

[19] 中华人民共和国国家知识产权局

[51] Int. Cl.

B29C 43/24 (2006.01)

B29C 43/46 (2006.01)

B29C 43/58 (2006.01)



# [12] 发明专利申请公开说明书

[21] 申请号 200610084845.9

[43] 公开日 2006年12月20日

[11] 公开号 CN 1880039A

[22] 申请日 2006.5.23

[21] 申请号 200610084845.9

[30] 优先权

[32] 2005.5.23 [33] JP [31] 2005-149927

[32] 2005.8.24 [33] JP [31] 2005-243246

[71] 申请人 东芝机械株式会社

地址 日本东京

[72] 发明人 水沼巧治 山口智则 山本刚裕

阿部友和

[74] 专利代理机构 中国国际贸易促进委员会专利商  
标事务所  
代理人 党建华

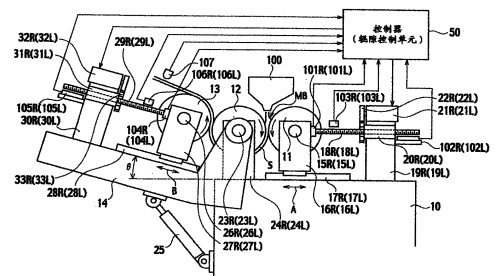
权利要求书 4 页 说明书 18 页 附图 7 页

## [54] 发明名称

薄板成形设备和辊隙控制方法

## [57] 摘要

本发明提供了薄板成形设备和辊隙控制方法，其中薄板成形设备选择性地使用两种模式：恒定辊隙控制模式，其中辊隙由辊隙调节装置控制，使得辊隙收敛到预定控制目标值；和恒定压制负载控制模式，其中辊隙由辊隙调节装置控制，使得压制负载收敛到预定控制目标值。



1.一种薄板成形设备，具有以一段距离平行放置的两个辊，并且通过在薄板的两个表面都与两个辊接触的情况下使薄板在旋转驱动的两个辊之间穿过而成形薄板，该薄板成形设备包括：

辊隙调节单元，通过移动两个辊中的至少一个来调节辊隙；和  
辊隙控制单元，具有两种控制模式：恒定辊隙控制模式，其中辊隙调节单元调节在两个辊之间的辊隙，使得在两个辊之间的辊隙收敛到预定的控制目标值；和恒定压制负载控制模式，其中辊隙调节单元调节在两个辊之间的辊隙值，使得作用在辊上的压制负载收敛到预定的控制目标值，通过选择性地运行两种模式中的任一种来控制辊隙。

2.根据权利要求1所述的薄板成形设备，还包括：

辊隙测量单元，测量在两个辊之间的辊隙；和  
压制负载测量单元，测量作用在辊上的压制负载。

3.根据权利要求1所述的薄板成形设备，其中

当启动薄板成形或修改薄板成形条件时，辊隙控制单元在恒定压制负载控制模式下控制辊隙，然后把控制模式从恒定压制负载控制模式切换到恒定辊隙控制模式，并且继续控制辊隙。

4.根据权利要求2所述的薄板成形设备，其中

当完成薄板成形的启动或者满足条件中的至少一个时，辊隙控制单元把控制模式从恒定压制负载控制模式切换到恒定辊隙控制模式，其中这些条件包括：从完成薄板成形条件的修改起过去预定时间的条件；辊隙的宽度变化收敛在预定范围内的条件；及成形薄板的厚度变化收敛在预定范围内的条件。

5.根据权利要求2所述的薄板成形设备，其中

当把控制模式从恒定压制负载控制模式切换到恒定辊隙控制模式时，辊隙控制单元把在模式切换之前立即测得的辊隙和在预定时间期间测得的辊隙的平均值之一设置为辊隙的控制目标值，并且当把控制模式从恒定辊隙控制模式切换到恒定压制负载控制模式时，辊隙控

制单元把在模式切换之前立即测得的压制负载和在预定时间期间测得的压制负载的平均值之一设置为压制负载的控制目标值。

6.根据权利要求2所述的薄板成形设备,其中

如果辊隙在恒定压制负载控制模式下变得小于或等于预定最小辊隙时,则辊隙控制单元把控制模式从恒定压制负载控制模式切换到恒定辊隙控制模式。

7.根据权利要求2所述的薄板成形设备,其中

辊隙测量单元测量在辊的一侧处的第一辊隙和在辊的另一侧处的第二辊隙,第一辊隙和第二辊隙包括在所述辊隙中,并且

如果第一辊隙与第二辊隙之差在恒定压制负载控制模式下变得大于或等于预定值时,则辊隙控制单元减小在具有较窄辊隙的辊的一侧上的压制负载的控制目标值,并且增大在具有较宽辊隙的辊的另一侧上的压制负载的控制目标值。

8.根据权利要求2所述的薄板成形设备,还包括:

温度测量单元,测量在辊隙调节单元上的温度,并且其中

辊隙控制单元基于由温度测量单元测得的温度校正辊隙的测量值,并且以辊隙的校正值运行恒定辊隙控制模式。

9.根据权利要求2所述的薄板成形设备,其中

辊隙控制单元由压制负载确定在薄板成形设备的每一部分上的弹性变形量,基于弹性变形量校正辊隙的测量值,及以辊隙的校正值运行恒定辊隙控制模式。

10.根据权利要求2所述的薄板成形设备,其中

两个辊中的一个能够相对于其上放置另一个辊的平面以一角度转动,并且

辊隙控制单元基于所述角度、辊和支撑辊的壳体的重量,校正压制负载的测量值。

11.根据权利要求2所述的薄板成形设备,其中

辊隙调节单元调节在辊的一侧处的第一辊隙和在辊的另一侧处的第二辊隙,第一辊隙和第二辊隙包括在所述辊隙中,并且

辊隙控制单元在恒定压制负载控制模式下由压制负载测量单元测得的压制负载的测量值与压制负载的控制目标值之间的偏差设置辊隙的控制目标值，并且通过辊隙调节单元控制第一辊隙和第二辊隙，使得在由辊隙测量单元测得的辊隙的测量值与辊隙的控制目标值之间的偏差成为零。

12.一种在薄板成形设备中的辊隙控制方法，该薄板成形设备具有以一段距离平行放置的两个辊，并且通过在薄板的两个表面都与两个辊接触的情况下使薄板在旋转驱动的两个辊之间穿过而形成薄板，该辊隙控制方法包括：

移动两个辊中的至少一个；  
测量在两个辊之间的辊隙；  
测量作用在辊上的压制负载；及

选择性地运行如下两种模式中的任一种：恒定辊隙控制模式，其中调节在两个辊之间的辊隙，使得在两个辊之间的辊隙收敛到预定的控制目标值；和恒定压制负载控制模式，其中调节在两个辊之间的辊隙值，使得作用在辊上的压制负载收敛到预定的控制目标值。

13.根据权利要求12所述的辊隙控制方法，还包括：

当启动薄板成形过程或修改薄板成形条件时，在恒定压制负载控制模式下控制辊隙；和

把控制模式切换到恒定辊隙控制模式，并且继续控制辊隙。

14.根据权利要求12所述的辊隙控制方法，还包括：

当完成薄板成形的启动或者满足条件：从完成薄板成形条件的修改起过去预定时间、辊隙的宽度变化收敛在预定范围内、及成形薄板的厚度变化收敛在预定范围内中的至少一个时，把控制模式从恒定压制负载控制模式切换到恒定辊隙控制模式。

15.根据权利要求12所述的辊隙控制方法，还包括：

当把控制模式从恒定压制负载控制模式切换到恒定辊隙控制模式时，把在模式切换之前立即测得的辊隙和在预定时间期间测得的辊隙的平均值之一设置为辊隙的控制目标值；和

当把控制模式从恒定辊隙控制模式切换到恒定压制负载控制模式时，把在模式切换之前立即测得的压制负载和在预定时间期间测得的压制负载的平均值之一设置为压制负载的控制目标值。

16.根据权利要求 12 所述的辊隙控制方法，还包括：

测量在辊的一侧处的第一辊隙和在辊的另一侧处的第二辊隙，第一辊隙和第二辊隙包括在所述辊隙中，和

如果第一辊隙与第二辊隙之差在恒定压制负载控制模式下变得大于或等于预定值时，则减小在具有较窄辊隙的辊的一侧上的压制负载的控制目标值，并且增大在具有较宽辊隙的辊的另一侧上的压制负载的控制目标值。

17.根据权利要求 12 所述的辊隙控制方法，还包括：

由在恒定压制负载控制模式下在压制负载的测量值与压制负载的控制目标值之间的偏差设置辊隙的控制目标值；和

控制辊隙，使得在辊隙的测量值与辊隙的控制目标值之间的偏差成为零。

18.根据权利要求 12 所述的辊隙控制方法，还包括：

把控制模式从恒定辊隙控制模式切换到恒定压制负载控制模式，在恒定压制负载控制模式下基于在模式切换时压制负载的测量值，改变压制负载的控制目标值，

当满足条件：从改变压制负载的控制目标值起过去预定时间、辊隙的宽度变化收敛在预定范围内、及成形薄板的厚度变化收敛在预定范围内中的至少一个时，把控制模式切换到恒定辊隙控制模式，以辊隙的当前测量值作为辊隙的控制目标值。

