



(12) 发明专利

(10) 授权公告号 CN 102649127 B

(45) 授权公告日 2015. 05. 27

(21) 申请号 201210023818. 6

JP 特开平 6-154829 A, 1994. 06. 03,

(22) 申请日 2012. 02. 03

审查员 吴绍群

(30) 优先权数据

2011-041113 2011. 02. 28 JP

(73) 专利权人 株式会社日立制作所

地址 日本东京都

(72) 发明人 服部哲 福地裕

(74) 专利代理机构 中科专利商标代理有限责任

公司 11021

代理人 汪惠民

(51) Int. Cl.

B21B 37/00(2006. 01)

(56) 对比文件

CN 101856671 A, 2010. 10. 13,

CN 101856670 A, 2010. 10. 13,

CN 101885003 A, 2010. 11. 17,

CN 1607045 A, 2005. 04. 20,

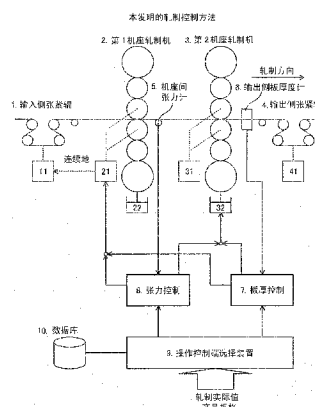
权利要求书3页 说明书8页 附图16页

(54) 发明名称

轧制控制装置以及轧制控制方法

(57) 摘要

即使在因操作状态而使轧制机的影响系数较大地发生变化的情况下,也能实施稳定的板厚控制、张力控制。通过根据影响系数的变化,将板厚控制以及张力控制的控制输出目的地在前级机座速度以及后级机座按压之间进行切换,或者变更控制输出分配,由此能从极低速至高速部分为止实现稳定的控制。通过根据轧制状态来将板厚控制与张力控制的控制输出目的地切换为前级机座速度以及后级机座按压而使用,能够提高板厚精度以及生产效率。



1. 一种轧制控制装置,控制通过作业辊对被轧制材进行轧制的轧制机,所述轧制控制装置的特征在于,

具有控制部,该控制部对操作作业辊的速度的辊速度操作端提供指令值以使得作为所述轧制所涉及的观测值的板厚成为目标值,

且所述控制部对操作作为所述作业辊的间隔的辊间隙的辊间隙操作端提供指令值,以使得作为所述轧制所涉及的观测值的张力成为目标值,

在作为依赖于轧制速度的所述辊间隙的变化量对应的所述张力的变化量的影响系数变得小于由所述控制部能够稳定地控制张力的等价值的情况下,将与对所述辊间隙操作端的指令值的至少一部分相当的指令值分配为对所述辊速度操作端的指令,以弥补因所述影响系数的降低而引起的对所述张力的控制量的不足,或者,在作为依赖于轧制速度的所述辊速度的变化量对应的所述板厚的变化量的影响系数变得小于由所述控制部能够稳定地控制板厚的等价值的情况下,将与所述辊速度操作端对应的指令值的至少一部分相当的指令值分配为对所述辊间隙操作端的指令,以弥补因所述影响系数的降低而引起的对所述板厚的控制量的不足。

2. 根据权利要求 1 所述的轧制控制装置,其特征在于,

所述控制部还具有:第一控制部,其对所述辊速度操作端提供指令值以使得作为所述轧制所涉及的第一观测值的板厚设定值成为目标值;以及第二控制部,其对辊间隙操作端提供指令值以使得所述轧制所涉及的第二观测值成为目标值,

其中,所述第一控制部在轧制状态成为了通常轧制速度的情况下,从所述辊速度操作端将指令值变更提供给所述辊间隙操作端,

所述第二控制部在轧制状态成为了极低速轧制的情况下,从所述辊间隙操作端将指令值变更提供给所述辊速度操作端。

3. 根据权利要求 1 所述的轧制控制装置,其特征在于,

所述控制部以板厚控制速度增益对辊速度操作端提供指令,以板厚控制按压增益对辊间隙操作端提供指令以使得作为所述轧制所涉及的第一观测值的板厚设定值成为目标值,且以张力控制速度增益对辊速度操作端提供指令,以张力控制按压增益对辊间隙操作端提供指令以使得作为所述轧制所涉及的第二观测值的张力设定值成为目标值,

其中,所述控制部在轧制状态成为了规定状态的情况下,对所述第一增益至第四增益进行补正。

4. 根据权利要求 1 所述的轧制控制装置,其特征在于,

由所述控制部能够稳定地控制张力的等价值、以及由所述控制部能够稳定地控制板厚的等价值,分别是作为基准的高速轧制部的影响系数的规定值。

5. 一种轧制控制装置,控制通过作业辊对被轧制材进行轧制的轧制机,所述轧制控制装置的特征在于,

具有控制部,该控制部对操作作业辊的速度的辊速度操作端提供指令值以使得作为所述轧制所涉及的观测值的板厚成为目标值,

且所述控制部对操作作为所述作业辊的间隔的辊间隙的辊间隙操作端提供指令值,以使得作为所述轧制所涉及的观测值的张力成为目标值,

在作为依赖于轧制速度的所述辊间隙的变化量对应的所述张力的变化量的影响系数

变得小于由所述控制部能够稳定地控制张力的等价值的情况下,将与对所述辊间隙操作端的指令值的至少一部分相当的指令值分配为对所述辊速度操作端的指令,以弥补因所述影响系数的降低而引起的对所述张力的控制量的不足,进而,在作为依赖于轧制速度的所述辊速度的变化量对应的所述板厚的变化量的影响系数变得小于由所述控制部能够稳定地控制板厚的等价值的情况下,将与所述辊速度操作端对应的指令值的至少一部分相当的指令值分配为对所述辊间隙操作端的指令,以弥补因所述影响系数的降低而引起的对所述板厚的控制量的不足。

6. 根据权利要求 5 所述的轧制控制装置,其特征在于,

所述控制部还具有:第一控制部,其对所述辊速度操作端提供指令值以使得作为所述轧制所涉及的第一观测值的板厚设定值成为目标值;以及第二控制部,其对辊间隙操作端提供指令值以使得所述轧制所涉及的第二观测值成为目标值,

其中,所述第一控制部在轧制状态成为了通常轧制速度的情况下,从所述辊速度操作端将指令值变更提供给所述辊间隙操作端,

所述第二控制部在轧制状态成为了极低速轧制的情况下,从所述辊间隙操作端将指令值变更提供给所述辊速度操作端。

7. 根据权利要求 5 所述的轧制控制装置,其特征在于,

所述控制部以板厚控制速度增益对辊速度操作端提供指令,以板厚控制按压增益对辊间隙操作端提供指令以使得作为所述轧制所涉及的第一观测值的板厚设定值成为目标值,且以张力控制速度增益对辊速度操作端提供指令,以张力控制按压增益对辊间隙操作端提供指令以使得作为所述轧制所涉及的第二观测值的张力设定值成为目标值,

其中,所述控制部在轧制状态成为了规定状态的情况下,对所述第一增益至第四增益进行补正。

8. 根据权利要求 5 所述的轧制控制装置,其特征在于,

由所述控制部能够稳定地控制张力的等价值、以及由所述控制部能够稳定地控制板厚的等价值,分别是作为基准的高速轧制部的影响系数的规定值。

9. 一种轧制控制方法,是控制通过作业辊对被轧制材进行轧制的轧制机的控制方法,所述轧制控制方法的特征在于,

包括控制步骤,对操作作业辊的速度的辊速度操作端提供指令值,以使得作为所述轧制所涉及的观测值的板厚成为目标值,

且在所述控制步骤中,对操作作为所述作业辊的间隔的辊间隙的辊间隙操作端提供指令值,以使得作为所述轧制所涉及的观测值的张力成为目标值,

在作为依赖于轧制速度的所述辊间隙的变化量对应的所述张力的变化量的影响系数变得小于由所述控制步骤能够稳定地控制张力的等价值的情况下,将与对所述辊间隙操作端的指令值的至少一部分相当的指令值分配为对所述辊速度操作端的指令,以弥补因所述影响系数的降低而引起的对所述张力的控制量的不足,或者,在作为依赖于轧制速度的所述辊速度的变化量对应的所述板厚的变化量的影响系数变得小于由所述控制步骤能够稳定地控制板厚的等价值的情况下,将与所述辊速度操作端对应的指令值的至少一部分相当的指令值分配为对所述辊间隙操作端的指令,以弥补因所述影响系数的降低而引起的对所述板厚的控制量的不足。

10. 一种轧制控制方法,控制通过作业辊对被轧制材进行轧制的轧制机,所述轧制控制方法的特征在于,

包括控制步骤,对操作作业辊的速度的辊速度操作端提供指令值以使得作为所述轧制所涉及的观测值的板厚成为目标值,

在所述控制步骤中,对操作作为所述作业辊的间隔的辊间隙的辊间隙操作端提供指令值,以使得作为所述轧制所涉及的观测值的张力成为目标值,

在作为依赖于轧制速度的所述辊间隙的变化量对应的所述张力的变化量的影响系数变得小于由所述控制步骤能够稳定地控制张力的等价值的情况下,将与对所述辊间隙操作端的指令值的至少一部分相当的指令值分配为对所述辊速度操作端的指令,以弥补因所述影响系数的降低而引起的对所述张力的控制量的不足,进而,在作为依赖于轧制速度的所述辊速度的变化量对应的所述板厚的变化量的影响系数变得小于由所述控制步骤能够稳定地控制板厚的等价值的情况下,将与所述辊速度操作端对应的指令值的至少一部分相当的指令值分配为对所述辊间隙操作端的指令,以弥补因所述影响系数的降低而引起的对所述板厚的控制量的不足。

轧制控制装置以及轧制控制方法

技术领域

[0001] 本发明涉及轧制控制装置以及轧制控制方法,特别是涉及适于即使在轧制状态较大地发生变化时也能维持轧制精度的轧制控制装置以及轧制控制方法。

背景技术

[0002] 轧制装置通过作业辊对被轧制材施加荷重,以使被轧制材的加工有关的观测值成为目标值的方式来进行加工。例如,为了使被轧制材成为所希望的板厚,在轧制操作中,进行将影响到产品品质的轧制机的输出侧板厚保持为恒定的所谓板厚控制 (AGC)。另一方面,为了在维持产品品质的同时确保操作的稳定性,在轧制机前后,进行将施加于被轧制材的张力保持为恒定的所谓张力控制 (ATR)。这样的技术例如在 JP 特开 2011-16164 号公报中有记载。

[0003] 专利文献 1 :JP 特开 2011-16164 号公报

[0004] 在轧制控制中,存在多个控制项目,另外,为了使该多个控制项目的观测值成为目标值地进行控制,可从多个控制端进行选择。即,从可选择的控制端中,选择针对各控制项目的控制端,通过控制所选择的控制端,来进行使各控制项目的观测值成为目标值的控制。

[0005] 在此,以串列式轧制机为例,上述例举的为了使被轧制材成为所希望的板厚,作为控制端,已知对上游侧轧制机机座 (stand) 的辊速度进行控制的情形。另外,为了将张力保持为恒定,作为控制端,已知通过对下流侧机座的辊隙进行操作来进行实施的情形。在该情况下,作为轧制现象,通过辊速度的操作来使输出侧板厚以及张力发生变化,并通过辊隙的操作使输出侧板厚以及张力也发生变化。

[0006] 如此,在轧制控制中,由于存在多个控制项目并且存在多个控制端,其相互影响。

[0007] 进一步地,以辊隙操作对张力的影响为例进行说明时,由于张力与轧制速度大致成比例,在轧制速度非常小的情况下,张力大幅减小。特别是,与现有技术相比,以 10 分之 1 左右的 $1 \sim 5\text{mpm}$ 程度的极低速来实施轧制操作、轧制机中的轧制操作时,因辊隙对张力的影响系数减小,其结果,在通过 ATR 操作辊隙,通过 AGC 操作辊速度的控制构成当中,在控制上不稳定,产生板厚控制或者振动、或者成为过控制的情况。即,即使在 1 件相同被轧制材的轧制操作中,在自极低速至通常轧制速度 (例如 600mpm) 为止实施轧制操作的情况下,由辊速度对输出侧板厚或张力的影响程度 (影响系数) 以及由辊隙对输出侧板厚或张力的影响程度 (影响系数) 将发生变化。

