

1. 一种热轧机出侧温度控制装置,其特征在于,包括:

存储部,其存储记述了下述信息和热轧机轧制后的钢板温度的关系的板温推定模型,所述信息包括被具备多个台的所述热轧机轧制前的钢板温度、钢板的轧制速度、设置在台间的冷却装置的冷却水量;

预置控制部,其在轧制之前利用所述板温推定模型推定轧制后的钢板温度,并利用推定结果计算用于实现轧制后的钢板的目标温度的所述轧制速度和所述冷却水量;

反馈控制部,其在由设置在所述热轧机的出侧的热轧机出侧温度计计测出的轧制后的钢板温度与所述目标温度之间的偏差变小的方向上,计算所述轧制速度或所述冷却水量的任意一方或者双方的变更量;

台间冷却指令生成部,其将用所述反馈控制部输出的冷却水量的变更量修正所述预置控制部输出的冷却水量后的结果,作为冷却指令输出至所述台间具备的冷却装置;以及

速度指令生成部,其将用所述反馈控制部输出的轧制速度的变更量修正所述预置控制部输出的轧制速度后的结果,作为速度指令输出至所述热轧机。

2. 根据权利要求1所述的热轧机出侧温度控制装置,其特征在于,

所述反馈控制部获取由所述热轧机出侧温度计计测出的轧制后的钢板温度和所述目标温度,判定该钢板温度和该目标温度的大小关系,基于判定结果从所述轧制速度及所述冷却水量中选择进行变更的操作端,

所述反馈控制部针对所述选择出的操作端,计算用于使热轧机出侧温度接近目标值的操作量的变更量。

3. 根据权利要求2所述的热轧机出侧温度控制装置,其特征在于,

所述反馈控制部具备:

第一影响系数表,其存储了使所述冷却水量变化时轧制后的钢板温度的变化的比例;

第二影响系数表,其存储了使所述轧制速度变化时轧制后的钢板温度的变化的比例;

操作端选择部,其获取由所述热轧机出侧温度计计测出的轧制后的钢板温度和所述目标温度,并计算作为两者的差分的温度偏差,在计测出的钢板温度比目标温度高时,选择所述冷却水量作为操作端,在计测出的钢板温度比目标温度低时,选择所述轧制速度作为操作端;以及

变更量计算部,其在所述操作端选择部选择冷却水量作为操作端的情况下,根据所述温度偏差和所述第一影响系数表的内容,计算用于使热轧机出侧温度接近目标温度的冷却水量的增加量来作为变更量,在所述操作端选择部选择轧制速度作为操作端的情况下,根据所述温度偏差和所述第二影响系数表的内容,计算用于使热轧机出侧温度接近目标温度的轧制速度的增加量来作为变更量。

4. 根据权利要求3所述的热轧机出侧温度控制装置,其特征在于,

所述操作端选择部,获取由所述热轧机出侧温度计计测出的轧制后的钢板温度和所述目标温度,并计算作为两者的差分的温度偏差,在温度偏差的绝对值比预定的阈值小时,不选择操作端,在计测出的钢板温度比在目标温度上加上所述阈值后的值还高时,选择所述冷却水量作为操作端,在计测出的钢板温度比从目标温度中减去所述阈值后的值还低时,选择所述轧制速度作为操作端;

所述变更量计算部,在所述操作端选择部未选择操作端的情况下,将冷却水量和轧制

速度的变更量作为零计算,在所述操作端选择部选择冷却水量作为操作端的情况下,根据所述温度偏差和所述第一影响系数表的内容,计算用于使热轧机出侧温度接近目标温度的冷却水量的增加量来作为变更量,在所述操作端选择部选择轧制速度作为操作端的情况下,根据所述温度偏差和所述第二影响系数表的内容,计算用于使热轧机出侧温度接近目标温度的轧制速度的增加量来作为变更量。

5. 根据权利要求 3 所述的热轧机出侧温度控制装置,其特征在于,

所述变更量计算部,在所述操作端选择部选择冷却水量作为操作端的情况下,判定将计算出的冷却水量的增加量与当前冷却水量相加后的结果是否为冷却水量达到了上限,在冷却水量达到了上限时,以当前时刻的冷却水量作为基点,计算使冷却水量成为上限的变更量,并计算未能通过冷却水量的增加而消除的温度偏差的余量,基于该温度偏差的余量和所述第二影响系数表的内容,计算用于使热轧机出侧温度接近目标值的轧制速度的减少量来作为变更量。

