制板材过程需要通过检测板材的表面温度来控制板材冷却液的喷淋量以及调整工作辊的位置来保证的轧机轧制板材板形厚度的一致性,然而现有的轧机轧制板材不能依据板材表面热成像温度,差异化精确控制冷却液的喷淋量,从而容易造成轧制板材表面冷却温度不均匀,影响轧制板材厚度一致性,同时轧机轧制板材后不能依据板材的轧制厚度数据,精确反馈并调整的轧制上下工作辊之间距离来实现轧机轧制板材板形的精确控制。

发明内容

[0003] (一)解决的技术问题

[0004] 为解决上述现有的轧机轧制板材不能依据板材表面热成像温度,差异化精确控制冷却液的喷淋量,从而容易造成轧制板材表面冷却温度不均匀,影响轧制板材厚度一致性,同时轧机轧制板材后不能依据板材的轧制厚度数据,精确反馈并调整的轧制上下工作辊之间距离来实现轧机轧制板材板形的精确控制的问题,实现以上差异化精确控制冷却液的喷淋量、精确调整轧制上下工作辊之间距离目的。

[0005] (二)技术方案

[0006] 本发明通过以下技术方案予以实现:一种轧机热成像板形控制方法,该方法包括如下步骤:

[0007] S1、采集轧机输入侧的轧制板材表面宽度方向热成像温度图像数据以及轧机输出侧的轧制板材表面宽度方向厚度数据；

[0008] S2、对轧制板材表面宽度方向热成像温度图像数据和轧制板材表面宽度方向厚度数据进行数据预处理；

[0009] S3、将预处理的轧制板材表面宽度方向热成像温度图像数据与轧制板材热成像温度数值识别图像数据利用图像识别算法进行测算,输出轧制板材表面宽度方向温度分布数据；

[0010] S4、依据轧制板材表面宽度方向温度分布数据与轧制板材表面冷却关系建立轧制板材表面温度与冷却液喷淋量数学式,计算输出轧制板材表面宽度方向冷却液喷淋量数据；

[0011] S5、在轧制板材表面冷却轧制后,依据轧制板材表面宽度方向厚度数据与轧制板材宽度方向设计厚度数据进行数值比对,计算输出轧制板材宽度方向厚度误差数据；

[0012] S6、将轧制板材宽度方向厚度误差数据利用统计方法计量分析出轧制板材宽度方向厚度误差均值数据；

[0013] S7、调用轧制板材宽度方向厚度误差均值数据调整轧机工作辊之间距离消除轧制板材厚度加工误差。

[0014] 优选的,所述采集轧机输入侧的轧制板材表面宽度方向热成像温度图像数据以及轧机输出侧的轧制板材表面宽度方向厚度数据的操作步骤如下：

[0015] S11、利用沿着轧制板材宽度方向水平设置的多组热成像仪在线采集轧机输入侧的轧制板材表面宽度方向热成像温度图像数据并建立集合 $A = (a_1, \dots, a_m, \dots, a_\sigma)$, $m = 1, 2, 3, \dots, \sigma$; 其中 a_m 表示沿着轧制板材宽度方向第 m 个热成像仪采集的轧制板材表面宽度方向热成像温度图像数据, σ 表示轧制板材表面宽度方向热成像温度图像数据数量的最大值；

[0016] S12、沿着轧制板材宽度方向水平设置的多组高温激光位置传感器在线采集轧机输出侧的轧制板材表面宽度方向厚度数据并建立集合 $B = (b_1, \dots, b_n, \dots, b_\varsigma)$, $n = 1, 2, 3, \dots, \varsigma$; 其中 b_n 表示沿着轧制板材宽度方向第 n 个高温激光位置传感器采集的轧制板材表面宽度方向厚度数据, ς 表示轧制板材表面宽度方向厚度数据数量的最大值。

[0017] 优选的,所述对轧制板材表面宽度方向热成像温度图像数据和轧制板材表面宽度方向厚度数据进行数据预处理的步骤如下：

[0018] S21、利用高斯滤波算法对轧制板材表面宽度方向热成像温度图像数据集合 A 和轧制板材表面宽度方向厚度数据集合 B 进行降数据噪预处理分别生成标准轧制板材表面宽度方向热成像温度图像数据集合 A' 和标准轧制板材表面宽度方向厚度数据集合 B' 。

[0019] 优选的,所述将预处理的轧制板材表面宽度方向热成像温度图像数据与轧制板材热成像温度数值识别图像数据利用图像识别算法进行测算,输出轧制板材表面宽度方向温度分布数据的操作步骤如下：

[0020] S31、获取标准轧制板材表面宽度方向热成像温度图像数据集 A'

[0021] S32、建立轧制板材热成像温度数值识别图像数据集 $C = (c_1, \dots, c_o, \dots, c_\tau)$,

$o = 1, 2, 3, \dots, \tau$; 其中 c_o 表示第 o 种轧制板材热成像温度数值识别图像数据, τ 表示轧制板材热成像温度数值识别图像数据数量的最大值;

[0022] S33、利用图像识别算法将标准轧制板材表面宽度方向热成像温度图像数据集 A' 中标准轧制板材表面宽度方向热成像温度图像数据 a'_m 与轧制板材热成像温度数值识别图像数据集 C 中轧制板材热成像温度数值识别图像数据 c_o 图像匹配测算出标准轧制板材表面宽度方向热成像温度图像数据 a'_m 对应的轧制板材表面宽度方向温度分布数据 d_m 并建立集合 $D = (d_1, \dots, d_m, \dots, d_\sigma)$, 其中 d_m 表示第 m 个标准轧制板材表面宽度方向热成像温度图像数据 a'_m 对应的轧制板材表面宽度方向温度分布数据;

[0023] 图像识别算法包括如下步骤:

[0024] 步骤一、设定最大迭代次数 T , 搜索猎物, 轧制板材表面温度搜索变色龙为解决温饱问题, 开始在搜寻猎物, 即在轧制板材热成像温度数值识别图像数据集 C 中搜寻与标准轧制板材表面宽度方向热成像温度图像数据 a'_m 匹配的轧制板材热成像温度数值识别图像数据 c_o , 搜索猎物公式为

$$[0025] \quad y_{t+1}^{i,j} = \begin{cases} y_t^{i,j} + p_1 \times (P_t^{i,j} - G_t^j) \times r_2 + p_2 \times (G_t^j - y_t^{i,j}) \times r_1 & r_i \geq P_p \\ y_t^{i,j} + \mu^j \times ((\mu^j - l^j) \times r_3 + l^j) \times \text{sgn}(\text{rand} - 0.5) & r_i < P_p \end{cases}, \text{ 其中}$$

$y_{t+1}^{i,j}, y_t^{i,j}$ 为轧制板材表面温度搜索变色龙 i 在维度 j 中 $t+1$ 迭代次数的位置和 t 迭代次数的位置, 其中维度 j 对应维度为 τ 的轧制板材热成像温度数值识别图像数据集 C 搜索空间, G_t^j 为 t 迭代次数后在维度 j 搜索空间中当前最优个体位置; $P_t^{i,j}$ 为轧制板材表面温度搜索变色龙 i 在 t 迭代次数后在维度 j 搜索空间的最好位置; p_1, p_2 是控制勘探能力的两个参数; r_1, r_2, r_3 均为 $[0, 1]$ 内的随机数, r_i 代表 r_1, r_2, r_3 , P_p 表示轧制板材表面温度搜索变色龙感知猎物的概率, μ^j, l^j 分别表示第 j 维的上限、下限, 即在轧制板材热成像温度数值识别图像数据集 C 中上限、下限, $\text{sgn}(\text{rand} - 0.5)$ 取值 1 或 -1, 影响勘探和开发方向;

[0026] 步骤二、猎物定位, 轧制板材表面温度搜索变色龙的眼睛是独立移动的, 它们能够熟练地探索空间以定位猎物, 他们的眼睛可以同时朝两个不同的方向看并同时旋转和聚焦, 从而可以看到周围的全景, 为了模拟这个过程, 作者进行了四个设定: 将轧制板材表面

温度搜索变色龙的原始位置平移到重心,找到识别猎物位置的旋转矩阵,使用重心处的旋转矩阵更新轧制板材表面温度搜索变色龙的位置,将轧制板材表面温度搜索变色龙移回原始位置;

[0027] 此阶段模拟轧制板材表面温度搜索变色龙通过眼睛旋转定位猎物时的位置更新为

[0028] $y_{t+1}^i = y \times r_t^i + \bar{y}_t^i$, 式中 $\bar{y}_t^i$ 为 t 迭代次数后轧制板材表面温度搜索变色龙 i 在位置旋转前的各维度平均位置, y_{t+1}^i 表示轧制板材表面温度搜索变色龙 i 在 $t+1$ 迭代次数旋转后的坐标, $y \times r_t^i$ 为轧制板材表面温度搜索变色龙 i 在 t 迭代次数的旋转中心坐标, $y \times r_t^i = m \times y \times \alpha_t^i$, 其中 $y \times \alpha_t^i$ 为轧制板材表面温度搜索变色龙 i 在 t 迭代次数的定心坐标, $y \times \alpha_t^i = y_t^i - \bar{y}_t^i$; m 表示轧制板材表面温度搜索变色龙 i 位置旋转的旋转矩阵,

$m = R \times \begin{pmatrix} \theta, \vec{V}_{z1}, \vec{V}_{z2} \end{pmatrix}$, 其中 $\vec{V}_{z1}, \vec{V}_{z2}$ 为坐标空间中的两个正交向量, R 表示各轴中的旋

转矩阵; θ 是轧制板材表面温度搜索变色龙眼睛的旋转角,

$\theta = \beta \times \text{sgn}(\text{rand} - 0.5) \times 180^\circ$, β 为 $[0, 1]$ 内随机值, $\text{sgn}(\text{rand} - 0.5)$ 取值 1 或 -1;

[0029] 步骤三、捕获猎物,接近猎物的轧制板材表面温度搜索变色龙应该是位置最好的轧制板材表面温度搜索变色龙,这只轧制板材表面温度搜索变色龙用它的舌头攻击猎物,它的位置会更新,因为它的舌头可以下降到原来长度的两倍,轧制板材表面温度搜索变色龙的舌头落向猎物时的速度定义为:

[0030] $V_{t+1}^{i,j} = \chi \times V_t^{i,j} + \delta \times (G_t^j - y_t^{i,j}) \times r_1 + \varepsilon \times (P_t^{i,j} - y_t^{i,j}) \times r_2$, 式中 $V_{t+1}^{i,j}$

, $V_t^{i,j}$ 为轧制板材表面温度搜索变色龙 i 在维度 j 中 $t+1$ 迭代次数的位置和 t 迭代次数的舌头落向猎物的速度, $\delta = \varepsilon = 1.75$ 控制 G_t^j 和 $P_t^{i,j}$ 对舌头速度的影响, χ 的更新方式为

$\chi = (1 - t/T)^{(\rho \sqrt{(t/T)})}$, 其中 T 表示最大迭代次数, t 表示当前迭代次数, $\rho = 1$ 是控制开发能力的参数,当轧制板材表面温度搜索变色龙的舌头向猎物投射时,其位置隐含地表示轧制板材表面温度搜索变色龙的位置;

[0031] 步骤四、当轧制板材表面温度搜索变色龙搜索满足最大迭代次数,则输出轧制板材表面宽度方向温度分布数据集 D ,当轧制板材表面温度搜索变色龙搜索未满足最大迭代次数,则继续执行步骤一至步骤三,直至轧制板材表面温度搜索变色龙搜索满足最大

迭代次数。

[0032] 优选的,所述依据轧制板材表面宽度方向温度分布数据与轧制板材表面冷却关系建立轧制板材表面温度与冷却液喷淋量数学式,计算输出轧制板材表面宽度方向冷却液喷淋量数据的操作步骤如下:

[0033] S41、获取轧制板材表面宽度方向温度分布数据集合 D ;

