



(12) 发明专利申请

(10) 申请公布号 CN 120129575 A

(43) 申请公布日 2025.06.10

(21) 申请号 202380072498.X

(51) Int.Cl.

(22) 申请日 2023.10.10

B21B 37/00 (2006.01)

(85) PCT国际申请进入国家阶段日  
2025.04.11

B21B 37/18 (2006.01)

B21C 47/00 (2006.01)

B21C 51/00 (2006.01)

(86) PCT国际申请的申请数据  
PCT/JP2023/036763 2023.10.10

(87) PCT国际申请的公布数据  
W02025/079142 JA 2025.04.17

(71) 申请人 株式会社TMEIC  
地址 日本

(72) 发明人 手塚知幸

(74) 专利代理机构 永新专利商标代理有限公司  
72002

专利代理师 戚宏梅

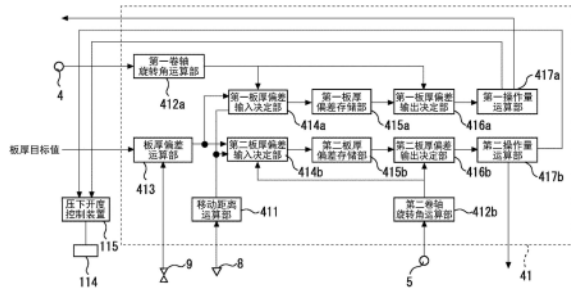
权利要求书1页 说明书9页 附图4页

(54) 发明名称

轧机的板厚控制装置

(57) 摘要

移动距离运算部运算轧制材从轧机移动的距离。卷轴旋转角运算部运算设置在轧机的入侧与出侧中的至少一方的卷轴的旋转角。板厚偏差运算部运算板厚偏差。板厚偏差输入决定部基于由移动距离运算部运算出的轧制材的移动距离与由卷轴旋转角运算部运算出的卷轴的旋转角,决定板厚偏差的输入定时。板厚偏差存储部基于由板厚偏差输入决定部决定的输入定时,将由板厚偏差运算部运算出的板厚偏差相加并存储。板厚偏差输出决定部基于由卷轴旋转角运算部运算出的卷轴的旋转角,决定板厚偏差的输出定时。操作量运算部基于由板厚偏差输出决定部决定的输出定时,读出板厚偏差存储部中存储的板厚偏差的累计值,基于该累计值来运算轧机的压下装置的操作量。



1. 一种轧机的板厚控制装置,其中,  
在所述轧机的出侧设置有板厚计,  
该板厚控制装置具备:  
移动距离运算部,运算由所述轧机轧制后的轧制材从所述轧机移动的距离;  
卷轴旋转角运算部,运算设置在所述轧机的入侧与出侧中的至少一方的卷轴的旋转角;  
板厚偏差运算部,基于由所述板厚计计测的轧制材的板厚计测值来运算板厚偏差;  
板厚偏差输入决定部,基于由所述移动距离运算部运算出的轧制材的移动距离以及由所述卷轴旋转角运算部运算出的卷轴的旋转角,决定板厚偏差的输入定时;  
板厚偏差存储部,基于由所述板厚偏差输入决定部决定的输入定时,将由所述板厚偏差运算部运算出的板厚偏差相加并存储;  
板厚偏差输出决定部,基于由所述卷轴旋转角运算部运算出的所述卷轴的旋转角,决定板厚偏差的输出定时;以及  
操作量运算部,基于由所述板厚偏差输出决定部决定的输出定时,读出所述板厚偏差存储部所存储的板厚偏差的累计值,基于该累计值来运算所述轧机的压下装置的操作量。
2. 如权利要求1所述的轧机的板厚控制装置,其中,  
在所述轧机的出侧具备板速计,  
所述移动距离运算部基于由所述板速计计测的轧制材的速度,运算由所述轧机轧制后的轧制材的移动距离。
3. 如权利要求1所述的轧机的板厚控制装置,其中,  
所述板厚偏差输入决定部以及所述板厚偏差输出决定部构成为,对所述板厚计的计测延迟、由信号传送、运算引起的延迟、以及所述轧机的压下装置的响应延迟中的至少一个进行补偿而分别决定所述输入定时以及所述输出定时。
4. 如权利要求1所述的轧机的板厚控制装置,其中,  
所述板厚偏差存储部构成为,对所述板厚偏差存储部中已存储的板厚偏差乘以小于1的遗忘系数,并加上由所述板厚偏差运算部运算出的板厚偏差。
5. 如权利要求1所述的轧机的板厚控制装置,其中,  
所述操作量运算部构成为,在运算所述压下装置的操作量时,取得与所述卷轴上卷绕的轧制材的卷材直径对应的调整系数,使用所取得的调整系数来调整操作量。
6. 如权利要求1至5中任一项所述的轧机的板厚控制装置,其中,  
在所述轧机的入侧与出侧的至少任一方设置有张力计,以使由所述张力计计测的张力成为张力目标值的方式对所述卷轴的电动机进行控制,  
所述操作量运算部构成为,基于所述压下装置的操作量,运算所述张力目标值的校正量。

## 轧机的板厚控制装置

### 技术领域

[0001] 本发明涉及一种轧机的板厚控制装置,特别涉及良好地应用于对金属等进行冷轧的轧机的板厚控制装置。

### 背景技术

[0002] 例如,在轧制过程中,通过由压下装置对轧机的上下工作辊间的间隙(以下称作“辊隙”)适当地进行操作,由此将被轧制材的板厚控制为板厚目标值(也称作产品板厚、设定板厚)。

[0003] 一般在轧机的入侧以及出侧的至少一方配置有卷绕轧制材的卷轴。在这种卷轴中,通常,对轧制材以将前端插入到进行卷取的部分(心轴)的间隙中的形式进行卷绕。在该情况下,由于轧制材的前端部隆起的原因而产生图8所示那样的卷轴的偏芯。其结果,每当卷轴旋转时,在轧机与卷轴之间就会产生轧制材的张力变动。张力变动对轧机出侧的板厚产生影响,导致产品品质的降低。