6. 根据权利要求 3 所述的热轧机出侧温度控制装置,其特征在于,

所述变更量计算部,在所述操作端选择部选择轧制速度作为操作端的情况下,判定将计算出的轧制速度的增加量与当前轧制速度相加后的结果是否为轧制速度达到了上限,在轧制速度达到了上限时,以当前时刻的轧制速度作为基点,计算使轧制速度成为上限的变更量,在此基础上计算未能通过轧制速度的增加而消除的温度偏差的余量,基于该温度偏差的余量和所述第一影响系数表的内容,计算用于使热轧机出侧温度接近目标值的冷却水量的减少量来作为变更量。

7. 一种热轧机出侧温度控制方法,其特征在于,

通过热轧机出侧温度控制装置所具备的预置控制部,根据包括被具备多个台的热轧机轧制前的钢板温度、钢板的轧制速度和台间具备的冷却装置的冷却水量在内的信息,推定所述热轧机轧制后的钢板温度;

通过所述预置控制部,利用推定结果计算用于实现轧制后的钢板的目标温度的轧制速度和冷却水量;

通过所述热轧机出侧温度控制装置所具备的反馈控制部,在热轧机出侧的钢板温度与所述目标温度之间的偏差变小的方向上,计算所述轧制速度或所述冷却水量的任意一方或者双方的变更量;

通过所述热轧机出侧温度控制装置所具备的台间冷却指令生成部,将用所述冷却水量的变更量修正了所述冷却水量后的结果,作为冷却指令输出至所述台间具备的冷却装置;

通过所述热轧机出侧温度控制装置所具备的速度指令生成部,将用所述轧制速度的变更量修正了所述轧制速度后的结果,作为速度指令输出至所述热轧机。

8. 一种热轧机出侧温度控制装置,其特征在于,具备:

存储部,其存储记述了下述信息和热轧机轧制后的钢板温度的关系的板温推定模型,所述信息包括被具备多个台的所述热轧机轧制前的钢板温度、钢板的轧制速度、设置在台间的冷却装置的冷却水量;

预置控制部,其在轧制之前利用所述板温推定模型推定轧制后的钢板温度,并利用推定结果计算用于实现轧制后的钢板的目标温度的所述轧制速度和所述冷却水量;

反馈控制部,其在由设置在所述热轧机的出侧的热轧机出侧温度计测出的轧制后的

钢板温度与所述目标温度之间的偏差变小的方向上,计算所述轧制速度或所述冷却水量的任意一方或者双方的变更量;

反馈控制起动定时生成部,其判定所述反馈控制部选择了所述轧制速度或所述冷却水量的哪一个作为操作端,并按照判定结果确定所述反馈控制部的下一次反馈控制的实施定时;

轨迹长度计算部,其根据热轧机的设备所相关的信息和各台间的钢板的轧制量,计算分别使各台间的冷却水量和轧制速度变化时所述热轧机出侧温度变化所需的钢板的轨迹长度,并存储至轨迹长度表;

台间冷却指令生成部,其将用所述反馈控制部输出的冷却水量的变更量修正了所述预置控制部输出的冷却水量后的结果,作为冷却指令输出至所述台间具备的冷却装置;以及

速度指令生成部,其将用所述反馈控制部输出的轧制速度的变更量修正了所述预置控制部输出的轧制速度后的结果,作为速度指令输出至所述热轧机;

所述反馈控制起动定时生成部,比较所述反馈控制部实施了反馈控制后从最终台输出的热轧机出侧的钢板长度和所述轨迹长度表存储的所述轨迹长度,在所述输出的钢板长度比所述轨迹长度长时,向所述反馈控制部输出起动信号。

9. 根据权利要求 8 所述的热轧机出侧温度控制装置,其特征在于,

所述反馈控制部具备:

第一影响系数表,其存储了使所述冷却水量变化时轧制后的钢板温度的变化的比例;

第二影响系数表,其存储了使所述轧制速度变化时轧制后的钢板温度的变化的比例;

操作端选择部,其获取由所述热轧机出侧温度计计测出的轧制后的钢板温度和所述目标温度,并计算作为两者的差分的温度偏差,在计测出的钢板温度比目标温度高时,选择所述冷却水量作为操作端,在计测出的钢板温度比目标温度低时,选择所述轧制速度作为操作端;以及

变更量计算部,其在所述操作端选择部选择冷却水量作为操作端的情况下,根据所述温度偏差和所述第一影响系数表的内容,计算用于使热轧机出侧温度接近目标温度的冷却水量的增加量来作为变更量,在所述操作端选择部选择轧制速度作为操作端的情况下,根据所述温度偏差和所述第二影响系数表的内容,计算用于使热轧机出侧温度接近目标温度的轧制速度的增加量来作为变更量。

10. 根据权利要求 9 所述的热轧机出侧温度控制装置,其特征在于,

还具备冷却反馈控制优先顺序表,该冷却反馈控制优先顺序表存储了表示在变更所述冷却水量时优先变更哪个台间所对应的冷却装置的冷却水量的优选顺序;

