(19)中华人民共和国国家知识产权局

(12)发明专利

(10)授权公告号 CN 101791633 B
(45)授权公告日 2012.11.28

(21)申请号 201010150916.7

(22)申请日 2007.12.19

(30)优先权数据
2006-341150 2006.12.19 JP

(62)分案原申请数据
200710300193.2 2007.12.19

(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 鹿山昌宏 栗林健

(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 李贵亮

(51)Int.Cl.
B21B 37/76(2006.01)
G05D 23/19(2006.01)

审查员 陈智国

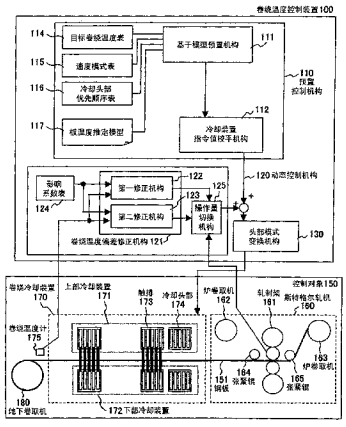
权利要求书 2 页 说明书 11 页 附图 18 页

(54)发明名称

卷绕温度控制装置及控制方法

(57)摘要

本发明提供一种即使在钢板速度骤加减速的情况下，兼具稳定性和响应性的卷绕温度反馈控制。作为卷绕温度控制装置(100)的动态控制机构(120)，具备：检测卷绕温度偏差，并按通常的反馈控制输出操作量的第一修正机构(122)，和输出与卷绕温度偏差成比例的操作量的第二修正机构(123)，以钢板速度为指针，选择合适的修正机构，并输出最终的操作量。此外，合成两个修正机构，输出冷却装置的最终操作量。



CN 101791633 B

1. 一种卷绕温度控制装置，其以配置在热轧机的送出侧的冷却装置冷却由该热轧机轧制的钢板，并将由地下卷取机卷绕前的钢板的温度控制在规定的目标温度，

所述卷绕温度控制装置的特征在于，具备：

板温度推定模型，其用于推定钢板的卷绕温度；

预置控制单元，其在冷却之前，由与目标卷绕温度和钢板的速度相关的信息，使用所述板温度推定模型推定卷绕温度，并使用推定结果，计算及输出用于实现目标卷绕温度的向冷却装置发出的控制指令；

动态控制单元，其观测冷却控制中的钢板的卷绕温度，并由观测结果与目标卷绕温度的偏差，计算及输出控制指令的修正量，

进而，所述动态控制单元具备：

第一修正单元，其由与所述偏差对应地计算出的控制指令的修正量和动态控制单元现在输出的控制指令的修正量，计算出动态控制单元下次输出的修正量；

第二修正单元，其将与该偏差对应地计算出的控制指令的修正量与动态控制单元下次输出的控制指令的修正量直接对应并输出；

操作量切换单元，其取得所述钢板的速度，并根据钢板速度，选择第一修正单元的输出和第二修正单元的输出中的任一个，从而确定动态控制单元下次输出的修正量。

2. 根据权利要求 1 所述的卷绕温度控制装置，其特征在于，

在所述钢板速度大于规定值时，选择所述第一修正单元的输出，除此以外时，选择所述第二修正单元的输出。

3. 根据权利要求 2 所述的卷绕温度控制装置，其特征在于，

所述第一修正单元具备：与钢板速度对应地确定下次的修正计算的启动时刻的第一启动时刻生成单元，

所述第二修正单元具备：以事先确定的规定的周期确定下次的修正计算的启动时刻的第二启动时刻生成单元。

4. 根据权利要求 3 所述的卷绕温度控制装置，其特征在于，

所述第一启动时刻生成单元通过使用钢板速度、在所述冷却装置中由于控制指令的变更而导致操作量变更的部位和卷绕温度计的距离、控制指令变更的影响涉及到钢板温度为止的时间的运算，确定下次的修正计算的启动时刻。

5. 根据权利要求 3 所述的卷绕温度控制装置，其特征在于，

所述操作量切换单元对所述第一启动时刻生成单元确定的上次和下次的启动间隔之间钢板速度是否变化进行检测，在无变化的情况下使用第一修正机构的输出，动态控制单元确定下次输出的修正量，在有变化的情况下，动态控制单元下次也保持现在输出的修正量。

6. 根据权利要求 1 所述的卷绕温度控制装置，其特征在于，

当钢板速度大于预先设定的值时，所述操作量切换单元使用第一修正单元的输出，动态控制单元确定下次输出的修正量，除此以外时，动态控制单元下次也保持现在输出的修正量。

7. 一种卷绕温度控制装置，其以配置在热轧机的送出侧的冷却装置冷却由该热轧机轧制的钢板，并将由地下卷取机卷绕前的钢板的温度控制在规定的目标温度，

所述卷绕温度控制装置的特征在于，具备：

板温度推定模型，其用于推定钢板的卷绕温度；

预置控制单元，其在冷却之前，由与目标卷绕温度和钢板的速度相关的信息，使用所述板温度推定模型推定卷绕温度，并使用推定结果，计算及输出用于实现目标卷绕温度的向冷却装置发出的控制指令；

动态控制单元，其观测冷却控制中的钢板的卷绕温度，并由观测结果与目标卷绕温度的偏差，计算及输出控制指令的修正量，

进而，所述动态控制单元具备：

第一修正单元，其由使用所述偏差计算出的控制指令的修正量和动态控制单元现在输出的控制指令的修正量，计算出动态控制单元下次输出的修正量；

第二修正单元，其将使用该偏差计算出的控制指令的修正量与动态控制单元下次输出的修正量直接对应并输出；

操作量合成单元，其取得所述钢板的速度，对于第一修正单元的输出和第二修正单元的输出，进行根据钢板速度的加权，从而确定动态控制单元下次输出的修正量。

8. 根据权利要求 7 所述的卷绕温度控制装置，其特征在于，

所述操作量合成单元在钢板速度大于预先确定的第一速度时，选择第一修正单元，在钢板速度小于预先确定的第二速度时，选择第二修正单元，在钢板速度位于第一速度与第二速度之间时，进行根据钢板速度的加权，从而确定动态控制单元下次输出的修正量。

9. 一种卷绕温度控制方法，其以配置在热轧机的送出侧的冷却装置冷却由该热轧机轧制的钢板，并将由地下卷取机卷绕前的钢板的温度控制在规定的目标温度，

所述卷绕温度控制方法的特征在于，包括：

进行预置控制，其在冷却之前，由与目标卷绕温度和钢板的速度相关的信息，使用所述板温度推定模型推定卷绕温度，并使用推定结果，输出用于实现目标卷绕温度的向冷却装置发出的控制指令；

进行动态控制，其观测冷却控制中的钢板的卷绕温度，并由观测结果与目标卷绕温度的偏差，输出控制指令的修正量，

进而，由使用观测结果与目标卷绕温度的偏差计算出的控制指令的修正量和动态控制单元现在输出的修正量，计算第一修正量；

由使用观测结果与目标卷绕温度的偏差计算出的控制指令的修正量直接计算出第二修正量；

根据取得的钢板速度，选择第一修正量和第二修正量中的任一个，从而确定动态控制中下次的修正量。

10. 根据权利要求 9 所述的卷绕温度控制方法，其特征在于，

所述第一修正量的计算时刻通过使用钢板速度、在所述冷却装置中由于控制指令的变更而导致操作量变更的部位和卷绕温度计的距离、控制指令变更的影响涉及到钢板温度为止的时间的运算来确定，所述第二修正量的计算时刻由预先确定的规定的周期来确定。

卷绕温度控制装置及控制方法

[0001] 本申请是基于申请号为 200710300193.2、发明名称为“卷绕温度控制装置及控制方法”、申请日为 2007 年 12 月 19 日的专利申请的分案申请。

技术领域

[0002] 本发明涉及热轧生产线的卷绕温度装置及其控制方法，尤其涉及在钢板速度急剧变化的斯特格尔轧机中，以使卷绕温度与目标温度一致的合适的卷绕温度控制装置及其控制方法。

背景技术

[0003] 作为进行热轧生产线的钢板的卷绕温度控制的现有方法，例如，在专利文献 1 中例示了，在钢板的速度变更时，以变动前的注水量乘以加速度或减速度的简易计算，计算出头部 (header) 水量并设定的控制方法。

[0004] 专利文献 1 :特开平 8-252625 号公报

[0005] 在专利文献 1 的方法中，对于速度变化，能够通过重新计算头部水量而对应。但是，在重新计算后测量的卷绕温度与目标温度不同的情况下，如何变更头部水量并未表示。通常，伴随目标温度与测量的卷绕温度的偏差，并行进行使头部水量或开闭的头部根数增减的反馈控制，从而实现卷绕温度精度的提高。

[0006] 在钢板的速度变化比较平缓的串列式轧机中，此种控制方式多较好地进行。但是在钢板速度被骤加速及骤减速的斯特格尔轧机中，由于难以精度良好地计算出消除速度变化的影响的头部水量，其结果，卷绕温度多非恒定地变化。如欲以通常的反馈控制消除此种非恒定产生的偏差，只有以低增益稳定地控制，但存在至消除偏差的经过时间变大的问题。另一方面，以高增益控制的控制系统变得不稳定，根据情况存在导致振荡的问题。专利文献 1 中，伴随此种急剧的速度变化的情况下，对于如何可取得高精度的卷绕温度则没有表示。

[0007] 此外，作为操作端的头部与卷绕温度计之间通常具有 10m 左右的距离，因此，反馈控制的响应依赖于钢板速度。因此，在以足够高速的恒定速度轧制钢板时，能够无障碍地保证反馈控制机会，但在低速轧制时，反馈控制的机会少，从而存在只能进行响应性低的反馈控制的问题。

[0008] 从而，本发明欲解决的问题为即使在有可能由于骤加减速，钢板速度非恒定地变化，由此影响卷绕温度非恒定变化的情况下，稳定且快响应地控制卷绕温度。此外，即使钢板在被低速轧制时，通过控制方式的合适的切换而不使控制精度降低。

发明内容

[0009] 为解决上述的课题，本发明的卷绕温度控制装置为以配置在热轧机的送出侧的冷却装置冷却由该热轧机轧制的钢板，并将由地下卷取机卷绕前的钢板的温度控制在规定的目标温度，所述卷绕温度控制装置的特征在于，具备 :板温度推定模型，其用于推定钢板的卷绕温度 ;预置控制单元，其在冷却之前，由与目标卷绕温度和钢板的速度相关的信息，使

用所述板温度推定模型推定卷绕温度，并使用推定结果，计算及输出用于实现目标卷绕温度的向冷却装置发出的控制指令；动态控制单元，其观测冷却控制中的钢板的卷绕温度，并由观测结果与目标卷绕温度的偏差，计算及输出控制指令的修正量，进而，所述动态控制单元具备：第一修正单元，其由与所述偏差对应地计算出的控制指令的修正量和动态控制单元现在输出的控制指令的修正量，计算出动态控制单元下次输出的修正量；第二修正单元，其将由与该偏差对应地计算出的控制指令的修正量与动态控制单元下次输出的控制指令的修正量直接对应并输出；操作量切换单元，其取得所述钢板的速度，并根据钢板速度，选择第一修正单元的输出和第二修正单元的输出中的任一个，从而确定动态控制单元下次输出的修正量。

[0010] （发明效果）

[0011] 根据本发明，在热轧的卷绕冷却中，即使冷却控制中钢板的速度急剧加速或减速，通过高响应地控制其影响，能够高精度地控制钢板的长度方向上的卷绕温度。

附图说明

[0012] 图 1 是表示根据本发明的实施例的控制系统的结构图。

[0013] 图 2 是表示斯特格尔轧机的说明图。

[0014] 图 3 是表示目标卷绕温度表的结构的说明图。

[0015] 图 4 是表示速度模式表的结构的说明图。

[0016] 图 5 是表示速度模式的一例的说明图。

[0017] 图 6 是表示冷却头部优先顺序表的结构的说明图。

[0018] 图 7 是头部开闭模式与控制码的对应例的说明图。

[0019] 图 8 是表示基于模型预置机构的处理的流程图。

[0020] 图 9 是表示卷绕温度预测计算的详细处理的流程图。

[0021] 图 10 是冷却头部开闭模式与控制码的对应表的说明图。

[0022] 图 11 是钢板部位与控制码的对应表的说明图。

[0023] 图 12 是校平处理的说明图。

[0024] 图 13 是动态控制机构的结构图。

[0025] 图 14 是影响系数表的说明图。

[0026] 图 15 是表示第一启动时刻生成机构的处理的流程图。

[0027] 图 16 是表示实施例 1 的操作量切换机构的处理的流程图。

[0028] 图 17 是操作量切换机构着眼于钢板速度，切换修正机构的示意图。

[0029] 图 18 是在钢板长度方向上定义的部分的说明图。

[0030] 图 19 是表示头部模式变换机构的处理的流程图。

[0031] 图 20 是表示实施例 2 的操作量切换机构的处理的流程图。

[0032] 图 21 是表示实施例 3 的操作量切换机构的处理的流程图。

[0033] 图 22 是表示动态控制机构的其他的实施例的结构图。

[0034] 图 23 是操作量合成机构着眼于钢板速度，切换 / 合成修正机构的示意图。

[0035] 图 24 是表示操作量合成机构的处理的流程图。

[0036] 图 25 是远程服务控制模型的调整的结构图。

[0037] 图中，100- 控制装置；111- 基于模型预置机构；112- 校平机构；114- 目标卷绕温度表；115- 速度模式表；116- 冷却头部优先顺序表；117- 板温度推定模型；120- 动态控制机构；121- 卷绕温度偏差修正机构；122- 第一修正机构；123- 第二修正机构；124- 影响系数表；125- 操作量切换机构；130- 头部模式变换机构；150- 控制对象；160- 斯特格尔轧机；170- 卷绕冷却装置；180- 地下卷取机。