19.根据权利要求 12 所述的辊隙控制方法，还包括：

其中移动步骤包括在位置控制下调节辊位置，直到辊隙达到比要形成的薄板的厚度宽预定宽度的辊隙、或预定辊隙。

## 薄板成形设备和辊隙控制方法

### 技术领域

本发明涉及薄板成形设备和辊隙控制方法，并且更具体地说，涉及通过使薄板在两个辊之间穿过从而薄板的两个表面都接触两个辊而使用接触辊成形薄板的一种薄板成形设备和一种辊隙控制方法。

### 背景技术

使用挤压成形方法的薄板成形设备，公开在日本专利公开公报 No.H9-155948 和 No.H10-34748 中，包括以一段距离平行放置的两个辊。薄板成形设备通过使薄板（从 T 形模具供给的熔化树脂）在被旋转驱动的辊之间穿过而成形薄板，从而薄板的两个表面都与辊接触。

辊分别具有辊支撑壳体（轴承箱），在该辊支撑壳体之间带间隙插入楔形部件。由于一个辊支撑壳体借助于液压缸设备靠压另一个辊支撑壳体，所以通过控制楔形部件的插入深度调节间隙。

然而薄板成形设备具有如下问题：插入在两个辊支撑壳体之间的楔形部件，使得难以精确测量实质作用在两个辊之间成形的薄板上的负载的强度，并因而薄板成形设备仅能把间隙保持为恒定宽度。

当成形过程启动时（当成形条件修改时），增大从 T 形模具供给的熔化树脂的压制量要求加大在辊之间的间隙。如果加大时刻被延迟，则在间隙的上部处形成的熔化边沿（melt bank）变得较大。而且熔化边沿超越正常尺寸的尺寸增大引起辊旋转驱动马达过载，并且熔化边沿的熔化树脂粘结到 T 形模具唇边上，由此弄脏 T 形模具唇边。

另一方面，当成形过程启动时（当成形条件修改时），增大薄板的移送速度要求变窄在辊之间的间隙，因为薄板变得较薄。如果变窄时刻被延迟，则薄板的两个表面都与辊脱开。薄板与辊的脱开带来薄板通过辊的冷却不足，并且薄板由于不良硬化而保持柔软。薄板因而

在辊的较低部处滑离辊。

在自动启动时，使挤压机的转数和辊速度同步的加速不会立即增大熔化树脂的压制量，即使转数被增大也是如此。薄板厚度因而变得较薄或者熔化边沿渐少，从而薄板从辊隙滑下。

### 发明内容

本发明的目的在于，使辊隙控制自动化并且便于在启动时和在条件修改时的操作。

为了实现以上目的，本发明的第一方面提供一种薄板成形设备，该薄板成形设备具有以一段距离平行放置的两个辊，并且通过在薄板的两个表面都与两个辊接触的情况下使薄板在旋转驱动的两个辊之间穿过而成形薄板，该薄板成形设备包括：辊隙调节单元，通过移动两个辊中的至少一个来调节辊隙；和辊隙控制单元，具有两种控制模式：恒定辊隙控制模式，其中辊隙调节单元调节在两个辊之间的辊隙，使得在两个辊之间的辊隙收敛到预定控制目标值；和恒定压制负载控制模式，其中辊隙调节单元调节在两个辊之间的辊隙值，使得作用在辊上的压制负载收敛到预定控制目标值，通过选择性地运行两种模式中的任一种来控制辊隙。

为了实现以上目的，本发明的第二方面提供一种在薄板成形设备中的辊隙控制方法，该薄板成形设备具有以一段距离平行放置的两个辊，并且通过在薄板的两个表面都与两个辊接触的情况下使薄板在旋转驱动的两个辊之间穿过而成形薄板，该辊隙控制方法包括：移动两个辊中的至少一个；测量在两个辊之间的辊隙；测量作用在辊上的压制负载；及选择性地运行如下两种模式中的任一种：恒定辊隙控制模式，其中调节在两个辊之间的辊隙，使得在两个辊之间的辊隙收敛到预定控制目标值；和恒定压制负载控制模式，其中调节在两个辊之间的辊隙值，使得作用在辊上的压制负载收敛到预定控制目标值。

### 附图说明

图 1 是视图，示出在根据本发明的一个实施例中的一种薄板成形设备的整体结构。

图 2 是流程图，示出在该实施例中的一种辊隙控制方法(前半)。

图 3 是流程图，示出在该实施例中的一种辊隙控制方法(后半)。

图 4 是时序图，示出在该实施例中的辊隙控制方法

图 5 是视图，示出在根据本发明的另一个实施例中的一种薄板成形设备的整体结构。

图 6 是方块图，详细示出在该实施例中的薄板成形设备的一种辊隙控制设备。

图 7 是视图，示出在根据本发明的另一个实施例中的一种薄板成形设备的整体结构。

### 具体实施方式

参照图 1,描述根据本发明的一个实施例中的一种薄板成形设备。

薄板成形设备包括：固定基座 10，其上提供第一辊 11 和第二辊 12；和枢转基座 14，其上提供第三辊 13。第一辊 11、第二辊 12 及第三辊 13 彼此平行地排列。

第一辊 11 安装成绕其中心轴转动，使轴端 15R、15L 由轴承箱 16R、16L 支撑。轴承箱 16R、16L 与提供在固定基座 10 上的直线导向件 17R、17L 可移动地啮合。第一辊 11 因而在其中增大和减小辊隙的方向 A 上对于第二辊 12 是可移动的。

轴承箱 16R、16L 借助于测压元件 101R、101L 分别固定地连接到进给螺杆部件 18R、18L 的端部上。测压元件 101R、101L 用作用来测量作用在第一辊 11 的右和左轴承部分上的压制负载的压制负载测量装置。

在固定基座 10 上，进给螺母支撑件 19R、19L 固定地安装到旋转支撑进给螺母 20R、20L 上。进给螺杆部件 18R、18L 分别与进给螺母 20R、20L 螺杆啮合。在进给螺母支撑件 19R、19L 上，伺服马达 21R、21L 安装成借助于齿轮系 22R、22L 与进给螺母 20R、20L



驱动连接。伺服马达 21R、21L 转动地驱动进给螺母 20R、20L。

进给螺母 20R (20L) 通过伺服马达 21R (21L) 的转动使进给螺杆部件 18R (18L) 在轴线的方向上 (在 A 的方向上) 移动, 由此依据伺服马达 21R (21L) 的转动角度 (转动量) 在 A 的方向上移动轴承箱 16R (16L)。

这构造成在第一辊 11 的相应轴端部分处的辊隙调节装置。

线性 (liner) 传感器 102R、102L, 它们用作用来测量在第一辊 11 与第二辊 12 之间的辊隙的辊隙测量装置, 附加到进给螺母支撑件 19R、19L 上。线性传感器 102R、102L 在轴线方向上探测进给螺杆部件 18R、18L 的位置。线性传感器 102R 测量在第一辊 11 与第二辊 12 之间的右侧辊隙 (在辊的一侧处的辊隙)。线性传感器 102L 测量在第一辊 11 与第二辊 12 之间的左侧辊隙 (在辊的另一侧处的辊隙)。

提供温度传感器 103R、103L, 它们是用来测量辊隙调节装置的温度测量装置, 以探测进给螺杆部件 18R、18L 的温度。

第二辊 12 安装成绕其中心轴转动, 使轴端 23R、23L 由固定地安装在固定基座 10 上的轴承箱 24R、24L 支撑。

枢转基座 14 绕第二辊 12 的转动中心枢转地安装, 这能够使枢转基座 14 相对于水平面倾斜。枢转基座 14 连接到液压缸装置 25 上。液压装置 25 能够相对于水平面以可变角度 $\theta$ 保持枢转基座 14。代替液压缸装置 25, 有可能借助于用于枢转基座 14 的枢转驱动的伺服马达驱动而使用进给螺杆机构。

这能够使第三辊 13 绕第二辊 12 的转动中心枢转, 并且能够使枢转基座 14 相对于水平面保持倾斜。改变角度 $\theta$  (在图 1 中) 提供成使薄板 S 绕第二辊 12 和第三辊 13 的缠绕长度 (接触长度) 改变。换句话说, 改变第三辊 13 相对于第二辊 12 的位置能够改变角度 $\theta$ 。

第三辊 13 安装成绕其中心轴转动, 使轴端 26R、26L 由轴承箱 27R、27L 支撑。轴承箱 27R、27L 与提供在枢转基座 14 上的直线导向件 28R、28L 可移动地啮合。第三辊 13 因而在其中增大和减小辊隙的方向 B 上对于第二辊 12 是可移动的。

轴承箱 27R、27L 借助于测压元件 104R、104L 分别固定地连接到进给螺杆部件 29R、29L 的端部上。测压元件 104R、104L 用作用来测量作用在第三辊 13 的右和左轴承部分上的压制负载的压制负载测量装置。

在枢转基座 14 上，进给螺母支撑件 30R、30L 固定地安装到旋转支撑进给螺母 31R、31L 上。进给螺杆部件 29R、29L 分别与进给螺母 31R、31L 螺杆啮合。在进给螺母支撑件 30R、30L 上，伺服马达 32R、32L 安装成借助于齿轮系 33R、33L 与进给螺母 31R、31L 驱动连接。伺服马达 32R、32L 转动地驱动进给螺母 31R、31L。