在所述操作端选择部选择冷却水量作为操作端的情况下,所述变更量计算部在按照所述冷却反馈控制优先顺序表存储的优先顺序确定了变更冷却水量的冷却装置之后,根据所述温度偏差和所述第一影响系数表的内容,计算用于使热轧机出侧温度接近目标温度的冷却水量的增加量来作为变更量。

11. 根据权利要求 9 所述的热轧机出侧温度控制装置,其特征在于,

所述反馈控制起动定时生成部在只有冷却水量被选择为所述反馈控制的操作端时,从所述轨迹长度表中获取在变更了所述冷却水量的台间之中最上游的台间所对应的钢板的所述轨迹长度,根据对实施了上一次反馈控制后输出的热轧机出侧的钢板长度和所述轨迹

长度进行比较后的结果,确定下一次反馈控制的实施定时;

所述反馈控制起动定时生成部在至少轧制速度被选择为所述反馈控制的操作端时,从所述轨迹长度表获取操作了所述钢板速度时对应的钢板的所述轨迹长度,根据对实施了反馈控制后输出的热轧机出侧的钢板长度和所述轨迹长度进行比较后的结果,确定下一次反馈控制的实施定时。

12. 根据权利要求 8 所述的热轧机出侧温度控制装置,其特征在于,

所述轨迹长度计算部根据各台间的台间距离、所述台间有钢板时的钢板厚度和热轧机出侧的目标板厚,计算每个台间的轨迹长度;

所述轨迹长度计算部从使冷却水量变化后的台间开始将下游侧的每个台间的轨迹长度相加,来计算在使所述冷却水量变化时热轧机出侧温度变化所需的钢板的轨迹长度。

13. 一种热轧机出侧温度控制方法,其特征在于,

通过热轧机出侧温度控制装置所具备的预置控制部,根据包括被具备多个台的热轧机轧制前的钢板温度、钢板的轧制速度和设置在台间的冷却装置的冷却水量在内的信息,推定所述热轧机轧制后的钢板温度;

通过所述预置控制部,利用推定结果计算用于实现轧制后的钢板的目标温度的轧制速度和冷却水量;

通过所述热轧机出侧温度控制装置所具备的反馈控制部,在热轧机出侧的钢板温度与所述目标温度之间的偏差变小的方向上,计算所述轧制速度或所述冷却水量的任意一方或者双方的变更量;

通过所述热轧机出侧温度控制装置所具备的台间冷却指令生成部,将用所述冷却水量的变更量修正了所述冷却水量后的结果,作为冷却指令输出至所述台间具备的冷却装置;

通过所述热轧机出侧温度控制装置所具备的速度指令生成部,将用所述轧制速度的变更量修正了所述轧制速度后的结果,作为速度指令输出至所述热轧机;

通过所述热轧机出侧温度控制装置所具备的轨迹长度计算部,根据所述热轧机的设备所相关的信息和各台间的钢板的轧制量,计算在各台间的冷却水量或所述轧制速度分别变化时所述热轧机出侧温度变化所需的钢板的轨迹长度;

通过所述热轧机出侧温度控制装置所具备的反馈控制起动定时生成部,判定选择了所述轧制速度或所述冷却水量的哪一个作为操作端,按照判定结果,比较从最终台输出的所述热轧机出侧的钢板长度和所述轨迹长度,在所述输出的钢板长度比所述轨迹长度长时,向所述反馈控制部输出启动信号。

热轧机出侧温度控制装置及控制方法

技术领域

[0001] 本发明涉及用于管理热轧机的出侧温度并适当进行钢板轧制的热轧机出侧温度控制装置及控制方法。

背景技术

[0002] 以往,作为对具备多个台(stand)的热轧机出侧温度(精轧机出侧温度)进行控制的方法,例如有如下方法:在确定了轧制开始至结束的钢板的速度模式之后,针对在冷却开始前预先设定出的带钢冷却装置的喷射数 n ,基于对轧制中的钢板测定出的热轧机出侧温度(Finisher Delivery Temperature:FDT),按照使FDT成为目标温度的方式将喷射数变更 Δn 个,并用 $(n+\Delta n)$ 个喷射数进行冷却控制(例如,参照专利文献1)。

[0003] 专利文献1:日本特开平10-43811号公报

[0004] 然而,在专利文献1所述的方法中具有以下问题。

[0005] 在专利文献1所述的控制方法中,为了用冷却水量(喷射数)来补偿计测出的热轧机出侧温度(FDT)和目标温度的偏差,而在计测FDT高时增加冷却水量,在计测FDT低时减少冷却水量。这里,在计测FDT低时,通过增加钢板的轧制速度也能够增加计测FDT,此时能够并行地提高钢板的生产率。在专利文献1所述的控制方法中,由于没有考虑到这一点,因此存在当计测FDT比目标温度低时会错过提高钢板生产量的机会的问题。