[0004] 例如,在专利文献1以及2中提出了抑制上述张力变动的方法。在专利文献1中,根据卷轴的旋转角将张力偏差储存于偏移寄存器,并且从偏移寄存器取出与旋转角对应的值,基于此对卷轴的马达扭矩进行操作,由此抑制与卷轴偏芯相伴随的张力变动。在专利文献2中,与卷轴旋转位置建立关联地保存卷轴直径变动量,基于该卷轴直径变动量来生成卷轴的旋转速度的校正值,通过对卷轴的旋转速度进行控制来抑制张力变动。无论在那种方法中,都是通过降低由卷轴偏芯引起的张力变动来实现成为产品品质的指标的板厚精度的提高。

[0005] 现有技术文献

[0006] 专利文献

[0007] 专利文献1:日本特开平11-285730公报

[0008] 专利文献2:日本特开2015-36150号公报

### 发明内容

[0009] 发明要解决的课题

[0010] 然而,在专利文献1中,考虑电流控制系统、张力产生系统、张力检测器的响应延迟来插入相位提前要素,但张力产生系统为物理现象,因此也有时相对于通过理论式推断出的延迟产生偏差,不容易充分抑制张力变动。在专利文献2中,基于卷轴直径变动量来校正旋转速度,以便与轧机之间不产生速度差,但速度控制系统的响应一般不太快,因此有可能无法充分降低由卷轴偏芯引起的张力变动。

[0011] 本发明是为了解决上述那样的课题而完成的,其目的在于提供一种轧机的板厚控制装置,即使由于由轧制材向卷轴的卷绕引起的卷轴偏芯而产生了轧制材的张力变动,也能够降低卷轴偏芯对轧机出侧的板厚的影响。

[0012] 用于解决课题的手段

[0013] 第一观点涉及一种轧机的板厚控制装置。在轧机的出侧设置有板厚计。板厚控制装置具备移动距离运算部、卷轴旋转角运算部、板厚偏差运算部、板厚偏差输入决定部、板厚偏差存储部、板厚偏差输出决定部、以及操作量运算部。移动距离运算部运算由轧机轧制后的轧制材从轧机移动的距离。卷轴旋转角运算部运算设置在轧机的入侧与出侧的至少一方的卷轴的旋转角。板厚偏差运算部基于由板厚计计测的轧制材的板厚计测值来运算板厚偏差。板厚偏差输入决定部基于由移动距离运算部运算出的轧制材的移动距离与由卷轴旋转角运算部运算出的卷轴的旋转角,决定板厚偏差的输入定时。板厚偏差存储部基于由板厚偏差输入决定部决定的输入定时,将由板厚偏差运算部运算出的板厚偏差相加并存储。板厚偏差输出决定部基于由卷轴旋转角运算部运算出的卷轴的旋转角,决定板厚偏差的输出定时。操作量运算部基于由板厚偏差输出决定部决定的输出定时,将由板厚偏差存储部存储的板厚偏差的累计值读出,基于该累计值来运算轧机的压下装置的操作量。

[0014] 第二观点在第一观点的基础上还具有如下的特征。在轧机的出侧具备板速计。移动距离运算部基于由板速计计测的轧制材的速度来运算由所述轧机轧制后的轧制材的移动距离。

[0015] 第三观点在第一观点的基础上还具有如下的特征。板厚偏差输入决定部以及板厚偏差输出决定部构成为,对由板厚计引起的计测延迟、由信号传送、运算引起的延迟、以及轧机的压下装置的响应延迟中的至少一个进行补偿而分别决定输入定时以及输出定时。

[0016] 第四观点在第一观点的基础上还具有如下的特征。板厚偏差存储部构成为,对于板厚偏差存储部中已存储的板厚偏差乘以小于1的遗忘系数,并加上由板厚偏差运算部运算出的板厚偏差。

[0017] 第五观点在第一观点的基础上还具有如下的特征。操作量运算部构成为,在运算压下装置的操作量时,取得与卷轴上所卷绕的轧制材的卷材直径对应的调整系数,使用所取得的调整系数来调整操作量。

[0018] 第六观点在第一至第五任一个观点的基础上还具有如下的特征。在轧机的入侧与出侧的至少任一方设置有张力计,以使由张力计计测的张力称为张力目标值的方式对卷轴的电动机进行控制。操作量运算部构成为,基于压下装置的操作量来运算张力目标值的校正量。

[0019] 发明效果

[0020] 根据第一观点,通过将板厚偏差与卷轴的旋转角建立对应,由此能够提取由卷轴偏芯引起的周期性的板厚变动。根据与卷轴的旋转角相应地提取的板厚变动来运算压下装置的操作量,对比以往例的速度控制系统响应快的压下装置进行操作。因而,即使由于由轧制材向卷轴的卷绕引起的卷轴偏芯而产生了轧制材的张力变动,也能够降低卷轴偏芯对轧机出侧的板厚的影响。

[0021] 根据第二观点,通过使用由板速计计测的轧制材的速度,能够高精度地运算由轧机轧制后的轧制材的移动距离。

[0022] 根据第三观点,通过对各种延迟进行补偿,能够高精度地决定输入定时以及输出定时。

[0023] 根据第四观点,通过对已存储的板厚偏差乘以遗忘系数 $\lambda$ ,由此在加上板厚偏差时能够降低已存储的板厚偏差的权重。第四观点能够良好地应用于卷轴的旋转角与板厚偏差

计测部位之间的对应关系随时间经过而产生偏差那样的情况。

[0024] 根据第五观点,能够使用与卷材直径相应的调整系数来调整压下装置的操作量。

[0025] 然而,当为了减少由卷轴偏芯引起的板厚变动而操作压下装置时,有时轧机的入侧与出侧的张力发生变化,由张力计计测的张力与张力目标值之间的偏差变大。在该情况下,若以所计测的张力成为张力目标值的方式进行张力控制,则反而有可能对轧机的出侧的板厚产生不良影响(板厚控制的精度恶化)。因此,通过如第六观点那样运算张力目标值的校正量并校正张力目标值,能够防止对轧机的出侧的板厚产生不良影响。