[0034] S42、建立轧制板材表面温度与冷却液喷淋量数学式 $v = \frac{d_m}{Q}$, 其中 v 表示轧制板

材表面温度与冷却液喷淋量因子, v 为固定参数, v 的数值大小取决于在轧制板材冷却实践中依据轧制板材表面温度与使用冷却液喷淋量比值关系确定, d_m 为热成型仪热成像温度图像采集位置的轧制板材表面宽度方向温度分布数据, Q 表示冷却液喷淋流量, 由于轧制板材的轧制过程中板材输送速度相同, 沿着轧制板材表面宽度方向的冷却液喷淋时间相同, 冷却液喷淋量的多少与轧制板材表面宽度方向各个冷却液喷淋位置的喷淋流量大小正相关;

[0035] S43、利用轧制板材表面宽度方向温度分布数据集合 D 中轧制板材表面宽度方向温度分布数据 d_m 并结合轧制板材表面温度与冷却液喷淋量数学式 $v = \frac{d_m}{Q}$ 计算出热成

像仪对应的轧制板材表面宽度方向的热成像温度图像数据采集点的冷却液喷淋流量数据。

[0036] 优选的,所述在轧制板材表面冷却轧制后,依据轧制板材表面宽度方向厚度数据与轧制板材宽度方向设计厚度数据进行数值比对,计算输出轧制板材宽度方向厚度误差数据的操作步骤如下:

[0037] S51、获取标准轧制板材表面宽度方向厚度数据集合 B' ;

[0038] S52、建立轧制板材宽度方向设计厚度数据 E , E 的大小取决于轧制板材的型号、材料、规格;

[0039] S53、将标准轧制板材表面宽度方向厚度数据集合 B' 中所有标准轧制板材表面宽度方向厚度数据 b_n' 与轧制板材宽度方向设计厚度数据 E 进行作差比较计算生成轧制板材宽度方向厚度误差数据集合 $F = (f_1, \dots, f_n, \dots, f_\varsigma)$, $n = 1, 2, 3, \dots, \varsigma$; 其中 f_n 表示沿着轧制板材宽度方向第 n 个标准轧制板材表面宽度方向厚度数据 b_n' 与轧制板材宽度方向设计厚度数据 E 的轧制板材宽度方向厚度误差数据, ς 表示轧制板材宽度方向厚度误差数据数量的最大值, f_n 取 b_n' 与 E 作差计算结果的绝对值, 轧机在轧制板材过程通常将大尺寸板材轧制成一定形状的小尺寸板材, 为此板材轧制后出现轧制板材厚度规格满足设计规格要求和轧制板材厚度规格大于设计规格要求。

[0040] 优选的,所述将轧制板材宽度方向厚度误差数据利用统计方法计量分析出轧制板

材宽度方向厚度误差均值数据的操作步骤如下:

[0041] S61、获取轧制板材宽度方向厚度误差数据集合 $\mathbf{F}$;

[0042] S62、计算出轧制板材宽度方向厚度误差数据集合 $\mathbf{F}$ 中所有轧制板材宽度方向厚

度误差数据 f_n 的轧制板材宽度方向厚度误差均值数据 $\bar{F} = \frac{f_1 + \dots + f_n + \dots + f_s}{s}$ 。

[0043] 优选的,所述调用轧制板材宽度方向厚度误差均值数据调整轧机工作辊之间距离消除轧制板材厚度加工误差的操作步骤如下:

[0044] S71、获取轧制板材宽度方向厚度误差均值数据 $\bar{F}$ 并依据 $\bar{F}$ 数值大小控制轧机工作辊运动缩小两个工作辊之间距离,消除轧制板材厚度加工误差。

[0045] 一种实现所述的轧机热成像板形控制方法的运行系统,该系统包括轧制板材表面温度和板材厚度数据获取模块、轧制板材表面冷却液喷淋量处理模块、轧制板材宽度方向厚度误差分析模块、轧制板材宽度方向厚度误差调整模块;

[0046] 所述轧制板材表面温度和板材厚度数据获取模块包括轧制板材表面宽度方向热成像温度图像数据采集单元、轧制板材宽度方向厚度数据采集单元、轧制板材热成像温度图像和厚度数据预处理单元;

[0047] 所述轧制板材表面宽度方向热成像温度图像数据采集单元,使用热成型仪采集轧机输入侧的轧制板材表面宽度方向热成像温度图像数据;所述轧制板材宽度方向厚度数据采集单元,使用高温激光位置传感器采集轧机输出侧的轧制板材表面宽度方向厚度数据;所述轧制板材热成像温度图像和厚度数据预处理单元,利用高斯滤波算法对轧制板材表面宽度方向热成像温度图像数据和轧制板材表面宽度方向厚度数据进行数据降噪预处理;

[0048] 所述轧制板材表面冷却液喷淋量处理模块包括轧制板材热成像温度数值识别图像数据存储单元、轧制板材表面宽度方向温度测算单元、轧制板材表面宽度方向冷却液喷淋量计量单元;

[0049] 所述轧制板材热成像温度数值识别图像数据存储单元,用于存储轧制板材热成像温度数值识别图像数据;所述轧制板材表面宽度方向温度测算单元,将预处理的轧制板材表面宽度方向热成像温度图像数据与轧制板材热成像温度数值识别图像数据利用图像识别算法进行测算,输出轧制板材表面宽度方向温度分布数据;所述轧制板材表面宽度方向冷却液喷淋量计量单元,依据轧制板材表面宽度方向温度分布数据与轧制板材表面冷却关系建立轧制板材表面温度与冷却液喷淋量数学式,计算输出轧制板材表面宽度方向冷却液喷淋量数据;

[0050] 所述轧制板材宽度方向厚度误差分析模块包括轧制板材宽度方向设计厚度数据存储单元、轧制板材宽度方向厚度误差数据计量单元、轧制板材宽度方向厚度误差数据统计分析单元;