[0006] 此外,在用冷却水量(喷射数)来补偿计测出的热轧机出侧温度(FDT)和目标温度的偏差时,在通过一次补偿之后FDT没有成为目标温度的情况下需要再次补偿,但关于进行再次补偿的定时,在专利文献1中没有记载。为了使反馈控制处于高响应化及稳定化,需要依赖于变更了喷射数的带钢冷却装置的位置对进行下次补偿的定时进行变更。另外,没有考虑为了对FDT进行反馈控制而变更轧制速度的情况,关于该情况下进行下次补偿的定时也没有记载在专利文献1中。

发明内容

[0007] 本发明是鉴于上述状况进行的,其目的在于,当计测出的热轧机出侧温度(FDT)和目标温度有偏差时,在不牺牲热轧机的出侧温度精度的情况下提高轧制设备的生产量。

[0008] 为了解决上述课题,本发明的第一方面,其特征在于,具备:预置控制部,其在冷却之前推断钢板的轧制速度(以下称为“钢板速度”)和台间冷却的水量;反馈控制部,其进行用于消除冷却控制中计测出的钢板的热轧机出侧温度与目标温度之间的偏差的控制;台间冷却指令生成部,其根据上述预置控制部输出的冷却水量和上述反馈控制部输出的冷却水量,生成最终的台间冷却指令;以及速度指令生成部,其根据上述预置控制部输出的钢板速度和上述反馈控制部输出的钢板速度,计算最终的钢板速度。

[0009] 这里,上述反馈控制部判定热轧机出侧的钢板温度的计测值和该目标温度的大小关系,基于判定结果从上述钢板速度及上述冷却水量中选择进行变更的操作端,针对选择出的操作端,计算用于使热轧机出侧温度接近目标温度的操作量的变更量。

[0010] 此外,在第一方面中,优选上述反馈控制部具备:操作端选择部,其判定热轧机出侧的钢板温度的计测值与目标值之间的偏差的符号,在钢板温度的计测值比目标值大时,将冷却水量设定为操作端,在钢板温度的计测值比目标值小时,将钢板速度设定为操作端;以及变更量计算部,其按照温度偏差的大小来计算所设定的操作端的变更量。

[0011] 在第一方面中,上述变更量计算部在钢板速度被设定为操作端时,进行增大钢板速度的处理,以使热轧机出侧的钢板温度上升。因此,既能降低钢板温度的目标值和计测值之间的偏差,又能增大生产量。另一方面,在冷却水量被设定为操作端时,进行增大冷却水量的处理,以使热轧机出侧的钢板温度下降。因此,既能降低钢板温度的目标值与计测值之间的偏差,又能维持生产量。

[0012] 结果,在不牺牲热轧机出侧的钢板温度的精度的范围内,能够使轧制设备的生产量最大化。

[0013] 本发明的第二方面相对于第一方面,其特征在于,还具备:反馈控制起动定时生成部,其判定上述反馈控制部选择了轧制速度或冷却水量的哪一个作为操作端,按照判定结果确定反馈控制部的下一次反馈控制的实施定时;以及轨迹长度计算部,其根据热轧机的设备所相关的信息和各台中的钢板的轧制量,计算在各台间的冷却水量和钢板速度分别变化时热轧机出侧温度变化所需的钢板的轨迹长度,并将其存储于轨迹长度表。

[0014] 这里,上述反馈控制起动定时生成部,比较上述反馈控制部实施了反馈控制后从最终台输出的热轧机出侧的钢板长度和上述轨迹长度表存储的轨迹长度,在输出的钢板长度比轨迹长度长时,向上述反馈控制部输出起动信号。

[0015] 此外,在第二方面中,优选具备冷却反馈控制优先顺序表,该冷却反馈控制优先顺序表存储了表示在变更冷却水量时优先变更哪个台间对应的冷却装置的冷却水量的优先顺序。即,在选择冷却水量作为操作端的情况下,按照上述冷却反馈控制优先顺序表存储的优先顺序确定了变更冷却水量的冷却装置之后,根据温度偏差和第一影响系数表的内容,计算用于使热轧机出侧温度接近目标温度的冷却水量的增加量来作为变更量。

[0016] 在第二方面,只有在钢板的输出长度达到了轨迹长度的情况下,起动反馈控制部件,由此,在热轧机的冷却反馈控制下,使进行下一次补偿的定时最优化,能够实现高响应化及稳定的反馈控制。因此,得到了高精度的热轧机出侧温度。

[0017] (发明效果)