### 附图说明

[0026] 图1是示意地表示实施方式的轧机的板厚控制装置的构成的概略图。

[0027] 图2是示意地表示实施方式的轧机的板厚控制装置即过程控制计算机的构成的概略图。

[0028] 图3是用于说明以相等的旋转角分割卷轴并对分割的部分赋予的分割编号的图。

[0029] 图4是表示板厚偏差输入决定部存储的第一表的图。

[0030] 图5是表示板厚偏差存储部存储的第二表的图。

[0031] 图6是用于说明调整系数的设定例的图。

[0032] 图7是表示实施板厚控制装置的过程控制计算机的硬件构成的一个例子的图。

[0033] 图8是用于说明卷轴的偏芯的图。

### 具体实施方式

[0034] 以下,参照附图,以应用于设置在冷轧成套设备RP中的轧机的情况为例,对本发明的实施方式进行说明。另外,在各图中对于共通的要害标注相同的附图标记而省略重复的说明。

[0035] 图1是示意地表示实施方式的轧机的板厚控制装置所应用的冷轧成套设备的构成的概略图。轧机1将铁钢或者其他金属材作为轧制材M,将轧制材M轧制为规定的目标产品板厚。

[0036] 轧机1具备1台轧机架11。轧机架11具备上下一对工件辊111、上下一对支撑辊112、以及辊旋转用的电动机113。在支撑辊112设置有压下装置114,通过压下开度控制装置115来控制压下装置114的压下开度进而控制上下的工件辊111之间的辊隙。

[0037] 在轧机1的入侧配置有入侧卷轴2,在轧机1的出侧配置有出侧卷轴3。将入侧卷轴2上所卷绕的轧制材M一边向箭头所示的一个方向(从左向右的方向)输送一边由轧机1进行轧制后由出侧卷轴3卷取。另外,在轧机1为可逆式的情况下,在两个卷轴2、3之间多次往复对轧制材M进行轧制,直到成为目标板厚为止。

[0038] 在入侧卷轴2以及出侧卷轴3设置有卷轴旋转用的电动机21、31,电动机21、31由扭矩控制装置22、32控制。在入侧卷轴2以及出侧卷轴3分别设置有用检测各卷轴2、3的旋转角的旋转角检测器4、5。作为旋转角检测器4、5,例如能够使用由脉冲发生器、计数器等构成的公知检测器,因此省略进一步的说明。另外,在入侧卷轴2与轧机1之间、以及出侧卷轴3与轧机1之间分别设置有对轧制材M的张力进行计测的张力计6、7。扭矩控制装置22、32基于张力控制的校正量来决定电动机21、31的扭矩(或者电流),该张力控制以使由扭矩(或者电

流)张力计6、7计测的轧机1的入侧以及出侧的轧制材M的张力成为所赋予的张力目标值的方式进行控制。

[0039] 在轧机1的出侧设置有对轧制材M的速度进行计测的板速计8、以及对轧制材M的实际板厚进行计测的板厚计9。另外,虽然图示省略,但在轧机1为可逆式的情况下,在轧机1的入侧也同样设置有板速计以及板厚计。

[0040] 冷轧成套设备RP通过使用了计算机的控制系统来运转(操纵)。计算机包括经由网络相互连接的上位计算机40与过程控制计算机41。过程控制计算机41经由网络连接有操作人员的操作画面即接口画面42。操作人员能够在接口画面42上进行控制条件的输入操作等。

[0041] 过程控制计算机41执行一系列轧制过程中的控制对象的设定计算、控制。另外,过程控制计算机41还具有对压下装置114的压下开度进行控制的功能。从上位计算机40对过程控制计算机41输入轧制材M的板厚目标值(产品板厚) $h^{REF}$ [mm]。

[0042] 过程控制计算机41基于板厚目标值 $h^{REF}$ [mm]、从接口画面42赋予的控制条件等,适当地控制各设备。过程控制计算机41计算能够实现板厚目标值 $h^{REF}$ 的各设备的设定,基于这些设定值对各设备的促动器进行操作。在各设备运行的期间,根据从各种计测器获得的值对促动器的动作进行修正。过程控制计算机41对轧机1的轧机架11的压下装置114进行操作而调整辊隙,以使轧制材M的板厚计测值(实际板厚) $h$ 成为板厚目标值(即,消除板厚偏差)。

[0043] 在本实施方式中,由于在产生了由卷轴偏芯引起的张力变动的情况下若是对电动机21、31进行控制而使张力恒定则响应性较低,因此其特征在于代替这种张力恒定控制而对响应性较高的压下装置114进行操作。以下,对具有这种特征的板厚控制装置进行详细说明。

[0044] 图2是示意地表示实施方式的轧机的板厚控制装置即过程控制计算机41的构成的概略图。图3是用于说明将卷轴2、3以相等的旋转角进行分割、并对所分割的部分赋予的分割编号的图。图4是表示板厚偏差输入决定部所存储的第一表Tb1的图。图5是表示板厚偏差存储部所存储的第二表Tb2的图。

[0045] 过程控制计算机41具备移动距离运算部411、卷轴旋转角运算部412(412a、412b)、板厚偏差运算部413、板厚偏差输入决定部414(414a、414b)、板厚偏差存储部415(415a、415b)、板厚偏差输出决定部416(416a、416b)、以及操作量运算部417(417a、417b)。

[0046] 另外,在本实施方式中,为了简化说明,对于第一卷轴旋转角运算部412a以及第二卷轴旋转角运算部412b不单独地进行说明,而作为卷轴旋转角运算部412进行说明。板厚偏差输入决定部414、板厚偏差存储部415、板厚偏差输出决定部416以及操作量运算部417也同样。

[0047] 移动距离运算部411根据由板速计8计测的轧制材M的速度 $v$ [m/s],根据下式(1)运算在运算周期 $\Delta t$ [sec]期间轧制材M前进的距离 $\Delta L$ 。运算周期 $\Delta t$ 能够根据轧制材M的速度 $v$ [m/s]来设定,例如能够设定为20msec。

[0048] 
$$\Delta L = v \times 1000 \times \Delta t \cdots (1)$$

[0049] 另外,在轧机1的出侧未设置板速计8的情况、或者板速计8由于故障等而无法使用的情况下,也可以根据轧机1的工件辊的周速(以下称为“辊周速”) $V_R$ [m/s]、前滑率 $f$ ,根据下式(2)来运算轧制材M的移动距离 $\Delta L$ 。