[0008] 如上所述,在轧制控制中虽存在多个控制项目且存在多个控制端,但根据轧制状态,对控制对象的影响程度 (影响系数) 将发生变化。由此,产生控制不稳定这样的问题。

发明内容

[0009] 本发明的目的在于提供一种能够克服控制的不稳定性并且提高产品品质的轧制控制装置以及轧制控制方法。

[0010] 为了达成上述目的,本发明的轧制控制装置,控制通过作业辊对被轧制材进行轧

制的轧制机,所述轧制控制装置的构成为:具有对规定的操作端提供指令值以使得所述轧制所涉及的规定的观测值成为目标值的控制部,其中,所述控制部根据轧制状态,将与所述规定的指令值的至少一部分相当的指令值分配作为对其他操作端的指令。

[0011] 或者,本发明的轧制控制装置控制是通过作业辊控制对被轧制材进行轧制的轧制机的轧制控制装置,其构成为:具有对第一操作端提供指令值以使得所述轧制所涉及的第一观测值成为目标值的第一控制部、以及对第二操作端提供指令值以使得所述轧制所涉及的第二观测值成为目标值的第二控制部,其中,所述第一控制部在轧制状态成为了规定状态的情况下,从所述第一操作端将指令值变更提供给所述第二操作端,所述第二控制部在轧制状态成为了规定状态的情况下,从所述第二操作端将指令值变更提供给所述第一操作端。

[0012] 或者,本发明的轧制控制装置控制是通过作业辊对被轧制材进行轧制的轧制机的轧制控制装置,其构成为:具有控制部,该控制部以第一增益对第一操作端提供指令,以第二增益对第二操作端提供指令以使得所述轧制所涉及的第一观测值成为目标值,以第三增益对第一操作端提供指令,以第四增益对第二操作端提供指令以使得所述轧制所涉及的第二观测值成为目标值,其中,所述控制部在轧制状态成为了规定状态的情况下,对所述第一增益至第四增益进行补正。

[0013] 根据本发明,能够克服控制的不稳定性并且能够提高产品品质。

[0014] 具体而言,在适用了板厚控制以及张力控制的情况下,通过适用本发明,即使在实施使轧制速度从高速至极低速为止进行变化的轧制操作的情况下,总能够将板厚控制以及张力控制的响应保持为最佳状态,从而能够提高产品品质以及操作效率。另外,能将操作控制端的多余动作设为不需要的动作。

附图说明

[0015] 图 1 表示本发明的轧制控制方法。

[0016] 图 2 表示轧制控制方法(参考例)。

[0017] 图 3 表示轧制控制方法(参考例)。

[0018] 图 4 表示 2 机座轧制机的轧制现象。

[0019] 图 5 表示影响系数的速度依存性。

[0020] 图 6 表示影响系数的速度依存性。

[0021] 图 7 表示影响系数的速度依存性。

[0022] 图 8 表示按压板厚控制的情况下的控制构成。

[0023] 图 9 表示速度板厚控制的情况下的控制构成。

[0024] 图 10 表示速度板厚控制+非干涉控制的情况下的控制构成。

[0025] 图 11 表示模拟结果。

[0026] 图 12 表示模拟结果。

[0027] 图 13 表示操作控制端选择装置。

[0028] 图 14 表示影响系数的求解法。

[0029] 图 15 表示板厚控制、张力控制的动作概要。

[0030] 图 16 表示实施例-2。

- [0031] 符号说明
- [0032] 1 输入侧张紧辊
- [0033] 2 第 1 机座轧制机
- [0034] 3 第 2 机座轧制机
- [0035] 4 输出侧张紧辊
- [0036] 7 板厚控制
- [0037] 8 张力控制
- [0038] 9 操作控制端选择装置
- [0039] 10 数据库

具体实施方式

[0040] 对发明的实施方式的基本思路进行说明,其后说明具体示例。

[0041] 另外,将操作端操作控制时的控制状态量的变化量称为“影响系数”。例如,在设为实施例的图 1 中所示那样的 2 机座轧制机的情况下,将在使第 2 机座辊隙以单位量(例如 1mm)进行变化的情况下的第 2 机座输出侧板厚的变化量(以 mm 为单位)作为由第 2 机座辊隙对第 2 机座输出侧板厚的影响系数,参照图 8 以及图 9,将其定义为:

[0042] (板厚 / 按压) 影响系数 501

[0043] = 第 2 机座输出侧板厚的变化量 / 第 2 机座辊隙变化量。

[0044] 将由第 2 机座辊隙对机座间张力的影响系数定义为:

[0045] (张力 / 按压) 影响系数 503

[0046] = 机座间张力的变化量 / 第 2 机座辊隙变化量,由于该由第 2 机座辊隙对机座间张力的影响系数与轧制速度几乎成比例,所以在轧制速度非常小的情况下,较大地降低。由此,通过由 AGC 对上游侧轧制机机座的第 1 机座辊速度进行操作,由 ATR 对下流侧机座的第 2 机座辊隙进行操作,则难以稳定地实施 AGC、ATR,从而成为需要通过 AGC 对第 2 机座辊隙进行操作,通过 ATR 对第 1 机座辊速度进行操作。

[0047] 另外,作为影响系数,需要考虑

[0048] (张力 / 速度) 影响系数 502

[0049] = 机座间张力的变化量 / 第 2 机座辊速度变化量

[0050] (板厚 / 速度) 影响系数 504

[0051] = 第 2 机座输出侧板厚的变化量 / 第 2 机座辊速度变化量。

[0052] 以比现有技术中的 10 分之 1 程度的 1 ~ 5mpm 程度的极低速区域来实施轧制机中的轧制操作时,由辊隙对张力的影响系数变小,其结果,在通过 ATR 对辊隙进行操作,通过 AGC 对辊速度进行操作的控制构成中,在控制上成为不稳定,产生板厚控制振动、过控制的情况。

[0053] 即,即使在 1 件相同被轧制材的轧制操作,在从极低速至通常轧制速度(例如 600mpm)为止实施轧制操作的情况下,仅辊隙对张力的影响系数较大地发生变化,难以稳定地实施 AGC 以及 ATR。

[0054] 在此,在轧制中,对基于轧制速度变化的由辊隙对输出侧板厚、以及由辊隙对张力、由辊速度对输出侧板厚或者由辊速度对张力的影响系数(对操作端进行单位量操作时

的状态量变化量)进行监视,通过基于影响系数的状态所进行的最佳的控制(AGC、ATR)与操作控制端(辊隙、辊速度)的组合,实施AGC以及ATR。

[0055] 例如,即使在通常轧制速度中,由AGC对辊速度进行操作,由ATR对辊隙进行操作的情况下,在极低速轧制时,由于因辊隙对张力的影响系数变小,所以,变更为由AGC对辊隙进行操作,由ATR对辊速度进行操作的方式。

[0056] 如此,即使实施自高速至极低速使轧制速度改变的轧制操作的情况下,总能够将板厚控制以及张力控制的响应保持在最佳的状态,能够提高产品品质以及操作效率。

[0057] 另外,能够抑制因利用对控制状态量的影响系数小的操作控制端进行控制而引起的控制输出增大,能够将操作控制端的多余动作设为不需要进行的动作。

[0058] 以下,对具体示例进行说明。

[0059] (实施例1)

[0060] 以下,说明对2机座连续轧制机的AGC、ATR适用本控制的情况。

[0061] 如图2以及图3所示那样,在2机座连续轧制机中除设置有第1机座轧制机2、第2机座轧制机3的2台轧制机外,还在第1机座轧制机输入侧设置有输入侧张紧辊1,在第2机座输出侧设置有输出侧张紧辊4。呈线圈状卷绕的被轧制材通过输入侧设备而被卷放出,经由输入侧张紧辊1而送入至轧制机,在通过第1机座轧制机2、第2机座轧制机3轧制到规定的板厚为止后,经由输出侧张紧辊4通过输出侧设备呈线圈状进行卷收取。分别通过输入侧张紧辊驱动装置11、第1机座轧制机驱动装置21、第2机座轧制机驱动装置31以及输出侧张紧辊驱动装置41来驱动输入侧张紧辊1、第1机座轧制机2、第2机座轧制机3以及输出侧张紧辊4。另外,对第1机座轧制机2以及第2机座轧制机3设置有用于操作各轧制机机座的作业辊间隔的第1机座按压控制装置22以及第2机座按压控制装置32。

[0062] 在轧制机中,基于产品精度以及操作效率的观点,为了将第2机座输出侧板厚维持为恒定值,设置有利用输出侧板厚度计6检测出的板厚实际值来对第1机座轧制机2的速度进行操作的板厚控制52、以及利用机座间张力计5检测出的张力实际值来对第2机座轧制机3的作业辊间隔进行操作的张力控制51。

[0063] 图4表示2机座连续轧制机的轧制现象概略。各机座轧制现象能够以将辊隙、辊速度、输入侧板厚、输入侧张力、输出侧张力作为输入,将输出侧板厚、输出侧板速、输入侧板速作为输出的轧制现象模型来进行表现。第1机座轧制机2与第2机座轧制机3之间的张力是由第2机座输入侧板速与第1机座输出侧板速的差的时间积分来决定的。因此,在变更第2机座的辊隙的情况下,第2机座输出侧板厚、第2机座输出侧板速、第2机座输入侧板速发生变动。第2机座输出侧板速的变化将产生第2机座输出侧张力变动,关于此,通过使输出侧张紧辊速度发生变化而可抑制。第2机座输入侧板速变动将产生机座间张力变动。即,第2机座轧制机3的辊隙变动不仅使第2机座轧制机的输出侧板厚发生变动,而且将产生机座间张力变动。同样地,在使第1机座轧制机的辊速度发生变化时,将使第1机座输出侧板厚、第1机座输出侧板速、第1机座输入侧板速发生变动,经由机座间张力变化,将产生第2机座输出侧板厚变动。第1机座输入侧板速变动成为第1机座输入侧张力变动,关于此,能够通过变更输入侧张紧辊速度而可抑制。即,第1机座的辊速度对机座间张力与第2机座输出侧板厚产生影响,第2机座的辊隙对机座间张力与第2机座输出侧板厚产生影响。

[0064] 输入侧板速以及输出侧板速以下述式表示,即

[0065] 输入侧板速=辊速度 $\times$ (1+后退率)

[0066] 输出侧板速=辊速度 $\times$ (1+前进率)。

[0067] 通过对第2机座的辊隙进行操作,第2机座输出侧板厚以及第2机座前进率、第2机座的后退率发生变化,机座间张力发生变化。另外,由于机座间张力发生变化,第2机座的前进率、输出侧板厚、后退率也发生变动。另外,由于机座间张力发生变动,第1机座输出侧板厚以及前进率、后退率也发生变动。第1机座前进率变动成为第1机座输出侧板速变动,机座间张力也发生变动。如此,轧制现象经由机座间张力而在第1机座与第2机座间产生相互影响,而成为复杂的现象。

[0068] 由此,难以通过数式来表示影响系数的变化。在此,通过对如图4所示那样的2机座轧制机的轧制现象进行模拟的结果,来表示影响系数的变化的倾向。

[0069] 在图5以及图6中表示:高速轧制时与极低速轧制时,对呈正弦波状地操作第2机座辊隙与第1机座速度的情况下的第2机座输出侧板厚以及机座间张力的变动进行模拟的结果。

[0070] 在高速轧制时,即使对第2机座辊隙、第1机座速度的任意一个进行操作的情况下,第2机座输出侧板厚以及机座间张力也进行相同程度的变动。相对于此,在极低速轧制时,第1机座速度操作时,板厚与张力相同程度地进行变动,而在第2机座辊隙的操作时,相对于第2机座输出侧板厚变动,机座间张力变动较小。

[0071] 基于该结果,如图7所示那样,在高速轧制时,(张力/按压)影响系数501、(张力/速度)影响系数502、(板厚/按压)影响系数503、(板厚/速度)影响系数504的任意一个均为同等,但在极低速部分,(张力/按压)影响系数501与(板厚/按压)影响系数503相比变小。