具体实施方式

[0038] 以下，对于本发明的实施方式主要以斯特格尔轧机为对象，参照图面详细地进行说明。

[0039] 如图 1 所示，本发明的卷绕温度控制装置 100 具备预置控制机构 110 和动态控制机构 120。预置控制机构 110 将目标卷绕温度和钢板的速度模式与冷却装置的优先顺序设为输入信息，并设有使用板温度推定模型 117，计算出与实现期望的卷绕温度的冷却装置的指令值对应的控制码的基于模型预置 (model-based preset) 机构 111。动态控制机构 120 设有卷绕温度偏差修正机构 121，其将用于补偿目标卷绕温度与冷却控制中由钢板检测的卷绕温度的偏差的头部的开闭作为控制码的修正量计算。在卷绕温度偏差修正机构 121 中具有：由卷绕温度的偏差与现在的修正量计算并输出下次的修正量的第一修正机构 122；和由卷绕温度的偏差计算并输出下次的修正量的第二修正机构 123。此外具有以钢板的速度变化为指针，切换第一修正机构 122 与第二修正机构 123 的输出的操作量切换机构 125。此外还具备头部模式变换机构 130，其按钢板长度方向的各部位，以动态控制机构 120 输出的控制码修正基于模型预置机构 111 输出的控制码，从而计算出最终的控制码，并将其变换为冷却装置的输出模式。

[0040] 由此，在热轧后的钢板的卷绕控制中，在钢板长度方向的任意部位都可得到高精度的卷绕温度。其结果，能够使钢板的组成品质提高，同时能够得到接近平坦的钢板形状。

[0041] (实施例 1)

[0042] 图 1 表示本发明的实施例。卷绕温度控制装置 100 接收来自控制对象 150 的各种信号，并向控制对象 150 输出控制信号。首先说明控制对象 150 的结构。在本实施例中，控制对象 150 为热轧的斯特格尔轧制生产线。大体上包括对钢板 151 实施轧制的斯特格尔轧机 160、将轧制后的 900℃～ 1000℃的钢板冷却到规定的温度的卷绕冷却装置 170、卷绕钢板形成卷材的地下卷取机 (down coiler)180。斯特格尔轧机 160 对于经过事先将板坯轧制到 25mm ～ 30mm 左右的厚度的粗轧制送来的粗型材，以轧制架 (stand)161 实施反复轧制，并轧制到目标厚度。图 1 表示进行最终轧制同时从轧制架 161 支出的钢板 151 被卷绕冷却装置 170 冷却，并被地下卷取机 180 卷绕的情况。

[0043] 图 2 表示最终轧制前的轧制中的情况。轧制中以张紧辊 164、165 支撑钢板 151，并以炉卷取机 162、163 卷出，进行卷绕，同时以轧制架 161 具备的工件辊 201、备用辊 202 逐渐使钢板 151 变薄。轧制次数在目标板厚厚的情况下为 3 次，薄的情况下为 7 次，中间的目标板厚的情况下为 5 次。

[0044] 在卷绕冷却装置 170 中，具备从上侧水冷钢板 151 的上部冷却装置 171 和从下侧水冷钢板 151 的下部冷却装置 172。各冷却装置分别具备多个触排 (bank)173，其组合有一定根数的排出水的冷却头部 174。在上部冷却装置 171 中适用叠片方式，另一方面，在下部

冷却装置 172 中适用喷射方式的冷却的情况较多，但也可适用其他的冷却方式。卷绕温度计 175 测量以地下卷取机 180 卷绕之前的温度。卷绕温度控制的目的是使由卷绕温度计 175 测量的温度与目标温度一致。目标温度即可在卷材长度方向的各部位处恒定，也可根据各部位设定不同的值。此外，在本实施例中，为了简便，以各冷却头部 160 的操作指令为开的情况和闭的情况为例说明，但也容易地适用于可连续地控制流量的冷却装置。

[0045] 接下来，说明卷绕温度控制装置 100 的结构。卷绕温度控制装置 100 具备预置控制机构 110，其在钢板 151 被卷绕冷却装置 170 冷却之前，计算出与各冷却头部 174 的开闭模式对应的控制指令。此外，还具备：动态控制机构 120，其在钢板 151 被卷绕冷却装置 170 冷却时，实时读入卷绕温度计 175 的测定温度等的实绩，并变更控制指令；和头部模式变换机构 130，其将控制指令变换为各冷却头部 174 的开闭模式。

[0046] 预置控制机构 110 具备：目标卷绕温度表 114、速度模式表 115、冷却头部优先顺序表 116、板温度推定模型 117，并读取来自他们各自的信息。基于模型预置机构 111 通过使用板温度推定模型 117 的运算，计算出头部模式。此外还具备冷却装置指令值校平机构 112，其相对于基于模型预置机构 111 的计算结果，使头部 174 的开闭模式的时间输出平滑。

[0047] 动态控制机构 120 具备卷绕温度偏差修正机构 121，其为消除卷绕温度计 175 的检测值与目标卷绕温度的偏差，计算出开闭的冷却头部 174 的个数。温度偏差修正机构 121 以第一修正机构 122 和第二修正机构 123 的两种运算进行计算。此外，还具备：影响系数表 124，其与冷却状态对应地存储对于温度偏差需开闭的头部的个数；和操作量切换机构 125，其对将第一修正机构 122 的输出和第二修正机构 123 的输出的哪一个作为最终的输出进行判断，并进行切换。以下，将各冷却头 160 的开闭模式的集合称为头部模式。以下，由预置控制机构 110 的结构依次详细地说明。

[0048] 图 3 表示目标卷绕温度表的结构。目标卷绕温度表 114 表示了与钢板的种类（钢种）对应地区别了目标温度的例子。预置控制机构 110 判定该卷材的钢种，并从目标卷绕温度表 114 中取出对应的目标温度。

[0049] 图 4 表示速度模式表的结构。速度模式表 115 相对于钢种、板厚、板宽度进行区别。具有：钢板 151 的前端从轧制架 161 伸出时的速度速度（穿板速度：V1）、然后被加速，至卷绕到地下卷取机 180 为止的速度（初始速度：V2）、然后骤加速后的速度（恒定速度 V3）、在钢板 151 的后端从轧制架 151 伸出前被骤减速，并以地下卷取机 180 卷绕为止的速度（终期速度 V4）。

[0050] 预置控制机构 110 判定该卷材的钢种、板厚、板宽度，从而从速度模式表 115 中取出对应的速度模式。例如，钢种为 SUS304、板厚为 3.0 ～ 4.0mm，板宽度为 1200mm 时，表示设定初始温度为 150mpm、恒定速度为 150mpm，终期速度为 150mpm。

[0051] 图 5 表示速度模式的概略。钢板 151 从轧制架 161 伸出后，至地下卷取机 180 卷绕完成为止的速度模式。如图利用骤加减速，速度按照 V1、V2、V3、V4 的顺序发生迁移。

[0052] 图 6 表示冷却头部优先顺序表的结构。该例的冷却头部优先顺序表 115 表示头部的总数为 100 的情况。对 100 个头部的开放顺序赋予 1 ～ 100 的优先顺序，对于钢种、板厚、头部的区分（上头部或下头部），存储优先开放的冷却头部的顺序。优先顺序考虑冷却效率、表面和内部的容许温度差等进行确定。例如，钢板 151 薄的情况下，在表面和内部难以产生温度差，所以考虑冷却效率，优先开放钢板 151 的温度高的靠近轧机 157 的排出侧的

头部。在钢板 151 厚的情况下，以利用空冷产生的回热将表面与内部的温度差控制在容许值的范围内为目的，以尽可能使开启的头部不连续地赋予优先顺序。通过使水冷与空冷混合，多少牺牲冷却效率，从而控制钢板 151 的表面和内部的温度差。

[0053] 控制冷却头部，以仅开放能够实现目标卷绕温度的根数。对组、冷却头部按靠近轧机的顺序标记序号，例如，(1,1) 表示第 1 组的第 1 冷却头部。图 6 表示在钢种为 SUS304、板厚 2.0 ～ 3.0mm，冷却头部区分为上头部的情况下，以 (1,1)、(1,2)、(1,3)、(1,4)、(1,5)、(2,1)、……、(20,4)、(20,5) 的顺序优先地开放。即，表示考虑薄板的冷却效率，从轧机 157 的输出侧的头部开始依次优先地开放。此外，在钢种为 SUS304、板厚 5.0 ～ 6.0mm，冷却头部区分为上头部的情况下，表示了以 (1,1)、(1,4)、(2,1)、(2,4)、(3,1)、(3,4)、……、(20,3)、(20,5) 的顺序优先地开放。即，表示了由于钢板 151 稍微厚，因此以开启头部不连续地赋予优先顺序的情况。在本实施例中，将上头部与下头部的优先顺序设为相同，但也可赋予不同的优先顺序。

[0054] 以下，头部模式以对应的控制码表现，并将其作为控制指令。图 7 表示预置控制机构 110 输出的控制码与冷却头部开闭模式的对应。控制码 0 为全开，100 为全闭。以下，如将仅优先顺序 1 的冷却头部打开的头部开闭模式设为 1，优先顺序 1 和 2 的两个冷却头部打开的头部开闭模式设为 2 的方式，进行控制码化。

[0055] 预置控制机构 110 将此种与冷却头部开闭模式对应的控制码输出给校平机构 112。即，将所有冷却头部开放的状态下的控制码设为 0，所有的冷却头部关闭的状态下的控制码设为 100(100 为上或下的冷却头部的总数)。并且，例如在钢种为 SUS304、板厚 2.0 ～ 3.0mm，冷却头部区分为上头部的情况下，按照头部的优先顺序，将仅 (1,1) 开放的状态设为控制码 99，将 (1,1)、(1,2) 开放的状态设为控制码 98，将 (1,1)、(1,2)、(1,3) 开放的状态设为控制码 97。以此要领，对头部的开放模式赋予控制码至所有头部开启的状态的控制码即 0 为止。

[0056] 图 8 表示基于模型预置机构 111 执行的算法。在 S8-1 中，在从速度模式表 115 中读取的值的基础上，计算出用于从穿板速度移动到初始速度的第一加速开始位置，此外用于从初始速度移动到恒定速度的第二加速开始位置，从恒定速度移动到终期速度的减速开始位置。并且，由这些开始位置计算钢板 151 的从轧机 157 伸出开始至地下卷取机卷绕完成为止的速度模式。第一加速开始位置 Saccp1、第一加速完成位置 Saccq1、第二加速开始位置 Saccp2、第二加速完成位置 Saccq2、减速开始位置 Sdccp、减速完成位置 Sdccq 分别能够由以下表示的 (1) ～ (6) 式计算。而且，以下式中，* 或 • 表示乘运算。

[0057] $Saccp1 = L0$ (1)

[0058] 其中，L0 :常数

[0059] $Saccq1 = Saccp1+(Sstart-Sthread)*(Sstart+Sthread)/(Saccrate1*2)$ (2)

[0060] 其中，Sthread :钢板 151 的穿板速度，Sstart :钢板 151 的初始速度，Saccrate1 :从钢板 151 的穿板速度开始至初始速度为止的加速度。

[0061] $Saccp2 = Lmd$ (3)

[0062] 其中，Lmd :从轧机 157 至地下卷取机 154 的距离。

[0063] $Saccq2 = Saccp2+(Smid-Sstart)*(Smid+Sstart)/(Saccrate*2)$ (4)

[0064] 其中，Sstart :钢板 151 的初始速度、Smid :钢板 151 的恒定速度、Saccrate :从钢

板 151 的初始速度开始至恒定速度为止的加速度。

[0065] $Sdccp = Lstrip-(Smid-Send)*(Smid+Send)/(Sdccrate*2)-Lmargin$ (5)

[0066] 其中，Lstrip：钢板 151 的长度、Send：钢板 151 的终期速度、Sdccrate：从钢板 151 的恒定速度开始至终期速度为止的减速度、Lmargin：在钢板 151 的尾端的多少之前完成减速的余量。

[0067] $Sdccq = Lstrip-Lmargin$ (6)