[0050]  $\Delta L = V_r \times (1+f) \times \Delta t \cdot \cdot \cdot (2)$

[0051] 卷轴旋转角运算部412将由旋转角检测器4检测出的旋转角值设为入侧卷轴2的旋转角,并且将由旋转角检测器5检测出的旋转角值设为出侧卷轴3的旋转角。在旋转角检测器4、5发出与各卷轴2、3的旋转相应的脉冲的情况下,卷轴旋转角运算部412能够对旋转角检测器4、5发出的脉冲进行计数,并分别运算出各卷轴2、3的旋转角。

[0052] 板厚偏差运算部413基于由板厚计9计测的板厚计测值 $h^{MEAS}$  [mm],根据下式(3)来运算板厚偏差 $\Delta h_x$  [mm]。

[0053]  $\Delta h_x = h^{MEAS} - h^{REF} \cdot \cdot \cdot (3)$

[0054] 在上式(3)中, $h^{REF}$ 为板厚目标值[mm]。另外,在从板厚计9向板厚偏差运算部413传送板厚偏差 $\Delta h_x$  [mm]的情况下,直接使用即可。

[0055] 板厚偏差输入决定部414决定将由板厚偏差运算部413运算出的板厚偏差 $\Delta h_x$ 向板厚偏差存储部415输入的定时。如图3所示,将入侧卷轴2以及出侧卷轴3各自的1周以相等的旋转角分割为N份,并预先赋予0至N-1的分割编号。如图4所示,板厚偏差输入决定部414具有能够与入侧卷轴2以及出侧卷轴3各自的分割数N(即,分割编号n)对应地存储N个要素的第一表Tb1。在第一表Tb1中,与轧制材M被轧机1轧制时的入侧卷轴2以及出侧卷轴3的旋转角、即分割编号n(n=0~N-1)建立对应地存储有由轧机1轧制后的部位从轧机1移动的距离 $L_0 \sim L_{N-1}$ 。

[0056] 板厚偏差输入决定部414为,当成为运算定时(控制周期k)时,将由移动距离运算部411运算出的移动距离 $\Delta L$ 与第一表Tb1下段的各要素相加(参照下式(4))。例如,在每个运算周期 $\Delta t$ 中轧制材M各移动50mm的情况下,在各个运算定时对各要素距离 $L_0 \sim L_{N-1}$ 加上50mm。控制周期k可以与运算周期 $\Delta t$ 相同,也可以与运算周期 $\Delta t$ 不同。

[0057]  $Ln[k] = Ln[k-1] + \Delta L[k] \cdot \cdot \cdot (4)$

[0058] 在上式(4)中, $Ln[k]$ 是在控制周期k中的分割编号n时轧制的轧制材M的部位从轧机1的移动距离[mm], $\Delta L[k]$ 是由移动距离运算部411运算出的控制周期k中的移动距离[mm]。

[0059] 接下来,板厚偏差输入决定部414对输入定时进行判断。这里,可以认为板厚偏差存储部415的分割编号n-1是板厚偏差的输入结束的时刻。此时,板厚偏差输入决定部414确认分割编号n是否达到输入定时。即,在满足下式(5)时,板厚偏差输入决定部414决定为是分割编号n的输入定时。

[0060]  $Ln[k] \geq L_x \cdot \cdot \cdot (5)$

[0061] 在上式(5)中, $L_x$ 是轧机1与设置在轧机1出侧的板厚计9之间的距离。在未满足上式(5)时,在接下来的运算定时再次对分割编号n确认是否达到输入定时。从分割编号0到N-1为止依次重复该确认,如果直至分割编号N-1也到达,则返回分割编号0。

[0062] 而且,板厚偏差输入决定部414为,如果由卷轴旋转角运算部412a、412b运算出的入侧卷轴2以及出侧卷轴3的旋转角达到与分割编号n对应的旋转角,则将与分割编号n对应的离轧机1的距离 $Ln$ 清零。

[0063] 通过上述一系列动作,可知板厚计9计测的板厚以与入侧卷轴2以及出侧卷轴3各自的哪个分割编号对应的旋转角被进行了轧制。

[0064] 然而,在上述板厚偏差输入决定部414的动作中未考虑板厚计9的计测延迟。因此,

根据该延迟的程度不同而板厚控制会成为振动性。因此,优选将板厚计9的计测延迟作为1次延迟来进行补偿。另外,产生由信号传送、运算引起的延迟,优选将这些延迟也包含在内来进行补偿。作为补偿方法,代替上式(5),对于入侧卷轴2使用下式(6)以及(7),对于出侧卷轴3使用下式(8)以及(9),决定输入定时。

$$L_{n\_ENT} - (1/2) \times D_{ENT} \times \varphi_{ENT} \times H / h \geq L_x \cdots (6)$$

$$\varphi_{ENT} = \tan^{-1} (\omega_{ENT} \times T_x) + \omega_{ENT} \times T_d \cdots (7)$$

$$L_{n\_DEL} - (1/2) \times D_{DEL} \times \varphi_{DEL} \geq L_x \cdots (8)$$

$$\varphi_{DEL} = \tan^{-1} (\omega_{DEL} \times T_x) + \omega_{DEL} \times T_d \cdots (9)$$

[0066] 在上式(6)~(9)中, $L_{n\_ENT}$ 、 $L_{n\_DEL}$ 是在入侧卷轴2的分割编号n时轧制的部位从轧机1的移动距离[mm]、在出侧卷轴3的分割编号n时轧制的部位从轧机1的移动距离[mm]。 $D_{ENT}$ 、 $D_{DEL}$ 是入侧卷轴2、出侧卷轴3上所卷绕的轧制材M的卷材直径[mm],H是入侧板厚[mm],h是出侧板厚[mm]。 $T_x$ 是板厚计时常数[s], $\omega_{ENT}$ 、 $\omega_{DEL}$ 是入侧卷轴2、出侧卷轴3的旋转角速度[rad/s]。

[0067] 这里,入侧卷轴2、出侧卷轴3的旋转角速度 $\omega_{ENT}$ 、 $\omega_{DEL}$ [rad/s],例如能够通过取由卷轴旋转角运算部412运算的旋转角的差分来求出。通过如上述那样对板厚计9的计测延迟进行补偿,能够实现板厚控制的精度提高。