进给螺母 31R (31L) 通过伺服马达 32R (32L) 的转动使进给螺杆部件 29R (29L) 在轴线的方向上 (在 B 的方向上) 移动，由此依据伺服马达 32R (32L) 的转动角度 (转动量) 在 B 的方向上移动轴承箱 27R (27L)。

这构造成在第三辊 13 的相应轴端部分处的辊隙调节装置。

线性传感器 105R、105L，它们用作用来测量在第二辊 12 与第三辊 13 之间的辊隙的辊隙测量装置，附加到进给螺母支撑件 30R、30L 上。线性传感器 105R、105L 在轴线方向上探测进给螺杆部件 29R、29L 的位置。线性传感器 105R 测量在第二辊 12 与第三辊 13 之间的右侧辊隙 (在辊的一侧处的辊隙)。线性传感器 105L 测量在第二辊 12 与第三辊 13 之间的左侧辊隙 (在辊的另一侧处的辊隙)。

提供温度传感器 106R、106L，它们是用来测量辊隙调节装置的温度测量装置，以探测进给螺杆部件 29R、29L 的温度。

尽管在图中没有示出，用于旋转驱动的电动机分别连接到第一辊 11、第二辊 12 及第三辊 13 上。电动机在逆时针方向上转动第一辊 11，在顺时针方向上转动第二辊 12，及在逆时针方向上转动第二辊 13。

在第一辊 11 与第二辊 12 之间的辊隙上方，提供在辊轴的方向上具有较长长度的 T 形模具 100。T 形模具 100 从其唇边部分把熔化树脂排出到辊隙，由此在辊隙的上部处形成熔化树脂的熔化边沿 MB。

由于第一辊逆时针转动，第二辊顺时针转动及第三辊逆时针转

动，所以薄板以接触辊方法成形。薄板 S 的两个表面都在第一与第二辊之间的辊隙处接触第一辊 11 和第二辊 12，并且在第二与第三辊之间的辊隙处接触第二辊 12 和第三辊 13。

在成形薄板 S 的输送路径中，提供薄板厚度测量单元 107。薄板厚度测量单元 107 采用诸如激光、β射线、红外线、X 射线或空气之类的非接触类型，并且在薄板 S 被输送的同时测量其厚度。尽管薄板厚度测量单元 107 在图 1 中刚好提供在第三辊 13 附近，但薄板厚度测量单元 107 实际上提供在离第三辊 13 为 5-20 mm 的距离处，以便使薄板厚度测量稳定。

使用微型计算机进行电子控制的控制器 50 (辊隙控制单元) 提供为辊隙控制装置。控制器 50 从测压元件 101R、101L、104R、104L，线性传感器 102R、102L、105R、105L，温度传感器 103R、103L、106R、106L，及薄板厚度测量单元 107 接收信号。控制器 50 控制用于在第一辊 11 与第二辊 12 之间的辊隙控制的伺服马达 21R、21L，和用于在第二辊 12 与第三辊 13 之间的辊隙控制的伺服马达 32R、32L。

控制器 50 提供有两种可实施控制模式：恒定辊隙控制模式和恒定压制负载控制模式。控制器 50 选择地运行任一种控制模式。恒定辊隙控制模式是一种其中辊隙由伺服马达 21R、21L、32R、32L 控制的模式，使得在第一辊 11 与第二辊 12 之间由线性传感器 102R、102L 测量的和在第二辊 12 与第三辊 13 之间由线性传感器 105R、105L 测量的辊隙收敛到预定控制目标值。恒定压制负载控制模式是一种其中辊隙由伺服马达 21R、21L、32R、32L 控制的模式，使得在第一辊 11 上由测压元件 101R、101L 测量的和在第三辊 13 上由测压元件 104R、104L 测量的压制负载收敛到预定控制目标值。

在这个实施例中，当薄板成形过程被启动或薄板成形条件被修改时，特别是紧在薄板成形过程被启动或薄板成形条件的修改被启动之后，控制器 50 在恒定压制负载控制模式下控制辊隙。然后，如果完成薄板成形过程的启动或者满足如下条件的至少一个：从完成成形条件的修改起过去预定时间，由 102R、102L、105R、105L 测得的辊隙的

宽度变化收敛在预定范围内，及由薄板厚度测量单元 107 测得的薄板 S 的厚度变化收敛在预定范围内，则控制器 50 把控制模式从恒定压制负载控制模式切换到恒定辊隙控制模式。

当第一辊 11 保持离开第二辊 12 以便准备时，例如在薄板成形的开始处，优选的是使用位置控制使辊隙变窄。就是说，把第一辊 11 的位置向第二辊 12 调节到其中辊隙比要成形的薄板厚度宽预定宽度的位置或调节到预定宽度，并且然后选择恒定压制负载控制模式以控制辊隙。为什么位置控制是优选的有两个原因：

第一，始终在恒定压制负载控制模式下移动辊要求一起移动仅安装在辊的辊旋转驱动侧（仅一侧）上的沉重辊旋转驱动部分。因而，移动速度缓慢，并且存在由于辊的误对准损坏轴承部分的可能性。在位置控制下把辊移动到其中辊几乎接触薄板的位置使得能够平行地移动辊。然后，在恒定压制负载控制模式下使辊与薄板接触使得能够容易地把辊隙设置到适当宽度。

第二，在移动辊而变窄辊隙期间，准确的辊隙是未知的，从而不能确定适当的辊隙。因而在辊隙控制下移动辊具有使熔化边沿的尺寸变得太大、或太小从而薄板折断的可能性。这些问题通过在位置控制下调节辊位置而防止，直到辊隙成为比板厚度宽预定宽度的辊隙或者成为预定宽度。

在把控制模式切换到恒定辊隙控制模式时，控制器 50 把紧在模式切换之前测得的辊隙或在预定时间期间测得的辊隙的平均值设置为控制目标值。在把控制模式切换到恒定压制负载控制模式时，控制器 50 把紧在模式切换之前测得的压制负载或在预定时间期间测得的压制负载的平均值设置为控制目标值。

控制器 50 基于以上控制模式切换而工作。然而，在恒定压制负载控制模式下，如果辊隙变得小于或等于预定最小辊隙，则控制器 50 强迫把控制模式切换到恒定辊隙控制模式，以便防止辊彼此接触。在第一辊 11 与第二辊 12 之间的辊隙由线性传感器 102R、102L 测量，并且在第二辊 12 与第三辊 13 之间的辊隙由线性传感器 105R、105L

测量。

在恒定压制负载控制模式下，如果由线性传感器 102R、102L 或 105R、105L 测得的右和左辊隙之间的差别变得大于或等于预定可接受值，则控制器 50 平衡左右压制负载。就是说，控制器减小在具有较窄辊隙一侧上的压制负载的控制目标值，并且增大在具有较宽辊隙的另一侧上的压制负载的控制目标值。

在这种压制负载控制下，调节左右压制负载，使得它们之和保持恒定： $PRct+PLct=Pr1$ ，其中  $PRct$  是右侧控制目标值； $PLct$  是左侧控制目标值； $Pr1=$ 常数。

右侧控制目标值  $PRct$  和左侧控制目标值  $PLct$  设置为

$$PRct=Pr1/2+f(GRs-GLs)... (1)$$

$$PLct=Pr1/2-f(GRs-GLs)... (2)$$

其中， $GRs$  是由线性传感器 102R 或 105R 测得的辊隙的测量值， $GLs$  是由线性传感器 102L 或 105L 测得的辊隙的测量值，及  $f(GRs-GLs)$  是校正函数。例如，具有任意校正系数  $C$  的  $f(GRs-GLs)=C(GRs-GLs)$  作为直接函数施加。

测压元件 101R、101L 测量作用在第一辊 11 的右和左轴承部分上的压制负载，并且测压元件 104R、104L 测量作用在第三辊 13 的右和左轴承部分上的压制负载。控制器 50 确定在压制负载的以上测量值的每一个与以上所得到的压制负载的对应控制目标值之间的压制负载偏差。基于压制负载偏差，运行恒定压制负载控制模式的控制器 50 设置辊隙的控制目标值。对于在第一辊 11 与第二辊 12 之间和在第二辊 12 与第三辊 13 之间的右和左侧辊隙分别设置辊隙的控制目标值。然后，控制器 50 通过伺服马达 21R、21L、32R、32L 调节以上辊隙的每一个，使得在由线性传感器 102R、102L、105R、105L 测得的辊隙的每一个与由控制器 50 设置的辊隙的对应控制目标值之间的辊隙偏差成为零。

就是说，以上步骤构造成级联控制，其中由左右压制负载确定左右辊隙，由此保持左右辊隙相同。

如果仅保持在左右侧上的压制负载相同，则当薄板厚度在宽度方向上变得不相等并且熔化边沿遇到辊误准时，辊不会平行地接触薄板，由此具有损坏轴承部分的可能性。然而，以上级联控使得能够在稳定条件下成形薄板。