[0018] 根据本发明,既能维持热轧机出侧的钢板温度的精度,又能提高轧制设备的生产量。

附图说明

[0019] 图1是表示本发明的第一实施方式所涉及的热轧机出侧温度控制装置的构成的框图。

[0020] 图2是表示图1的标准流量模式表的构成例的图。

[0021] 图3是表示图1的速度表的构成例的图。

[0022] 图4是表示图1的目标温度表的构成例的图。

[0023] 图5是表示图1的预置(preset)控制部件的处理的流程图。

[0024] 图6是表示图1的反馈控制起动定时生成部件的处理的流程图。

- [0025] 图 7 是表示图 1 的操作端选择部件的处理的流程图。
- [0026] 图 8 是表示图 1 的变更量计算部件的处理的流程图。
- [0027] 图 9 是表示图 1 的第一影响系数表的构成例的图。
- [0028] 图 10 是表示图 1 的第二影响系数表的构成例的图。
- [0029] 图 11 是表示本发明的第二实施方式所涉及的热轧机的出侧温度控制装置的构成例的框图。
- [0030] 图 12 是表示图 11 的轨迹长度计算部件的处理的流程图。
- [0031] 图 13 是表示图 11 的压下规程表的构成例的图。
- [0032] 图 14 是表示图 11 的轨迹 (tracking) 长度表的构成例的图。
- [0033] 图 15 是表示图 11 的反馈控制起动定时生成部件的处理的流程图。
- [0034] 图 16 是表示图 11 的冷却反馈控制优先顺序表的构成例的图。
- [0035] (符号说明)
- [0036] 100、100A...热轧机出侧温度控制装置
- [0037] 110...预置控制部件
- [0038] 115...板温推定模型
- [0039] 120...反馈控制起动定时生成部件
- [0040] 121...压下规程表
- [0041] 122...轨迹长度计算部件
- [0042] 123...反馈控制起动定时生成部件
- [0043] 130...反馈控制部件
- [0044] 131...操作端选择部件
- [0045] 132...变更量计算部件
- [0046] 133...第一影响系数表
- [0047] 134...第二影响系数表
- [0048] 135...冷却反馈控制优先顺序表
- [0049] 140...台间冷却指令生成部件
- [0050] 150...速度指令生成部件
- [0051] 200...控制对象
- [0052] 201...热轧机
- [0053] 202...钢板
- [0054] 203...热轧机出侧温度计
- [0055] 205 ~ 208...台间冷却装置

具体实施方式

[0056] 以下,参照附图,对用于实施本发明的实施例进行说明。说明按照下述项目的顺序进行。此外,在各图中,对共同构件附加相同符号。

- [0057] 1. 第一实施方式 (根据热轧机出侧温度偏差切换操作端的例子)
- [0058] 2. 第二实施方式 (根据最近的操作端确定 FB 控制的起动定时的例子)
- [0059] <1. 第一实施方式>

[0060] 图 1 是表示本发明的第一实施方式所涉及的热轧机出侧温度控制装置（台间冷却控制系统）的构成例。第一实施方式是根据热轧机出侧温度偏差的符号进行操作端的切换的例子。

[0061] 图 1 所示的热轧机出侧温度控制装置 100 接受制造指令后，从包括多个台间冷却装置及多个轧辊在内的控制对象 200 接收各种信号，向控制对象 200 输出轧辊 210 的转速、间隙、台 F1～F5 的轧制负载等控制信号。首先，对控制对象 200 的构成进行说明。

[0062] 在本实施方式中，控制对象 200 是热轧设备，具备热轧机（也称为“精轧机”）201，该热轧机 201 具备 5 个台 F1～F5。钢板 202 被台 F1～F5 的各台的轧辊 210 轧制，在减小板厚的同时以规定速度在图 1 所述的热轧机 201 中从左至右移动。在热轧机 201 的出侧，具备对轧制后的钢板 202 的温度进行测定的热轧机出侧温度计 203。

[0063] 作为在台间冷却钢板 202 的装置，热轧机 201 在台 F1-F2 之间、台 F2-F3 之间、台 F3-F4 之间、台 F4-F5 之间分别具备台间冷却装置 205～208。台间冷却装置 205～208 用与来自热轧机出侧温度控制装置 100 的台间冷却指令相应的水量，对钢板 202 进行冷却。台间冷却控制的目的在于，使由热轧机出侧温度计 203 计测出的温度与目标温度一致。虽然热轧机出侧的目标温度通常在钢板纵长方向各部位是一定的，但也能根据各部位设定不同的值。

[0064] （热轧机出侧温度控制装置的构成）

[0065] 接着，对热轧机出侧温度控制装置 100 的构成进行说明。虽然将各功能标记为“……部件”，例如关于热轧机出侧温度控制装置 100 的各功能，也可以按照一个或多个计算机的指示用软件来实现。例如，能够将“……部件”代替为“……部”。以下，同理。