[0068] 根据计算出的速度模式，在 S8-2 以后，由使用板温度推定模型的运算计算出实现目标卷绕温度的头部模式的时间变化。在本实施例中表示了根据线性逆插补法计算头部模式的一例。

[0069] 在 S8-2 中，对于钢板 151 的各部位，定义夹有解的控制码的两个控制码 nL、nH。此处，因为在冷却头部的全开和全闭之间存在解，所以一律设为 $nL = 0$、$nH = 100$。此处，伴随控制码的增加，因为单纯打开的冷却头部减少，所以 $n1 < n2$ 时，对于与这些头部模式对应的卷绕温度 Tc1、Tc2，$Tc1 < Tc2$ 成立。

[0070] 接下来，在 S8-3 中，将 nL 与 nH 的平均设为 n0。并且，在 S8-4 中，计算与控制码 n0 对应的卷绕温度 Tc0。S8-4 对于钢板 150 的长度方向的各部位，从轧机伸出开始至地下卷取机卷绕为止，连续计算根据板温度推定模型 117 的温度推定，从而推定卷绕温度。

[0071] 在 S8-5 中，判定对于目标卷绕温度 Ttarget 的推定卷绕温度 Tc0 的符号，在 $Tc0 > Ttarget$ 的情况下，因为 n0 与 nL 之间有解，所以将 n0 重新置为 nH。相反地，在 $Tc0 < Ttarget$ 的情况下，因为 n0 与 nH 之间有解，所以将 n0 重新置为 nL。

[0072] 在 S8-6 中，判定算法的完成条件，未满足时重复执行 S8-3 ～ S8-5。算法的完成可以以完成 S8-3 ～ S8-5 的一定次数以上的重复、卷绕温度推定值 Tc 与目标卷绕温度 Ttarget 的偏差在一定值以下、或 n0 与 nH、nL 的任一个一致等为条件进行判定。

[0073] 作为控制码赋予的方法，同样为将所有的冷却头部关闭的状态下的控制码设为 0，所有的冷却头部开放的状态下的控制码设为 100，与此对应地赋予。

[0074] 图 9 详细地表示与 S8-4 对应的温度推定运算。作为温度推定运算表示了将钢板 151 分割为长度方向及厚度方向，使时间以一定刻度 Δ 前进，并进行运算的所谓前进差分法的一例。在 S9-1 中，更新计算时刻，进而由图 8 的 S8-1 中生成的速度模式计算该时刻的板速 Vt。在 S9-2 中，使用计算的板速，计算轧机伸出长度。伸出长度 Ln 是指完成轧制从轧机伸出的钢板的长度，能以式 (7) 计算。其中，Ln-1 为上时刻的伸出长度。

[0075] $Ln = Ln-1+\Delta \cdot Vt$ (7)

[0076] 在 S9-3 中判定运算的完成。轧机伸出长度 Ln 大于钢板 151 的全长与轧制架 161 至地下卷取机 180 的距离的和时，对应于一根卷材的卷绕温度预测计算全部完成，因此运算完成。在运算未完成的情况下，在 S9-4 中进行钢板的温度跟踪。即，对于上时刻的钢板的位置，在经过 Δ 时间后，钢板前进多少由 Ln 与 Ln-1 的关系可知，因此进行将钢板的温度分布移动对应的距离的处理。

[0077] 在 S9-5 中，对 Δ 期间从轧机排出的钢板 151 设定冷却前的钢板温度。S9-6 中，由与钢板 151 的各部位对应的头部的开闭的信息判定各部位是水冷还是空冷。水冷的情况下，在 S9-7 中，例如根据式 (8) 计算导热系数。

[0078] $Hw = 9.72*10^{5}*\omega^{0.355}*\{(25-1.15*\log Tw)*D/(pl*pc)\}^{0.646}/(Tsu-Tw)$ (8)

[0079] 其中，ω ：水量密度、Tw ：水温、D ：喷嘴直径、pl ：生产线方向的喷嘴间距、pc ：与生产线正交方向的喷嘴间距、Tsu ：钢板 151 的表面温度。

[0080] 式 (8) 是所谓的叠片冷却的情况下的导热系数。作为水冷方法，除此以外还有喷射冷却等种种方法，几个导热系数的计算式也为人所知。

[0081] 另一方面，空冷的情况下，例如根据式 (9) 计算导热系数。

[0082] $hr = \sigma \cdot \varepsilon [\{(273+Tsu)/100\}^4-\{(273+Ta)/100\}^4]/(Tsu-Ta)$ (9)

[0083] 其中，σ ：斯蒂芬 - 波尔兹曼常数 (＝ 4.88)、ε ：放射率、Ta ：空气温度 (℃)、Tsu ：钢板 151 的表面温度。

[0084] 式 (8) 与式 (9) 对钢板 151 的表和背分别计算。并且，在 S9-9 中，以经过 Δ 前的温度为基础，通过加减运算 Δ 期间热量的移动，计算钢板 151 的各部位的温度。如果在忽略钢板 151 的厚度方向的热移动的情况下，对于钢板 151 的长度方向的各部位如式 (10) 进行计算。

[0085] $Tn = Tn-1-(ht+hb)*\Delta/(\rho*C*B)$ (10)

[0086] 其中，Tn ：现在的板温、Tn-1 ：Δ 前的板温、ht ：钢板表面的导热系数、hb ：钢板背面的导热系数、ρ ：钢板的密度、C ：钢板的比热、B ：钢板厚。

[0087] 此外，在需要考虑钢板 151 的厚度方向的导热的情况下，能够通过求解为人熟知的热方程式计算。热方程式以式 (11) 表示，由计算机差分计算其的方法在各种文献中公开。

[0088] $\partial T/\partial t = |\lambda/(\rho*C)| (\partial^2 T/\partial t^2)$ (11)

[0089] 其中，λ ：导热率、T ：材料温度。

[0090] 并且，在 S9-10 中，至从轧制架 161 到地下卷取机 180 的、生产线内的钢板 151 的全部区域内完成计算为止，重复 S9-6 ～ S9-9。此外，至通过 S9-3 判定运算完成为止，重复 S9-1 ～ S9-10。

[0091] 图 10 表示对钢板 151 的各部位赋予控制码的一例。表示了基于图 8 的最佳化处理的变化的一例。图 10 的处理第一次中，因为在各部位处实施相同的初始值 (nL ＝ 0、nH ＝ 100) 的处理，所以在钢板 151 的整个区域内赋予 50。在处理第二次中，对于控制码 50，由于钢板 151 的各部位的卷绕温度 Tc0 的预测结果大于或小于 Ttarget，所以被赋予的控制码不同。

[0092] 在本实施例中表示了靠近钢板速度为低速的钢板 151 的前端、后端的部分向关闭头部的方向更新控制码，钢板速度为高速的钢板 151 的中央部向打开头部的方向更新控制码的一例。具体地，如图 10 的处理第二次所示，前端部、后端部在第一次处理的 S8-5 中更新为 nL ＝ 50、nH ＝ 100 后，其结果，控制码更新为平均 75。另一方面，中央部在第一次的处理的 S8-5 中更新为 nL ＝ 0、nH ＝ 50 后，其结果，控制码更新为 25。如此，通过重复图 8 的 S8-3 ～ S8-6，依次更新控制码。

[0093] 图 11 表示预置控制机构最终输出的控制码的例子。在图 11 的例中，钢板 151 与离前端的距离对应地在长度方向上，以 1m 为单位划分网格，并与网格对应地分配控制码。因为冷却装置与钢板的表和背对应地具有上部冷却装置 171 和下部冷却装置 172，所以作为控制码，与上头部和下头部对应地单独输出。图 11 中表示了在钢板 151 的长度方向上，距离前端 1m 的上头部的控制码为 95，下头部的控制码也为 95，在 500m 至 501m 之间，上头部

的控制码为 14，下头部的控制码也为 14。图 11 中，将与钢板 151 的同一部位对应的上头部和下头部的控制码设为相同，但也可设定不同的控制码。

[0094] 图 12 表示校平机构的处理结果。校平机构 112 对于基于模型预置机构 111 的输出，进行使冷却头部的开闭平滑化的处理。基于模型预置机构 111 输出的控制码在钢板部位 3m ～ 4m 的区间内，均小于前后的部位。在此情况下，伴随一部分冷却头通过部位，输出瞬间开闭的控制指令。利用校平机构 112 进行校平处理后，通过将控制码 12 校平到 14，对于钢板部位的控制码的变化变为单调，从而校平前的问题被解决。即使在短周期内生成冷却头部开闭的指令，实际上由于冷却头部的响应延迟而没有意义。因此，进行此种校平处理，并在时间方向上平滑化冷却头部的指令。平滑化能够以如将各控制码与前后的控制码比较，在都大或小的情况下，使其与前或后的控制码一致的简单的处理来实现。

[0095] 图 13 表示动态控制机构。预置控制机构 110 输出的控制码在冷却钢板 151 的控制中，利用动态控制机构 120 被实时地修正，并确定向头部模式变换机构 130 输出的最终的控制码。动态控制机构 120 具备温度偏差修正机构 121，其使用来自卷绕温度计 175 的检测温度，修正检测温度与目标卷绕温度的偏差。此外，温度偏差修正机构 121 具备以不同的运算计算修正量的第一修正机构 122 和第二修正机构 123。除此以外，动态控制机构 120 具备用于修正量计算的影响系数表 124、和操作量切换机构 125，其判定并切换第一修正机构 122 的输出和第二修正机构 123 的输出中的哪一个作为动态控制机构 120 的最终的输出。

[0096] 接下来，对各部分的动作详细地说明。在影响系数表 124 中存储相对于控制码变化的卷绕温度的变化。图 14 表示影响系数表 124 的结构。在影响系数表 124 中，与打开或关闭一个冷却头部 174 时的卷绕温度 Tc 的变化量对应的数值即 $\partial Tc/\Delta n$（℃）以板厚、板速和钢种索引被区别地存储。在图 14 的例中表示了，在板厚为 3mm 以下，钢板 151 的速度在 150mpm 以下，钢种索引为 1 的情况下，（$\partial Tc/\Delta n$）=3.0℃，如果打开或关闭一个冷却头部 174，则以卷绕温度计 175 测量的卷绕温度 Tc 降低或上升 3℃。在本实施例中，将区别项目设为板厚、板速、钢种索引三个，即可考虑减少，也可考虑进一部追加从轧制架 161 中伸出时的钢板 151 的温度等，从而增加区别项目。

[0097] 接下来，基于图 13 说明卷绕温度偏差修正机构的处理。卷绕温度偏差修正机构 121 具备第一修正机构 122 和第二修正机构 123，他们对于卷绕温度计 175 检测的卷绕温度相对于目标温度的偏差的大小，以不同的运算计算出开闭的头部的个数。第一修正机构 122 具备第一修正量计算机构 1302 和设定第一修正量计算机构 1302 的执行时刻的第一启动时刻生成机构 1301。

[0098] 图 15 表示第一启动时刻生成机构的处理。第一启动时刻生成机构 1301 的处理在钢板 151 通过卷绕温度计 175 的时刻开始。首先，在 S15-1 中，冷却装置 170 中，利用钢板 151 的移动速度计算出在反馈控制下从开闭头部的部位至卷绕温度计 175 为止的钢板 151 的输送时间。在 S15-2 中，在计算出的输送时间、冷却头部 174 的开闭的影响传递到钢板 151 的延迟、卷绕温度计 175 的延迟的总和的基础上，计算出启动周期。冷却头部 174 的开闭传递到钢板的延迟例如为在冷却头部开放的情况下，从卷绕温度控制装置 110 输出冷却头部打开的指令，至水与钢板 151 接触为止的时间。启动周期可以为其总和，也可将进一步加上适当的余量后的时间作为周期。

[0099] 在 S15-3 中，对于由 S15-2 计算出的启动周期，判定是否为启动时刻。在为启动时

刻的情况下，在 S15-4 中向第一修正量计算机构 1302 输出表示启动时刻的信号。在 S15-5 中，判定钢板 151 的尾端是否通过卷绕温度计 173，在通过后的情况下，完成处理。在未通过的情况下，重复 S15-1 ～ S15-4 的处理。

[0100] 第一修正量计算机构 1302 进行式 (12) 的运算。即，对于动态控制机构 120 现在输出的修正量 (Δn)pre，加减运算与卷绕温度偏差 ΔTc 对应的以下的值，计算出 Δn1。Δn1 是对于上次的修正量积分 ΔTc 的影响后的值。

[0101] $$\Delta n1=(\Delta n)pre+G1\cdot(1/(\partial Tc/\Delta n))\cdot\Delta Tc \qquad (12)$$

[0102] 其中，G1 :增益 (常数)、∂n/∂Tc :从影响系数 124 读取的相应的影响系数。

[0103] 另一方面，第二启动时刻生成机构 1303 以恒定周期向第二修正量计算机构 1304 输出启动信号。如果接受到启动信号，则第二修正量计算机构 1304 利用式 (13) 计算与卷绕温度偏差 ΔTc 对应的以下的值作为 Δn2。Δn2 为与现在的 ΔTc 成比例的值。