[0072] 图3表示利用第2机座按压来控制第2机座输出侧板厚的情况下的控制构成,图8表示控制框图,图2表示利用第1机座速度来控制第2机座输出侧板厚的情况下的控制构成,图9表示控制框图。在通过第2机座按压来实施AGC的情况下,利用第1机座速度实施ATR,另外,通过第1机座速度实施AGC的情况下,成为利用第2机座按压来实施ATR的构成。

[0073] 如图8所示那样,利用第2机座辊隙进行AGC的情况下,具有速度依存性的(张力/按压)影响系数501成为基于辊隙操作的对张力的影响项。通过按压操作,张力发生变化,其影响度随速度而发生变化,在低速部变小。由此,板厚控制中操作第2机座按压难影响到机座间张力。

[0074] 另一方面,如图9所示那样,进行速度板厚控制的情况下,具有速度依存性的(张力/按压)影响系数501处于对第2机座辊隙进行操作的ATR的闭环内,所以,在极低速时,ATR将第2机座辊隙较大地操作。通过第2机座辊隙变更,第2机座输出侧板厚发生变化的(板厚/按压)影响系数503也相同,所以,在对机座间张力变动进行相同修正的情况下,较之于高速时,极低速时需要较大的第2机座辊隙变更量,成为对第2机座输出侧板厚赋予较大的变动。

[0075] 对第2机座辊隙进行操作时,由于第2机座轧制荷重发生变动,因被轧制材在板幅方向的按压率的不同而产生的板幅方向的波纹的程度即形状也发生变化。由此,在串联式

轧制机中,利用采用第 1 机座速度以控制第 2 机座输出侧板厚的板厚控制。在对第 2 机座速度进行操作的 AGC 的控制构成中,至极低速区域为止实施轧制操作时,(张力/按压)影响系数 501 变小,所以,第 2 机座的辊隙变更量变大,轧制荷重变动也变大,从而对形状的影响也变大。由此,不仅从板厚控制的响应性,而且从第 2 机座的辊隙变更量的抑制的观点出发,在极低速时实施以第 1 机座速度作为操作端的 AGC 是不合适的。

[0076] 以下,示出利用了简略化的模型,实施模拟的结果。以下表示模拟条件。

[0077] (1) 通常轧制速度

[0078] 图 9 中,设影响系数 $501 = 1.0$

[0079] 影响系数 $502 = 0.5$

[0080] 影响系数 $503 = 0.5$

[0081] 影响系数 $504 = 1.0$ 。

[0082] (2) 极低速轧制(第 1 机座速度操作 AGC 的情况下)

[0083] 图 9 中设影响系数 $501 = 0.1$

[0084] 影响系数 $502 = 0.5$

[0085] 影响系数 $503 = 0.5$

[0086] 影响系数 $504 = 1.0$ 。

[0087] (3) 极低速轧制(第 2 机座辊隙操作 AGC 的情况下)

[0088] 图 8 中设影响系数 $501 = 0.05$

[0089] 影响系数 $502 = 1.0$

[0090] 影响系数 $503 = 1.0$

[0091] 影响系数 $504 = 0.5$ 。

[0092] (4) 极低速轧制(第 1 机座速度操作 AGC 的情况下)

[0093] 图 10 中设影响系数 $501 = 0.1$

[0094] 影响系数 $502 = 0.5$

[0095] 影响系数 $503 = 0.5$

[0096] 影响系数 $504 = 1.0$

[0097] 影响系数 $510 = 0.5$

[0098] 影响系数 $511 = 0.5$ 。

[0099] 将图 8 以及图 9 以及图 10 的各影响系数部设为适当的值,对极低速部的(张力/按压)影响系数 501 变小的情形进行了模拟。

[0100] 图 11 以及图 12 示出了模拟结果。在(1)的通常轧制速度中,针对图 9 的 AGC 对第 1 机座速度进行操作的情况进行模拟实施,但是影响系数的设定为相同,AGC 操作第 1 机座速度的图 8 的情况下也成为相同的结果。在该情况下,关于图 8 的控制构成、以及图 9 的控制构成,成为相同的结果。

[0101] 在极低速轧制时中,AGC 对(2)的第 1 机座速度进行操作的情况下,第 2 机座输出侧板厚以及机座间张力发生振动。因此,可知通过图 9 的控制构成不能稳定地进行控制。另一方面,在 AGC 对(3)的第 2 机座按压进行操作的情况下,也能够获得与(1)同样的 AGC 响应。

[0102] 如本例那样,存在交叉项(图 9 中的(张力/速度)影响系数 502、(板厚/按压)

影响系数 503) 的情况下,一般利用对影响进行预测并预先施加补正的非干涉控制。图 10 表示在图 9 中适用了非干涉控制的情况。图 10 中,通过加入非干涉控制增益 511 的非干涉控制来防止(张力/速度)影响系数 502 所产生的由第 1 机座速度变更对机座间张力的影响。同样地,通过加入非干涉控制增益 510 的非干涉控制来防止(板厚/按压)影响系数 503 所产生的因第 2 机座辊隙操作对第 2 机座输出侧板厚的影响。图 12(4) 表示非干涉控制适用时的模拟结果。AGC 的控制响应与图 11(1) 的高速轧制部为同等,张力控制输出变大,将第 2 机座辊隙较大地进行操作,从而对第 2 机座输出侧板形状造成影响的可能性大。

[0103] 如上所述确认出:在由于轧制速度而(张力/按压)影响系数 501 较大地变化的情况下,极低速时,通过使用对第 2 机座辊隙进行操作的 AGC,来确保控制响应,且能将控制输出量抑制在最小限度。在对第 1 机座速度进行操作的板厚控制的情况下,张力操作控制端是第 2 机座辊隙,对被轧制材的形状的影响变大。

[0104] 图 1 表示本实施例的轧制控制方法。板厚控制 (AGC) 7 与张力控制 (ATR) 8 分别设为可对第 1 机座速度、第 2 机座按压进行控制输出的状态,通过操作控制端选择装置 9,基于轧制实际值来决定板厚控制 7 与张力控制 8 的操作控制端,利用所决定的操作控制端来实施板厚控制以及张力控制。

[0105] 图 13 表示操作控制端选择装置 9 的动作。在操作控制端选择装置 9 中决定板厚控制 (AGC) 以及张力控制 (ATR) 的操作控制端。在此,基本上,利用对第 1 机座速度进行操作的 AGC,在(张力/按压)影响系数 501 变成为作为基准的高速轧制部(例如 600mpm)的影响系数的 1/5 时,考虑切换成为对第 2 机座辊隙进行操作的 AGC。利用轧制模拟装置 901,如图 5 所示那样地,实施使轧制速度发生变化并以正弦波状对第 1 机座速度以及第 2 机座按压进行操作的模拟,对模拟结果的第 2 机座输出侧板厚变动以及机座间张力变动进行记录。需要基于轧制实际值来估计轧制模拟装置 901 中所需的摩擦系数、变形抗力。实施此处理的是变形抗力、摩擦系数学习装置 902。所估计的摩擦系数、变形抗力按照每个产品规格而存储于数据库 10 中。根据产品规格,变形抗力/摩擦系数设定装置 903 对数据库 10 进行检索,将符合的变形抗力、摩擦系数输入至轧制模拟装置 901 中。在轧制模拟装置 901 中,通过利用被轧制材的板厚、张力等的轧制实际值对轧制模拟装置内的参数进行补正,从而尽可能地使实际轧制与轧制模拟装置一致。例如,进行按照轧制荷重的计算值与实际值匹配的方式来设定补正系数=(轧制荷重实际值/轧制荷重计算值)。但该参数的补正并不是必需的,可直接利用在轧制模拟装置 901 内进行轧制现象的运算时所利用的模型(作为轧制现象的模型,一般已知 HILL 的公式等)来进行运算。基于轧制实际值来设定轧制速度,通过轧制模拟装置 901 以恒定频率(例如 1Hz)以预先确定的恒定量呈正弦波状地操作第 2 机座辊隙以及第 1 机座速度(辊隙为 $10\mu\text{m}$,速度为 0.1mpm 等),来求取第 2 机座输出侧板厚以及机座间张力变动的振幅。能够通过取第 2 机座辊隙或者第 1 机座速度的操作在 1 周期内的最大最小值的差来求取振幅。图 14 表示其一个示例,在对第 2 机座辊隙进行操作的情况下,求取辊隙振幅 921、第 2 机座输出侧板厚振幅 922、机座间张力振幅 923。轧制模拟装置 901 将该各振幅输出给影响系数运算装置 904。在影响系数运算装置 904 中,基于所输入的振幅来求取影响系数。例如,按照下述进行运算,即,

[0106] (张力/按压)影响系数 501 = 机座间张力振幅 923/ 辊隙振幅 921

[0107] (板厚/按压)影响系数 503 = 第 2 机座输出侧板厚振幅 922/ 辊隙振幅 921。

[0108] 将作为其结果而获得的各影响系数输出给影响系数判定装置 905。影响系数判定装置 905 中,对高速部的影响系数与所运算的影响系数进行比较,在成为 $1/5$ 以下的情况下,选择用于操作第 2 机座辊隙的按压板厚控制,并设置于操作控制端增益设定装置 906 中。操作控制端增益设定装置 906 中,在选择按压板厚控制的情况下,设板厚控制按压增益 $602 = 1.0$,设板厚控制速度增益 $601 = 0.0$,设张力控制速度增益 $701 = 1.0$,设张力控制按压增益 $702 = 0.0$,来对板厚控制 7 以及张力控制 8 进行设定。另外,在未选择按压板厚控制的情况下,设板厚控制按压增益 $602 = 0.0$,设板厚控制速度增益 $601 = 1.0$,设张力控制速度增益 $701 = 0.0$,设张力控制按压增益 $702 = 1.0$,来对板厚控制 7 以及张力控制 8 进行设定。

[0109] 在板厚控制 7 中,从输出侧板厚度计 6 取得板厚实际值,通过取其与板厚设定值之间的差作为板厚偏差,与 (板厚 / 速度) 影响系数 504 的倒数 603 以及 (板厚 / 按压) 影响系数 503 的倒数 604 相乘,并且与板厚控制速度增益 601、板厚控制按压增益 602 进行相乘并积分,来制作对速度或者按压的控制输出。在张力控制 8 中也同样地,从机座间张力计 5 取得张力实际值,通过取其与张力设定值之间的差作为张力偏差,与 (张力 / 速度) 影响系数 502 的倒数 703 以及 (张力 / 按压) 影响系数 501 的倒数 704 相乘,进一步与张力控制速度增益 701、张力控制按压增益 702 相乘并进行积分,来制作对速度或者按压的控制输出。在此,板厚设定值、张力设定值是预先根据产品规格所决定的值。

[0110] 根据以上,能够根据从基于轧制状态的操作控制端至控制状态量的影响系数的变化来切换各控制中的操作控制端。

[0111] (实施例 2)

[0112] 在实施例 1 中,作为板厚控制的操作控制端,完全切换成第 2 机座辊隙或者第 1 机座速度,但可以根据影响系数,并用按压与速度两者,将其设为控制输出端。例如,根据 (张力 / 按压) 影响系数 501,能够如图 16 所示那样地变更操作控制端增益。

[0113] (实施例 3)

[0114] 在实施例 1 以及 2 中,对 2 机座轧制机进行了说明。对于具有 3 个以上的轧制机机座的串列式轧制机,也可以同样地根据影响系数来变更操作控制端,由此,能够自高速轧制时至极低速轧制时为止将板厚控制、张力控制的响应设为最佳的状态。

[0115] 本发明,关于机座的台数,可以是任意的,能够适用于具有 2 台以上的轧制机机座的串列式轧制机,另外,也可适用于串列式轧制机以外的例如斯特克尔制法轧制机。另外,本实施例中,对适用于板厚以及张力的控制的示例进行了说明,不用说其也可适用于轧制中的其他控制。另外,作为操作端,对利用速度以及辊隙的示例进行了说明,不用说也可适用于其他的操作端。

