



(12) 实用新型专利

(10) 授权公告号 CN 201950071 U

(45) 授权公告日 2011. 08. 31

(21) 申请号 201020666002. 1

(22) 申请日 2010. 12. 17

(73) 专利权人 中冶南方工程技术有限公司

地址 430223 湖北省武汉市东湖新技术开发区大学园路 33 号

(72) 发明人 陈跃华 王利国

(74) 专利代理机构 北京汇泽知识产权代理有限公司 11228

代理人 程殿军

(51) Int. Cl.

B21B 37/18(2006. 01)

(ESM) 同样的发明创造已同日申请发明专利

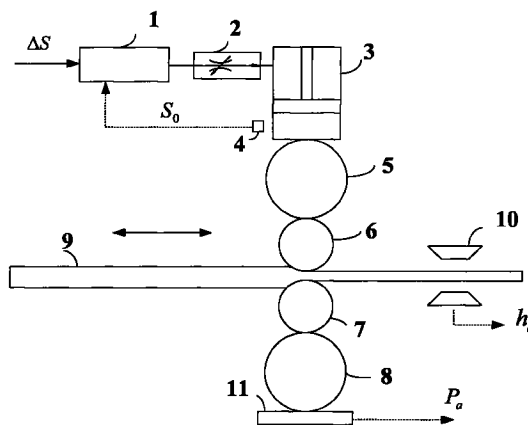
权利要求书 1 页 说明书 6 页 附图 1 页

(54) 实用新型名称

基于测厚仪分段监控的高精度自动厚度控制设备

(57) 摘要

本实用新型公开了一种基于测厚仪分段监控的高精度自动厚度控制设备,包括四辊可逆轧机辊系,该辊系包括上支撑辊、上工作辊、下工作辊和下支撑辊相连;所述上工作辊与下工作辊的间隙能够放置轧制的钢板;该自动厚度控制设备还包括调节所述上工作辊、下工作辊间辊缝位置值的轧机使用压下系统、测量辊缝实际值的位移传感器以及根据辊缝位置设定值与实际值的差值调节伺服阀开口度的轧机压下控制器,在轧机出口侧设有测量通过钢板厚度的测厚仪,还设有测量当前轧制力实际值的轧制力测量元件。本实用新型使用测厚仪分段监控的方式精确测量出厚度计算模型的误差,实现了轧材出口厚度的高精度计算,提高厚度控制精度。



1. 一种基于测厚仪分段监控的高精度自动厚度控制设备,其特征在于,包括四辊可逆轧机辊系,该辊系包括上支撑辊、上工作辊、下工作辊和下支撑辊相连;所述上工作辊与下工作辊的间隙能够放置轧制的钢板;该自动厚度控制设备还包括调节所述上工作辊、下工作辊间辊缝位置值的轧机使用压下系统、测量辊缝实际值的位移传感器以及根据辊缝位置设定值与实际值的差值调节伺服阀开口度的轧机压下控制器,在轧机出口侧设有测量通过钢板厚度的测厚仪,还设有测量当前轧制力实际值的轧制力测量元件。

2. 根据权利要求1所述的基于测厚仪分段监控的高精度自动厚度控制设备,其特征在于,所述自动厚度控制设备还包括通过电信号依次相连的计算钢板预测出口厚度的预测厚度计算装置、采样平均装置、绝对厚度计算装置以及AGC调节装置。

3. 根据权利要求2所述的基于测厚仪分段监控的高精度自动厚度控制设备,其特征在于,所述采样平均装置为采样厚度并计算其平均值的装置,其包括第一个采样平均装置和第二个采样平均装置,该第一个采样平均装置为采样测量厚度并计算其平均值的装置,第二个采样平均装置为采样预测厚度并计算其平均值的装置。

4. 根据权利要求2所述的基于测厚仪分段监控的高精度自动厚度控制设备,其特征在于,所述绝对厚度计算装置为计算钢板出口厚度绝对值的装置,其包括反向排列装置和厚度绝对值计算装置。