[0104] $$\Delta n2=G2\cdot(1/(\partial Tc/\Delta n))\cdot\Delta Tc \qquad (13)$$

[0105] 其中，G2 :增益 (常数)、∂n/∂Tc :从影响系数 124 读取的相应的影响系数。

[0106] 在本实施例中，为了简便，将在第一修正量计算机构 1302 和第二修正量计算机构 1304 中使用的影响系数都设为从影响系数表 124 中读取的相同的值，但根据处理的不同也可为不同的值。

[0107] 图 16 表示操作量切换机构 125 的处理。首先，在 S16-1 中读取钢板 151 的速度 V。在 S16-2 中，判定读取的钢板速度 V 是否大于从恒定速度 V3 中减去事先确定的 Δ 后的值。在大的情况下，输出第一修正量计算机构 1302 的输出 Δn1 作为 Δn。在不大的情况下，输出第二修正量计算机构 1304 的输出 Δn2 作为 Δn。

[0108] 图 17 以示意图表示钢板整个区域内的第一修正量计算机构 1302 和第二修正量计算机构 1304 的切换的情况。横轴可以是钢板 151 从轧制架 161 伸出后的经过时间，也可是离钢板前端的长度。图 17 中，相对于最高速度 (恒定速度)V3，在钢板速度大于 (V3-Δ) 的区域 (2) 中，选择第一修正量计算机构 1302 的输出作为动态控制机构 120 的输出。在除此以外的区域 (1)、区域 (3) 中，选择第二修正量计算机构 1304 的输出作为动态控制机构 120 的输出。Δ 可在最高速度上适当地设定余量，但在实际上，多是设定为 5 ～ 10mpm 左右的情况。

[0109] 接下来，说明头部模式变换机构 130 的处理。此处，在钢板 151 上，如图 18 所示，在长度方向上定义部分 (section)1801，在部分内实施的操作量相同。图 18 所示的例中，从钢板前端至钢板后端合计定义 n 个部分，并分别赋予部分序号。即，钢板前端的部分赋予 1，以下，钢板后端的部分赋予 n。

[0110] 图 19 表示头部模式变换机构执行的算法。头部模式变换机构 130 在 S19-1 中，计算出离通过冷却头部正下的钢板 151 的前端的距离 Lh。控制装置 100 以在各种目的下使用为目的，具有此种距离信息。在 S19-2 中，判定 Lh 是否小于 0，在小的情况下，因为钢板 151 未到达该冷却头部，所以跳过处理，前进到 S19-3。在大的情况下，因为钢板 151 到达该冷却头部，所以在 S19-3 中取出与距离 Lh 对应的控制码。即，对照 Lh 与图 8 的钢板部位，取出与 Lh 对应的部位的上头部控制码和下头部控制码。在本实施例中，控制码是动态控制机构 120 修正预置控制机构 110 设定的值后的值。在 S19-4 中，由控制码取出冷却头部开闭

模式。即，利用图 7 的控制码与冷却头部开闭模式的对应，确定优先顺序开放几个冷却头部为止。在 S19-5 中，利用存储在冷却头部优先顺序表 115 中的信息，具体地确定开放的冷却头部，并最终确定该冷却头部的开闭。在 S19-6 中，判定对于所有的冷却头部的运算是否完成，在未完成的情况下，重复 S19-1 ～ S19-5 的处理，直至完成。

[0111] 在本实施例中，以冷却头部数上下均为 100 的情况为例进行了说明，但头部数根据设备可为各种数量。此外，将控制码作为动态控制机构 120 修正预置控制机构 110 设定的值后的值总括化，但也考虑区分适当的触排进行对应。例如，也考虑将靠近地下卷取机 180 的最后两个触排设为动态控制用，除此以外设为预置控制用，按照动态控制机构 120 输出的 Δn 控制前者，按照预置控制机构 110 输出的控制码独立地控制后者。进而，在本实施例中，具备校平机构 112，也考虑将其省略。此外，在本实施例中，对以控制码表现控制指令的情况进行了说明，但考虑将头部模式作为直接控制指令等的控制指令的种种表现方法。

[0112] （实施例 2）

[0113] 在本实施例中表示了，操作量切换机构 125 在判断第一修正量计算机构 1302 的输出的有效性后，判定是否使用第一修正量计算机构 1302 的输出更新修正量的例子。

[0114] 图 20 表示操作量切换机构 125 的处理算法。首先在 S20-1 中读取钢板 151 的速度 V。在 S20-2 中，利用钢板 161 的速度计算出在冷却装置 170 的反馈控制下从开闭头部的部位至卷绕温度计 175 为止的钢板 151 的输送时间。在 S20-3 中，在计算出的输送时间、冷却头部 174 的开闭的影响传递到钢板 151 的延迟、卷绕温度计 175 的延迟的总和的基础上，计算出启动间隔。在 S20-4 中，对于在 S20-3 中计算出的启动间隔，判定在此期间钢板 151 的速度是否发生变化。在没有速度变化的情况下，判定以第一修正量计算机构 1302 计算合适的修正量，在 S20-5 中输出第一修正量计算机构 1302 的输出 Δn1 作为修正量。在发生速度变化的情况下，判断第一修正量计算机构 1302 的计算值的可靠性低，在 S20-6 中下次依然保持 Δn 的上次值。

[0115] （实施例 3）

[0116] 在本实施例中表示了，操作量切换机构 125 同样在判断第一修正量计算机构 1302 的输出的有效性后，判定是否使用第一修正量计算机构 1302 的输出更新修正量的例子。

[0117] 图 21 表示操作量切换机构 125 的处理算法。首先在 S21-1 中读取钢板 151 的速度 V。在 S21-2 中判定取得的钢板速度 V 是否大于恒定速度 V3 减去预先设定的 Δ 的值。在大的情况下，判定以第一修正量计算机构 1302 计算合适的修正量，并在 S21-3 中输出第一修正量计算机构 1302 的输出 Δn1 作为修正量 Δn。在不大的情况下，判断第一修正量计算机构 1302 的计算值的可靠性低，在 S21-4 中下次依然保持 Δn 的上次值。

[0118] （实施例 4）

[0119] 在本实施例中表示了，在动态控制机构 120 中具备操作量合成机构 2201，并以操作量合成机构 2201 合成第一修正机构 122 的输出与第二修正机构 123 的输出，从而计算 Δn 的实施例。

[0120] 图 22 中，操作量合成机构 2201 通过以取得的钢板速度为指标，选择或合成第一修正机构 122 具备的第一修正量计算机构 1302 的输出 Δn1 的输出和第二修正机构 123 具备的第二修正量计算机构 1304 的输出 Δn2 的输出，计算并输出 Δn。

[0121] 图 23 表示相对于钢板 151 的速度，根据与最高速度 V3 的偏差，操作量合成机构

2201 的处理不同的例子。如图 23 所示，相对于最高速度 V3，将钢板速度在 (V3-Δ1) 以上的区域定义为区域 (2)，将 (V3-Δ2) 以上，但不足 (V3-Δ1) 的区域定义为区域 (4)、(5)，将不足 (V3-Δ2) 的区域定义为区域 (1)、(3)。

[0122] 图 24 表示操作量合成机构 2201 执行的算法。在 S24-1 中，取得钢板 151 的速度 V。接下来在 S24-2 中判定速度区域。在区域 (1)、(3) 的情况下，在 S24-3 中，输出第二修正量计算机构 1304 的输出 Δn2 作为 Δn。另一方面，在区域 (4)、(5) 的情况下，在 S24-5 中，合成第一修正量计算机构 1302 的输出 Δn1 与第二修正量计算机构 1304 的输出 Δn2，从而计算并输出 Δn。作为合成处理例如式 (14)，考虑通过使用钢板速度 V 与恒定速度 V3 的相对关系按比例分配 Δn1 和 Δn2 而进行。

[0123] $$\Delta n = (V/V3) \cdot \Delta n1 + \{(V3-V)/V3\} \cdot \Delta n2 \qquad (14)$$

[0124] 此外，在 S24-2 中判定为区域 2 的情况下，在 S24-5 中，输出第一修正量计算机构 1302 的输出 Δn1 作为 Δn。

[0125] (实施例 5)

[0126] 在本实施例中表示作为制造商远程使用互联网的服务，进行水冷模型或空冷模型的调整。

[0127] 图 25 表示系统的整体结构。制造商经由互联网 2511、服务器 2510、电缆网 2503 将控制装置 100 从控制对象 150 取得的卷绕温度、与此相关联的头部模式、钢板 151 的速度、冷却前温度等实际数据或板厚、板宽度等原始数据放入本公司的服务器 2504。并存储在调整用数据库 2505 中。

[0128] 制造商 2502 具有模型调整机构 2506，按照钢铁公司的要求，使用存储在调整用数据库 2505 中的数据，推定在实施例 1 中叙述的影响系数表 124 的值，并将计算结果发送给钢铁公司 2501。修正计算例如“高精度地进行模型调整的调整神经元网络的结构和学习方式”(电气学会论文集 D，平成 7 年 4 月号) 表示的一例，各种的方式为人所知。模型调整的报酬可与调整次数对应，也可为与调整结果提高的控制结果相对应的报酬成果。

[0129] 本发明在钢板速度急剧变化的斯特格尔轧机中发挥显著的效果，但也广泛适用于包括串列式轧机的热轧生产线的冷却控制。

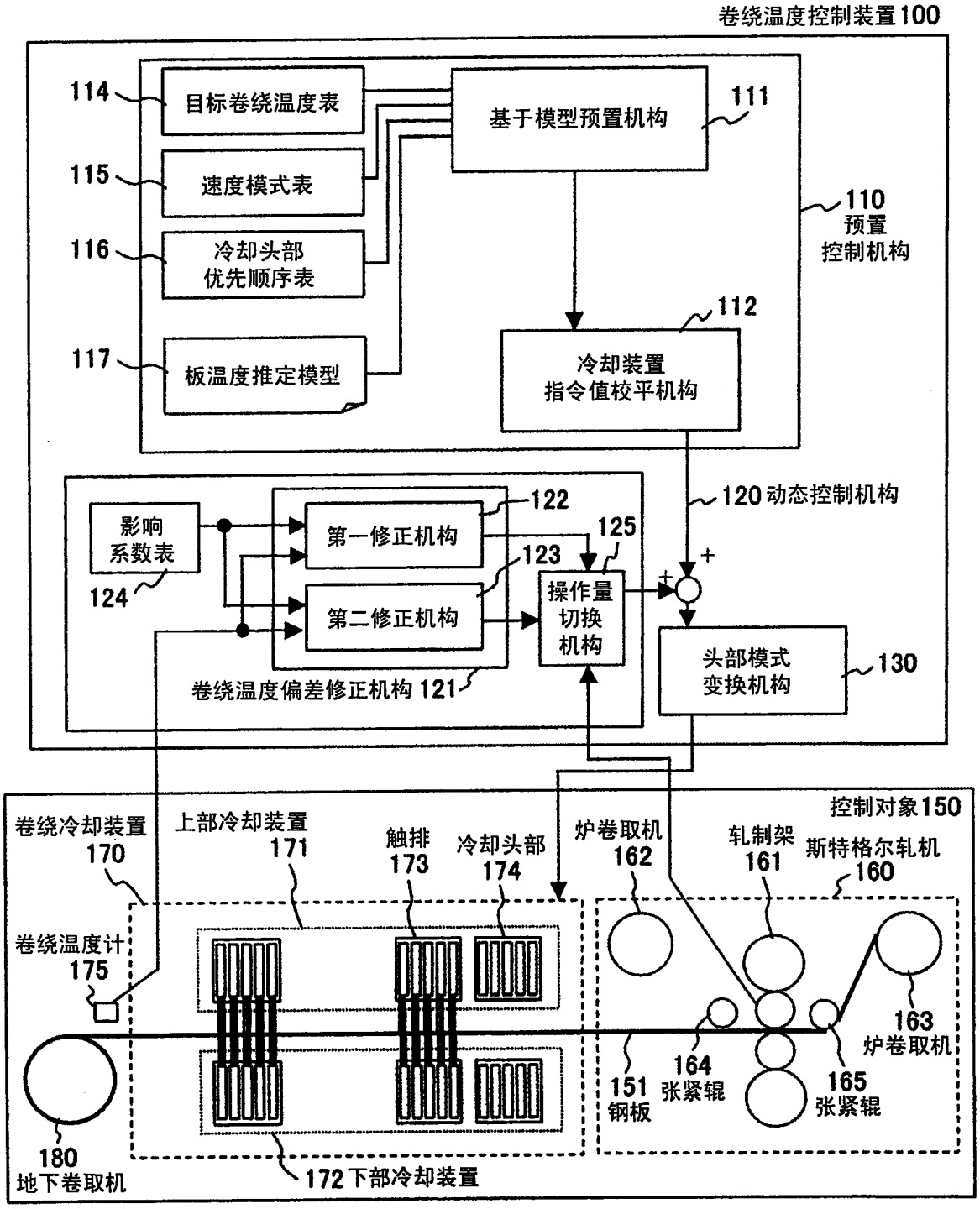

卷绕温度控制装置100
114
目标卷绕温度表
115
速度模式表
116
冷却头部
优先顺序表
117
板温度推定模型
基于模型预置机构
111
110
预置
控制机构
112
冷却装置
指令值校平机构
120 动态控制机构
影响
系数表
124
第一修正机构
122
第二修正机构
123
125
操作量
切换
机构
卷绕温度偏差修正机构 121
头部模式
变换机构
130
控制对象150
卷绕冷却装置
170
上部冷却装置
171
触排
173
冷却头部
174
炉卷取机
162
轧制架
161
斯特格尔轧机
160
卷绕温度计
175
163
炉卷取机
151
钢板
164
张紧辊
165
张紧辊
180
地下卷取机
172 下部冷却装置