[0051] 所述轧制板材宽度方向设计厚度数据存储单元,用于存储轧制板材宽度方向设计厚度数据;所述轧制板材宽度方向厚度误差数据计量单元,在轧制板材表面冷却轧制后,依据轧制板材表面宽度方向厚度数据与轧制板材宽度方向设计厚度数据进行数值比对,计算输出轧制板材宽度方向厚度误差数据;所述轧制板材宽度方向厚度误差数据统计分析单

元,将轧制板材宽度方向厚度误差数据利用统计方法计量分析出轧制板材宽度方向厚度误差均值数据;

[0052] 所述轧制板材宽度方向厚度误差调整模块包括轧制板材宽度方向厚度误差统计数据调用单元、轧制板材宽度方向厚度误差调整执行单元;

[0053] 所述轧制板材宽度方向厚度误差统计数据调用单元,用于调用轧制板材宽度方向厚度误差均值数据;所述轧制板材宽度方向厚度误差调整执行单元,依据轧制板材宽度方向厚度误差均值数据调整轧机工作辊之间距离消除轧制板材厚度加工误差。

[0054] (三)有益效果

[0055] 本发明提供了一种轧机热成像板形控制方法。具备以下有益效果:

[0056] 一、通过轧制板材表面宽度方向热成像温度图像数据采集单元和轧制板材宽度方向厚度数据采集单元相互配合分别使用多组热成型仪、高温激光位置传感器在轧机输入侧、输出侧沿着轧制板材表面宽度方向水平均匀精确采集轧制板材表面宽度方向热成像温度图像数据和轧制板材表面宽度方向厚度数据,从而实现对轧制板材输入侧表面温度点对点精确测量,提高了轧制板材表面冷却作业差异化操作,同时也实现对轧制板材输出侧板厚点对点科学测量,保证了轧制板材板形的结果精准反馈。

[0057] 二、通过轧制板材表面宽度方向温度测算单元利用变色龙优化算法将标准轧制板材表面宽度方向热成像温度图像数据与轧制板材热成像温度数值识别图像数据识别测算出测算轧制板材表面宽度方向温度分布数据,从而实现轧制板材表面的温度安全可靠测量;轧制板材表面宽度方向冷却液喷淋量计量单元依据轧制板材表面宽度方向温度分布数据并结合轧制板材表面温度与冷却液喷淋量关系式精准测量出,沿着轧制板材宽度表面温度测量点的冷却液喷淋量数据,保证了轧制板材表面冷却温度均匀,提高了板材轧制板形的一致性。

[0058] 三、通过轧制板材宽度方向厚度误差数据计量单元利用轧制板材表面宽度方向厚度数据与轧制板材宽度方向设计厚度数据进行数值作差计算出轧制板材厚度与设计板材厚度的误差数据,实现轧制板材板厚误差在线精确测量反馈;同时轧制板材宽度方向厚度误差数据统计分析单元将轧制板材宽度方向厚度误差数据进行均值处理,求出轧制板材厚度误差均值,保证轧制板材厚度科学均匀调整;轧制板材宽度方向厚度误差调整执行单元基于轧制板材宽度方向厚度误差均值数据调整轧机工作辊之间距离消除轧制板材厚度加工误差,实现轧制板材厚度自动分析计量调整,保证了轧机轧制板材板形的质量和效率。

附图说明

[0059] 图1为本发明提供的一种轧机热成像板形控制方法的运行系统组成图;

[0060] 图2为图1所示一种轧机热成像板形控制方法的运行结构图。

具体实施方式

[0061] 下面将结合本发明实施例中的附图,对本发明实施例中的技术方案进行清楚、完整地描述,显然,所描述的实施例仅仅是本发明一部分实施例,而不是全部的实施例。基于本发明中的实施例,本领域普通技术人员在没有做出创造性劳动前提下所获得的所有其他实施例,都属于本发明保护的范围。

[0062] 该一种轧机热成像板形控制方法的实施例如下：

[0063] 请参阅图1—图2,一种轧机热成像板形控制方法,该方法包括如下步骤：

[0064] S1、采集轧机输入侧的轧制板材表面宽度方向热成像温度图像数据以及轧机输出侧的轧制板材表面宽度方向厚度数据；

[0065] S2、对轧制板材表面宽度方向热成像温度图像数据和轧制板材表面宽度方向厚度数据进行数据预处理；

[0066] S3、将预处理的轧制板材表面宽度方向热成像温度图像数据与轧制板材热成像温度数值识别图像数据利用图像识别算法进行测算,输出轧制板材表面宽度方向温度分布数据；

[0067] S4、依据轧制板材表面宽度方向温度分布数据与轧制板材表面冷却关系建立轧制板材表面温度与冷却液喷淋量数学式,计算输出轧制板材表面宽度方向冷却液喷淋量数据；

[0068] S5、在轧制板材表面冷却轧制后,依据轧制板材表面宽度方向厚度数据与轧制板材宽度方向设计厚度数据进行数值比对,计算输出轧制板材宽度方向厚度误差数据；

[0069] S6、将轧制板材宽度方向厚度误差数据利用统计方法计量分析出轧制板材宽度方向厚度误差均值数据；

[0070] S7、调用轧制板材宽度方向厚度误差均值数据调整轧机工作辊之间距离消除轧制板材厚度加工误差。

[0071] 进一步的,请参阅图1—图2,采集轧机输入侧的轧制板材表面宽度方向热成像温度图像数据以及轧机输出侧的轧制板材表面宽度方向厚度数据的操作步骤如下：

[0072] S11、利用沿着轧制板材宽度方向水平设置的多组热成像仪在线采集轧机输入侧的轧制板材表面宽度方向热成像温度图像数据并建立集合 $A = (a_1, \dots, a_m, \dots, a_\sigma)$, $m = 1, 2, 3, \dots, \sigma$; 其中 a_m 表示沿着轧制板材宽度方向第 m 个热成像仪采集的轧制板材表面宽度方向热成像温度图像数据, σ 表示轧制板材表面宽度方向热成像温度图像数据数量的最大值；