况且，控制器进行如下校正计算：（1）基于温度的辊隙测量值的校正；（2）基于弹性变形量（体积）的辊隙测量值的校正；（3）基于重量和角度的压制负载测量值的校正。

（1）基于由温度传感器 103R、103L、106R、106L 测得的温度，校正在第一辊 11 与第二辊 12 之间由线性传感器 102R、102L 测得的和在第二辊 12 与第三辊 13 之间由线性传感器 105R、105L 测得的测量辊隙。对于温度补偿的辊隙值的校正计算由如下进行：

$$Gca = Gs - \xi(Ts - Td) \dots (3)$$

其中，Gca 是辊隙的校正值；Gs 是辊隙的测量值；Td 是标准温度；Ts 是温度的测量值；及  $\xi$  是用于进给螺杆的热膨胀常数。

控制器 50 运行恒定辊隙控制模式，使辊隙的校正值 Gca 作为 Gc。

（2）由测压元件 101R、101L、104R、104L 测得的压制负载确定在设备的每一部分上的弹性变形量（体积）。然后，基于弹性变形体积，校正在第一辊 11 与第二辊 12 之间由线性传感器 102R、102L 测得的和在第二辊 12 与第三辊 13 之间由线性传感器 105R、105L 测得的辊隙的测量值。

用于辊隙值的校正计算由如下进行：

$$Gce = Gs + Ps/k \dots (4)$$

其中，k 是用于辊和辊轴承的弹簧常数；Gce 是辊隙的校正值；Gs 是辊隙的测量值；Ps 是压制负载的测量值。弹簧常数 k 例如由 CAE 或压制试验设置为适当值。

通过由对于生产机器的试验或模拟预先得到在每一种状态下关于机器的弹性变形的数据、把得到的数据作为数据库存在控制器 50 的存储装置（未示出）中及然后搜索数据库，也有可能确定弹性变形体积。

控制器 50 运行恒定辊隙控制模式，使辊隙校正值  $G_{ce}$  作为  $G_c$ 。

(3) 基于第三辊 13 和支撑第三辊 13 的轴承箱 27R、27L 的重量、和角度  $\theta$ ，校正测量压制负载。压制负载值的校正计算由如下进行：

$$P_{cw} = P_s - \{(W_r/2) + W_h\} \sin\theta \dots (5)$$

其中， $P_{cw}$  是压制负载的校正值； $P_s$  是压制负载的测量值； $W_r$  是辊重量；及  $W_h$  是轴承箱重量。角度  $\theta$  由角度传感器（未示出）测量，并且测量值输入到控制器 50。

在根据本发明的实施例中，熔化边沿 MB 的尺寸以如下方式变化：把控制模式切换到恒定压制负载；基于在切换时压制负载的测量值改变在恒定压制负载中的压制负载的控制目标值；及然后如果满足如下条件中的至少一个：从改变压制负载的控制目标值起过去预定时间、辊隙的宽度变化收敛在预定范围内、及成形薄板的厚度变化收敛在预定范围内，则把控制模式切换回恒定辊隙控制模式，使辊隙的当前测量值作为控制目标值。

另一方面，在现有技术中，熔化边沿的尺寸通过仅调节辊隙而改变，其中精细调节是困难的，并且直到在调节辊隙之后使熔化边沿稳定花费很长时间。

以上步骤使熔化边沿的尺寸能够在短时间内变化。减小压制负载使辊隙临时较宽，并且通过辊的树脂增加。然后，辊隙变得较窄，并且随着熔化边沿变得较小而被稳定在适当宽度处。增大压制负载使辊隙临时较窄，并且通过辊的树脂减少。然后，辊隙变得较宽，并且随着熔化边沿变得较大而被稳定在适当宽度处。坯料尺寸和加载近似为比例关系，这使得能够把坯料尺寸容易地调节到预定尺寸。

其次，参照在图 2 和 3 中的流程图、和在图 4 中的时序图描述在该实施例中的一种辊隙控制方法。

用控制目标值  $G_{ct}$  进行恒定辊隙控制（步骤 S101）。在时刻  $T_a$ ，如果操作条件（熔化树脂的量、薄板厚度、辊转动速度）的修改被启动（步骤 S102 为“是”），则确定在时刻  $T_a$  与比  $T_a$  早一点的时刻  $T_b$  之间的压制负载的测量值  $P_s$  的平均值（在预定时间期间的平均

值)。把平均值设置为在恒定压制负载控制模式中的控制目标值  $P_{ct}$  (步骤 S103)。

测量值  $P_s$  是右和左测量值  $PR_s$ 、 $PL_s$  的平均值, 并且控制目标值  $P_{ct}$  由  $P_{ct}=PR_{ct}=PL_{ct}$  定义。分别设置控制目标值  $P_{ct}$ , 用来控制在第一辊 11 与第二辊 12 之间的辊隙和用来控制在第二辊 12 与第三辊 13 之间的辊隙。

然后, 得到压制负载的当前测量值  $P_s$  (右和左测量值  $PR_s$ 、 $PL_s$ ) (步骤 S104)。

然后, 把控制模式切换到恒定压制负载控制模式, 并且进行恒定压制负载控制以调节辊隙, 使得压制负载的当前测量值  $P_s$  收敛到压制负载的控制目标值  $P_{ct}$  (步骤 S105)。就是说, 当操作条件的修改被启动时或者正好在这之后, 启动恒定压制负载控制。然后, 通过伺服马达 21R、21L 调节在第一辊 11 与第二辊 12 之间的辊隙, 使得由测压元件 101R、101L 测得的第一辊 11 的压制负载 (测量值  $P_s$ ) 收敛到控制目标值  $P_{ct}$ 。通过伺服马达 32R、32L 调节在第二辊 12 与第三辊 13 之间的辊隙, 使得由测压元件 104R、104L 测得的第三辊 13 的压制负载 (测量值  $P_s$ ) 收敛到控制目标值  $P_{ct}$ 。

在辊压制负载与熔化边沿尺寸之间有比例关系。因而, 把压制负载控制成恒定的防止熔化边沿变得过小或过大, 由此把熔化边沿保持在适当尺寸。当修改薄板成形条件时, 这防止如下问题: 辊旋转驱动马达 (未示出) 的过载; 熔化边沿的熔化树脂粘结到 T 形模具唇边上; 及辊不接触薄板 S 的两个表面, 或者熔化边沿流出, 从而薄板 S 从辊隙滑下。

当启动薄板成形时, 以及当修改薄板成形条件时, 进行允许自动启动的恒定压制负载控制。这防止如下问题: 辊旋转驱动马达 (未示出) 的过载; 熔化边沿的熔化树脂粘结到 T 形模具唇边上; 及由于与辊脱离造成的薄板 S 的不良冷却, 薄板 S 变得较薄, 或者熔化边沿流出, 从而薄板 S 从辊隙滑下。

然后, 得到辊隙测量值  $G_s$  (右和左测量值  $GR_s$ 、 $GL_s$ ) (步骤



S106)。Gs 对于在第一辊 11 与第二辊 12 之间和在第二辊 12 与第三辊 13 之间的辊隙的每一个存在。

根据公式 (3) 进行对于辊隙测量值 Gs 的温度补偿计算 (步骤 S107)。根据公式 (4) 进行对于辊隙测量值 Gs 的弹性变形补偿计算 (步骤 S108)。

确定在校正之后右和左测量值之差 ( $|GRs-GLs|$ ) 是否大于或等于预定值 (步骤 S109)。如果在校正的右和左测量值之差大于或等于预定值, 则为了平衡右和左压制负载, 根据公式 (1)、(2) 改变右和左控制目标值 PRct、PLct (步骤 S110)。就是说, 减小在具有较窄辊隙一侧上的压制负载的控制目标值, 并且增大在具有较宽辊隙一侧上的压制负载的控制目标值。

确定校正辊隙 Gc 是否小于或等于最小值 (步骤 S111)。如果校正辊隙 Gc 小于或等于最小值, 则为了防止辊彼此接触, 把控制模式切换到恒定辊隙控制模式, 并且用控制目标值 Gct 进行恒定辊隙控制 (步骤 S112)。控制目标值 Gct 设置到比辊隙的最小值稍大的值。

确定压制负载的测量值 Ps 是否大于或等于压制负载的控制目标值 Pct (步骤 S113)。如果  $Ps > Pct$  并且辊隙 Gc 保持大于或等于在具有控制目标值 Pct 的恒定压制负载控制下的最小值, 则把控制模式切换回恒定压制负载控制模式 (步骤 S114)。

如果  $Ps \leq Pct$ , 则继续恒定辊隙控制。

如果辊隙的校正值 Gc 大于或等于最小值, 则确定是否改变角度  $\theta$  (步骤 S115)。如果改变角度  $\theta$ , 则根据公式 (5) 对于压制负载的测量值 Ps (右和左测量值 PRs、PLs) 进行校正计算 (重量补偿) (步骤 S116)。只对第三辊 13 上的压制负载的测量值 Ps 进行校正计算。

确定是否完成操作条件的修改 (步骤 S117)。重复以上步骤 S104 至 S116, 直到完成操作条件的修改。

如果到时刻 Te 完成操作条件的修改, 则启动恒定压制负载控制的完成确定。恒定压制负载控制的完成确定判定辊隙的校正值 Gc 的变化是否小于或等于确定值 (步骤 S118)。也有可能通过从薄板成形