图 1

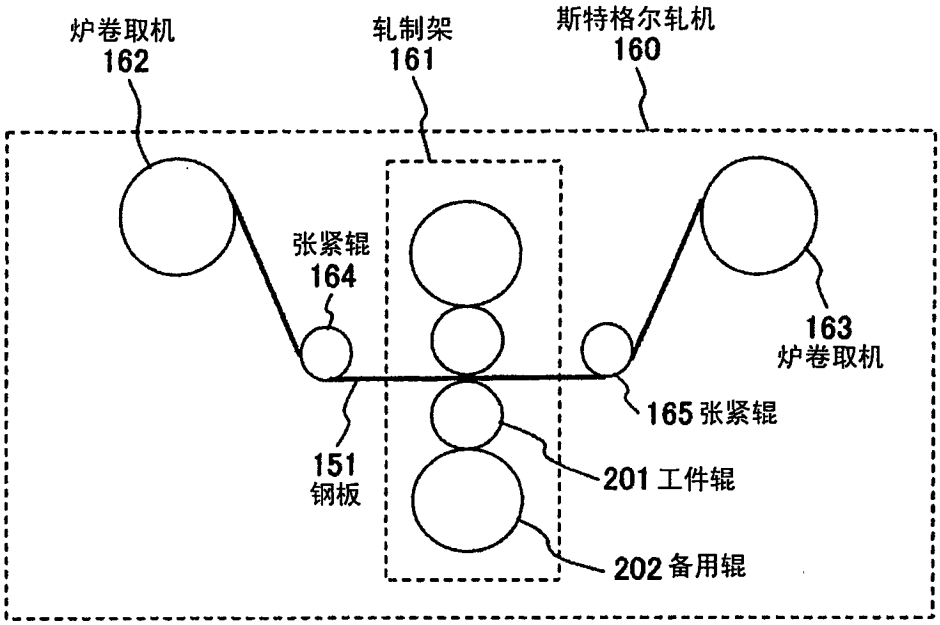


图 2

目标卷绕温度表
114

钢种	目标温度
SUS304	650℃
SUS316	680℃
SUS430	630℃
⋮	⋮

图 3

115 速度模式表

钢种	板厚	板宽	穿板速度	初始速度	恒定速度	终期速度
SUS304	2.0～3.0mm	900mm	120mpm	300mpm	600mpm	150mpm
		1200mm	120mpm	300mpm	550mpm	150mpm
		1500mm	120mpm	250mpm	500mpm	120mpm
	3.0～4.0mm	900mm	150mpm	250mpm	450mpm	150mpm
		1200mm	150mpm	250mpm	450mpm	150mpm

图 4

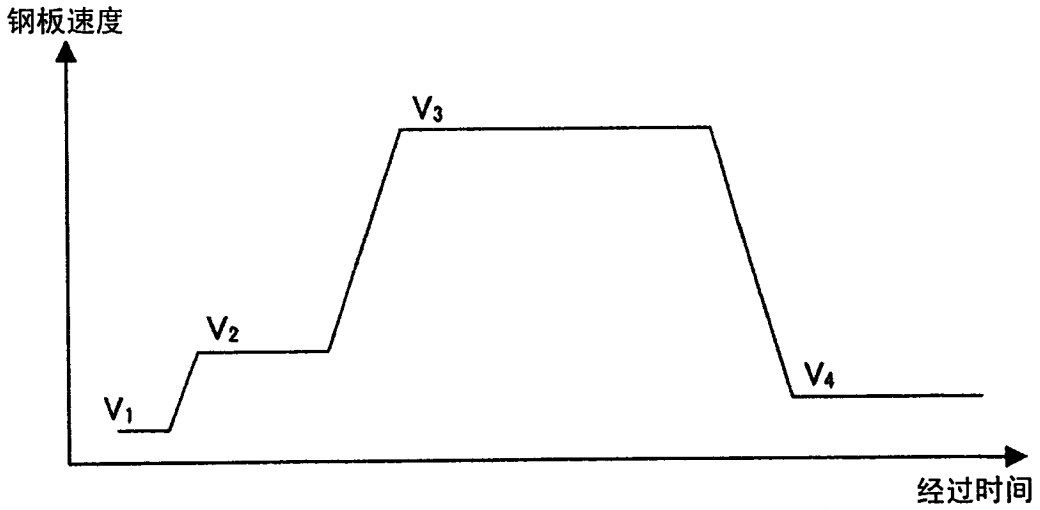


图 5

116 冷却头部优先顺序表

钢种	板厚	头部区分	优先顺序								
			1	2	3	4	5	6	------	99	100
SUS304	2.0mm～3.0mm	上头部	(1,1)	(1,2)	(1,3)	(1,4)	(1,5)	(2,1)	------	(20,4)	(20,5)
		下头部	(1,1)	(1,2)	(1,3)	(1,4)	(1,5)	(2,1)	------	(20,4)	(20,5)
	3.0mm～4.0mm	上头部	(1,1)	(1,2)	(1,3)	(1,4)	(1,5)	(2,1)	------	(20,4)	(20,5)
		下头部	(1,1)	(1,2)	(1,3)	(1,4)	(1,5)	(2,1)	------	(20,4)	(20,5)
	4.0mm～5.0mm	上头部	(1,1)	(1,3)	(1,5)	(2,1)	(2,3)	(2,5)	------	(20,2)	(20,4)
		下头部	(1,1)	(1,3)	(1,5)	(2,1)	(2,3)	(2,5)	------	(20,2)	(20,4)
	5.0mm～6.0mm	上头部	(1,1)	(1,4)	(2,1)	(2,4)	(3,1)	(3,4)	------	(20,3)	(20,5)
		下头部	(1,1)	(1,4)	(2,1)	(2,4)	(3,1)	(3,4)	------	(20,3)	(20,5)
	⋮		⋮	⋮	⋮	⋮	⋮	⋮	⋮	⋮	⋮
⋮	⋮		⋮	⋮	⋮	⋮	⋮	⋮	⋮	⋮	⋮

图 6

头部开闭模式	全闭	仅优先顺序 1 的头部打开	仅优先顺序 1, 2 的头部打开	仅优先顺序 1～3 的头部打开	仅优先顺序 1～4 的头部打开	----------	打开至优先顺序 N-1 为止的头部	全开
控制码	100	99	98	97	96	----------	1	0

图 7

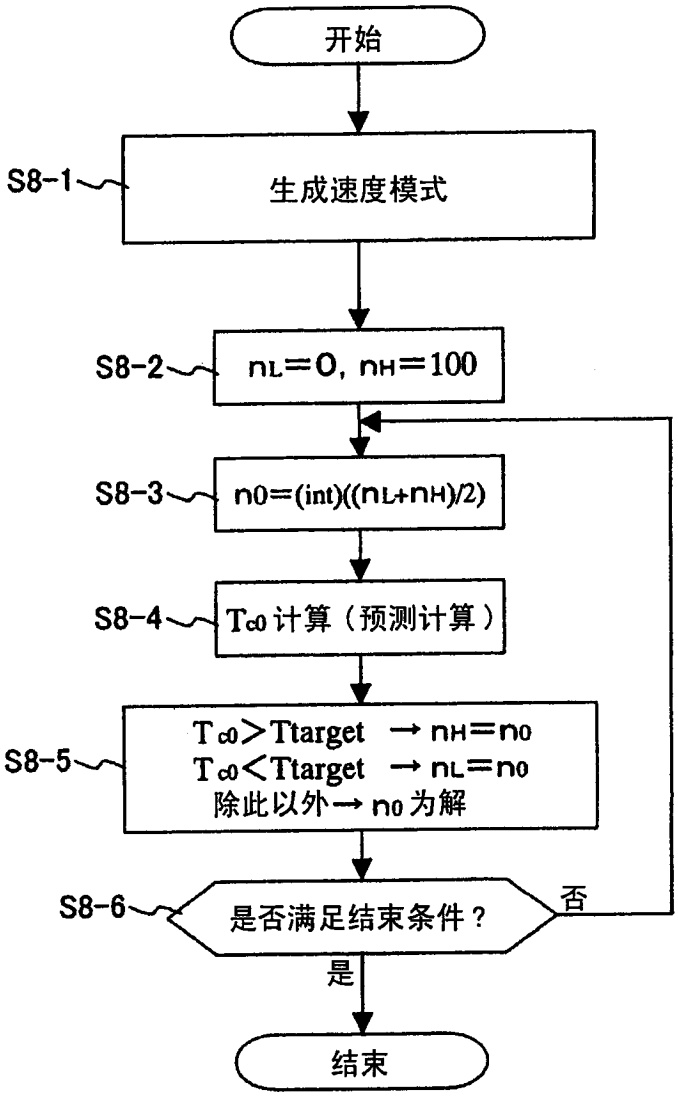

开始
S8-1
生成速度模式
S8-2
nL=0, nH=100
S8-3
n0=(int)((nL+nH)/2)
S8-4
Tc0 计算（预测计算）
S8-5
Tc0>Ttarget → nH=n0
Tc0<Ttarget → nL=n0
除此以外→ n0 为解
S8-6
是否满足结束条件？
否
是
结束

图 8

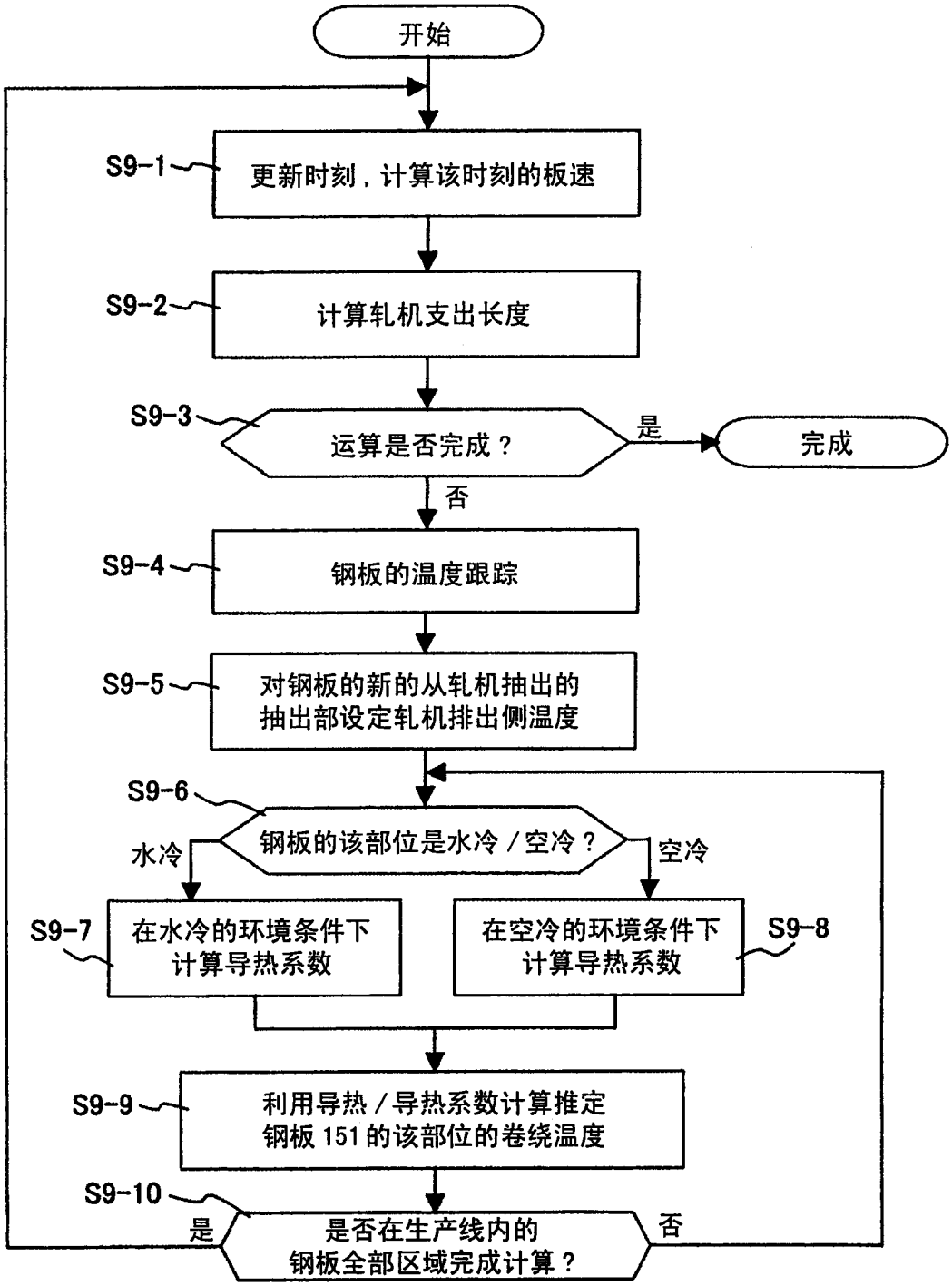

开始
S9-1
更新时刻，计算该时刻的板速
S9-2
计算轧机支出长度
S9-3
运算是否完成？
是
完成
否
S9-4
钢板的温度跟踪
S9-5
对钢板的新的从轧机抽出的
抽出部设定轧机排出侧温度
S9-6
钢板的该部位是水冷／空冷？
水冷
空冷
S9-7
在水冷的环境条件下
计算导热系数
S9-8
在空冷的环境条件下
计算导热系数
S9-9
利用导热／导热系数计算推定
钢板 151 的该部位的卷绕温度
S9-10
是
是否在生产线内的
钢板全部区域完成计算？
否