[0068] 板厚偏差存储部415具有与板厚偏差输入决定部414相同的构造。如图5所示,板厚偏差存储部415具有能够与入侧卷轴2以及出侧卷轴3各自的分割数N(即,分割编号n)对应地存储N个要素的第二表Tb2。在第二表Tb2中,与轧制材M由轧机1轧制时的入侧卷轴2以及出侧卷轴3的旋转角、即分割编号n( $n=0 \sim N-1$ )建立对应地存储有通过将基于由板厚偏差输入决定部414决定的输入定时、由板厚偏差运算部413运算出的板厚偏差相加而得到的板厚偏差的累计值。板厚偏差存储部415例如在分割编号n的输入定时,进行下式(10)的运算,将其运算结果重新作为分割编号n下的板厚偏差的累计值而存储于第二表Tb2的下段。

$$\Delta h_n[k] = \lambda \times \Delta h_n[k-1] + \Delta h_x[k] \cdots (10)$$

[0070] 在上式(10)中, $\Delta h_n[k]$ 是针对控制周期k中的分割编号n的、板厚偏差的累计值[mm], $\lambda$ 是取0~1的值的遗忘系数, $\Delta h_x[k]$ 是由板厚偏差运算部413运算出的控制周期k中的板厚偏差[mm]。

[0071] 这里,当遗忘系数 $\lambda$ 被设定为1时,控制周期k中的板厚偏差、与在控制周期k之前(k-1、k-2、……)存储(已存储)的板厚偏差以相等的权重被存储。另一方面,通过对在控制周期k之前存储的板厚偏差乘以遗忘系数 $\lambda$ ,由此能够降低在控制周期k之前存储的板厚偏差的权重。例如,在分割编号(旋转角)与板厚偏差计测部位之间的对应关系随时间而不断偏差那样的情况下,通过将遗忘系数 $\lambda$ 设定为小于1,由此能够减少过去计测的板厚偏差的权重,其结果,能够实现板厚控制的精度提高,较有利。

[0072] 板厚偏差输出决定部416决定从板厚偏差存储部415输出板厚偏差的累计值的定时。即,板厚偏差输出决定部416在由卷轴旋转角运算部412运算出的入侧卷轴2以及出侧卷轴3各自的旋转角成为与分割编号对应的旋转角时,决定为与分割编号对应的板厚偏差的累计值的输出定时。

[0073] 此时,与板厚偏差输入决定部414相同,板厚偏差输出决定部416优选为,将压下装

置114的响应延迟设为1次延迟,对压下装置114的响应延迟进行补偿。例如,针对分割编号n的输出定时为,对于入侧卷轴2使用下式(11)以及(12)、对于出侧卷轴3使用下式(13)以及(14)来分别决定。

$$\theta_{ENT} + \varphi_{ENT} \geq \theta_n \quad \dots (11)$$

$$\varphi_{ENT} \geq \tan^{-1} (\omega_{ENT} \times T_H) \quad \dots (12)$$

$$\theta_{DEL} + \varphi_{DEL} \geq \theta_n \quad \dots (13)$$

$$\varphi_{DEL} \geq \tan^{-1} (\omega_{DEL} \times T_H) \quad \dots (14)$$

[0075] 在上式(11)~(14)中, $\theta_{ENT}$ 、 $\theta_{DEL}$ 是入侧卷轴旋转角[rad]、出侧卷轴旋转角[rad], $\theta_n$ 是与分割编号n对应的旋转角[rad]。 $T_H$ 是压下装置114的时间常数[s], $\omega_{ENT}$ 、 $\omega_{DEL}$ 是入侧卷轴2、出侧卷轴3的旋转角速度[rad/s]。

[0076] 操作量运算部417基于由板厚偏差输出决定部418决定的输出定时来运算压下开度控制装置115的校正量。例如,在分割编号n的输出定时,操作量运算部417进行下式(15)的运算,将运算结果 $\Delta S$ 向压下开度控制装置115输出。

$$\Delta S = \{K \times M / (M+Q) \times \Delta h_n\} \quad \dots (15)$$

[0078] 在上式(15)中, $\Delta S$ 是压下装置114的压下开度操作量(以下也称为“操作量”)[mm], $K$ 是调整系数, $M$ 是轧机1的轧机常数[kN/mm], $Q$ 是轧制材M的塑性系数[kN/mm], $\Delta h_n$ 是分割编号n的板厚偏差的累计值[mm]。

[0079] 这里,卷轴2、3的偏芯的影响为,在卷轴2、3所卷绕的轧制材M的卷材直径(也称作卷材径)较小时较大,随着卷材直径变大而逐渐变小。因此,也可以如图6所示那样,与卷材直径的变化相匹配地预先设定调整系数K,在运算压下开度操作量 $\Delta S$ 时取得与卷材直径相应的调整系数K,使用(乘以)所取得的调整系数K来调整操作量 $\Delta S$ 。据此,在卷材直径较小时,能够提高基于操作量 $\Delta S$ 的板厚控制效果,在卷材直径较大时,能够抑制压下开度操作量 $\Delta S$ 而使其不成为对于板厚控制的外部干扰。

[0080] 并且,操作量运算部417也可以构成为,对于通过上式(15)求出的压下开度控制装置115的操作量(校正量) $\Delta S$ 如下式(16)设置上下限值,在超过该范围的情况下,将操作量 $\Delta S$ 设定为上下限值。

$$\Delta S^{LL} \leq \Delta S \leq \Delta S^{UL} \quad \dots (16)$$

[0082] 在上式(17)中, $\Delta S^{LL}$ 是下限值, $\Delta S^{UL}$ 是上限值。当运算出的操作量 $\Delta S$ 低于下限值 $\Delta S^{LL}$ 时,操作量 $\Delta S$ 被替换为下限值 $\Delta S^{LL}$ ,当超过上限值 $\Delta S^{UL}$ 时,操作量 $\Delta S$ 被替换为上限值 $\Delta S^{UL}$ 。据此,虽然操作量 $\Delta S$ 被限制而留有板厚偏差,但是通过防止压下开度控制的不稳定,能够实现轧机1的稳定的轧制。

[0083] 然而,当对压下装置114进行操作时,轧机1的入侧与出侧的张力会发生变化。由此,由张力计6、7计测的张力与张力目标值之间的偏差变大,若以使计测的张力成为张力目标值的方式进行张力控制(即,若以使偏差消失的方式进行过度的张力控制),则有可能对轧机1的出侧的板厚产生不良影响(板厚控制的精度恶化)。为了抑制该影响,操作量运算部417根据压下开度的操作量 $\Delta S$ 来运算张力目标值的校正量,并对张力目标值进行校正。由此,校正后的张力目标值与张力目标值之间的偏差比校正前变小,不进行过度的张力控制,因此能够防止对轧机1的出侧的板厚产生不良影响。此时,与压下装置114的压下开度的操