启动的完成或操作条件修改的完成  $T_e$  起是否过去预定时间、或薄板  $S$  的厚度变化是否收敛在预定范围内，而进行完成确定。

如果辊隙值  $G_c$  的变化小于或等于确定值，则重复如下步骤，并且继续恒定压制负载控制：得到压制负载的当前测量值  $P_s$ （步骤 S119），并且然后得到辊隙的当前测量值  $G_s$ （右和左测量值  $GR_s$ 、 $GL_s$ ）（步骤 S120）；根据公式（3）对辊隙的测量值  $G_s$  进行温度补偿计算（步骤 S121）；根据公式（4）对辊隙的测量值  $G_s$  进行弹性变形补偿计算（步骤 S122）；及确定辊隙的校正值  $G_c$  的变化是否小于或等于确定值（步骤 S118）。

如果辊隙的校正值  $G_c$  直到时刻  $T_c$  小于或等于最小值，则确定在  $T_c$  与在  $T_c$  前一点的  $T_d$  之间测量的辊隙的测量值  $G_s$  的平均值，并且把平均值设置为  $G_{ct}$ -恒定辊隙控制的控制目标值（步骤 S123）。

辊隙的测量值  $G_s$  是右和左测量值  $GR_s$ 、 $GL_s$  的平均值。控制目标值  $G_{ct}$  由  $G_{ct}=GR_{ct}=GL_{ct}$  定义。在第一辊 11 与第二辊 12 之间、和在第二辊 12 与第三辊 13 之间分别设置控制目标值  $G_{ct}$ 。

得到压制负载的当前测量值  $P_s$ （右和左测量值  $PR_s$ 、 $PL_s$ ）（步骤 S124）。

得到辊隙的测量值（右和左测量值  $GR_s$ 、 $GL_s$ ）（步骤 S125）。

根据公式（3）对辊隙的测量值  $G_s$  进行温度补偿计算（步骤 S126）。根据公式（4）对辊隙的测量值  $G_s$  进行弹性变形补偿计算（步骤 S127）。

把控制模式切换到恒定辊隙控制模式，并且用控制目标值  $G_{ct}$  操作恒定辊隙控制（步骤 S128）。借助于伺服马达 21R、21L 调节在第一辊 11 与第二辊 12 之间的辊隙，使得由线性传感器 102R、102L 测得的辊隙（辊隙的校正值  $G_c$ ）收敛到控制目标值  $G_{ct}$ 。借助于伺服马达 32R、32L 调节在第二辊 12 与第三辊 13 之间的辊隙，使得由线性传感器 105R、105L 测得的辊隙（辊隙的校正值  $G_c$ ）收敛到控制目标值  $G_{ct}$ 。

这使得能够稳定薄板  $S$  的厚度，由此成形具有高质量的薄板  $S$ 。

在静止操作中，除当启动薄板成形（启动）或修改操作条件之外，

在恒定辊隙控制模式下进行辊隙控制，这使得能够形成具有稳定厚度的薄板。

在以上实施例中，通过伺服马达驱动的进给螺杆系统用作辊隙调节装置。也有可能使用通过伺服马达驱动的双向液压泵或通过液压缸装置的液压伺服。

参照图 5，描述使用通过伺服马达驱动的双向液压泵的另一个实施例。在图 5 中，相同的附图标记放到与图 1 对应的部分上，并且省略其描述。

在固定基座 10 上，借助于安装部件 61 和连接管体 62R、62L 安装右和左液压缸装置 63R、63L。液压缸装置 63R、63L 装有活塞杆 64R、64L，该活塞杆 64R、64L 连接到在活塞杆 64R、64L 的每一端上的轴承箱 16R、16L 上。是双作用型的液压缸装置 63R、63L 在活塞 71 的两侧上分别具有缸腔 72、73。

通过调节第一辊 11 的辊位置而改变辊隙的液压缸装置 63R、63L 作为右和左辊隙调节装置而工作。右和左轴承箱 16R、16L 通过右和左液压缸装置 63R、63L 的液压操作在 A 的方向上单独地移动。

借助于由伺服马达 75R、75L 驱动的双向液压泵 74R、74L 实现把液压压力供给到液压缸装置 63R、63L 的缸腔 72、73。

液压缸装置 63R、63L 具有内装位移计（位置传感器）65R、65L。位移计 65R、65L 测量液压缸装置 63R、63L 的活塞位置。位移计 65R、65L 作为用来测量第一辊 11 的位置的辊隙测量装置而工作，该辊隙是在被固定定位的第一辊 11 与第二辊 12 之间的辊隙。

在固定基座 10 上，安装位移计（直线刻度尺）66R、66L，以探测右和左轴承箱 16R、16L 的位置。位移计 66R、66L 作为用来测量轴承箱 16R、16L 的位置的辊隙测量装置而工作，该辊隙是在第一辊 11 与第二辊 12 之间的辊隙。

仅必须提供装在液压缸装置中的位移计 65R、65L 或在轴承部分处的位移计 66R、66L 中的任一个。使用现有的具有内装位移计（位移计 65R、65L）的液压缸装置减少了零件的数量。在轴承部分处的

位移计 66R、66L 能够实现高质量辊隙测量。位移计 66R、66L 不受在活塞杆 64R、64L 处和在活塞杆 64R、64L 与轴承箱 16R、16L 之间的连接部分处的弹性变形或热膨胀的影响。位移计的选择取决于要求的技术规格。

也有可能提供两种类型的位移计 65R、65L 和 66R、66L。装在液压缸装置中的位移计 65R、65L 能够测量液压缸装置 63R、63L 的准确振动。使用由位移计 66R、66L 测得的辊隙的测量值校正由位移计 65R、65L 测得的辊隙的测量值，能够使辊隙测量更准确。

测压元件 67R、67L 安装在连接管体 62R、62L 上。测压元件 67R、67L-压制负载测量装置，测量作用在连接管体 62R、62L 上的负载，并且把它当作作用在第一辊 11 上的等效压制负载。也有可能把测压元件 67R、67L 放在活塞杆 64R、64L 的端部和轴承箱 16R、16L 的连接部分上（对应于在图 1 中的测压元件 101R、101L）。代替测压元件 67R、67L，也把测量液压缸装置 63R、63L 的供给液压压力的压力传感器 68R、68L 用作压制负载测量装置。

在这个实施例中，尽管在图中未示出，但用于旋转驱动的电动机分别连接到第一辊 11 和第二辊 12 上，因而使第一辊 11 在逆时针方向上转动并且使第二辊 12 在顺时针方向上转动。

在第一辊 11 与第二辊 12 之间的辊隙上方，提供在辊轴的方向上具有较长长度的 T 形模具 100。T 形模具 100 从其唇边部分把熔化树脂排出到在第一辊 11 与第二辊 12 之间的辊隙，由此在辊隙的上部处形成熔化边沿 MB。

由于第一辊逆时针转动并且第二辊顺时针转动，所以薄板通过接触辊方法成形，使其两个表面在第一与第二辊之间的辊隙处都接触第一辊 11 和第二辊 12。

是辊隙控制装置的辊隙控制器 50 由微型计算机电子控制。辊隙控制器 50 从位移计 65R、65L 和/或 66R、66L、测压元件 67R、67L 或压力传感器 68R、68L 接收传感器信号（测量信息），并且控制伺服马达 75R、75L，就是说，用于在第一辊 11 与第二辊 12 之间的辊

隙控制的泵转数。

辊隙控制器 50, 如在以上实施中相同的那样, 设有两种可实施控制模式: 恒定辊隙控制模式和恒定压制负载控制模式。一次选择控制上述模式中的任一个。

恒定辊隙控制模式是一种其中伺服马达 75R、75L 控制泵转数的模式, 使得在第一辊 11 与第二辊 12 之间由位移计 65R、65L 和/或 66R、66L 测得的辊隙收敛到预定控制目标值。恒定压制负载控制模式是一种其中伺服马达 75R、75L 控制泵转数的模式, 使得第一辊 11 的压制负载收敛到预定控制目标值。第一辊 11 的压制负载由测压元件 67R、67L 测量, 或者由压力传感器 68R、68L 测得的液压缸装置 63R、63L 的供给液压压力确定。

参照图 6, 详细描述在这个实施例中在恒定压制负载控制模式下进行的级联控制。

在恒定压制负载控制模式中的压制负载的控制目标值  $P^*$  输入到偏差计算单元 51 中。

偏差计算单元 51 接收压制负载的测量值  $P_r$ 、 $P_l$  的和、平均值或任一个, 并且由控制目标值  $P^*$  确定控制偏差  $\Delta P$ 。作用在包括右侧 (左侧) 液压缸装置 63R (63L) 和第一辊 11 的缸辊系统 52R (52L) 上的压制负载的测量值  $P_r$  ( $P_l$ ), 由测压元件 67R (67L) 测量。计算单元 53 确定压制负载的测量值  $P_r$ 、 $P_l$  的和及平均值。

控制偏差  $\Delta P$  输入到辊隙计算单元 54 中。在压制负载与辊隙之间有比例关系。辊隙计算单元 54 根据其中预先辨别压制负载和辊隙的比例关系, 由压制负载的控制偏差  $\Delta P$  确定辊隙的控制目标值  $G^*$ 。

控制目标值  $G^*$  当压制负载的控制偏差  $\Delta P$  为负时增大, 并且当压制负载的控制偏差  $\Delta P$  为正时减小。在这个实施例中, 使用 PI 控制确定控制目标值  $G^*$ 。