5. 根据权利要求2所述的基于测厚仪分段监控的高精度自动厚度控制设备,其特征在于,所述AGC调节装置为计算下道次的AGC调节量和分段AGC调节量的装置。

## 基于测厚仪分段监控的高精度自动厚度控制设备

### 技术领域

[0001] 本实用新型涉及一种用于可逆热轧机的高精度板材轧制自动厚度控制 (AGC) 设备,特别是涉及一种基于测厚仪分段监控的高精度自动厚度控制设备。

### 背景技术

[0002] 为了改善钢板的纵向公差,提高产品厚度命中率,国内外对轧机自动厚度控制系统进行了大量的研究。目前国内中厚板热轧厂普遍使用了测厚计型 AGC 系统,测厚计型 AGC 系统的主要特点是使用轧机弹跳方程计算轧后钢板厚度作为实测厚度,用设定厚度同计算厚度的差计算压下调节量。

[0003] 最初的测厚计型 AGC 是以某一厚度作为基准厚度,然后在轧制过程中,以检测出的出口辊缝和轧制压力的增量信号来控制厚度,使钢板的厚度都被控制在该基准厚度范围之内,从而达到控制同板差目的的厚控系统。这种最初的 AGC 方式收敛速度很慢,后来日本人 M. Saito 在扇岛板材轧机上进行高精度轧板厚度控制应用中,采用了一种绝对值方式的 AGC 系统,用弹跳方程预报钢板的绝对厚度,该系统配备了绝对板厚调节和高速液压压下,实现了高精度的轧板厚度控制,这种方法在国内热轧厂得到了大量的应用,其厚度预测计算方法可以总结为:

$$[0004] \quad h = S_0 + \frac{p_a - p_0}{K_m} + A$$

[0005] 式中,  $h$ - 轧件计算出口厚度;  $S_0$ - 轧机辊缝值;  $p_a$ - 轧制力实际值;  $p_0$ - 零辊缝调整时的设定压力值;  $K_m$ - 轧机刚度值;  $A$ - 误差常数,由轧辊磨损、热膨胀或其它计算误差等组成。

[0006] 由于各种误差难以精确估计,真实的轧机刚度系数和控制系统中的设定刚度不可能完全一致,所以计算出的厚度与实际轧出的厚度之间有较大的误差。日本和国内某些工厂的方法都是修正常数  $A$ ,但是不能很好地提高厚度命中率。因为对一个品种规格的产品,各道次之间的参数并不相等,例如各道次轧制力就相差很大,而且同一道次中的轧制力波动也相当大,这就决定了误差  $A$  不可能为常数,使用修正常数  $A$  的方法来解决其结果就不理想。这是绝对值测厚计型 AGC 系统的难点,制约了这种方式的厚度精度。

### 实用新型内容

[0007] 有鉴于此,本实用新型要解决的技术问题在于提供一种基于测厚仪分段监控的高精度自动厚度控制设备,采用测厚仪分段监控的方式精确测量出厚度计算模型的误差,实现轧材出口厚度的高精度计算,提高厚度控制精度。

[0008] 为解决上述技术问题,本实用新型的技术方案是这样实现的:一种基于测厚仪分段监控的高精度自动厚度控制设备,其特征在于,包括四辊可逆轧机辊系,该辊系包括上支撑辊、上工作辊、下工作辊和下支撑辊相连;所述上工作辊与下工作辊的间隙能够放置轧制的钢板;该自动厚度控制设备还包括调节所述上工作辊、下工作辊间辊缝位置值的轧机使

用压下系统、测量辊缝实际值的位移传感器以及根据辊缝位置设定值与实际值的差值调节伺服阀开口度的轧机压下控制器,在轧机出口侧设有测量通过钢板厚度的测厚仪,还设有测量当前轧制力实际值的轧制力测量元件。