[0073] S12、沿着轧制板材宽度方向水平设置的多组高温激光位置传感器在线采集轧机输出侧的轧制板材表面宽度方向厚度数据并建立集合 $B = (b_1, \dots, b_n, \dots, b_\varsigma)$, $n = 1, 2, 3, \dots, \varsigma$; 其中 b_n 表示沿着轧制板材宽度方向第 n 个高温激光位置传感器采集的轧制板材表面宽度方向厚度数据, ς 表示轧制板材表面宽度方向厚度数据数量的最大值。

[0074] 对轧制板材表面宽度方向热成像温度图像数据和轧制板材表面宽度方向厚度数据进行数据预处理的操作步骤如下：

[0075] S21、利用高斯滤波算法对轧制板材表面宽度方向热成像温度图像数据集 A 和轧制板材表面宽度方向厚度数据集 B 进行降数据噪预处理分别生成标准轧制板材表面宽度方向热成像温度图像数据集 A' 和标准轧制板材表面宽度方向厚度数据集 B' 。

[0076] 通过轧制板材表面宽度方向热成像温度图像数据采集单元和轧制板材宽度方向厚度数据采集单元相互配合分别使用多组热成型仪、高温激光位置传感器在轧机输入侧、

输出侧沿着轧制板材表面宽度方向水平均匀精确采集轧制板材表面宽度方向热成像温度图像数据和轧制板材表面宽度方向厚度数据,从而实现对轧制板材输入侧表面温度点对点精确测量,提高了轧制板材表面冷却作业差异化操作,同时也实现对轧制板材输出侧板厚点对点科学测量,保证了轧制板材板形的结果精准反馈。

[0077] 进一步的,请参阅图1—图2,述将预处理的轧制板材表面宽度方向热成像温度图像数据与轧制板材热成像温度数值识别图像数据利用图像识别算法进行测算,输出轧制板材表面宽度方向温度分布数据的操作步骤如下:

[0078] S31、获取标准轧制板材表面宽度方向热成像温度图像数据集 A'

[0079] S32、建立轧制板材热成像温度数值识别图像数据集 $C = (c_1, \dots, c_o, \dots, c_\tau)$,

$o = 1, 2, 3, \dots, \tau$; 其中 c_o 表示第 o 种轧制板材热成像温度数值识别图像数据, τ 表示轧制板材热成像温度数值识别图像数据数量的最大值;

[0080] S33、利用图像识别算法将标准轧制板材表面宽度方向热成像温度图像数据集 A' 中标准轧制板材表面宽度方向热成像温度图像数据 a'_m 与轧制板材热成像温度数值识别图像数据集 C 中轧制板材热成像温度数值识别图像数据 c_o 图像匹配测算出标准轧制板材表面宽度方向热成像温度图像数据 a'_m 对应的轧制板材表面宽度方向温度分布数据 d_m 并建立集合 $D = (d_1, \dots, d_m, \dots, d_\sigma)$, 其中 d_m 表示第 m 个标准轧制板材表面宽度方向热成像温度图像数据 a'_m 对应的轧制板材表面宽度方向温度分布数据;

[0081] 图像识别算法包括如下步骤:

[0082] 步骤一、设定最大迭代次数 T , 搜索猎物, 轧制板材表面温度搜索变色龙为解决温饱问题, 开始在搜寻猎物, 即在轧制板材热成像温度数值识别图像数据集 C 中搜寻与标准轧制板材表面宽度方向热成像温度图像数据 a'_m 匹配的轧制板材热成像温度数值识别图像数据 c_o , 搜索猎物公式为

$$[0083] \quad y_{t+1}^{i,j} \begin{cases} y_t^{i,j} + p_1 \times (P_t^{i,j} - G_t^j) \times r_2 + p_2 \times (G_t^j - y_t^{i,j}) \times r_1 & r_i \geq P_p \\ y_t^{i,j} + \mu^j \times ((\mu^j - l^j) \times r_3 + l^j) \times \text{sgn}(\text{rand} - 0.5) & r_i < P_p \end{cases}, \text{ 其中}$$

$y_{t+1}^{i,j}, y_t^{i,j}$ 为轧制板材表面温度搜索变色龙 i 在维度 j 中 $t+1$ 迭代次数的位置和 t 迭代次数的位置, 其中维度 j 对应维度为 τ 的轧制板材热成像温度数值识别图像数据集 C 搜索空间, G_t^j 为 t 迭代次数后在维度 j 搜索空间中当前最优个体位置; $P_t^{i,j}$ 为轧制板材表面温度搜索变色龙 i 在 t 迭代次数后在维度 j 搜索空间的最好位置; p_1, p_2 是控制勘探能力的两个参数; r_1, r_2, r_3 均为 $[0, 1]$ 内的随机数, r_i 代表 r_1, r_2, r_3 , P_p 表示轧制板材表面温度

搜索变色龙感知猎物的概率, μ^j 、 l^j 分别表示第 j 维的上限、下限, 即在轧制板材热成像温度数值识别图像数据集 $\mathbf{C}$ 中上限、下限, $\text{sgn}(\text{rand}-0.5)$ 取值 1 或 -1, 影响勘探和开发方向;

[0084] 步骤二、猎物定位, 轧制板材表面温度搜索变色龙的眼睛是独立移动的, 它们能够熟练地探索空间以定位猎物, 他们的眼睛可以同时朝两个不同的方向看并同时旋转和聚焦, 从而可以看到周围的全景, 为了模拟这个过程, 作者进行了四个设定: 将轧制板材表面温度搜索变色龙的原始位置平移到重心, 找到识别猎物位置的旋转矩阵, 使用重心处的旋转矩阵更新轧制板材表面温度搜索变色龙的位置, 将轧制板材表面温度搜索变色龙移回原始位置;

[0085] 此阶段模拟轧制板材表面温度搜索变色龙通过眼睛旋转定位猎物时的位置更新为

[0086] $y_{t+1}^i = y \times r_t^i + \bar{y}_t^i$, 式中 $\bar{y}_t^i$ 为 t 迭代次数后轧制板材表面温度搜索变色龙 i 在位置旋转前的各维度平均位置, y_{t+1}^i 表示轧制板材表面温度搜索变色龙 i 在 $t+1$ 迭代次数旋