控制目标值  $G^*$  分别输入到缸辊系统 52R、52L 的偏差计算单元 55R、55L。偏差计算单元 55R (55L) 接收辊隙的测量值  $G_r$  ( $G_l$ ), 并且由控制目标值  $G^*$  确定控制偏差  $\Delta G_r$  ( $\Delta G_l$ )。缸辊系统 52R、52L

的辊隙的测量值  $G_r$  ( $G_l$ ) 由位移计 65R (65L) 和/或 66R (66L) 测量。缸辊系统 52R、52L 包括右侧 (左侧) 液压缸装置 63R (63L) 和第一辊 11。

控制偏差  $\Delta G_r$  ( $\Delta G_l$ ) 输入到右侧 (左侧) 泵转数计算单元 56R (56L)。右侧 (左侧) 泵转数计算单元 56R (56L) 确定泵转数, 使得控制偏差  $\Delta G_r$  ( $\Delta G_l$ ) 成为零, 并且然后把用于伺服马达 75R (75L) 的命令值输出到右侧 (左侧) 泵驱动单元 57R (57L)。

基于控制偏差  $\Delta G_r$  ( $\Delta G_l$ ) 驱动伺服马达 75R (75L), 并因而 74R (74L) 控制到液压缸装置 63R (63L) 的缸腔 72、73 的液压压力的供给, 由此控制右侧辊隙。

因此, 级联控制保持右和左辊隙相同。

在通过双向液压泵 74R、74L 的辊隙控制下, 也有可能仅在贴靠第二辊 12 放置第一辊 11 的方向上驱动泵。如果 PI 计算指示负转动, 则把泵转数设置为零, 并且总是借助于在推动的方向上的转动控制。

液压伺服在没有负载作用下, 通过在推动和拉动方向上交替加压控制辊隙, 以保持辊位置。重复推和拉引起辊位置振动。在实际薄板成形时, 液压缸装置 63R、63L 需要只在推动方向上工作。即使计算在拉动方向上生成也强迫把命令值设置为零, 也能够仅通过推动控制辊位置, 由此减小振动。

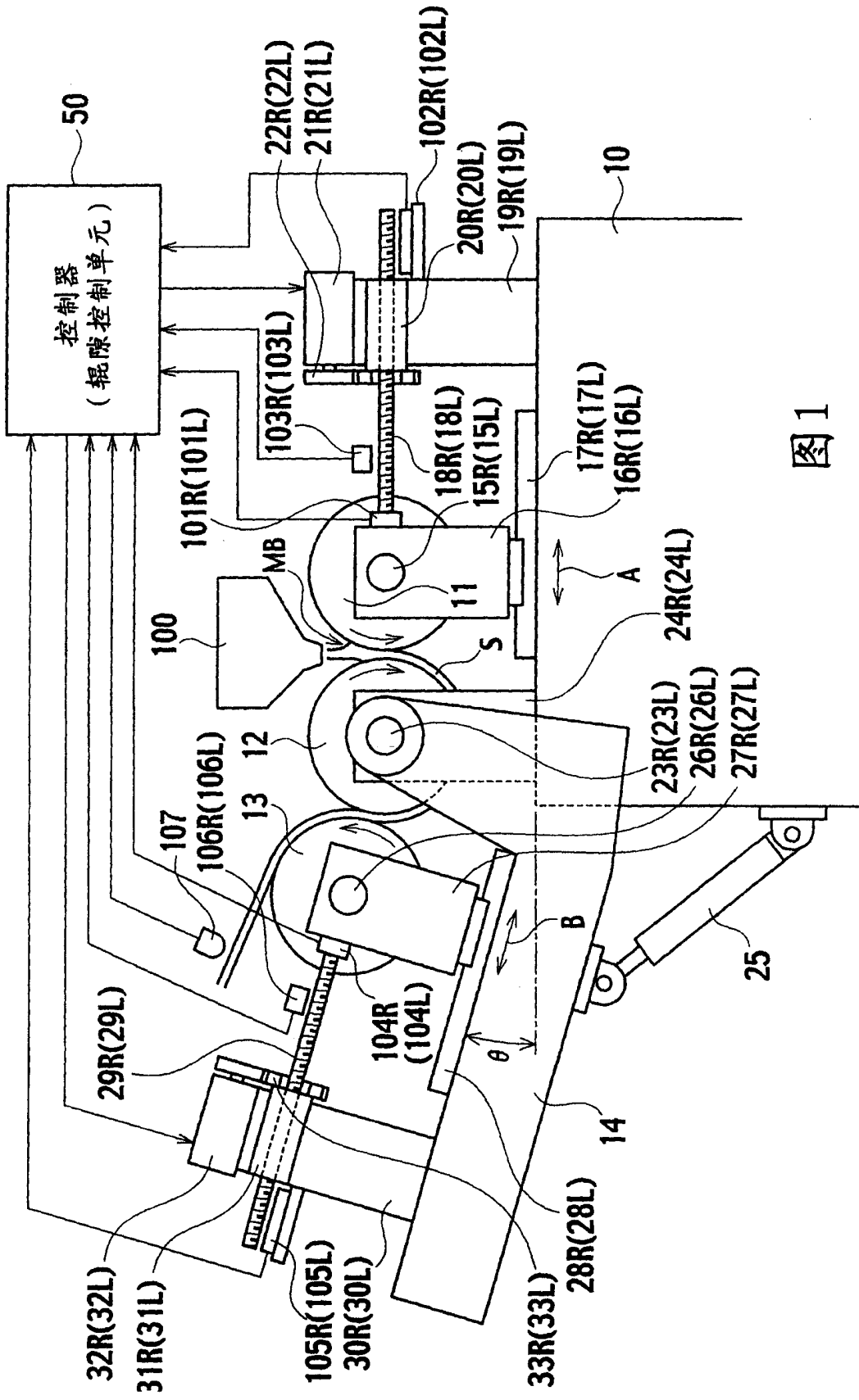
在以上实施例中, 借助于由伺服马达 75R、75L 驱动的双向液压泵 74R、74L 实现把液压压力供给到液压缸装置 63R、63L 的缸腔 72、73。如图 7 中所示, 它也借助于电子伺服阀 81R、81L 进行。电子伺服阀 81R、81L 包括液压箱 82、由伺服马达 83 驱动的液压泵 84、及用于液压泵 84 的进液管 85R、85L 和排液管 86R、86L。这构成一种分别控制到液压缸装置 63R、63L 的液压压力的供给和排放的电子-液压伺服系统。

在这个实施例中, 仅在贴靠第二辊 12 推动第一辊 11 的方向上使电子伺服阀 81R、81L 操作。如果由诸如 PI 计算之类的计算导致在拉动方向使阀操作的命令, 则平衡推和拉以便总是在推动方向上控制压

力，因而减小辊位置的振动。

而且，以上叙述的实施例形成本发明的一个例子。因此，本发明不限于以前描述的实施例的特定结构，并且当然认识到，本发明能以其它特定形式实施，并且按照设计可进行各种修改，而不脱离本发明的技术讲授。

提交于2005年5月23日的日本专利申请 No. 2005-149927 和提交于2005年8月24日的日本专利申请 No. 2005-243246 的整个内容通过参考特意全部包括在这里。