[0009] 其中,所述自动厚度控制设备还包括通过电信号依次相连的计算钢板预测出口厚度的预测厚度计算装置、采样平均装置、绝对厚度计算装置以及 AGC 调节装置。

[0010] 进一步,所述采样平均装置为采样厚度并计算其平均值的装置,其包括第一个采样平均装置和第二个采样平均装置,该第一个采样平均装置为采样测量厚度并计算其平均值的装置,第二个采样平均装置为采样预测厚度并计算其平均值的装置。

[0011] 进一步,所述绝对厚度计算装置为计算钢板出口厚度绝对值的装置,其包括反向排列装置和厚度绝对值计算装置。

[0012] 进一步,所述 AGC 调节装置为计算下道次的 AGC 调节量和分段 AGC 调节量的装置。

[0013] 本实用新型达到的技术效果如下:本实用新型的基于测厚仪分段监控的高精度自动厚度控制设备,将造成计算厚度误差的因素分为两部分来分别进行补偿,一部分是随轧制参数变化而变化的因素,例如油膜厚度随轧制压力和轧制速度不同而变化,轧机刚度随轧件宽度不同而变化,这一部分的变化因素可以在轧机试运行期间采用各种测试方法来得到补偿值,例如油膜厚度补偿和轧件宽度补偿。另一部分是各道次间都变化很小的轧机误差,例如轧辊磨损和热膨胀,这部分误差值使用测厚仪分段监控的方法估计出来,即将钢板沿长度方向分为一些小段,当钢板本道次通过测厚仪的时候对每一小段都分别计算误差平均值,在下道次用于修正计算的出口厚度。本方法可高精度地计算出轧材的出口厚度,实现精确地补偿误差值,而不是靠修正误差常数的方法,克服了传统做法的难点,大大提高了厚度预报精度和命中率,从而提高了生产效率和板材质量。

## 附图说明

[0014] 图 1 为单机架四辊可逆热轧机及主要检测元件示意图。

[0015] 图 2 为本实用新型自动厚度控制方法的原理图。

[0016] 图中:1-轧机压下控制器;2-伺服阀;3-液压缸;4-位移传感器;5-上支撑辊;6-上工作辊;7-下工作辊;8-下支撑辊;9-钢板;10-测厚仪;11-轧制力测量元件;12-第一个采样平均装置;13-预测厚度计算装置;14-第二个采样平均装置;15-反向排列装置;16-厚度绝对值计算装置;17-AGC 调节装置。

## 具体实施方式

[0017] 下面结合实施例及附图对本实用新型作进一步说明。

[0018] 如图 1 所示,四辊可逆轧机的辊系由上支撑辊 5、上工作辊 6、下工作辊 7 和下支撑辊 8 组成,可以来回轧制钢板 9,钢板 9 沿一个方向完整轧制一次称为一个道次。轧机使用压下系统来调节上下工作辊之间的辊缝位置值,可以使用全液压压下或者电动液压联合压下,也可以采用压上方式,图 1 中使用液压缸 3 作为压下系统,即全液压压下方式。辊缝实际值由位移传感器 4 测量得到,轧机压下控制器 1 根据辊缝位置设定值和辊缝实际值之间的差值大小调节伺服阀 2 的开口度,进而控制压下液压缸 3 的位移量。在轧机出口侧安装有一个测厚仪 10 测量通过钢板的厚度,还装有轧制力测量元件 11,用来测量当前轧制力实

际值。其中测厚仪可以精确测量得到钢板的实际厚度,但由于其安装位置距离轧机有一段距离,无法将其测量值用于实时反馈控制,但可以用来实现高精度的监控。

[0019] 实施例 1. 一种基于测厚仪分段监控的自动厚度控制方法:

[0020] 参见图 1 和图 2,该补偿方法包括以下步骤:

[0021] 1、获取预测厚度值  $h_p$  并求取其平均值  $\overline{h_p}$ 、 $\overline{h_p(i)}$ :

[0022] 在轧制过程中,从咬钢开始直到本道次抛钢,计算预测厚度,采样预测厚度并求取平均值,具体为:

[0023] (1) 从本道次咬钢直到抛钢的过程中,计算预测厚度值。

[0024] 由于可逆轧机是来回轧制,配备有一台测厚仪的情况下,只在奇数道次或者是偶数道次才能测量到钢板厚度值。在测厚仪可以测得钢板厚度的道次,从轧机咬钢开始直到轧机抛钢,使用预测厚度计算装置 13 以下述公式计算钢板的预测出口厚度  $h_p$ :

$$[0025] \quad h_p = S_0 + \frac{P_a - P_0}{K_m} - T_{of} + C_b$$

[0026] 式中,  $h_p$ - 预测出口厚度值;  $S_0$ - 辊缝实际值;  $p_a$ - 轧制力实际值;  $p_0$ - 零辊缝调整时的设定压力值;  $K_m$ - 轧机刚度值;  $T_{of}$ - 油膜厚度补偿值,轧机试运行通过油膜厚度测试得到;  $C_b$ - 轧件宽度补偿值,轧机试运行通过轧板法测试得到;

[0027] (2) 采样预测出口厚度值,并计算其平均值。

[0028] 在本道次咬钢到抛钢的过程中,使用第二个采样平均装置 14,定时对预测出口厚度值进行采样,采样时间取一个较小的值,一般可以取 1ms 或 4ms,然后计算出本道次钢板平均预测出口厚度值  $\overline{h_p}$ 。

[0029] (3) 采样预测出口厚度值并计算出每一分段上的平均值。

[0030] 将钢板全长依一定长度分段,例如以 1m 为一段,最后不足 1m 的剩余部分为一段。在本道次咬钢到抛钢的过程中,仍使用第二个采样平均装置 14,采样预测出口厚度值并计算出每一分段上的平均值  $\overline{h_p(i)}$ ,  $1 \leq i \leq n_1$ ;  $n_1$  为钢板分段数。

[0031] 2、获取本道次测厚仪测量厚度的平均值  $\overline{h_a}$ 、 $\overline{h_a(i)}$ :

[0032] 在本道次钢板进入测厚仪至开始反向离开测厚仪的时间内,采样测厚仪测量厚度并求取其平均值,具体为:

[0033] (1) 本道次钢板进入测厚仪至反向离开测厚仪的时间内,使用第一个采样平均装置 12,采样测厚仪测量厚度  $h_a$  并求取其平均值  $\overline{h_a}$ ;

[0034] (2) 将进入测厚仪的钢板长度分段,分段方法同步骤 1,例如以 1m 为一段,最后不足 1m 的为一段。仍使用第一个采样平均装置 12,采样测厚仪测量厚度并计算每一分段上的测量厚度平均值  $\overline{h_a(i)}$ ,  $1 \leq i \leq n_2$ ;  $n_2$  为通过了测厚仪的钢板长度分段数。由于可能不是钢板全长都能进入测厚仪进行测量,因此这里的分段数  $n_2 \leq n_1$ 。

[0035] 3、获取下道次出口厚度绝对值  $h_{c,n}$ 、 $h_{c,n}(i)$ :

[0036] 计算本道次误差平均值和分段误差平均值,加上下道次预测厚度值求得下道次出口厚度绝对值,具体方法为:

[0037] (1) 采用下述计算公式计算,得到预测厚度误差平均值  $\overline{e}$  和每一分段上的误差平均值  $\overline{e(i)}$ :

$$[0038] \quad \bar{e} = \bar{h}_a - \bar{h}_p,$$

$$[0039] \quad \bar{e}(i) = \bar{h}_a(i) - \bar{h}_p(i), \quad 1 \leq i \leq n_2$$