[0066] 该热轧机出侧温度控制装置 100 主要进行 2 个处理。第一处理是如下的预置控制运算，即：从上位计算机接受下次轧制的钢板的制造指令（钢种、板厚、板宽等），计算出与该钢板相应的轧制速度和台间冷却装置 205～208 的冷却水量的值。第二处理是如下的反馈控制运算，即：在使轧制中热轧机出侧温度计 203 计测出的钢板温度和目标值的背离减少的方向上，对轧制速度和台间冷却装置 205～208 的冷却水量的值进行修正。为了实施这 2 个处理，热轧机出侧温度控制装置 100 具备：预置控制部件 110、反馈控制部件 130、反馈控制起动定时生成部件 120、台间冷却指令生成部件 140、速度指令生成部件 150。

[0067] 在钢板 202 被台间冷却装置 205～208 冷却之前，预置控制部件 110 计算各台间冷却装置的冷却水的流量（冷却水量）和钢板的轧制速度（钢板速度）。在本实施方式中，从标准流量模式表 112、速度表 113、目标温度表 114 中获取信息，进行利用了板温推定模型 115 的运算，确定各台间冷却装置 205～208 的冷却水量和 / 或钢板速度。板温推定模型 115 规定有下述信息和轧制后的钢板温度之间的关系，该信息包括：在由热轧机 100 轧制之前的钢板速度、钢板 202 的轧制速度、设置在台间的台间冷却装置 205～208 的冷却水量。

[0068] 此外，热轧机出侧温度控制装置 100 具备闪存等非易失性存储部件（省略图示），在该存储部件中存储有标准流量模式表 112、速度表 113、目标温度表 114 及板温推定模型 115。

[0069] 当钢板 202 在热轧机 201 中被冷却时，反馈控制部件 113 实时（即时）获取由热轧机出侧温度计 203 测定出的钢板温度的实际值，修正冷却水量和钢板速度中的任意一方或两方。该反馈控制部件 130 具备：操作端选择部件 131、变更量计算部件 132、第一影响系

数表 133、第二影响系数表 134。这里,第一影响系数表 133 存储有热轧机出侧温度的变化相对于台间冷却装置的流量变化的比例($\partial\text{FDT}/\partial Q$)。另外,第二影响系数表 134 存储有热轧机出侧温度的变化相对于钢板速度的变化的比例($\partial\text{FDT}/\partial V$)。

[0070] 操作端选择部件 131 判定用热轧机出侧温度计 203 计测出的钢板 202 的温度和目标温度的大小(偏差的符号),并基于判定结果来确定:将台间冷却装置 205 ~ 208 的冷却水量和钢板速度中的哪一方设定为操作端来控制热轧机出侧温度。在钢板温度的计测值比目标值大时,将台间冷却装置 205 ~ 208 的冷却水量设定为操作端,在目标值比计测值大时,将钢板速度设定为操作端。另外,变更量计算部件 132 利用温度偏差的符号和大小、第一影响系数表 133 及第二影响系数表 134,计算所设定的操作端的操作量的变更量。

[0071] 反馈控制起动定时生成部件 120,根据由利用了钢板 202 的轧制速度的运算确定了钢板位置的结果中,确定反馈控制部件 130 的起动定时,生成起动指令。

[0072] 台间冷却指令生成部件 140,将预置控制部件 110 输出的台间冷却指令和反馈控制部件 130 输出的台间冷却指示的修正量相加,计算出最终向台间冷却装置 205 ~ 208 输出的台间冷却指令。

[0073] 速度指令生成部件 150,将预置控制部件 110 输出的钢板速度指令和反馈控制部件 130 输出的钢板速度指令的修正量相加,输出最终的钢板速度指令。

[0074] 在此,对标准流量模式表 112、速度表 113、目标温度表 114 进行说明。

[0075] 图 2 是表示标准流量模式表 112 的构成例的图。

[0076] 标准流量模式表 112 在各台间蓄积:在钢板 202 的钢种、板厚、板宽条件下确定冷却水量的运算中利用的冷却水量的初始值。钢板 202 的钢种、板厚、板宽的信息,例如从管理制造信息上位计算机向热轧机出侧温度控制装置 100 发送。在图 2 中,表示了初始值的值用相对于最大流量的百分比示出的例子。例如,表示了钢种为 SS400(碳钢)、板厚 3.0 ~ 4.0mm、板宽为 1200mm 时,台 F1-F2 之间的流量相对于最大流量为 80%,台 F2-F3 之间的流量相对于最大流量为 70%,台 F3-F4 之间的流量相对于最大流量为 50%,台 F4-F5 之间的流量相对于最大流量为 0%。标准流量模式表 112 的内容,是在钢板速度的初始值、钢板前端假定的加工入侧温度下,按照能够大致满足目标 FDT,进而能够使伴随着各台的轧制引起的温度下降模式成为期望模式的方式,由模拟仿真或实际的轧制作业预先确定出的。