转后的坐标, $y \times r_t^i$ 为轧制板材表面温度搜索变色龙 i 在 t 迭代次数的旋转中心坐标, $y \times r_t^i = m \times y \times \alpha_t^i$, 其中 $y \times \alpha_t^i$ 为轧制板材表面温度搜索变色龙 i 在 t 迭代次数的定心坐标, $y \times \alpha_t^i = y_t^i - \bar{y}_t^i$; m 表示轧制板材表面温度搜索变色龙 i 位置旋转的旋转矩阵,

$m = R \times \begin{pmatrix} \theta, \vec{V}_{z1}, \vec{V}_{z2} \end{pmatrix}$, 其中 $\vec{V}_{z1}, \vec{V}_{z2}$ 为坐标空间中的两个正交向量, R 表示各轴中的旋转矩阵; θ 是轧制板材表面温度搜索变色龙眼睛的旋转角,

$\theta = \beta \times \text{sgn} \times (\text{rand} - 0.5) \times 180^\circ$, β 为 $[0, 1]$ 内随机值, $\text{sgn}(\text{rand} - 0.5)$ 取值 1 或 -1;

[0087] 步骤三、捕获猎物, 接近猎物的轧制板材表面温度搜索变色龙应该是位置最好的轧制板材表面温度搜索变色龙, 这只轧制板材表面温度搜索变色龙用它的舌头攻击猎物, 它的位置会更新, 因为它的舌头可以下降到原来长度的两倍, 轧制板材表面温度搜索变色龙的舌头落向猎物时的速度定义为:

[0088] $V_{t+1}^{i,j} = \chi \times V_t^{i,j} + \delta \times (G_t^i - y_t^{i,j}) \times r_1 + \varepsilon \times (P_t^{i,j} - y_t^{i,j}) \times r_2$, 式中 $V_{t+1}^{i,j}$

, $V_t^{i,j}$ 为轧制板材表面温度搜索变色龙 i 在维度 j 中 $t+1$ 迭代次数的位置和 t 迭代次数的

舌头落向猎物的速度, $\delta = \varepsilon = 1.75$ 控制 G_t^i 和 $P_t^{i,j}$ 对舌头速度的影响, χ 的更新方式为

$\chi = (1 - t/T)^{\left(\rho \sqrt{t/T}\right)}$, 其中 T 表示最大迭代次数, t 表示当前迭代次数, $\rho=1$ 是控制开发能力的参数, 当轧制板材表面温度搜索变色龙的舌头向猎物投射时, 其位置隐含地表示轧制板材表面温度搜索变色龙的位置;

[0089] 步骤四、当轧制板材表面温度搜索变色龙搜索满足最大迭代次数, 则输出轧制板材表面宽度方向温度分布数据集合 D , 当轧制板材表面温度搜索变色龙搜索未满足最大迭代次数, 则继续执行步骤一至步骤三, 直至轧制板材表面温度搜索变色龙搜索满足最大迭代次数。

[0090] 依据轧制板材表面宽度方向温度分布数据与轧制板材表面冷却关系建立轧制板材表面温度与冷却液喷淋量数学式, 计算输出轧制板材表面宽度方向冷却液喷淋量数据的操作步骤如下:

[0091] S41、获取轧制板材表面宽度方向温度分布数据集合 D ;

[0092] S42、建立轧制板材表面温度与冷却液喷淋量数学式 $\upsilon = \frac{d_m}{Q}$, 其中 υ 表示轧制板材表面温度与冷却液喷淋量因子, υ 为固定参数, υ 的数值大小取决于在轧制板材冷却实践中依据轧制板材表面温度与使用冷却液喷淋量比值关系确定, d_m 为热成型仪热成像温度图像采集位置的轧制板材表面宽度方向温度分布数据, Q 表示冷却液喷淋流量, 由于轧制板材的轧制过程中板材输送速度相同, 沿着轧制板材表面宽度方向的冷却液喷淋时间相同, 冷却液喷淋量的多少与轧制板材表面宽度方向各个冷却液喷淋位置的喷淋流量大小正相关;

[0093] S43、利用轧制板材表面宽度方向温度分布数据集合 D 中轧制板材表面宽度方向温度分布数据 d_m 并结合轧制板材表面温度与冷却液喷淋量数学式 $\upsilon = \frac{d_m}{Q}$ 计算出热成

像仪对应的轧制板材表面宽度方向的热成像温度图像数据采集点的冷却液喷淋流量数据。

[0094] 通过轧制板材表面宽度方向温度测算单元利用变色龙优化算法将标准轧制板材表面宽度方向热成像温度图像数据与轧制板材热成像温度数值识别图像数据识别测算出测算轧制板材表面宽度方向温度分布数据, 从而实现轧制板材表面的温度安全可靠测量; 轧制板材表面宽度方向冷却液喷淋量计量单元依据轧制板材表面宽度方向温度分布数据并结合轧制板材表面温度与冷却液喷淋量关系式精准测量出, 沿着轧制板材宽度表面温度测量点的冷却液喷淋量数据, 保证了轧制板材表面冷却温度均匀, 提高了板材轧制板形的一致性。

[0095] 进一步的, 请参阅图1—图2, 在轧制板材表面冷却轧制后, 依据轧制板材表面宽度方向厚度数据与轧制板材宽度方向设计厚度数据进行数值比对, 计算输出轧制板材宽度方向厚度误差数据的操作步骤如下:

[0096] S51、获取标准轧制板材表面宽度方向厚度数据集合 B' ;

[0097] S52、建立轧制板材宽度方向设计厚度数据 E , E 的大小取决于轧制板材的型号、材料、规格;