作量  $\Delta S$  相同,也可以对张力目标值的校正量设置上下限值,并在其范围内进行校正。这里,压下开度的操作量  $\Delta S$  与张力的变化之间的关系能够如通过实验来变更压下装置114的压下开度并对此时的张力的变化进行计测、或者通过模拟来求出压下开度变更量 ( $\Delta S$ ) 与张力的变化量之间的相关关系这样预先设定。

[0084] 过程控制计算机41的具体构造无限定,但作为一个例子可以为如下那样。图7是表示过程控制计算机41的硬件构成的一个例子的图。过程控制计算机41的功能能够通过图7所示的处理电路来实现。该处理电路可以是专用硬件41a。该处理电路也可以具备处理器41b以及存储器41c。该处理电路也可以为,一部分形成为专用硬件41a,并且具备处理器41b以及存储器41c。图7的例子为,处理电路的一部分形成为专用硬件41a,并且处理电路还具备处理器41b以及存储器41c。

[0085] 处理电路的至少一部分也可以是至少一个专用硬件41a。在该情况下,处理电路例如对应于单一电路、复合电路、程序化的处理器、并列程序化的处理器、ASIC、FPGA、或者将这些组合而成的电路。

[0086] 处理电路也可以具备至少一个处理器41b以及至少一个存储器41c。在该情况下,过程控制计算机41的各功能通过软件、固件、或者软件与固件的组合来实现。软件以及固件被记述为程序,并储存于存储器41c。处理器41b通过将存储器41c所存储的程序读出并执行,由此实现板厚控制装置41的各部的功能。

[0087] 处理器41b也被称为CPU (Central Processing Unit)、中央处理装置、处理装置、运算装置、微处理器、微计算机、DSP。存储器41c例如对应于RAM、ROM、闪存器、EPROM、EEPROM等非易失性或者易失性的半导体存储器等。

[0088] 如此,处理电路能够通过硬件、软件、固件、或者这些的组合来实现过程控制计算机41的各功能。

[0089] 如以上说明那样,根据本发明,通过板厚计9计测轧机1的出侧的板厚,将所计测的板厚与板厚目标值之间的板厚偏差与卷轴2、3的旋转角建立对应,由此能够提取由卷轴偏芯引起的周期性的板厚变动(对轧机1出侧板厚的影响)。根据与卷轴2、3的旋转角对应地提取的板厚变动来运算压下开度控制装置115的校正量,并对响应比以往例的速度控制系统快的压下装置114进行操作。由此,即使由于因为卷轴2、3的卷绕而产生的卷轴偏芯而导致轧制材M的张力发生变动,也能够减少卷轴偏芯对轧机1出侧的轧制材M的板厚的影响,其结果,能够良好地保持轧机1出侧的板厚精度。

[0090] 以上,对本发明的实施方式进行了说明,但本发明并不限于上述实施方式,在不脱离本发明的主旨的范围内能够进行各种变形而实施。在上述实施方式中提及各要素的个数、数量、量、范围等数值的情况下,除了特别明示的情况、在原理上明确确定于该数值的情况以外,本发明不限于该提及的数值。另外,在上述实施方式中进行说明的构造等,除了特别明示的情况、在原理上明确确定于此的情况以外,对于本发明并非必须。

[0091] 在上述实施方式中,通过板厚偏差输入决定部414对板厚计9的计测延迟、以及由信号传送、运算引起的延迟进行补偿,通过板厚偏差输出决定部416对压下装置114的响应延迟进行补偿,但并不限于此。也可以通过板厚偏差输入决定部414对板厚计9的计测延迟进行补偿,通过板厚偏差输出决定部416对压下装置114的响应延迟、以及由信号传送、运算引起的延迟进行补偿,在该情况下也能够得到与上述实施方式相同的效果。而且,也可以

通过板厚偏差输入决定部414对板厚计9的计测延迟、压下装置114的响应延迟、以及由信号传送、运算引起的延迟一并进行补偿,在该情况下除了能够得到与上述实施方式相同的效果以外,还能够在软件设计上变得容易。另外,也能够通过板厚偏差输出决定部116对板厚计9的计测延迟、压下装置114的响应延迟、以及由信号传送、运算引起的延迟一并进行补偿。另外,能够对板厚计9的计测延迟、由信号传送、运算引起的延迟、以及轧机1的压下装置114的响应延迟中的至少一个进行补偿。

[0092] 在上述实施方式中,将轧制材M的移动方向设为图1中箭头所示的从左向右的方向来进行了说明,但并不限于此,即使在移动方向为相反方向(从右向左的方向)的情况下,也能够应用本发明。

[0093] 另外,在上述实施方式中,以对卷轴2、3的电动机21、31进行扭矩控制的情况为例进行了说明,但在速度控制的情况下也能够应用本发明。

[0094] 另外,在上述实施方式中,以使用四辊轧机(具有4个辊111、112的轧机)1的情况为例进行了说明,但轧机1并不限于此。在上述实施方式中,以轧机1具备1台轧机架11的情况为例进行了说明,但也可以具备2台以上的轧机架。在该情况下,与上述实施方式同样地运算各轧机架的压下装置的压下开度的操作量 $\Delta S$ 即可。

[0095] 符号的说明

[0096] 1:轧机,114:压下装置,2:入侧卷轴,3:出侧卷轴,4、5:旋转角检测器,6、7:张力计,8:板速计,9:板厚计,41:板厚控制装置,过程控制计算机,411:移动距离运算部,412:卷轴旋转角运算部,413:板厚偏差运算部,414:板厚偏差输入决定部,415:板厚偏差存储部,416:板厚偏差输出决定部,417:操作量运算部,M:轧制材。