[0040] 其中： $n_2$  为通过了测厚仪的钢板长度分段数；

[0041] (2) 根据下道次压下率，求得下道次的分段方式。

[0042] 例如，设本道次通过测厚仪的钢板有 9.8m，那么按 1m 分段，将分为 10 段，则本道次分段方式为：前面 9 段都是 1m 长，最后一段 0.8m 长；设下道次延伸率为 1.2，意味着本道次长度为 1m 的钢板经过下道次轧制后延长为 1.2m，这样下道次钢板的分段长度就为 1.2m，由于可逆轧机为来回轧制，因此本道次的最后一段变为下道次第一段，本道次 9.8m 的钢板经过下道次轧制就变为 11.76m，则下道次的分段方式为：以 1.2m 长度分段，仍分为 10 段，其中第一段为 0.96m，后面 9 段都是 1.2m。

[0043] (3) 将分段误差平均值数列  $\bar{e}(i)$  反向排列

[0044] 由于可逆轧机是来回轧制，本道次的钢板头部是下道次钢板尾部，本道次钢板尾部是下一道次钢板的头部，因此，要将本道次的分段误差平均值加到下道次钢板上，就必须将分段误差平均值  $\bar{e}(i)$  反向排列，这里使用反向排列装置 15 得到  $\bar{e}_r(i)$ 。

[0045] (4) 根据下道次预测厚度求得下道次出口厚度绝对值，使用厚度绝对值计算装置 16，计算方法为：

$$[0046] \quad h_{c,n} = h_{p,n} + \bar{e},$$

$$[0047] \quad h_{c,n}(i) = h_{p,n}(i) + \bar{e}_r(i), \quad 1 \leq i \leq n_2$$

[0048] 式中， $h_{c,n}$  为下道次钢板出口厚度绝对值； $h_{c,n}(i)$  为下道次分段出口厚度绝对值； $h_{p,n}$  为下道次预测厚度，计算方法同本道次； $h_{p,n}(i)$  为钢板下道次每一分段上的预测厚度值。

[0049] 例如，设本道次通过测厚仪的钢板长度为 9.8m，没有通过测厚仪的钢板长度为 2.1m，延伸率 1.2，则下道次可以进行分段补偿的钢板长度为 11.76m，不能分段补偿的钢板长度为 2.52m，分段数  $n_2 = 10$ 。下道次轧制的时候，前面 2.52m 的出口厚度绝对值按  $h_{c,n}$  计算；等轧机轧过 2.52m 后开始补偿第一段，第一段长度为 0.96m，这时将反转后的误差平均值数列  $\bar{e}_r(i)$  的第一项加到当前预测厚度值  $h_{p,n}(i)$  上去，后面的 9 段长度均为 1.2m，将相应的误差平均值顺次加到预测厚度值上去，这样就可以得到下道次钢板全长上的出口厚度绝对值。

[0050] 4、获取钢板全长上的 AGC 调节量  $\Delta S$ 、 $\Delta S(i)$ ：

[0051] 计算下道次钢板全长上的 AGC 调节量，具体方法为：

[0052] (1) 依据下道次出口厚度绝对值同出口厚度设定值的差值计算下道次 AGC 调节量  $\Delta S$  和每一分段上的 AGC 调节量  $\Delta S(i)$ ，使用 AGC 调节装置 17，计算公式为：

$$[0053] \quad \Delta S = (h_s - h_{c,n}) \times \left( \frac{K_m + C_m}{K_m} \right),$$

$$[0054] \quad \Delta S(i) = (h_s - h_{c,n}(i)) \times \left( \frac{K_m + C_m}{K_m} \right), \quad 1 \leq i \leq n_2$$