[0098] S53、将标准轧制板材表面宽度方向厚度数据集合 B' 中所有标准轧制板材表面宽度方向厚度数据 b_n' 与轧制板材宽度方向设计厚度数据 E 进行作差比较计算生成轧制板材宽度方向厚度误差数据集合 $F = (f_1, \dots, f_n, \dots, f_\varsigma)$, $n = 1, 2, 3, \dots, \varsigma$; 其中 f_n 表示沿着轧制板材宽度方向第 n 个标准轧制板材表面宽度方向厚度数据 b_n' 与轧制板材宽度方向设计厚度数据 E 的轧制板材宽度方向厚度误差数据, ς 表示轧制板材宽度方向厚度误差数据数量的最大值, f_n 取 b_n' 与 E 作差计算结果的绝对值, 轧机在轧制板材过程通常将大尺寸板材轧制成一定形状的小尺寸板材, 为此板材轧制后出现轧制板材厚度规格满足设计规格要求和轧制板材厚度规格大于设计规格要求。

[0099] 将轧制板材宽度方向厚度误差数据利用统计方法计量分析出轧制板材宽度方向厚度误差均值数据的操作步骤如下:

[0100] S61、获取轧制板材宽度方向厚度误差数据集合 F ;

[0101] S62、计算出轧制板材宽度方向厚度误差数据集合 F 中所有轧制板材宽度方向厚度误差数据 f_n 的轧制板材宽度方向厚度误差均值数据 $\bar{F} = \frac{f_1 + \dots + f_n + \dots + f_\varsigma}{\varsigma}$ 。

[0102] 调用轧制板材宽度方向厚度误差均值数据调整轧机工作辊之间距离消除轧制板材厚度加工误差的操作步骤如下:

[0103] S71、获取轧制板材宽度方向厚度误差均值数据 $\bar{F}$ 并依据 $\bar{F}$ 数值大小控制轧机工作辊运动缩小两个工作辊之间距离, 消除轧制板材厚度加工误差。

[0104] 通过轧制板材宽度方向厚度误差数据计量单元利用轧制板材表面宽度方向厚度数据与轧制板材宽度方向设计厚度数据进行数值作差计算出轧制板材厚度与设计板材厚度的误差数据, 实现轧制板材板厚误差在线精确测量反馈; 同时轧制板材宽度方向厚度误差数据统计分析单元将轧制板材宽度方向厚度误差数据进行均值处理, 求出轧制板材厚度误差均值, 保证轧制板材厚度科学均匀调整; 轧制板材宽度方向厚度误差调整执行单元基于轧制板材宽度方向厚度误差均值数据调整轧机工作辊之间距离消除轧制板材厚度加工误差, 实现轧制板材厚度自动分析计量调整, 保证了轧机轧制板材板形的质量和效率。

[0105] 一种实现的轧机热成像板形控制方法的运行系统, 该系统包括轧制板材表面温度和板材厚度数据获取模块、轧制板材表面冷却液喷淋量处理模块、轧制板材宽度方向厚度误差分析模块、轧制板材宽度方向厚度误差调整模块;

[0106] 轧制板材表面温度和板材厚度数据获取模块包括轧制板材表面宽度方向热成像温度图像数据采集单元、轧制板材宽度方向厚度数据采集单元、轧制板材热成像温度图像和厚度数据预处理单元;

[0107] 轧制板材表面宽度方向热成像温度图像数据采集单元,使用热成型仪采集轧机输入侧的轧制板材表面宽度方向热成像温度图像数据;轧制板材宽度方向厚度数据采集单元,使用高温激光位置传感器采集轧机输出侧的轧制板材表面宽度方向厚度数据;轧制板材热成像温度图像和厚度数据预处理单元,利用高斯滤波算法对轧制板材表面宽度方向热成像温度图像数据和轧制板材表面宽度方向厚度数据进行数据降噪预处理;

[0108] 轧制板材表面冷却液喷淋量处理模块包括轧制板材热成像温度数值识别图像数据存储单元、轧制板材表面宽度方向温度测算单元、轧制板材表面宽度方向冷却液喷淋量计量单元;

[0109] 轧制板材热成像温度数值识别图像数据存储单元,用于存储轧制板材热成像温度数值识别图像数据;轧制板材表面宽度方向温度测算单元,将预处理的轧制板材表面宽度方向热成像温度图像数据与轧制板材热成像温度数值识别图像数据利用图像识别算法进行测算,输出轧制板材表面宽度方向温度分布数据;轧制板材表面宽度方向冷却液喷淋量计量单元,依据轧制板材表面宽度方向温度分布数据与轧制板材表面冷却关系建立轧制板材表面温度与冷却液喷淋量数学式,计算输出轧制板材表面宽度方向冷却液喷淋量数据;

[0110] 轧制板材宽度方向厚度误差分析模块包括轧制板材宽度方向设计厚度数据存储单元、轧制板材宽度方向厚度误差数据计量单元、轧制板材宽度方向厚度误差数据统计分析单元;

[0111] 轧制板材宽度方向设计厚度数据存储单元,用于存储轧制板材宽度方向设计厚度数据;轧制板材宽度方向厚度误差数据计量单元,在轧制板材表面冷却轧制后,依据轧制板材表面宽度方向厚度数据与轧制板材宽度方向设计厚度数据进行数值比对,计算输出轧制板材宽度方向厚度误差数据;轧制板材宽度方向厚度误差数据统计分析单元,将轧制板材宽度方向厚度误差数据利用统计方法计量分析出轧制板材宽度方向厚度误差均值数据;

[0112] 轧制板材宽度方向厚度误差调整模块包括轧制板材宽度方向厚度误差统计数据调用单元、轧制板材宽度方向厚度误差调整执行单元;

[0113] 轧制板材宽度方向厚度误差统计数据调用单元,用于调用轧制板材宽度方向厚度误差均值数据;轧制板材宽度方向厚度误差调整执行单元,依据轧制板材宽度方向厚度误差均值数据调整轧机工作辊之间距离消除轧制板材厚度加工误差。

[0114] 尽管已经示出和描述了本发明的实施例,对于本领域的普通技术人员而言,可以理解在不脱离本发明的原理和精神的情况下可以对这些实施例进行多种变化、修改、替换和变型,本发明的范围由所附权利要求及其等同物限定。