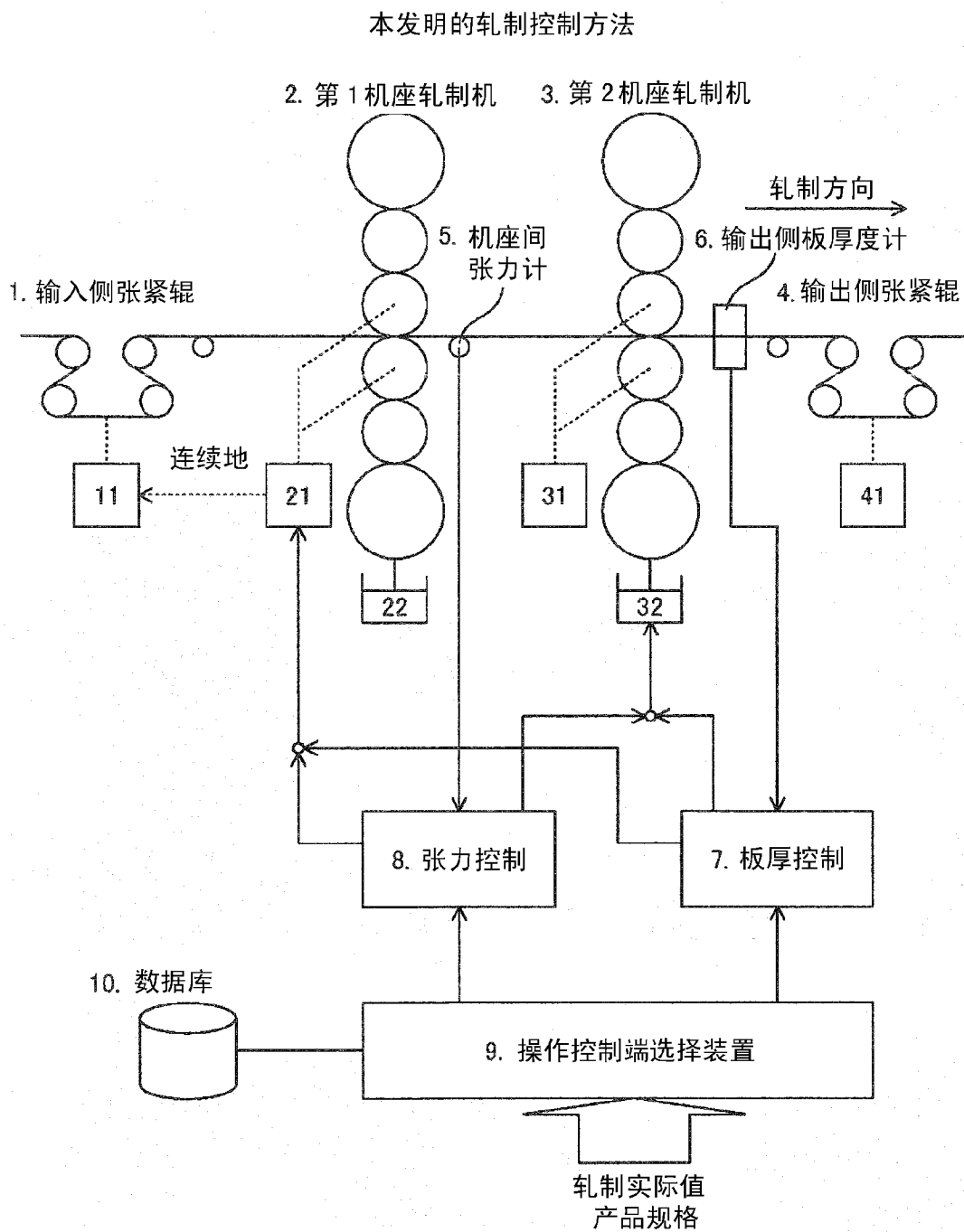


图 1

轧制控制方法（参考例）

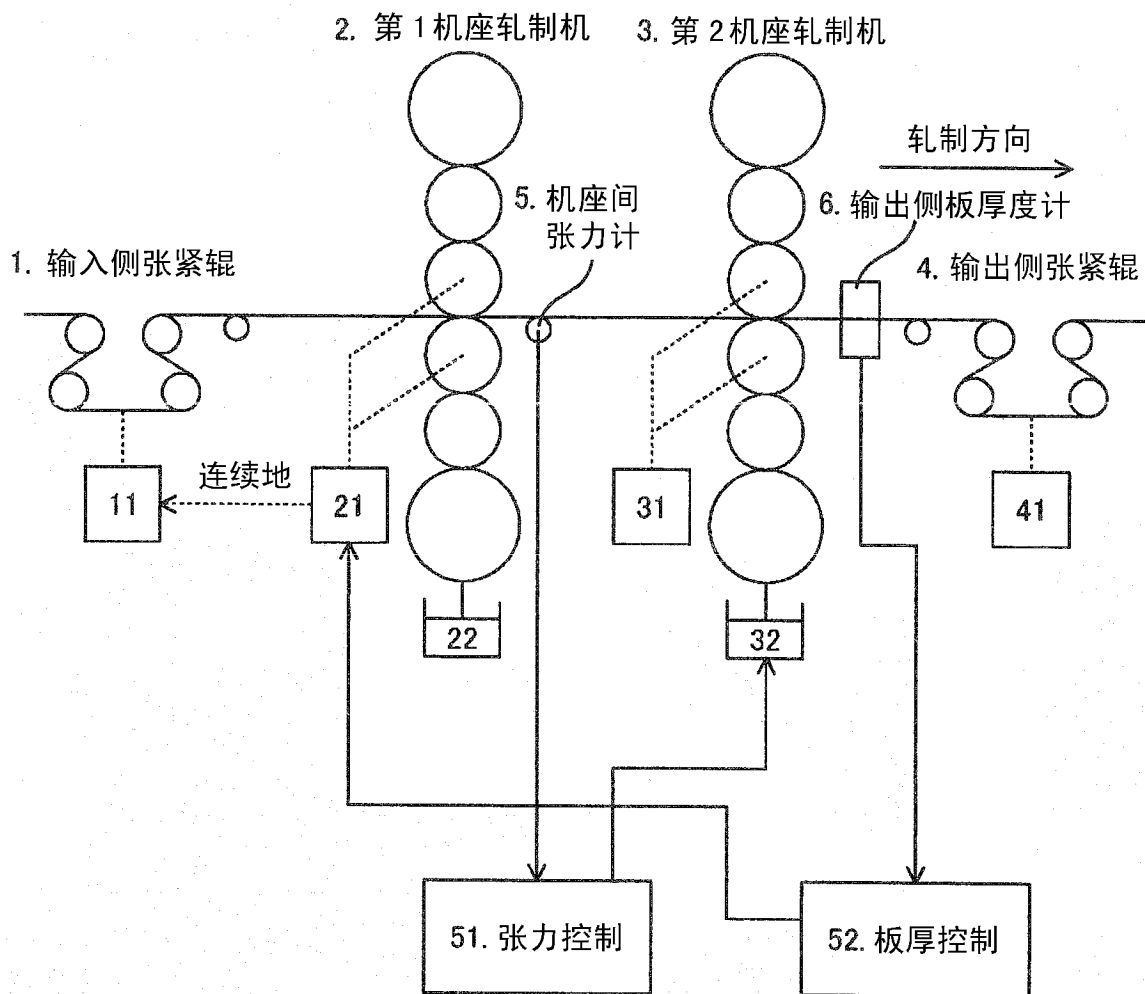


图 2

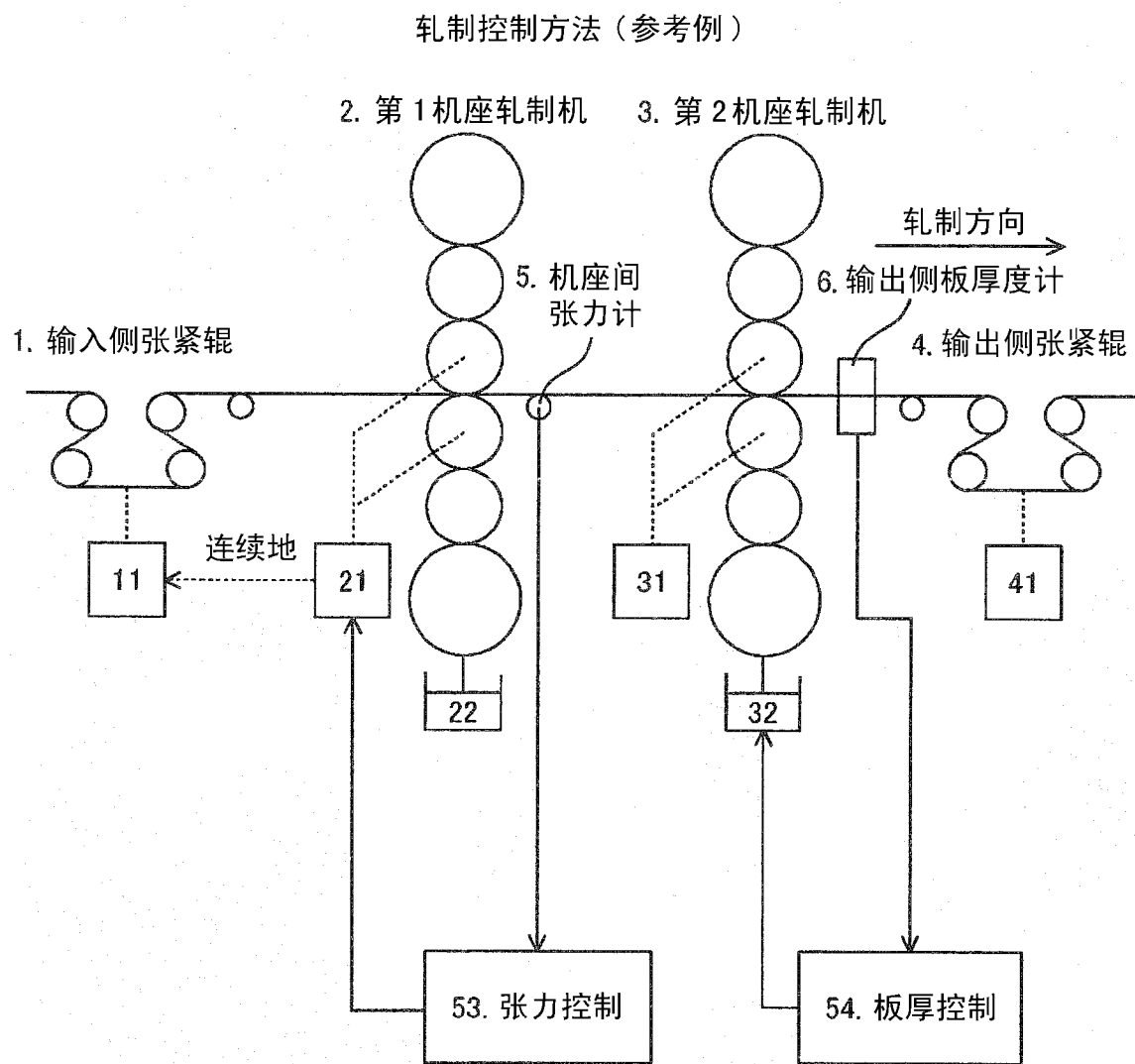


图 3

2机座轧制机的轧制现象

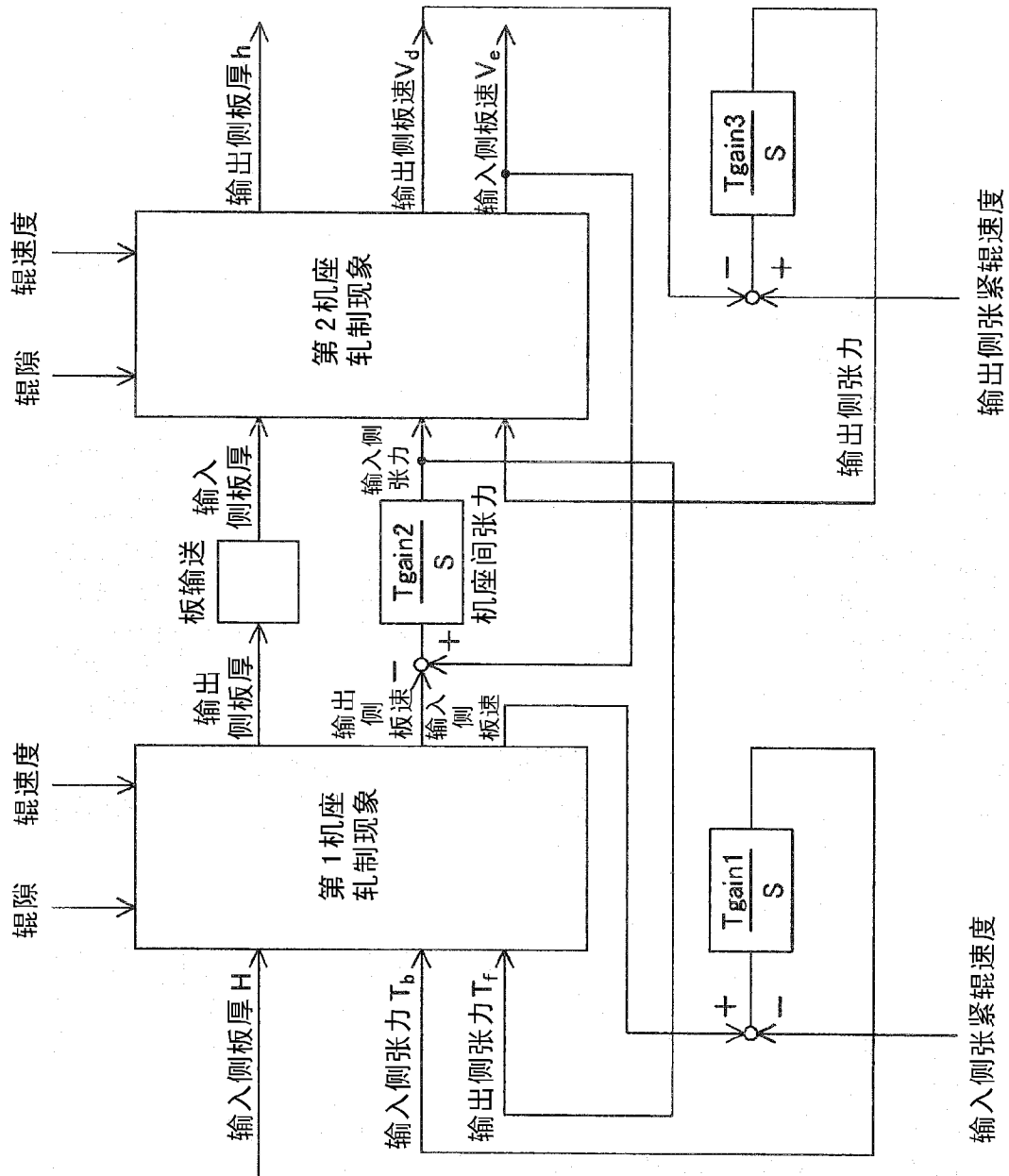