[0055] 式中， $h_s$  为下道次出口厚度设定值； $K_m$  为轧机刚度系数； $C_m$  为钢板塑性系数。

[0056] (2) 选择  $\Delta S$  或  $\Delta S(i)$  至压下控制器进行 AGC 调节。

[0057] 例如,依据上面例子中的情况,则下道次轧制时,在钢板的前 2.52m 选择将计算出的  $\Delta S$  送至液压压下控制器,而在后面的 11.76m 就将  $\Delta S(i)$  送至轧机的液压压下控制器。

[0058] 经过上述步骤,最终实现了基于测厚仪分段监控的高精度测厚计型自动厚度控制。如果还有后继道次,则重新进行上述过程。

[0059] 实施例 2. 基于测厚仪分段监控的自动厚度控制设备:

[0060] 该自动厚度控制装置的结构如图 2 所示,包括以电信号依次相连的预测厚度计算装置 13、采样平均装置、绝对厚度计算装置和 AGC 调节装置 17。

[0061] 所述预测厚度计算装置 13 是用来计算钢板预测出口厚度的装置,该装置通过在可编程逻辑控制器上编程实现,该装置利用下述公式计算:

$$[0062] \quad h_p = S_0 + \frac{P_a - P_0}{K_m} - T_{of} + C_b$$

[0063] 式中,  $h_p$ - 预测出口厚度值;  $S_0$ - 辊缝实际值;  $p_a$ - 轧制力实际值;  $p_0$ - 零辊缝调整时的设定压力值;  $K_m$ - 轧机刚度值;  $T_{of}$ - 油膜厚度补偿值;  $C_b$ - 轧件宽度补偿值;

[0064] 所述采样平均装置为两个采样厚度并计算其平均值的装置,其中第一个采样平均装置 12 为采样测量厚度并计算其平均值的装置,第二个采样平均装置 14 为采样预测厚度并计算其平均值的装置。

[0065] 所述绝对厚度计算装置为计算钢板出口厚度绝对值的装置,包括反向排列装置 15 和厚度绝对值计算装置 16,其中反向排列装置 15 是用来反向排列分段误差平均值  $\overline{e(i)}$  数列得到  $\overline{e_r(i)}$  的装置;厚度绝对值计算装置 16 为计算得到  $h_c$  和  $h_c(i)$  的装置,该装置利用下述公式计算:

$$[0066] \quad h_{c,n} = h_{p,n} + \overline{e}$$

$$[0067] \quad h_{c,n}(i) = h_{p,n}(i) + \overline{e_r(i)}, \quad 1 \leq i \leq n_2$$

[0068]  $\Delta$  式中,  $h_{c,n}$  为下道次钢板出口厚度绝对值;  $h_{p,n}$  为下道次预测厚度值;  $\overline{e}$  为本道次预测厚度误差平均值;  $h_{c,n}(i)$  为下道次钢板分段出口厚度绝对值;  $\overline{e_r(i)}$  为反向排列后的本道次分段预测厚度误差平均值;

[0069] 所述 AGC 调节装置 17 是用于计算  $\Delta S$  和  $\Delta S(i)$  的装置,该装置利用下述公式计算:

$$[0070] \quad \Delta S = (h_s - h_{c,n}) \times \left( \frac{K_m + C_m}{K_m} \right),$$

$$[0071] \quad \Delta S(i) = (h_s - h_{c,n}(i)) \times \left( \frac{K_m + C_m}{K_m} \right), \quad 1 \leq i \leq n_2$$

[0072] 式中,  $\Delta S$  为下道次 AGC 调节量;  $h_s$  为钢板下道次出口厚度设定值;  $\Delta S(i)$  为下道次分段 AGC 调节量,  $n_2$  为通过了测厚仪的钢板长度分段数;

[0073] 本实施例提供的基于测厚仪分段监控的自动厚度控制装置,其工作过程是:

[0074] 首先在测厚仪能够检测到钢板厚度的道次,从轧机咬钢开始直到本道次抛钢,使用预测厚度计算装置 13 计算钢板的出口预测厚度,同时使用第二个采样平均装置 14 采样并求取本道次预测厚度平均值和分段上的预测厚度平均值。