[0077] 图 3 是表示速度表 113 的构成的图。

[0078] 针对钢种、板厚、板宽,在钢板 202 的最终台(在本实施方式中为台 F5)出侧速度中,除了钢板 202 的前端进入台 F5 时的初始速度之外,还层化存储有恒定速度、钢板 202 的尾端脱离台 F5 时的终期速度。预置控制部 110 判定相应钢板的钢种、板厚、板宽,从速度表 113 中提取所对应的速度信息。例如,表示了钢种为 SS400、板厚为 3.0 ~ 4.0mm、板宽为 1200mm 时,设定有初始速度 460mpm(米/分)、恒定速度 600mpm、终期速度 600mpm。

[0079] 从初始速度至恒定速度的速度变化的梯度,在预置控制部件 110 确定台间冷却流量的运算之中,确定为用同一冷却水量使 FDT 达到恒定的值。另外,从恒定速度至终期速度的梯度,在设备制约或容许的温度变化的范围内确定。当确定出台 F5 出侧的钢板速度时,就确定了台 F5 的轧辊 210 的转速,进而根据该值按照各台的压下率(入侧板厚与出侧板厚之比)确定出其他台的轧辊 210 的转速。

[0080] 图 4 是表示目标温度表 114 的构成的图。

[0081] 表示对应钢板的种类(钢种),热轧机出侧温度(FDT)的目标值被层化的例子。预置控制部件110判定钢板202相应的钢种,从目标温度表114中提取出所对应的目标温度。例如,在钢种为SS400时,表示热轧机出侧的目标温度为880℃。目标温度能够使用包括在制造指令中从上位计算机接收到的值。

[0082] [热轧机出侧温度控制装置的动作]

[0083] 接着,参照图5的流程图,对预置控制部件110执行的处理进行说明。

[0084] 首先,预置控制部件110从目标温度表114中获取目标温度,从速度表113中获取初始速度(步骤S5-1)。另外,预置控制部件110从标准流量模式表112中获取标准流量模式(步骤S5-2)。

[0085] 然后,预置控制部件110进行在获取的条件下预测热轧机出侧温度(FDT)的计算(步骤S5-3)。为了更准确地预测FDT,需要将钢板202进入热轧机201时的温度即热轧机入侧温度(Finishing Mill Entry Temperature:FET)作为初始值,用数学式表示来自钢板202的热辐射、对流导热、伴随着轧制的塑性变形的加工放热、钢板202在与轧辊210接触中所失去的接触导热、因钢板202和轧辊210的摩擦引起的摩擦放热、因来自台间冷却装置的冷却水喷射引起的温度下降等各种要因,在各台中累积地计算。以往研究了各种计算式,例如,在“板轧制的理论和实践”(日本钢铁协会编,1984)中有详细叙述。作为一例,(1)式表示了没有喷射冷却水时的热辐射所引起的传热系数hr的计算式。

[0086] (数学式1)

[0087]
$$hr = \sigma \cdot \varepsilon \left[\left\{ (273+T_{su})/100 \right\}^4 - \left\{ (273+T_a)/100 \right\}^4 \right] / (T_{su}-T_a) \cdots \cdots (1)$$

[0088] 其中,σ:斯蒂芬-波尔兹曼常数(=4.88)

[0089] ε:放射率

[0090] Ta:空气温度(℃)

[0091] Tsu:钢板202的表面温度

[0092] 在钢板202在台间移动的期间,伴随着移动,根据(1)式,从钢板202中获取热量。另外,在被冷却的情况下,例如,根据“板轧制的理论和实践”所记载的关系式,获取了与冷却水量相应的热量。将由各要因获取或者给予的热量的总和置换成传热系数,计算在一定时间Δ之间从钢板进出的热量。基于时间经过Δ前的钢板202的温度,根据(2)式,对Δ时间的热量的移动进行加减运算。

[0093] (数学式2)

[0094]
$$T_n = T_{n-1} - (ht+hb) \cdot \Delta / (\rho \cdot C \cdot B) \cdots \cdots (2)$$

[0095] 其中,Tn:当前的钢板温度

[0096] Tn-1:Δ前的钢板温度

[0097] ht:钢板表面的传热系数

[0098] hb:钢板背面的传热系数

[0099] ρ:钢板202的密度

[0100] C:钢板202的比热

[0101] B:钢板202的厚度

[0102] 另外,在钢板202的厚度大等需要考虑厚度方向的热传导的情况下,能够通过求解公知的热方程式来计算。热方程式由(3)式表示,除了时间方向之外还在厚度方向上由