图 4

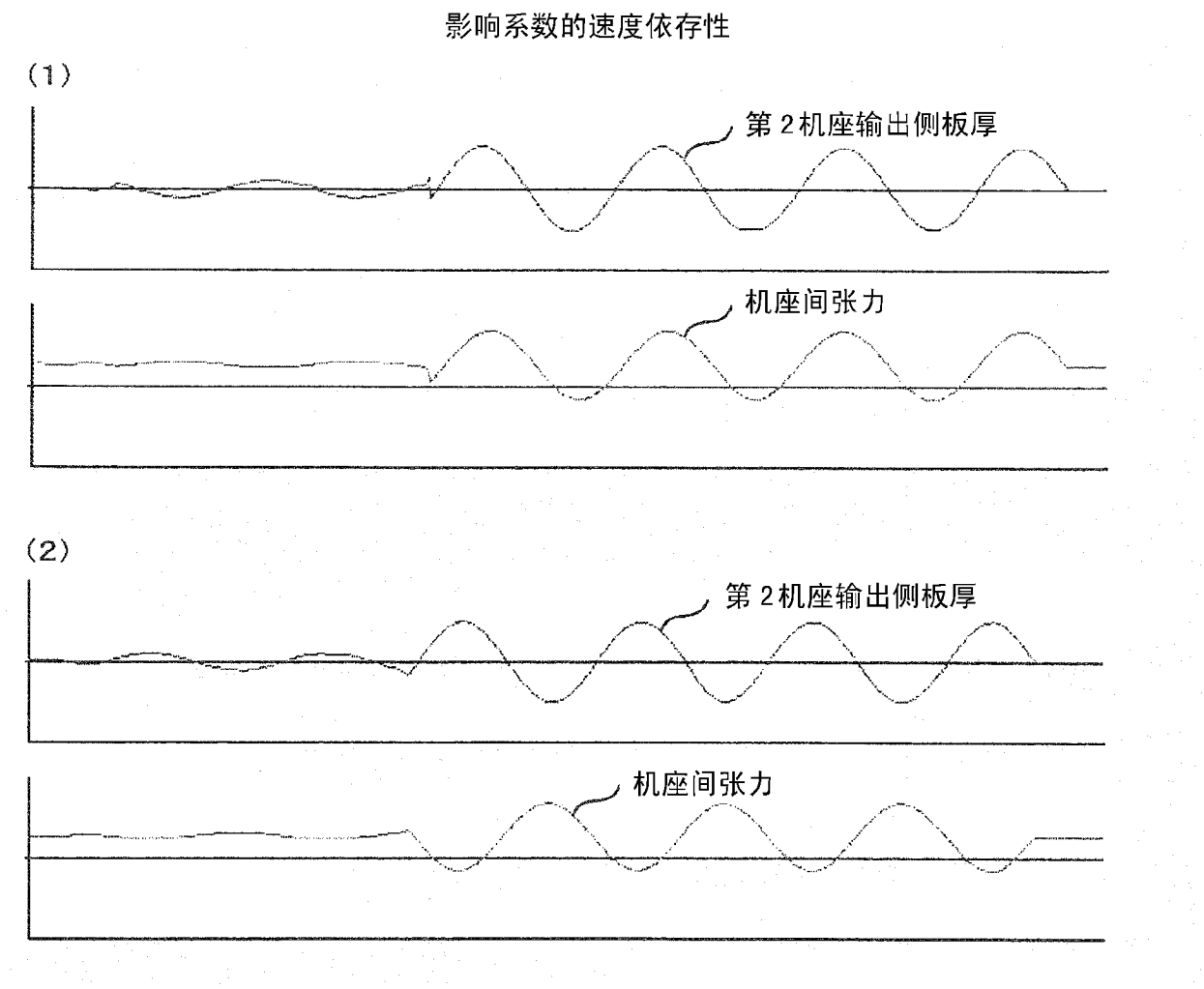


图 5

影响系数的速度依存性

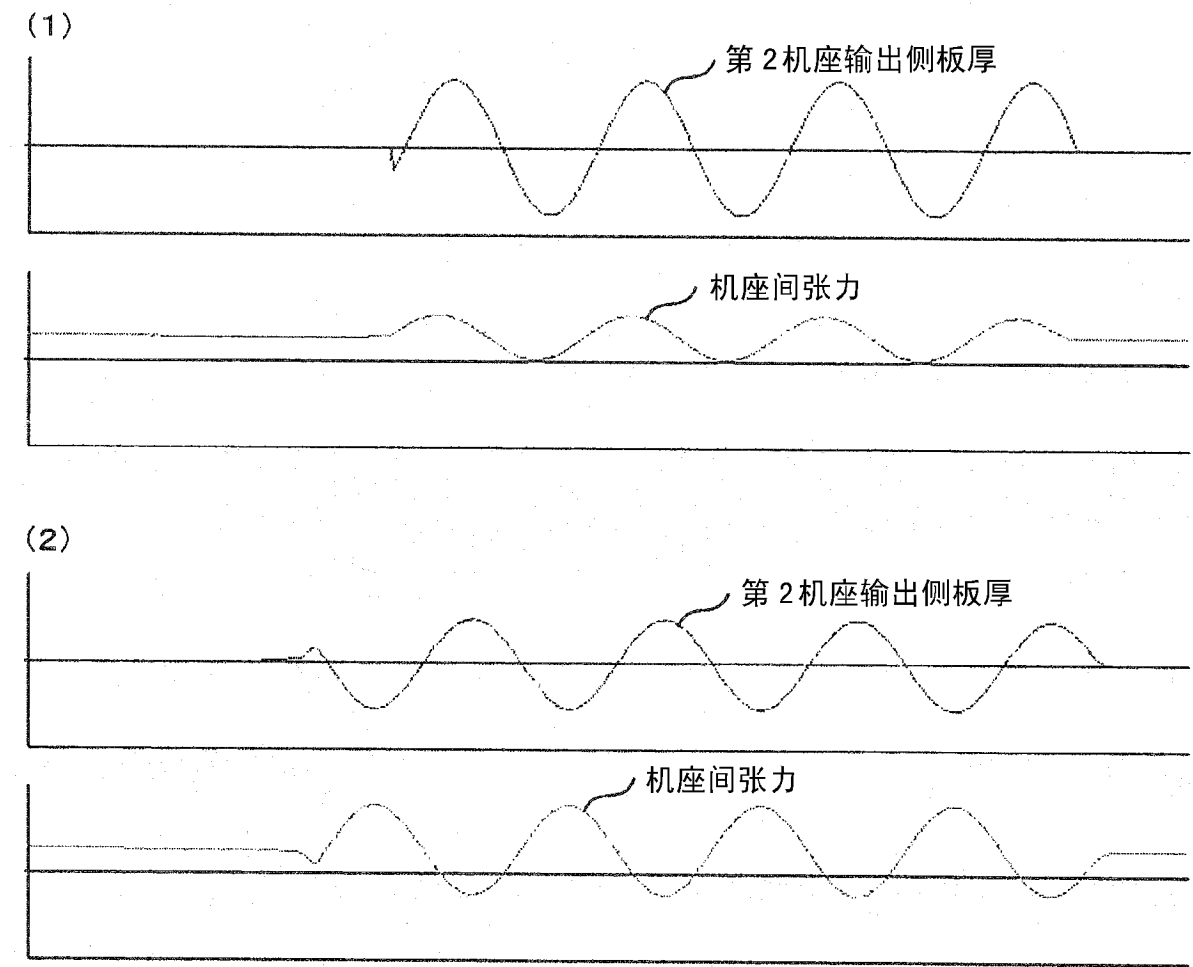


图 6

影响系数的速度依存性

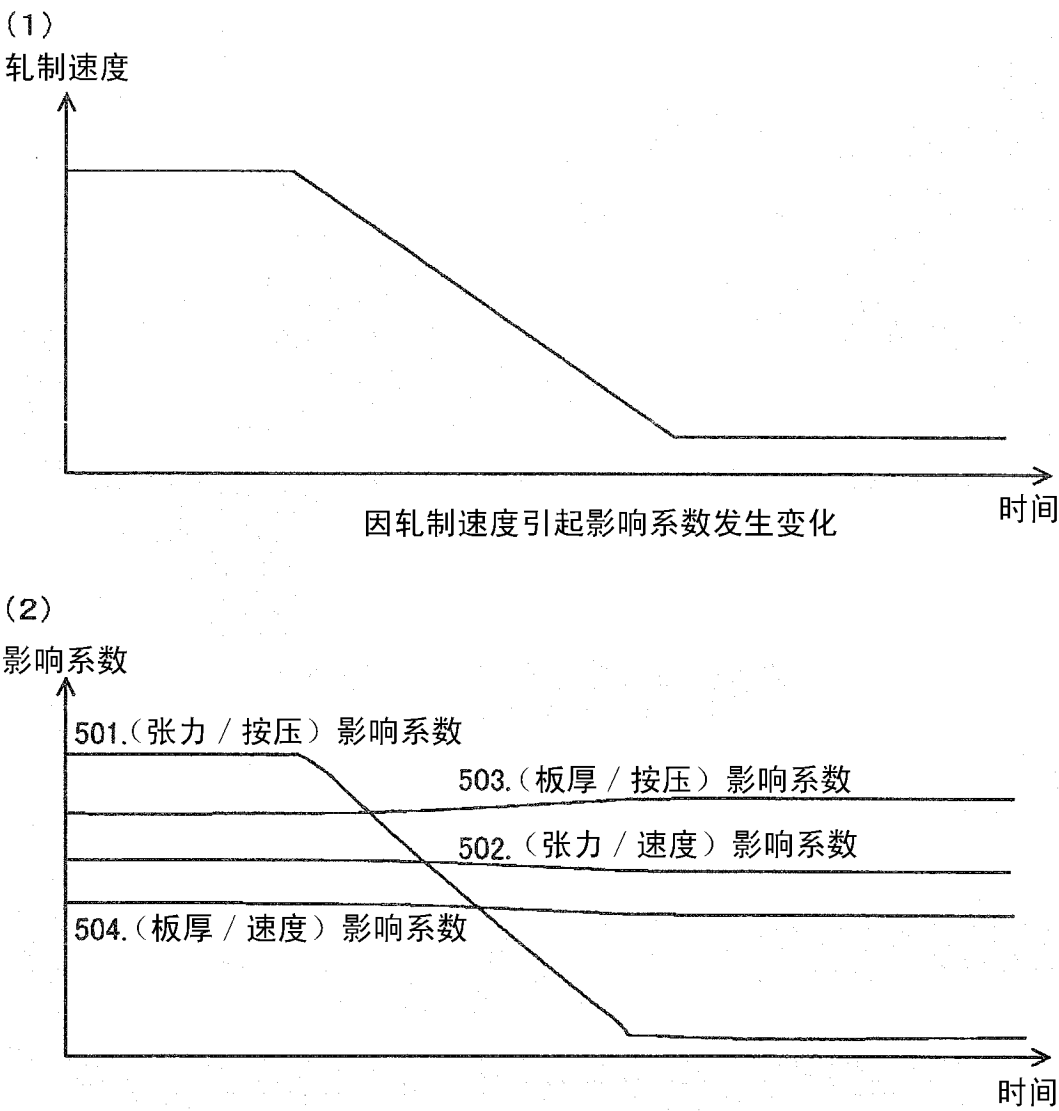


图 7

按压板厚控制的情况下的控制构成