[0075] 从本道次钢板进入测厚仪开始直到钢板开始反向离开测厚仪,使用第一个采样平均装置 12 采样并求取本道次测量厚度平均值和分段上的测量厚度平均值。

[0076] 将本道次预测厚度平均值和测量厚度平均值相比较得到本道次预测厚度误差平均值；同样将本道次分段预测厚度平均值和分段测量厚度平均值相比较得到本道次分段预测厚度误差平均值。

[0077] 从下道次轧机咬钢开始直到轧机抛钢，仍使用预测厚度计算装置 13 计算下道次钢板的出口预测厚度，使用绝对厚度计算装置 16，将下道次出口预测厚度加上本道次预测厚度误差平均值即得到下道次的出口厚度绝对值；使用反向排列装置 15 将得到的分段预测厚度误差平均值反向排列，然后同样使用绝对厚度计算装置 16，将下道次分段预测厚度加上相应分段的预测厚度误差平均值即得到下道次分段出口厚度绝对值。

[0078] 最后使用 AGC 调节装置 17，根据下道次出口厚度绝对值和分段出口厚度绝对值同下道次设定出口厚度的差值计算得到下道次 AGC 调节量和分段 AGC 调节量，然后根据本道次钢板通过测厚仪的长度选择相应的 AGC 调节量或者分段 AGC 调节量加到液压压下控制器上去，实现对钢板的高精度自动厚度控制。