图 9

处理第一次

钢板部位	前端～1m	1m～2m	2m～3m	-------	500m～501m	501m～502m	-------	后端－2m～后端－1m	后端－1m～后端
上头部控制码	50	50	50	-------	50	50	-------	50	50
下头部控制码	50	50	50	-------	50	50	-------	50	50

处理第二次

钢板部位	前端～1m	1m～2m	2m～3m	-------	500m～501m	501m～502m	-------	后端－2m～后端－1m	后端－1m～后端
上头部控制码	75	75	75	-------	25	25	-------	75	75
下头部控制码	75	75	75	-------	25	25	-------	75	75

图 10

钢板部位	前端～1m	1m～2m	2m～3m	-------	500m～501m	501m～502m	-------	后端－2m～后端－1m	后端－1m～后端
上头部控制码	95	94	94	-------	14	14	-------	92	93
下头部控制码	95	94	94	-------	14	14	-------	92	93

图 11

钢板部位	----------	500m ~ 501m	501m ~ 502m	502m ~ 503m	503m ~ 504m	504m ~ 505m	----------
上头部输出码		18	14	12	14	12	
下头部输出码		18	14	12	14	12	

校平处理

钢板部位	----------	500m ~ 501m	501m ~ 502m	502m ~ 503m	503m ~ 504m	504m ~ 505m	----------
上头部输出码		18	14	14	14	12	
下头部输出码		18	14	14	14	12	

图 12

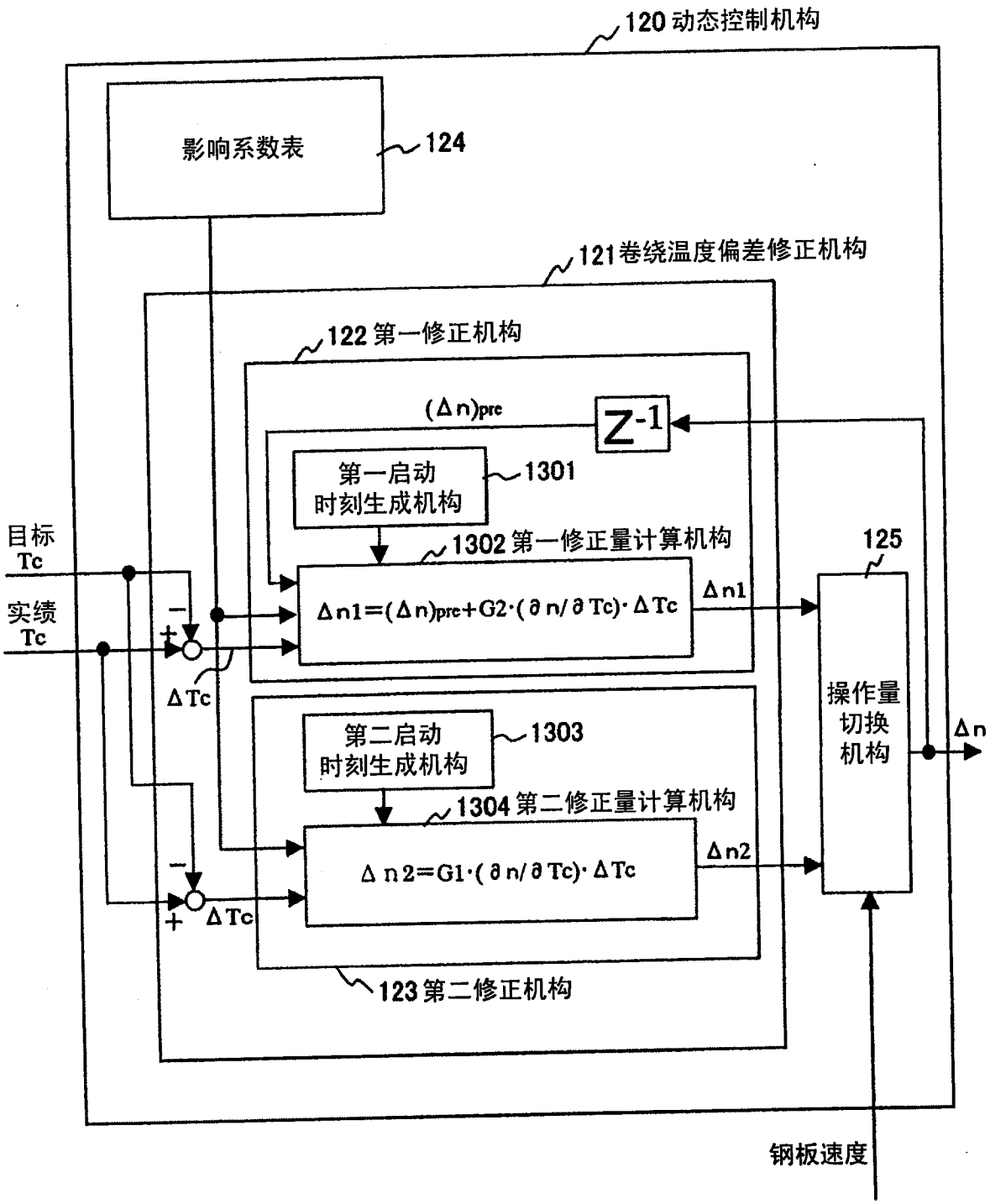

120 动态控制机构
影响系数表
124
121 卷绕温度偏差修正机构
122 第一修正机构
(Δn)pre
Z-1
第一启动
时刻生成机构
1301
1302 第一修正量计算机构
Δn1=(Δn)pre+G2·(∂n/∂Tc)·ΔTc
Δn1
125
目标
Tc
实绩
Tc
ΔTc
第二启动
时刻生成机构
1303
1304 第二修正量计算机构
Δn2=G1·(∂n/∂Tc)·ΔTc
Δn2
ΔTc
操作量
切换
机构
Δn
123 第二修正机构
钢板速度

图 13

124 影响系数表

板厚	板速	钢种索引	∂Tc/Δn
～3.0mm	～150mpm	1	3.0 ℃
		2	3.2 ℃
		3	3.5 ℃
		4	3.9 ℃
		5	4.3 ℃
		6	4.8 ℃
		7	5.3 ℃
		8	5.8 ℃
		9	6.4 ℃
		10	7.0 ℃
	150～180mpm	1	3.5 ℃
		2	3.7 ℃
		3	4.0 ℃
		⋮	⋮
	⋮	⋮	⋮
3.0～4.0mm	⋮	⋮	⋮
⋮	⋮	⋮	⋮

图 14

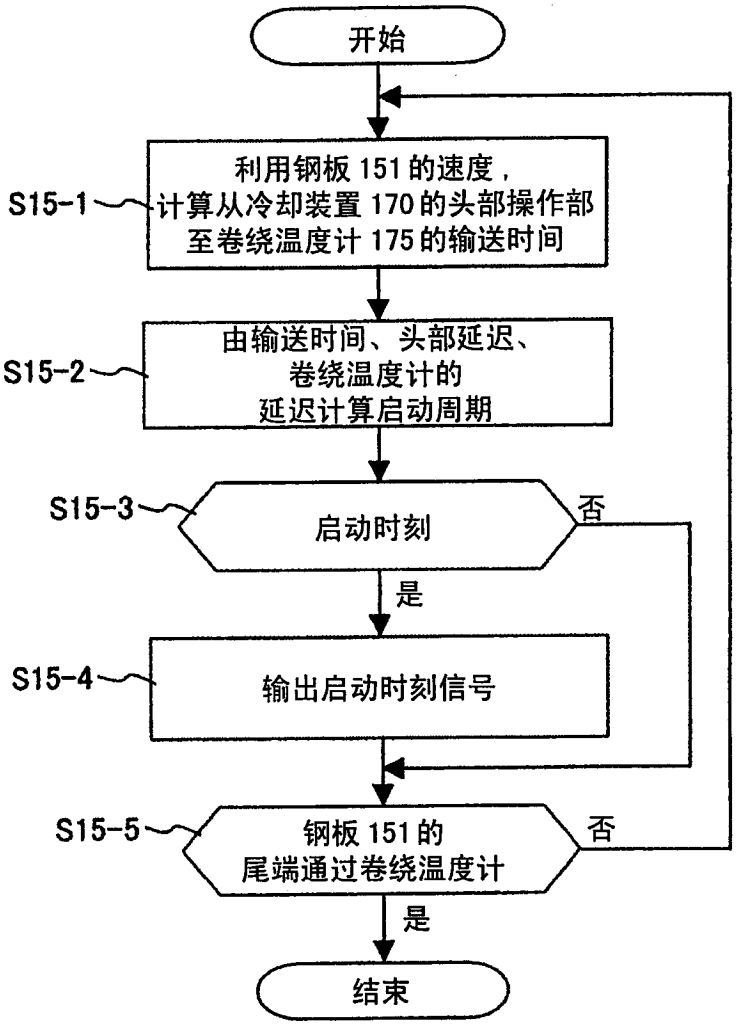

开始
S15-1
利用钢板 151 的速度，
计算从冷却装置 170 的头部操作部
至卷绕温度计 175 的输送时间
S15-2
由输送时间、头部延迟、
卷绕温度计的
延迟计算启动周期
S15-3
启动时刻
否
是
S15-4
输出启动时刻信号
S15-5
钢板 151 的
尾端通过卷绕温度计
否
是
结束

图 15

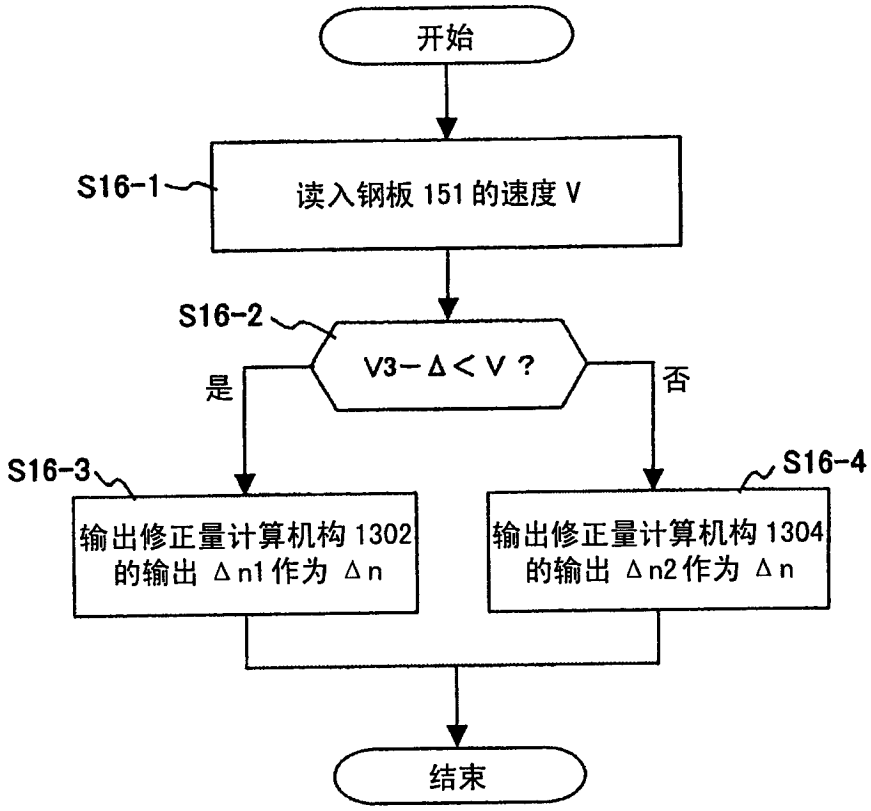

开始
S16-1
读入钢板 151 的速度 V
S16-2
V3－Δ＜V？
是
否
S16-3
输出修正量计算机构 1302 的输出 Δn1 作为 Δn
S16-4
输出修正量计算机构 1304 的输出 Δn2 作为 Δn
结束