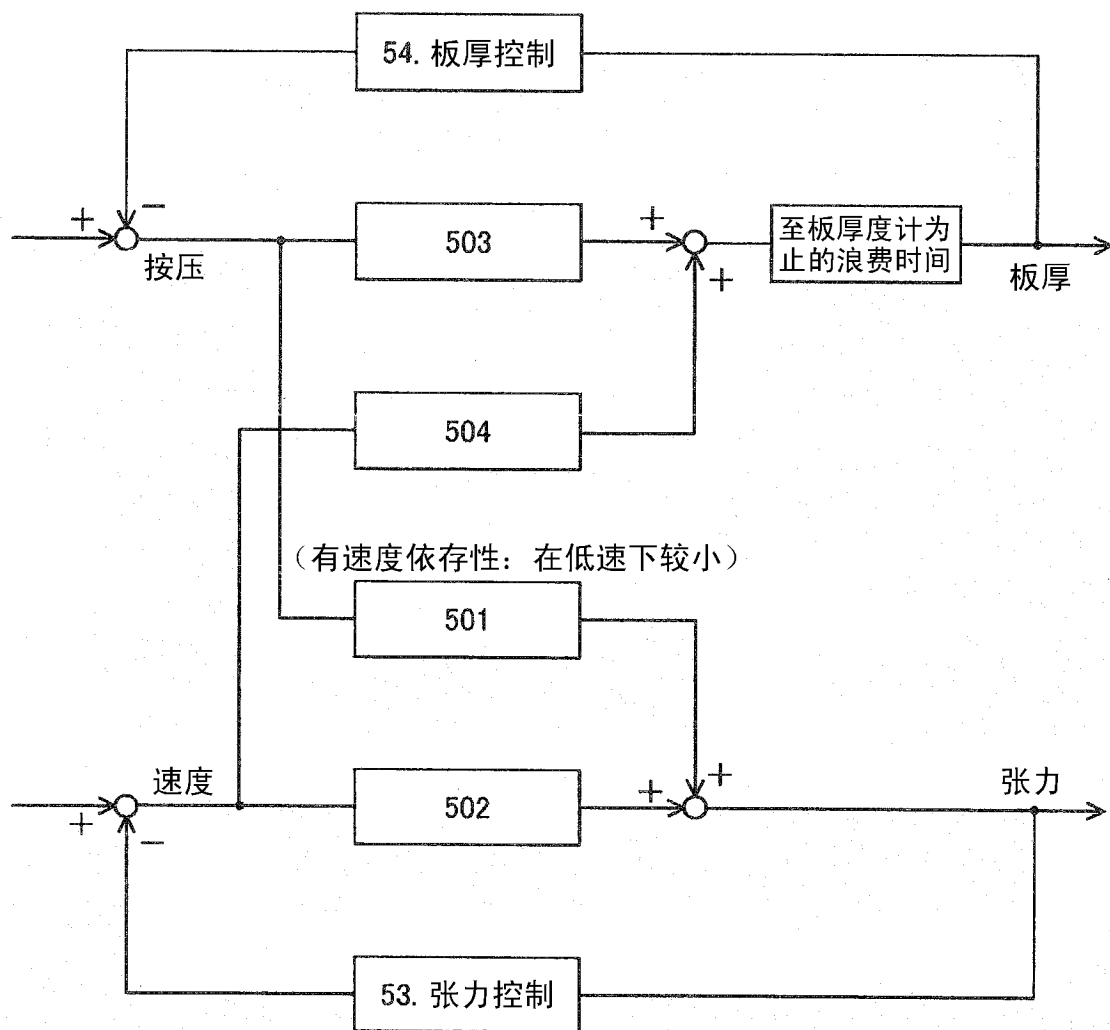


图 8

速度板厚控制的情况下的控制构成

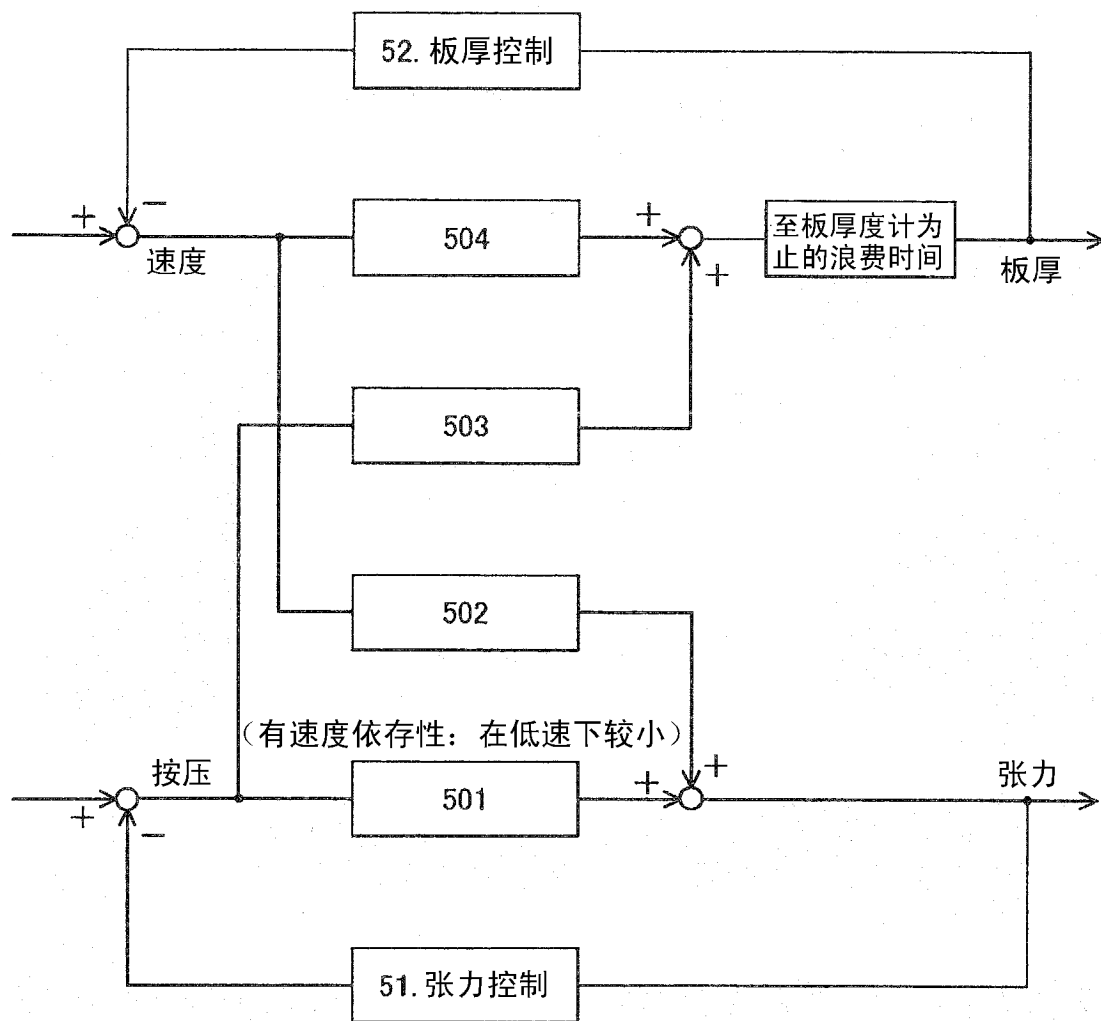


图 9

速度板厚控制 + 非干涉控制的情况下的控制构成

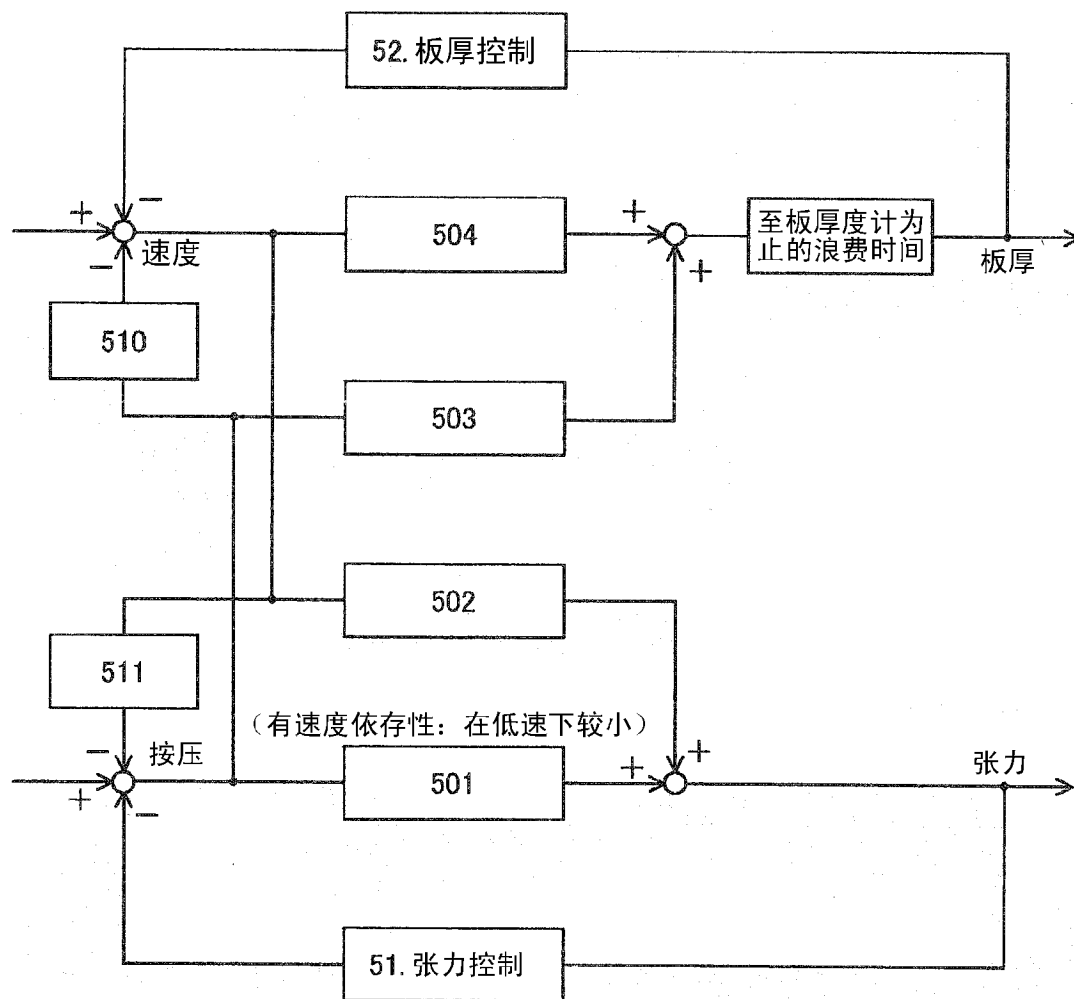
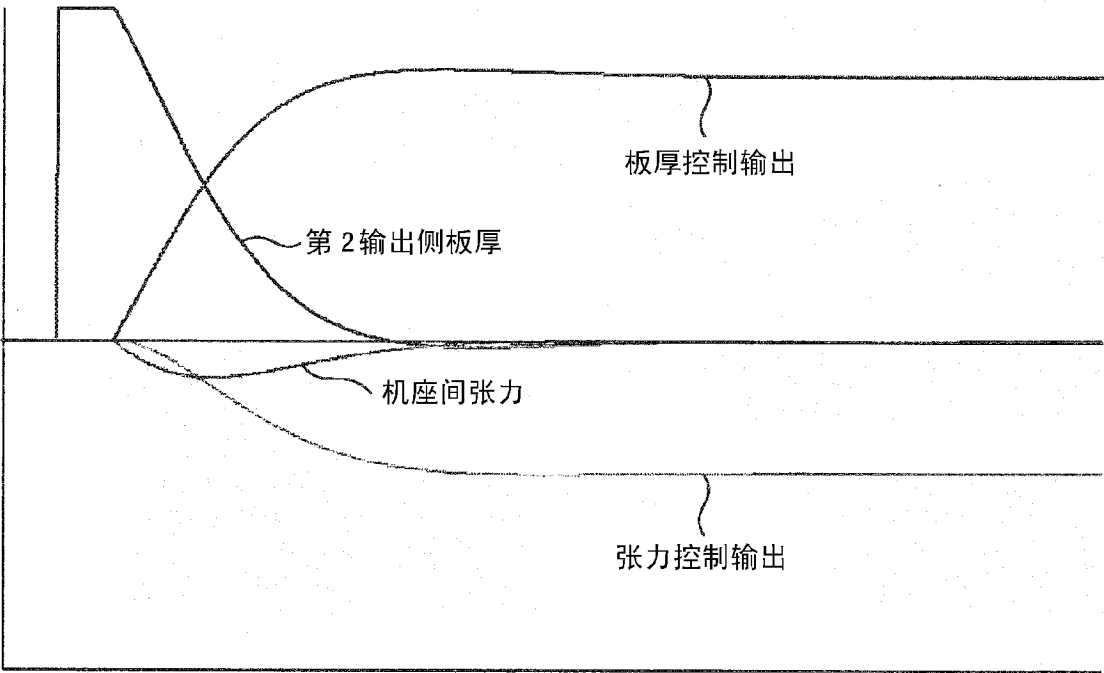