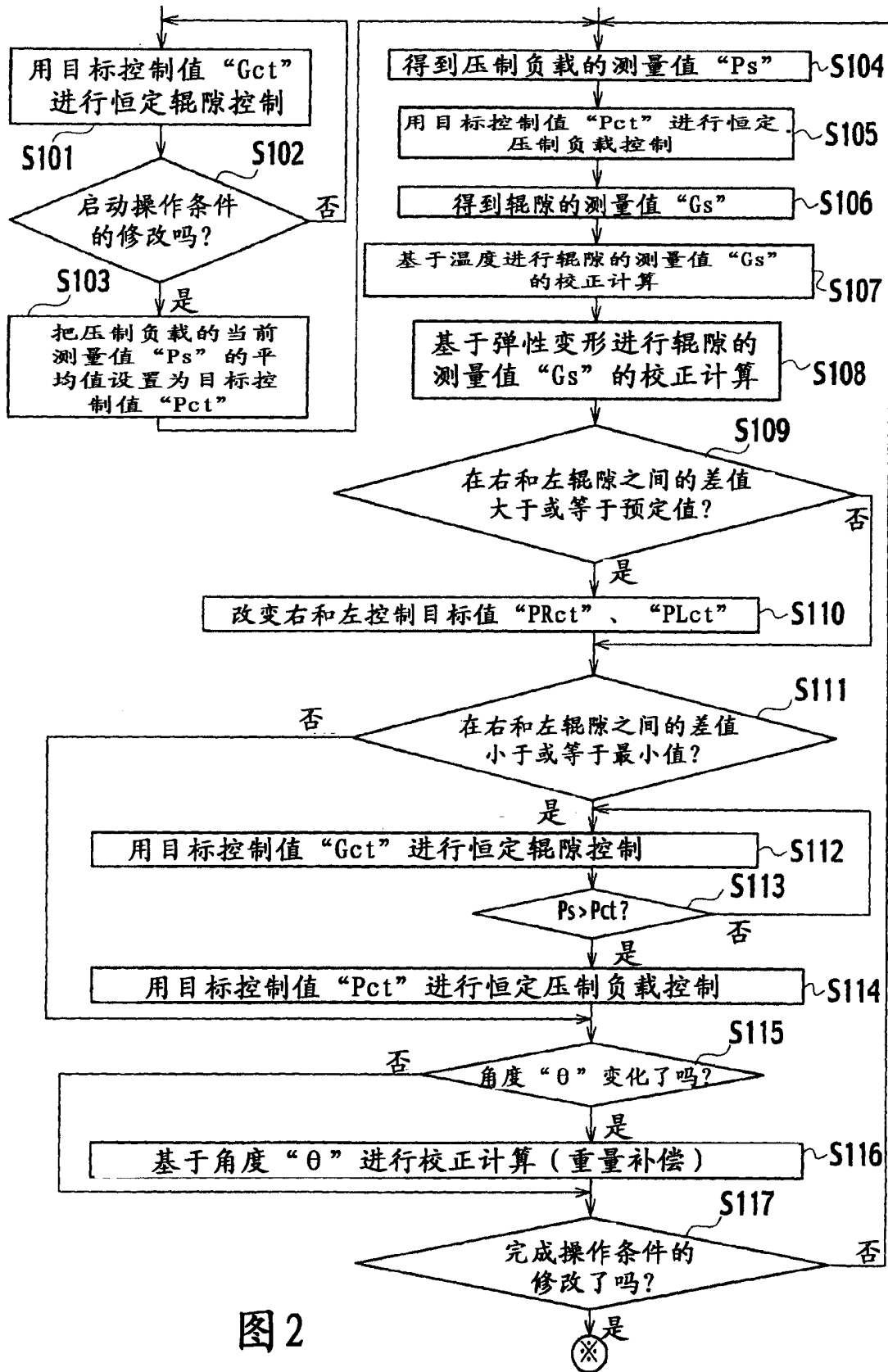


图 2

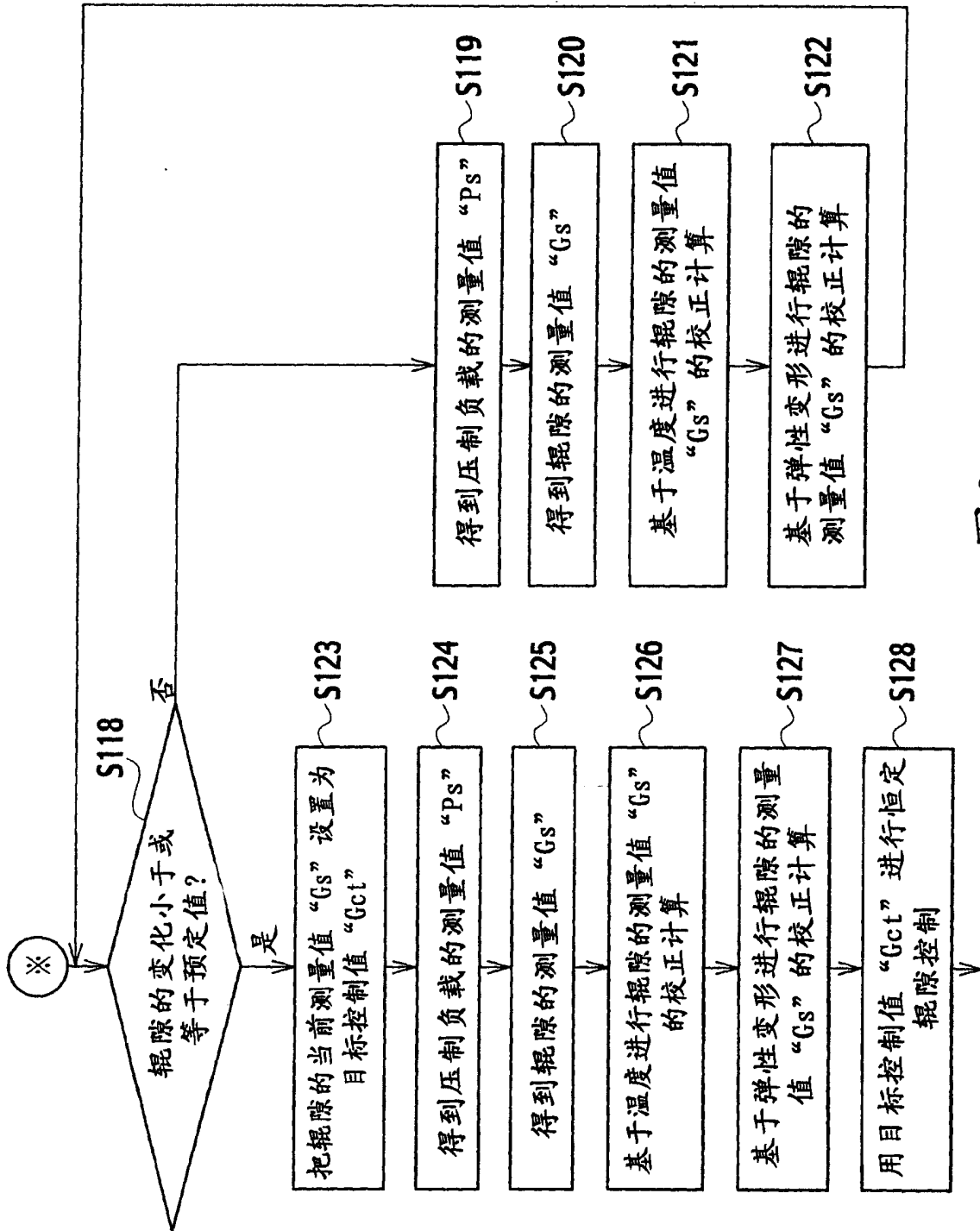


图3

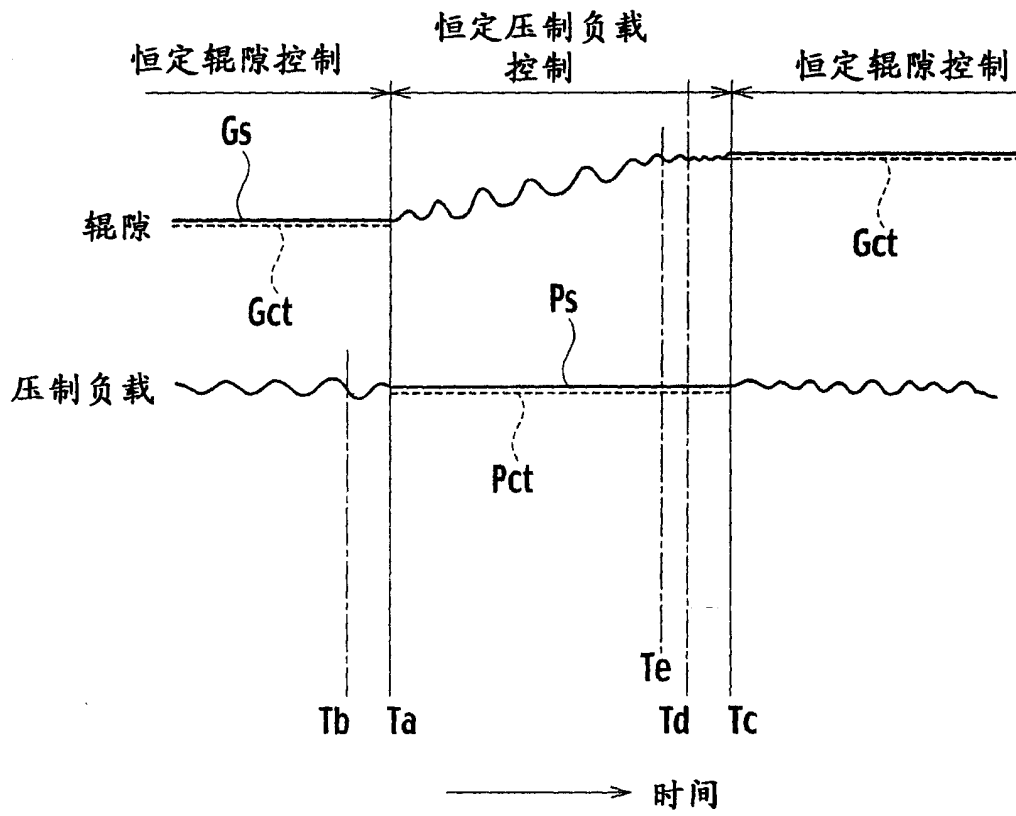


图4