图 16

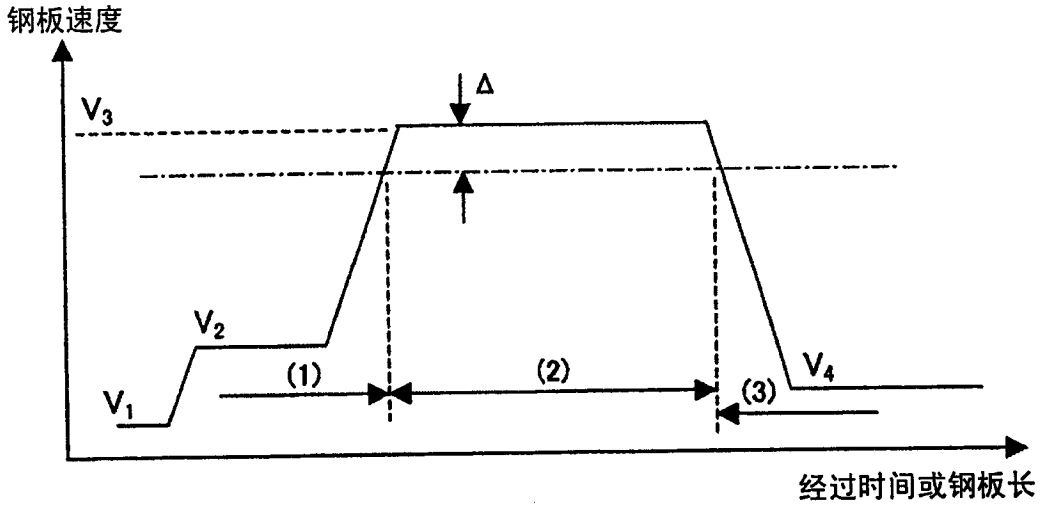

钢板速度
Δ
V3
V2
V1
(1)
(2)
(3)
V4
经过时间或钢板长

图 17

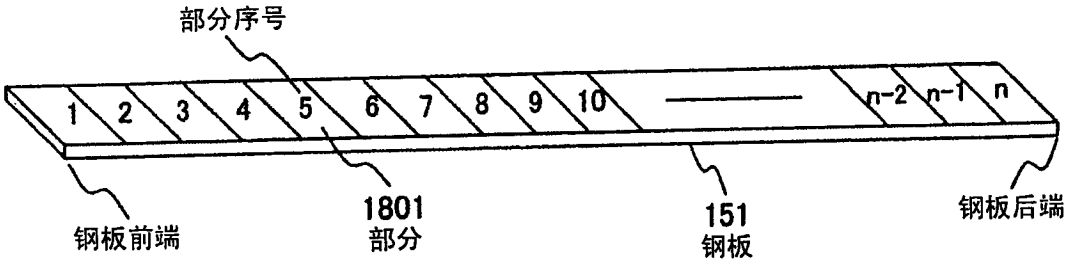

部分序号
1
2
3
4
5
6
7
8
9
10
n-2
n-1
n
钢板前端
1801
部分
151
钢板
钢板后端

图 18

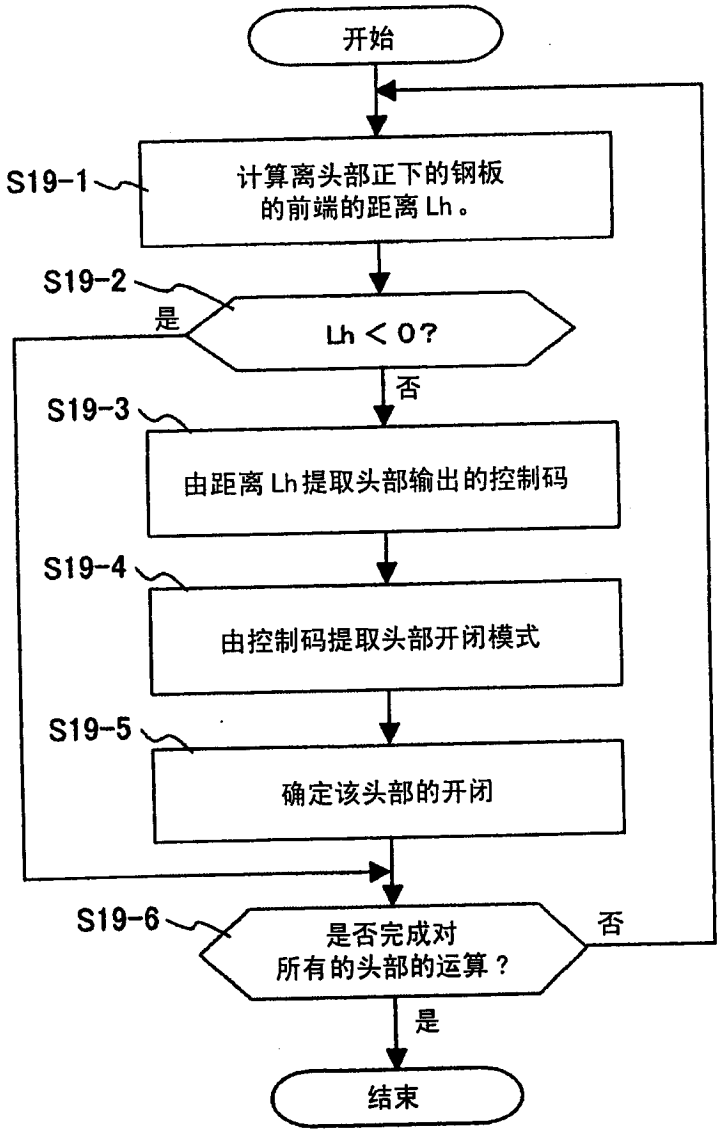

开始
S19-1
计算离头部正下的钢板
的前端的距离 Lh。
S19-2
是
Lh < 0?
否
S19-3
由距离 Lh 提取头部输出的控制码
S19-4
由控制码提取头部开闭模式
S19-5
确定该头部的开闭
S19-6
是否完成对
所有的头部的运算？
否
是
结束

图 19

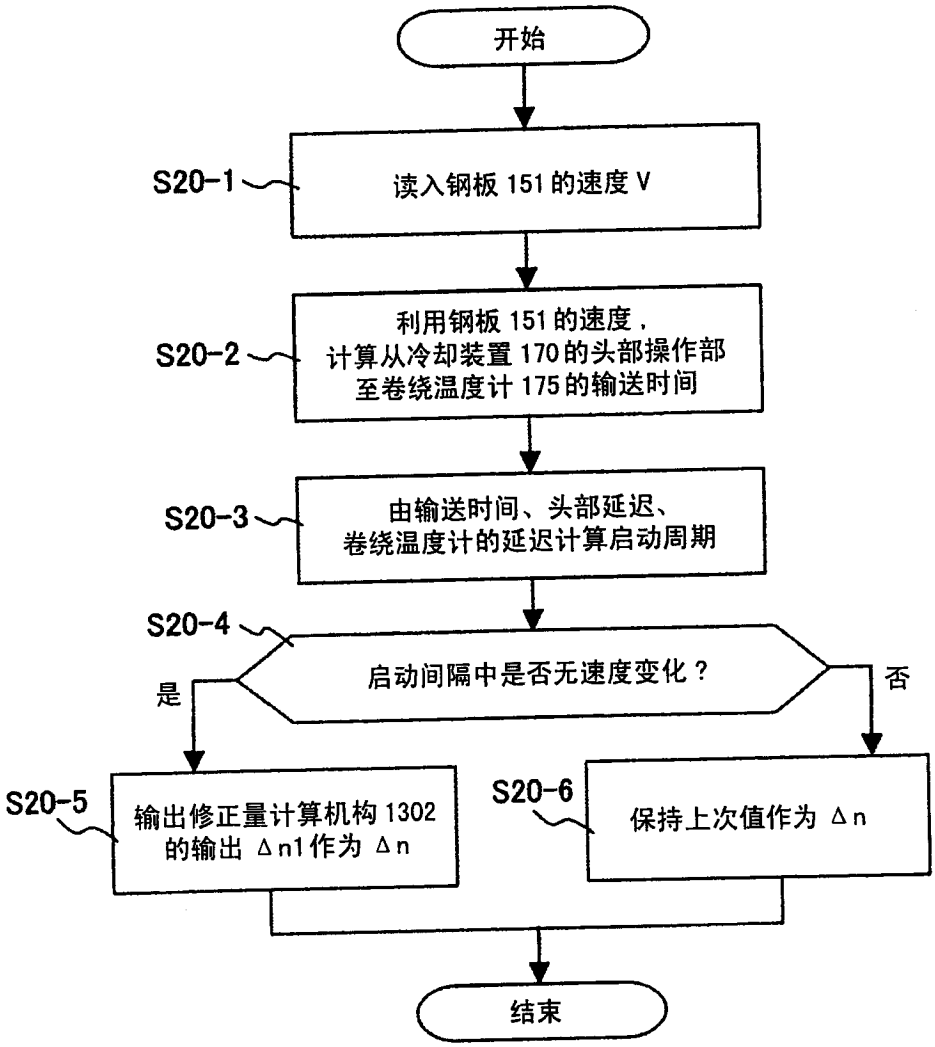

开始
S20-1
读入钢板 151 的速度 V
S20-2
利用钢板 151 的速度，
计算从冷却装置 170 的头部操作部
至卷绕温度计 175 的输送时间
S20-3
由输送时间、头部延迟、
卷绕温度计的延迟计算启动周期
S20-4
启动间隔中是否无速度变化？
是
否
S20-5
输出修正量计算机构 1302
的输出 Δn1 作为 Δn
S20-6
保持上次值作为 Δn
结束

图 20

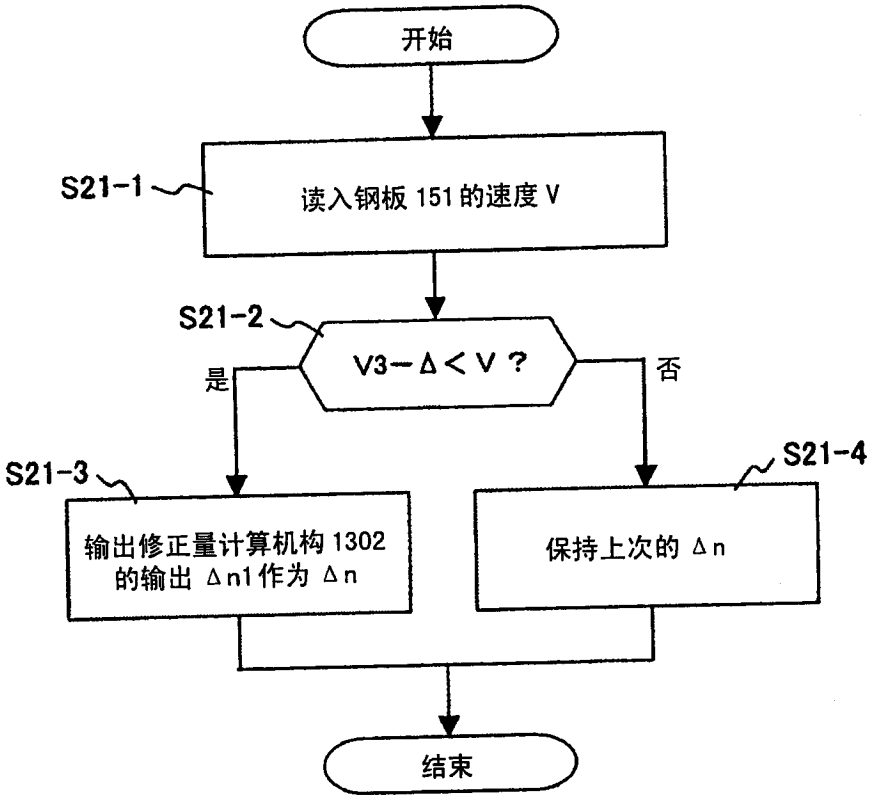

开始
S21-1
读入钢板 151 的速度 V
S21-2
V3－Δ＜V？
是
否
S21-3
输出修正量计算机构 1302
的输出 Δn1 作为 Δn
S21-4
保持上次的 Δn
结束