图 10

模拟结果

(1) 通常按压速度



(2) 极低速轧制（速度板厚控制的情形）

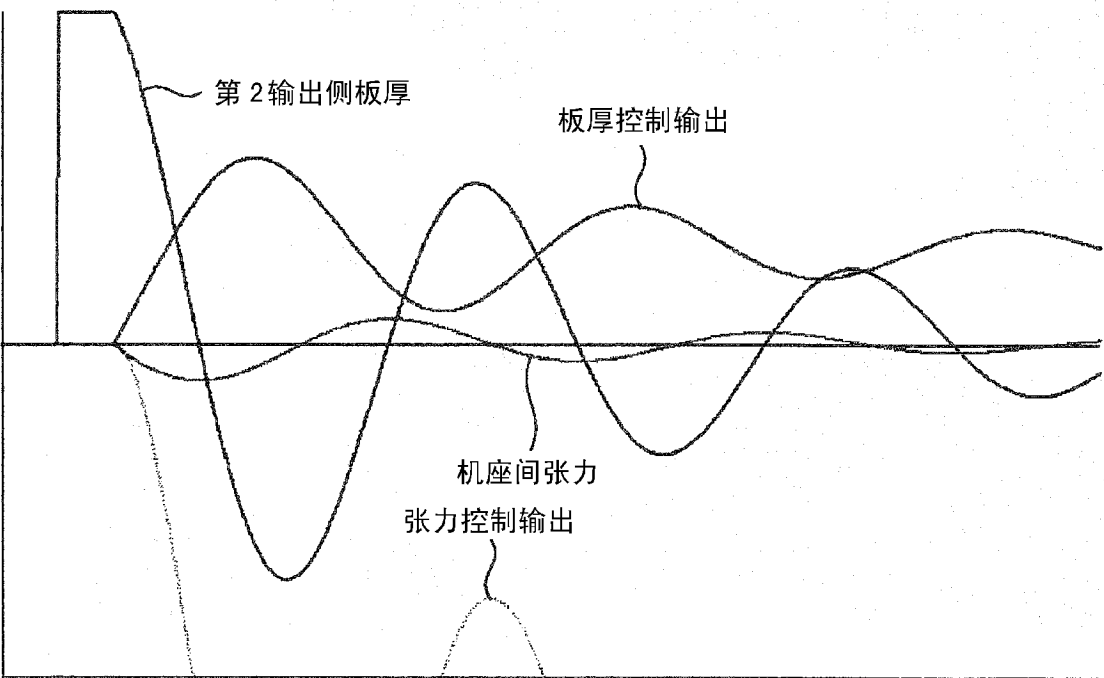
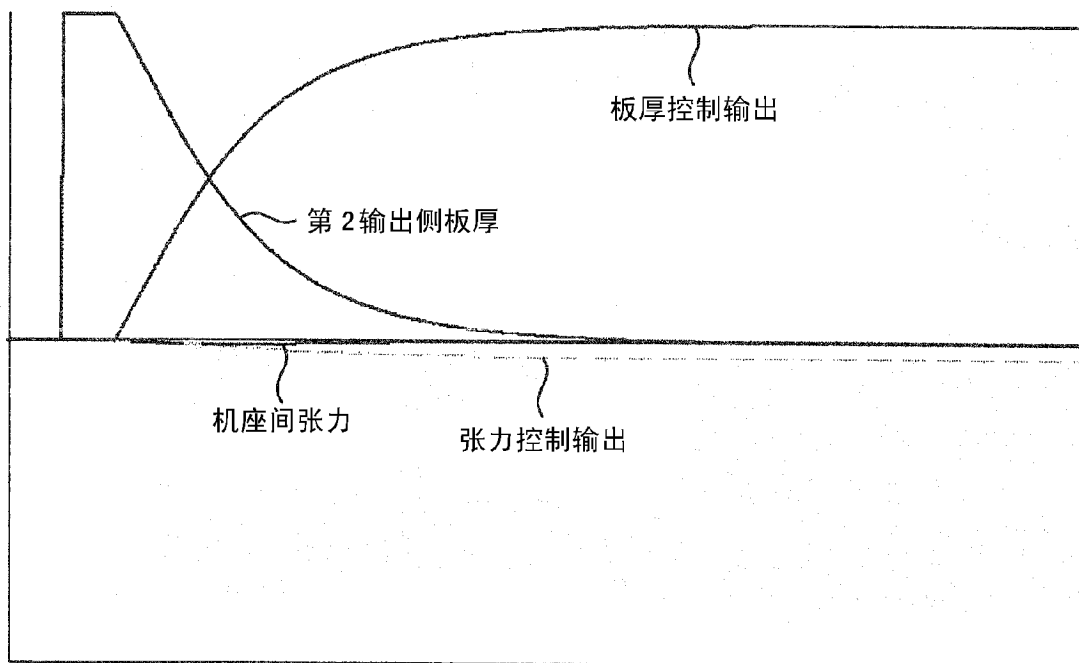