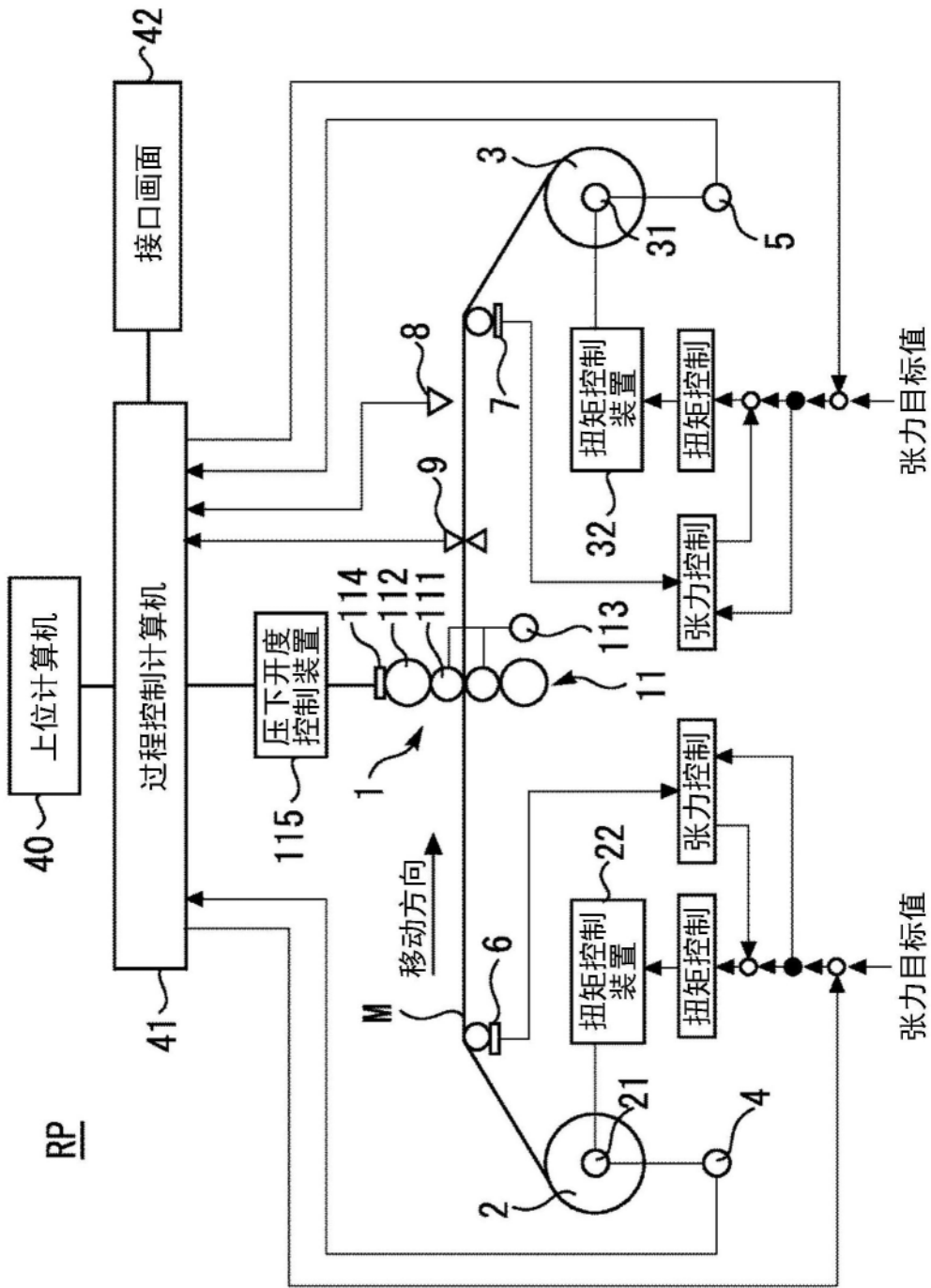


图1

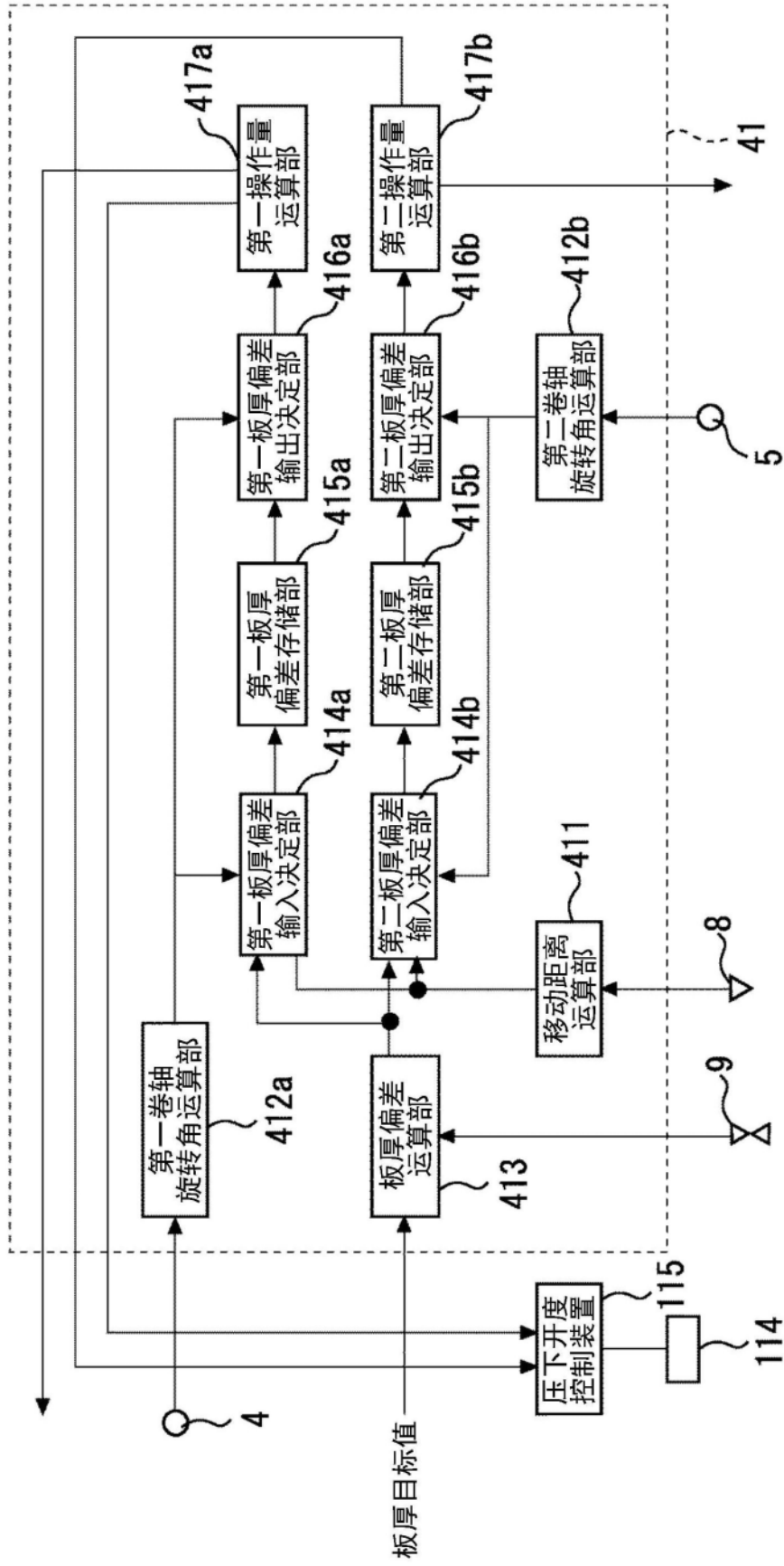


图2

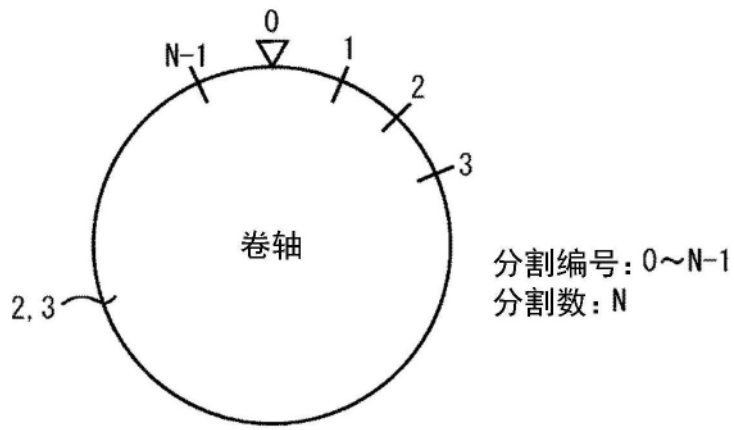


图3

Tb1

分割编号	0	1	...	N-1
离轧机的距离 [mm]	$L_0$	$L_1$	...	$L_{N-1}$

图4

Tb2