[0079] 以上所述，仅为本实用新型的较佳实施例而已，并非用于限定本实用新型的保护范围。



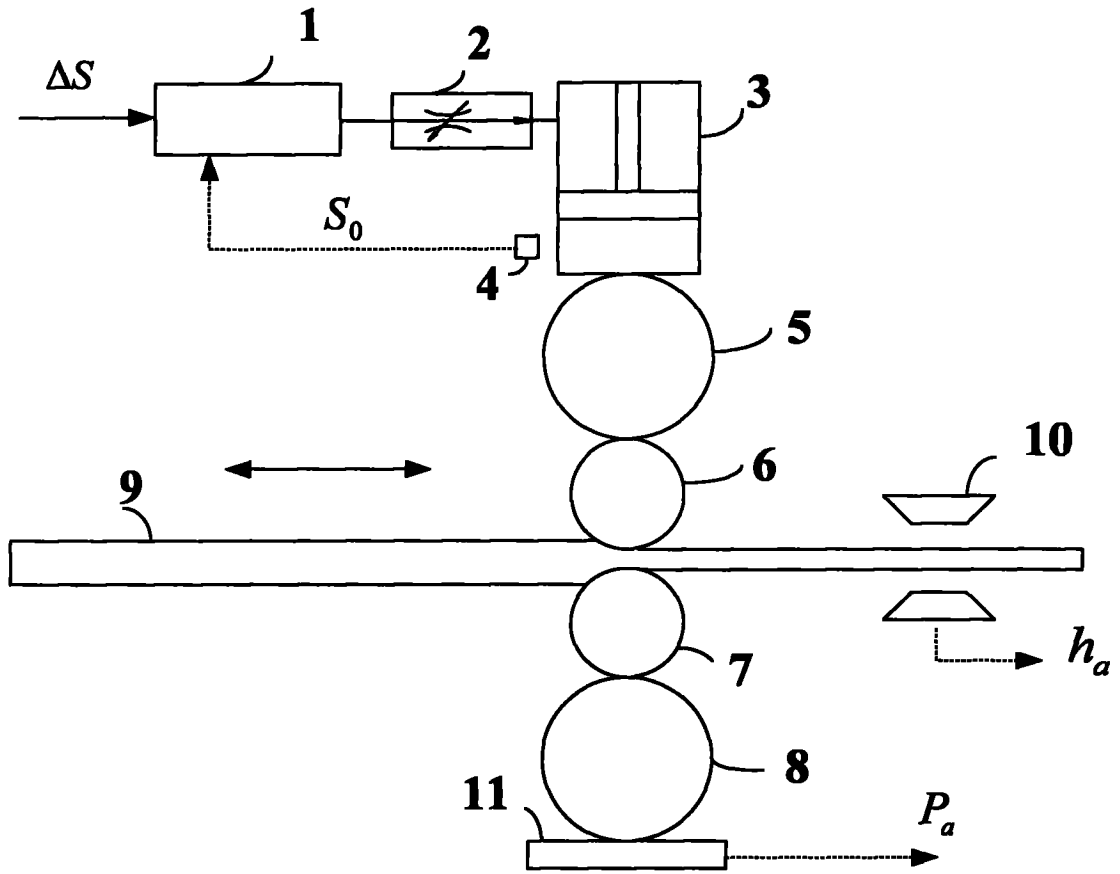


图 1

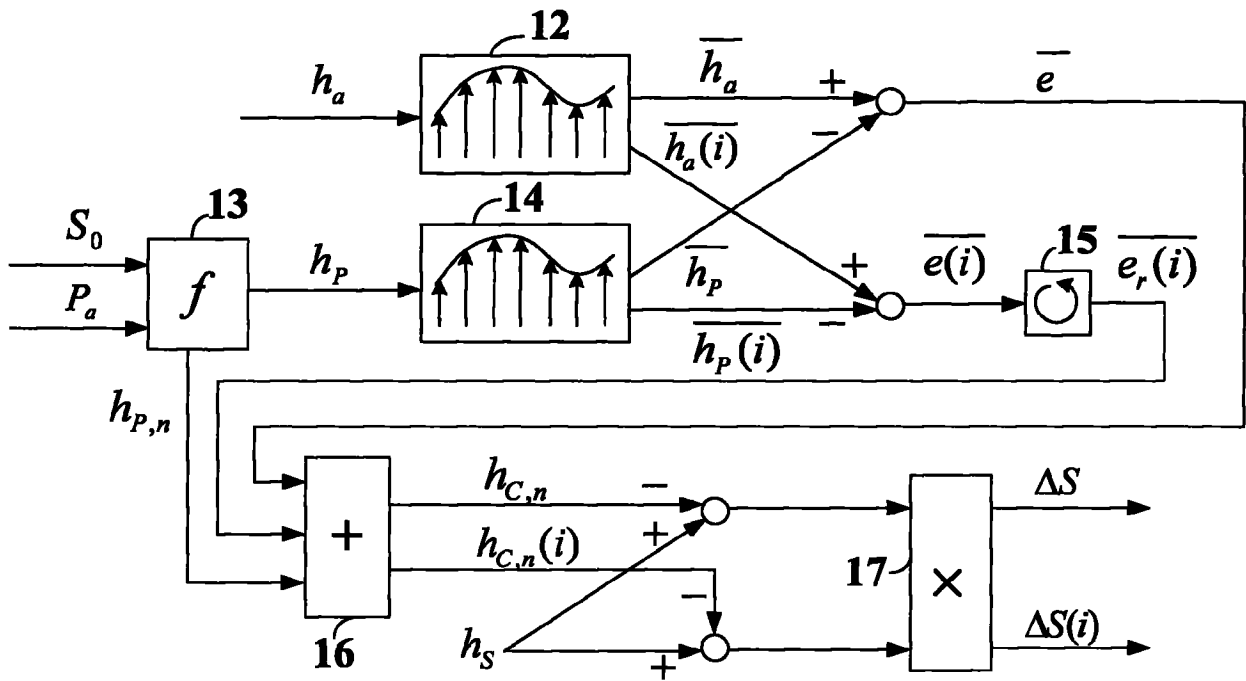


图 2