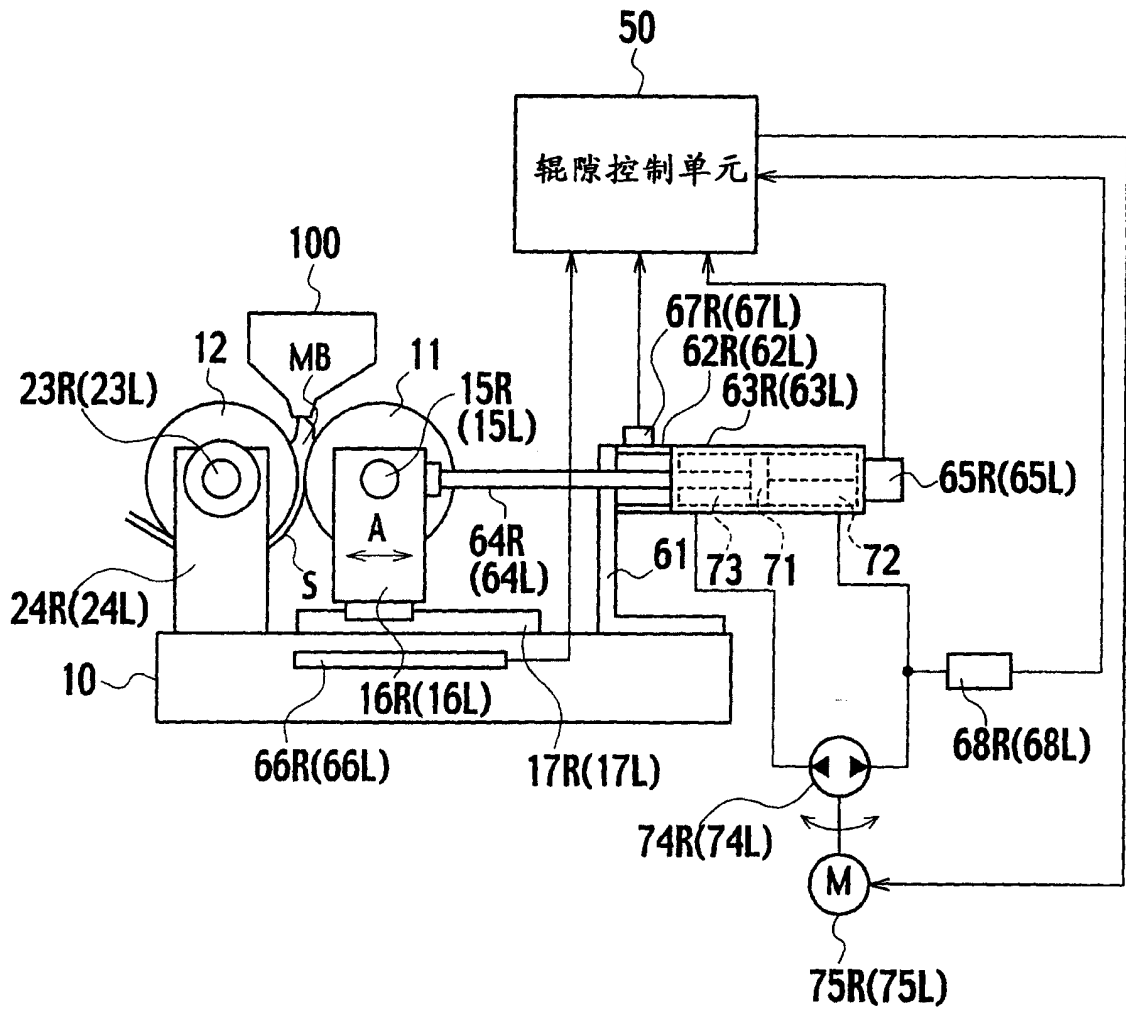


图5

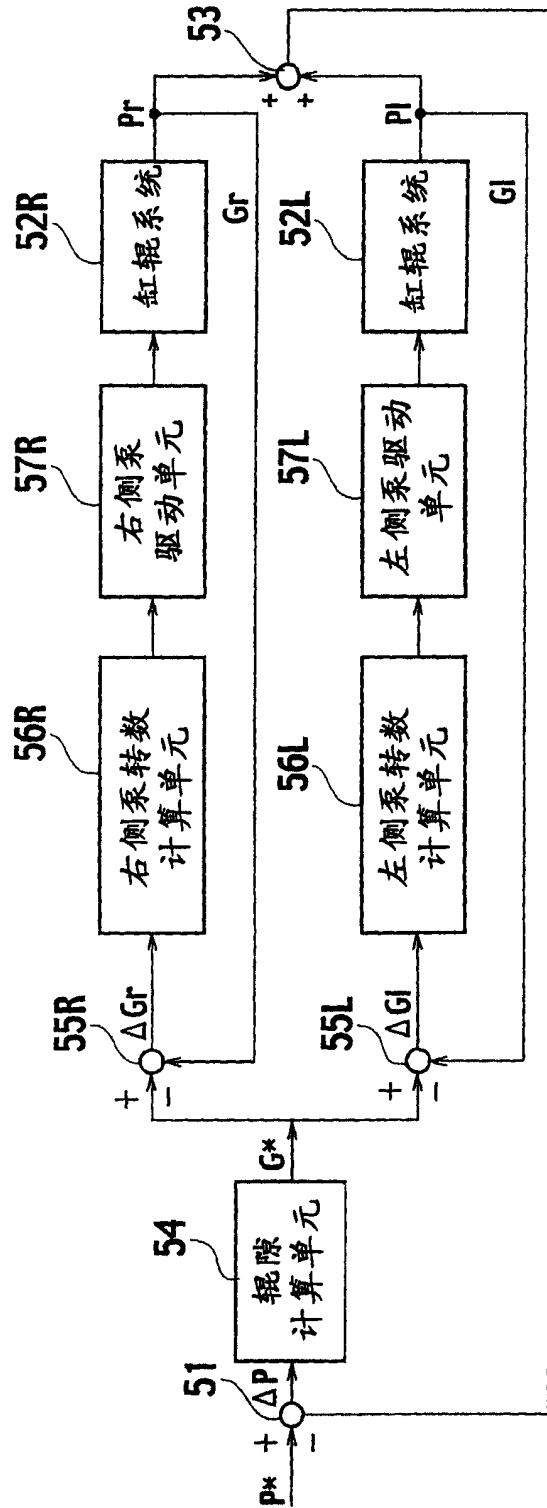


图6

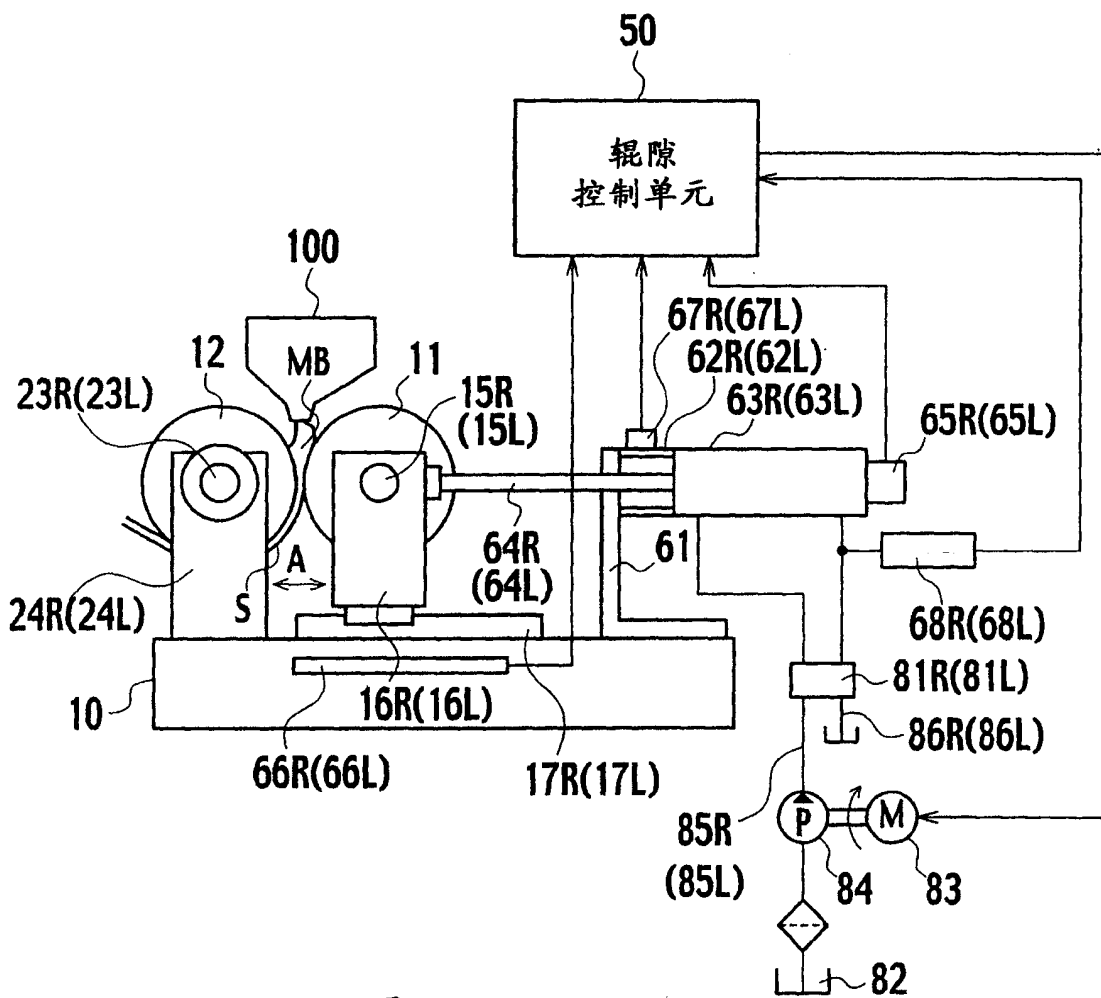


图7