图 11

模拟结果

(3) 极低速轧制（按压板厚控制的情形）



(4) 极低速轧制（速度板厚控制的情形，加入非干涉控制）

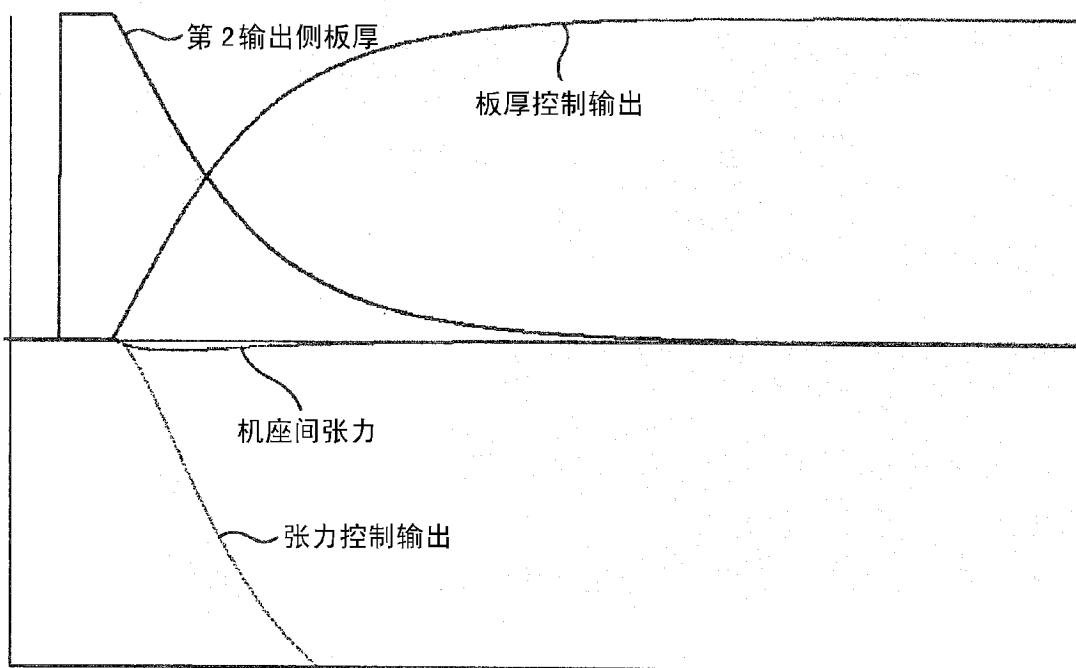


图 12

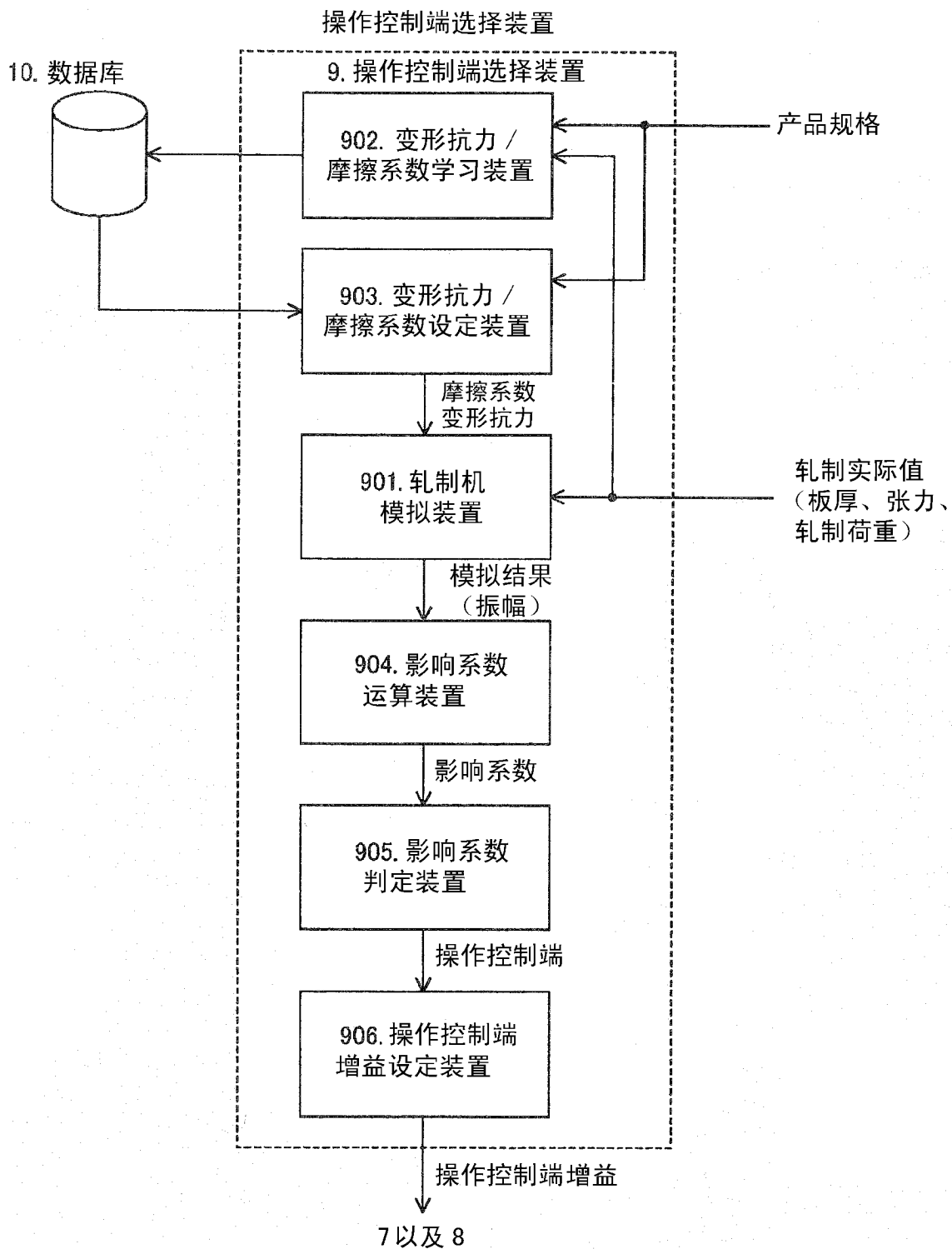


图 13

影响系数的求取法

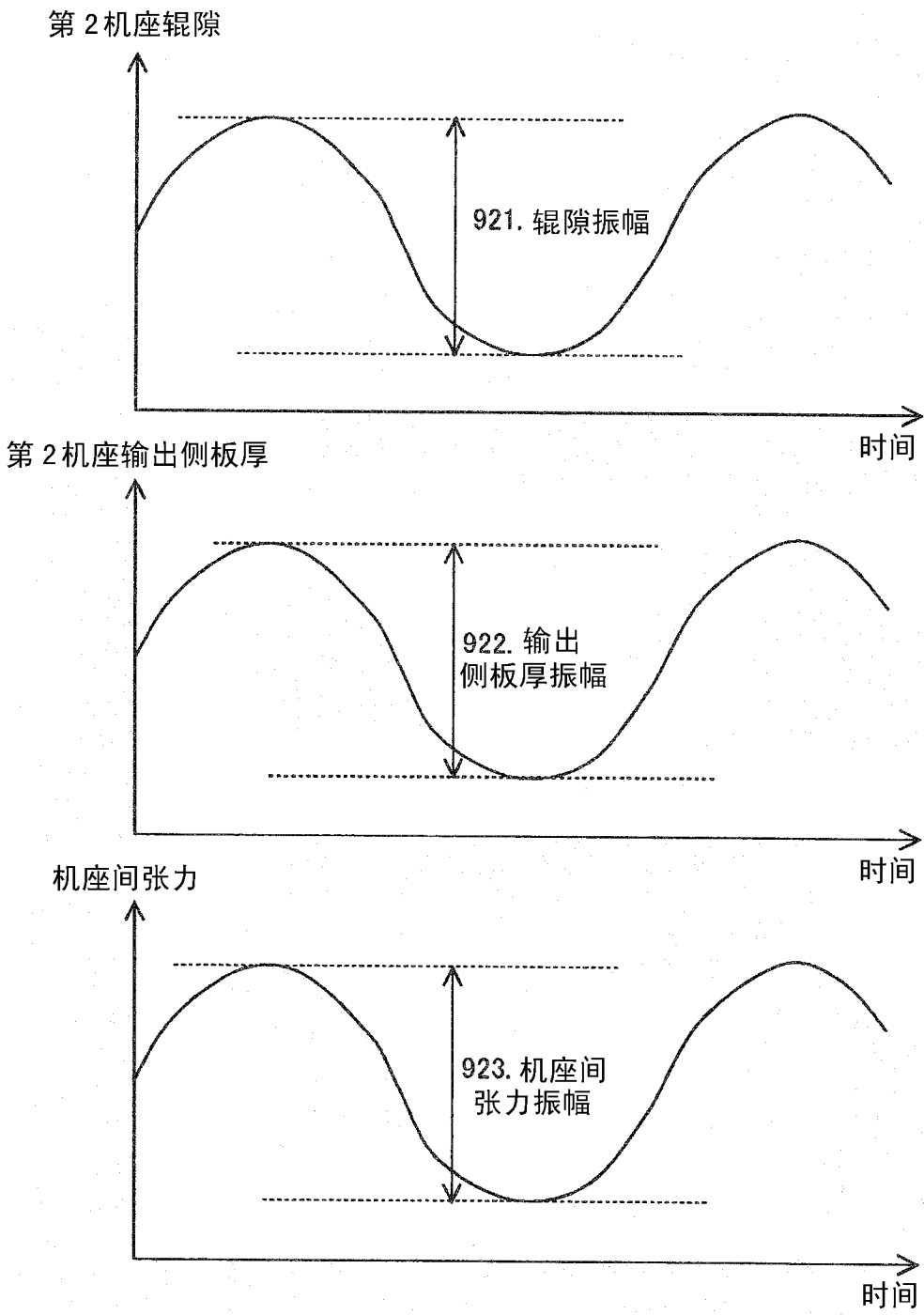


图 14

板厚控制、张力控制的动作概要

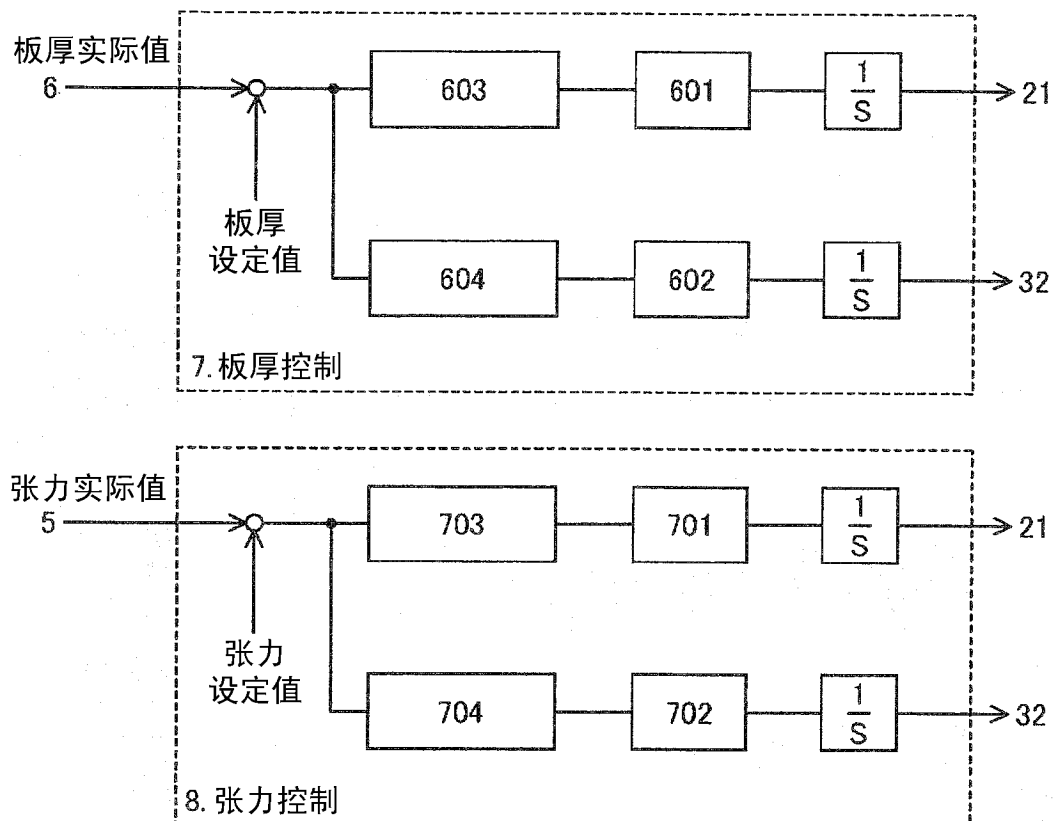


图 15

实施例-2

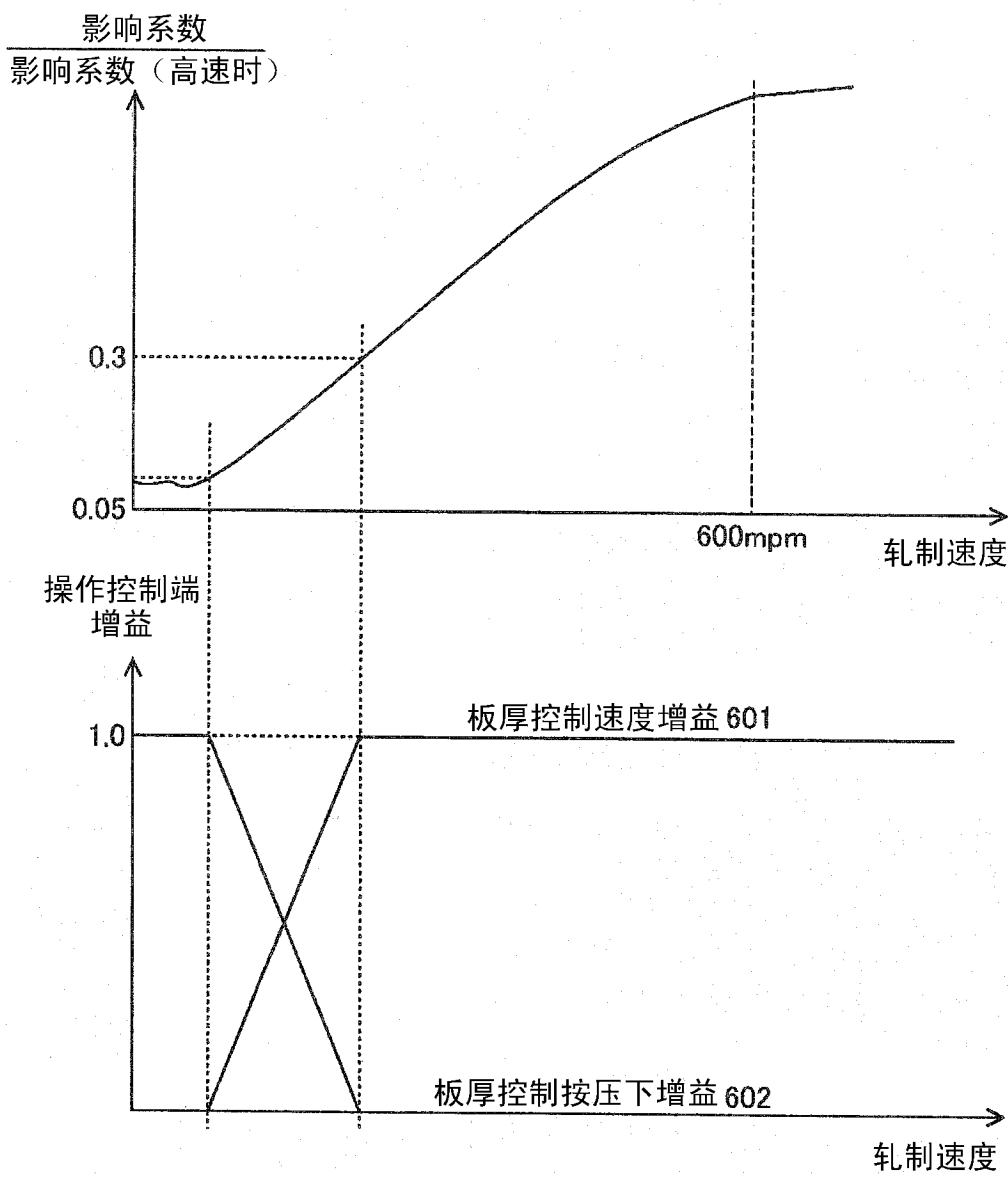


图 16