分割编号	0	1	...	N-1
板厚偏差的累计值 [mm]	$\Delta h_0$	$\Delta h_1$	...	$\Delta h_{N-1}$

图5

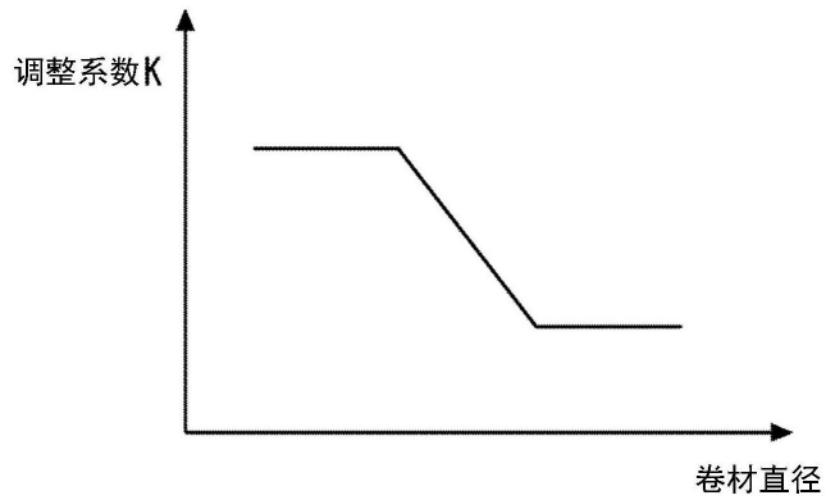


图6

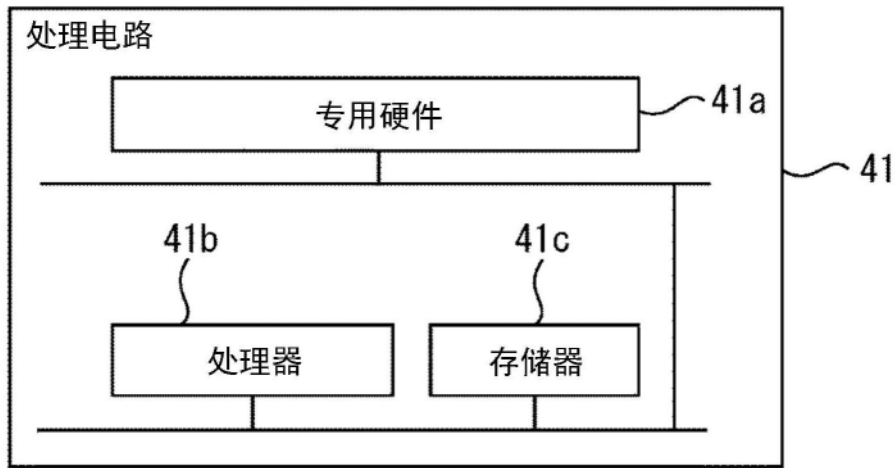


图7

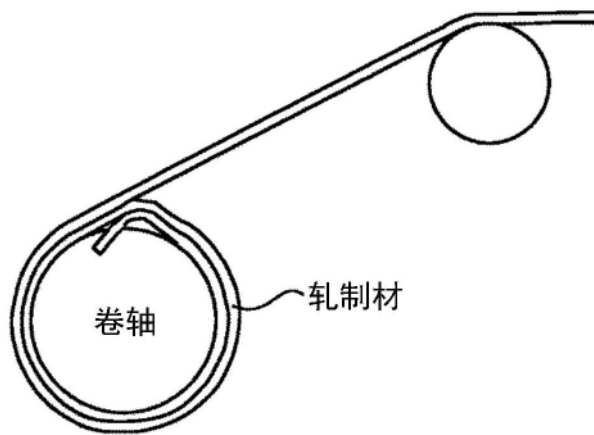


图8