图 21

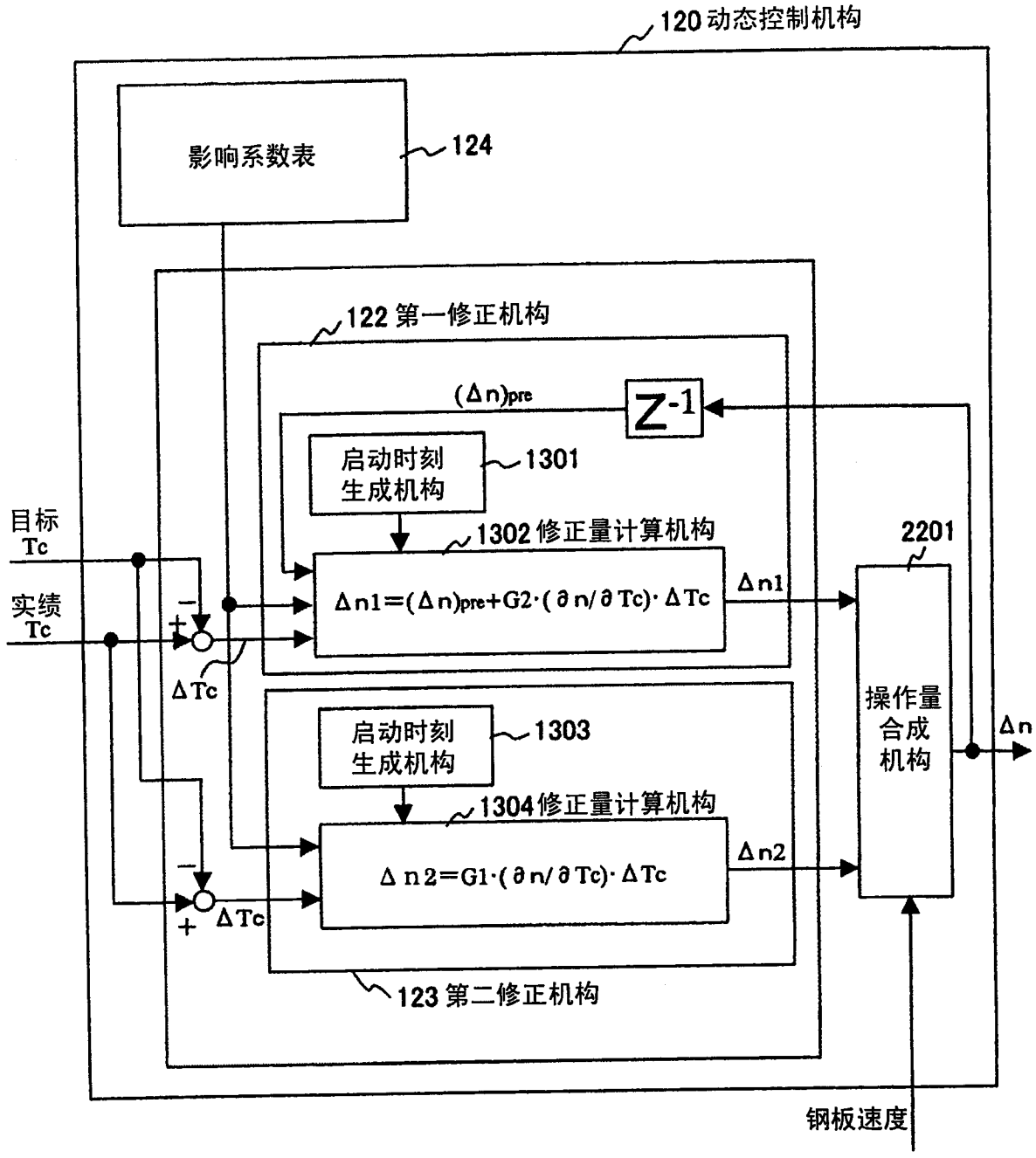

120 动态控制机构
影响系数表
124
122 第一修正机构
(Δn)pre
Z-1
启动时刻
生成机构
1301
1302 修正量计算机构
目标
Tc
实绩
Tc
Δn1=(Δn)pre+G2·(∂n/∂Tc)·ΔTc
Δn1
2201
ΔTc
操作量
合成
机构
Δn
启动时刻
生成机构
1303
1304修正量计算机构
Δn2=G1·(∂n/∂Tc)·ΔTc
Δn2
ΔTc
123 第二修正机构
钢板速度

图 22

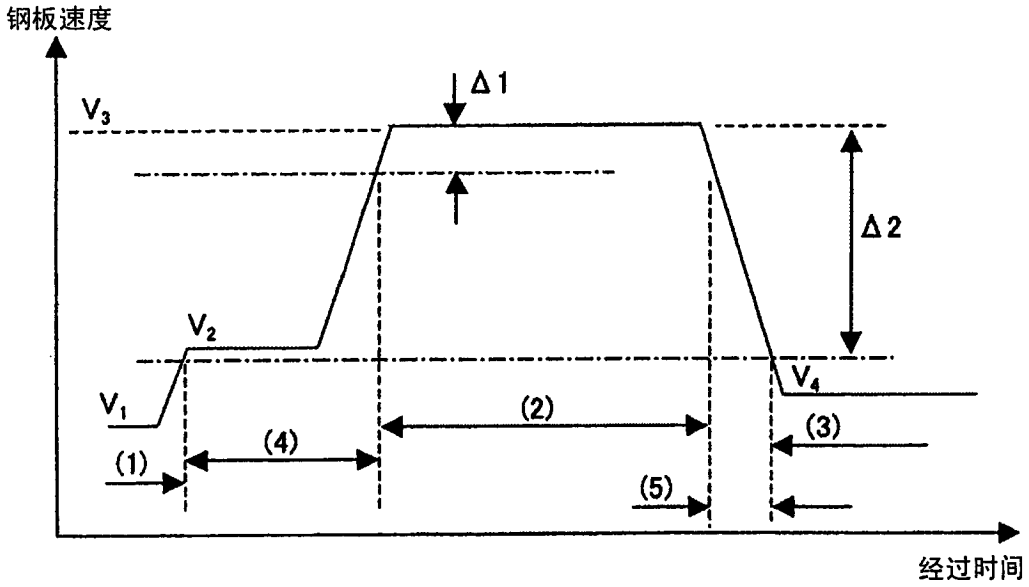

钢板速度
V3
Δ1
Δ2
V2
V1
V4
(1)
(4)
(2)
(3)
(5)
经过时间

图 23

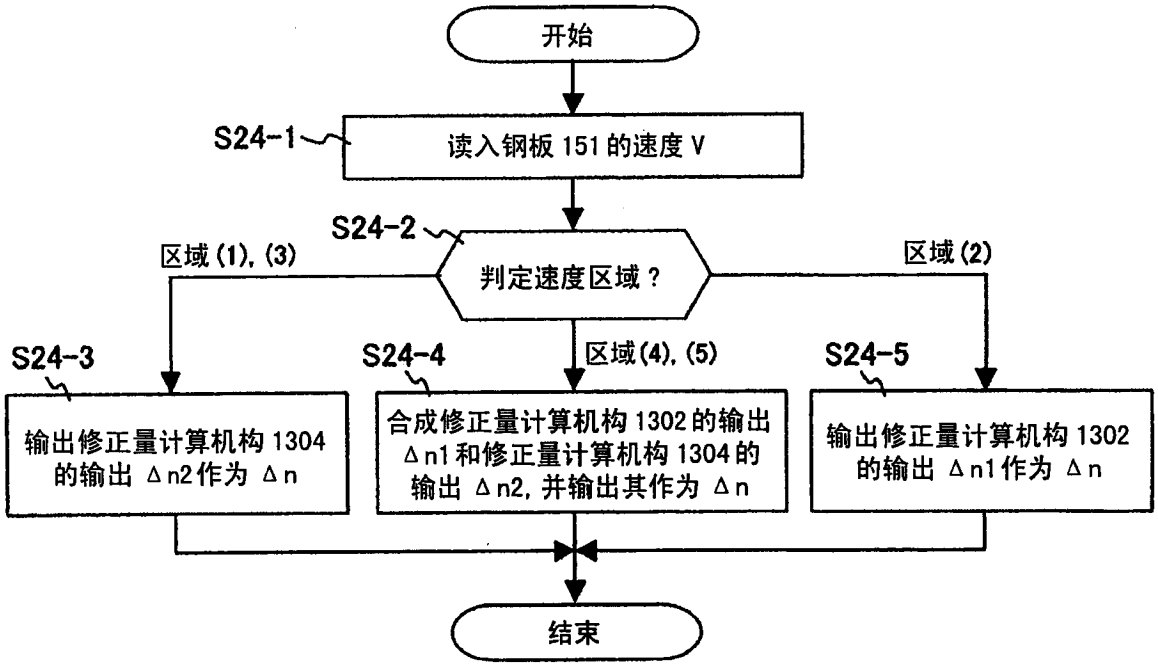

开始
S24-1
读入钢板 151 的速度 V
S24-2
判定速度区域？
区域 (1), (3)
区域 (2)
区域 (4), (5)
S24-3
输出修正量计算机构 1304 的输出 Δn2 作为 Δn
S24-4
合成修正量计算机构 1302 的输出 Δn1 和修正量计算机构 1304 的输出 Δn2，并输出其作为 Δn
S24-5
输出修正量计算机构 1302 的输出 Δn1 作为 Δn
结束

图 24

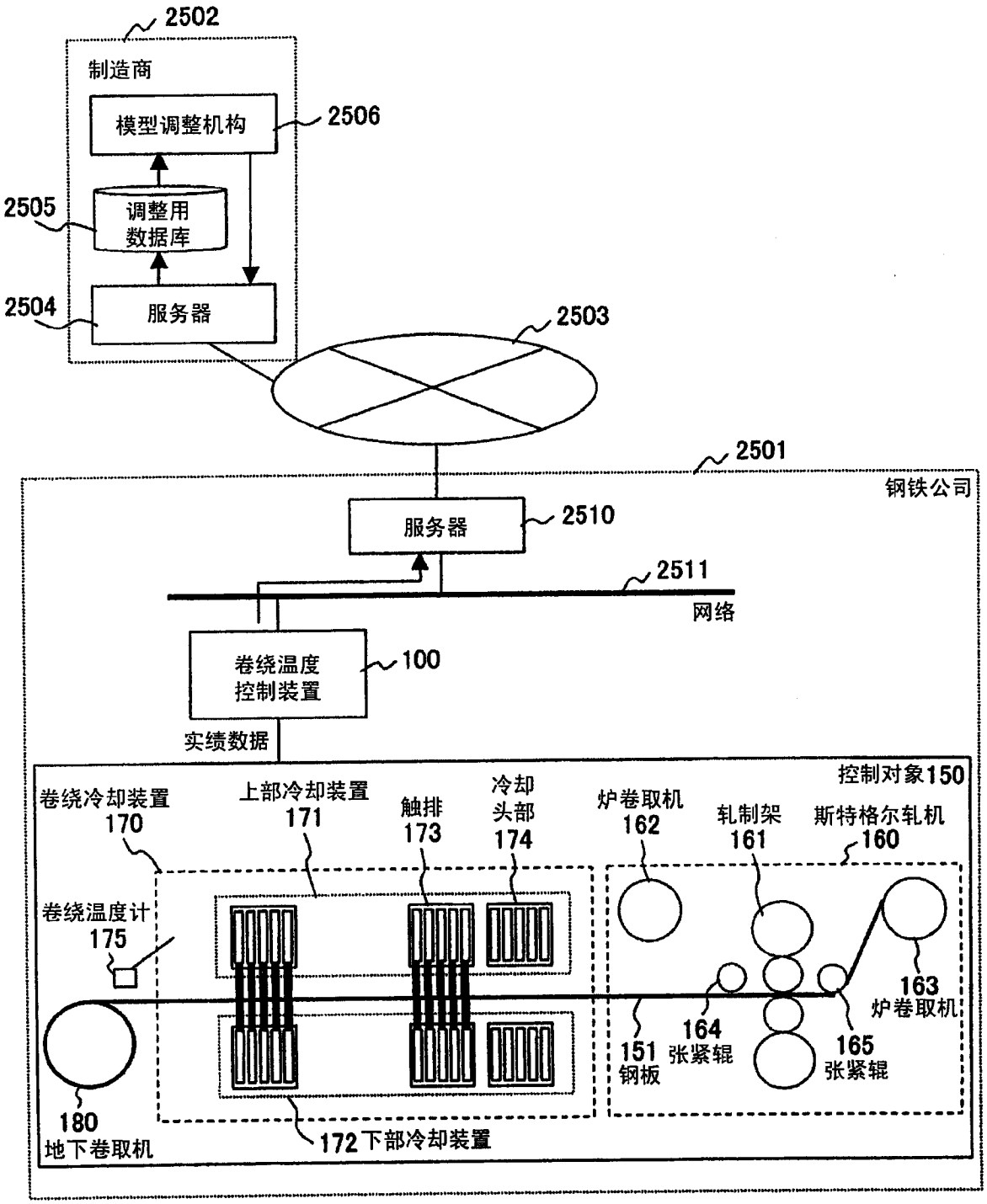

2502
制造商
模型调整机构
2506
2505
调整用
数据库
2504
服务器
2503
2501
钢铁公司
服务器
2510
2511
网络
卷绕温度
控制装置
100
实绩数据
控制对象150
卷绕冷却装置
170
上部冷却装置
171
触排
173
冷却
头部
174
炉卷取机
162
轧制架
161
斯特格尔轧机
160
卷绕温度计
175
163
炉卷取机
164
张紧辊
151
钢板
165
张紧辊
180
地下卷取机
172 下部冷却装置

图 25