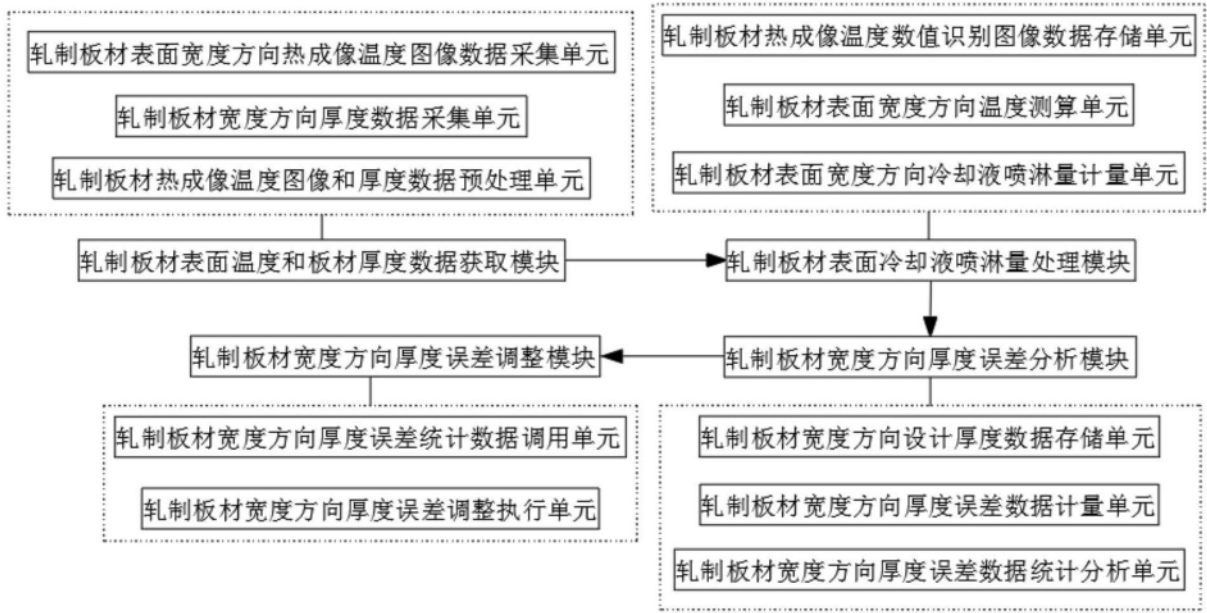


图1

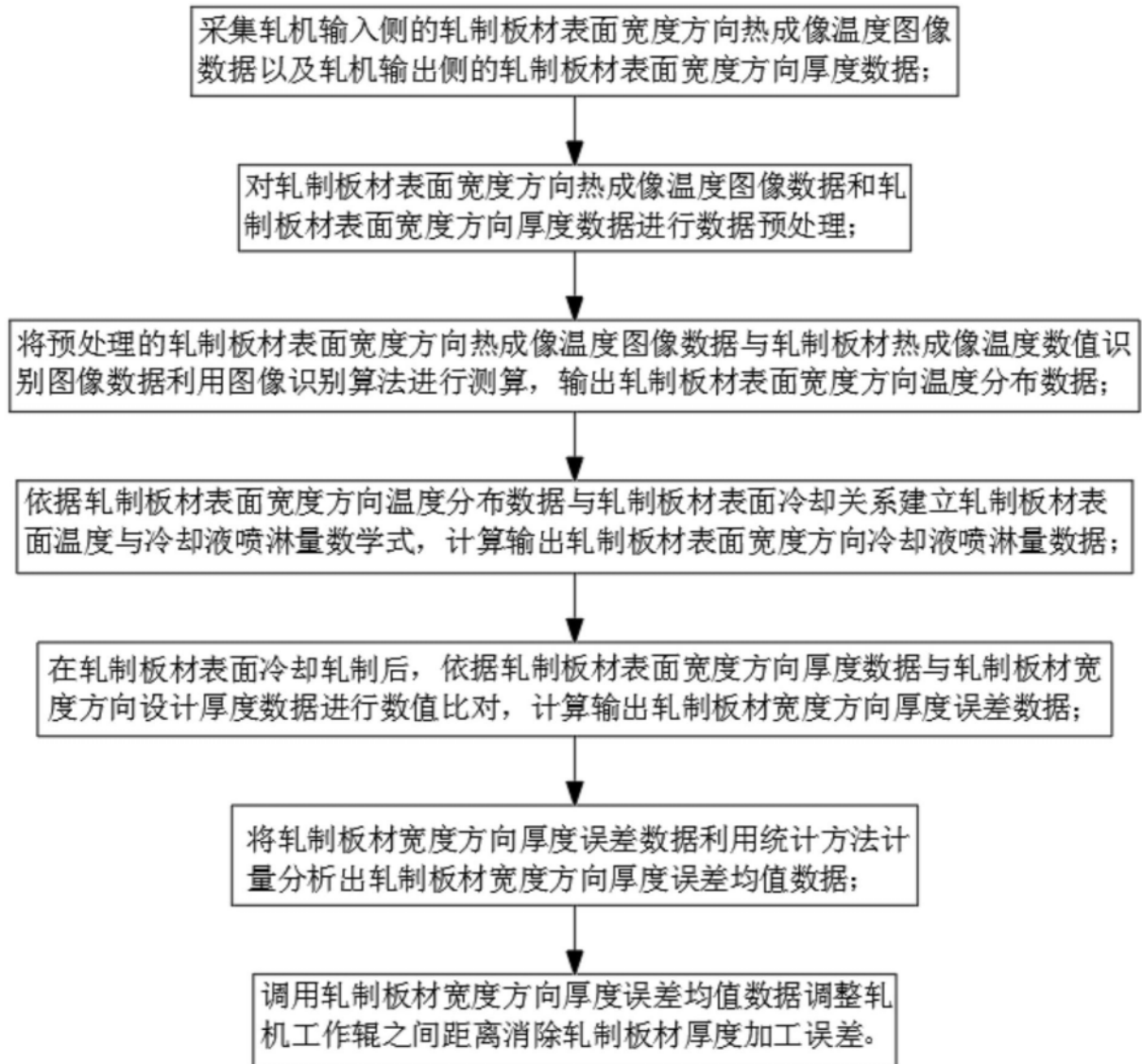


图2