计算机进行差分计算的方法,已经被各种文件公开了。

[0103] (数学式 3)

$$[0104] \quad \partial T / \partial t = \{\lambda / (\rho * C)\} (\partial^2 T / \partial x^2) \cdots \cdots (3)$$

[0105] 其中, λ : 热传导率

[0106] T : 材料温度

[0107] x : 钢板 202 的厚度方向的位置

[0108] 针对钢板 202 的前端部,通过咬合在台 F1 之后到脱离台 F5 之间,推进时间地进行上述 (1) 式~ (3) 式的计算,从而能够计算钢板 202 前端部的 FDT。

[0109] 然后,预置控制部件 110 判定 FDT 相对于目标温度 (T_{target}) 是否在一定范围 ($\pm \alpha$) 内。在 FDT 比目标温度高的情况下,进行增加台间冷却水流量的处理,在 FDT 比目标温度低的情况下,进行减少台间冷却水流量的处理。在除此以外的情况下,维持台间冷却水流量 (步骤 S5-4)。流量的增减处理虽然只要以一定比例增减各台间的冷却水量即可,但也考虑对特定台的水量进行增减。

[0110] 接着,预置控制部件 110 判定结束条件 (步骤 S5-5)。一般情况下,只要将 FDT 落入一定范围的条件作为结束条件即可,但也能考虑将步骤 S5-3, S5-4 的计算重复次数附加在结束条件中。

[0111] 最后,预置控制部件 110 确定在使钢板 202 加速至速度表 113 规定的恒定速度时的加速率,并确定钢板 202 的速度模式 (步骤 S5-6)。加速率 V_r 可以是预先确定出的常数,但以对热轧机入侧中的钢板 202 的温度在钢板 202 的纵长方向上降低的情况进行补偿为目的,还考虑按照从钢板 202 的前端相对于钢板 202 的纵长方向的部位的 FET 的下降率 FET_r , 基于 (4) 式计算。

[0112] (数学式 4)

$$[0113] \quad V_r = (\partial V / \partial FDT) \cdot (\partial FDT / \partial FET) \cdot \Delta FET_r \cdots \cdots (4)$$

[0114] ($\partial V / \partial FDT$) 是 FDT 相对于钢板速度的变化的变化量的倒数, ($\partial FDT / \partial FET$) 是 FDT 相对于 FET 的变化的变化量。($\partial V / \partial FDT$)、($\partial FDT / \partial FET$) 可与步骤 S5-1 ~ 步骤 S5-4 中计算 FDT 的情况同样地通过使钢板速度或 FET 微小变化来计算 FDT 的变化量而得到。另外,也可以预先通过模拟仿真等求出相应的钢板速度或 FET、冷却水量所对应的值,从而预先蓄积在表中。通过以上计算,确定了针对下次轧制的钢板 202 的各台间冷却水量。

[0115] 接着,参照图 6 的流程图,对反馈控制起动定时生成部件 120 执行的处理进行说明。

[0116] 反馈控制起动定时生成部件 120 以几百 ms 左右的周期起动计时器。首先,反馈控制起动定时生成部件 120 获取最终台 (F5) 的轧辊 210 的转速 V (步骤 S6-1)。接着,对由该值求出的钢板速度进行积分,计算钢板 202 的移动量 (步骤 S6-2)。这里,钢板速度能够按照公知的轧制理论 (在轧辊的前侧和后侧,钢板速度不同),由下式算出。即,利用后进率 ϕ 通过 (5) 式求出轧辊 210 入侧的钢板速度 V_{sb} ,另外,利用先进率 f 通过 (6) 式求出轧辊 210 出侧的钢板速度 V_{sf} 。

[0117] (数学式 5)

$$[0118] \quad V_{sb} = (1 - \phi) V_r \cdots \cdots (5)$$

[0119] (数学式 6)

[0120] $V_{sf} = (1+f)V_r \cdots \cdots (6)$

[0121] 然后,反馈控制起动定时生成部件 120,在利用反馈控制变更了台间冷却水量的定时(timing),判定成为变更对象的台间冷却装置 205 ~ 208 正下方的钢板部位是否通过了热轧机出侧温度计 203(步骤 S6-3)。在没有通过的情况下,结束处理。在通过了的情况下,判定是否经过了一定时间(步骤 S6-4)。

[0122] 在步骤 S6-4 的判定处理中,在判定出并未经过相当于从向台间冷却装置 205 ~ 208 给予水量变更指令之后直到所对应的水量反映在钢板 202 的冷却中的时间(通常 1 ~ 2 秒左右)的时间时,同样结束处理。在经过了一定时间的情况下,从反馈控制起动定时生成部件 120 向反馈控制部件 130 输出起动信号(步骤 S6-5)。

[0123] 最后,反馈控制起动定时生成部件 120 将钢板移动量计算用的积分值(步骤 S6-6)清零(初始化)。以下,通过计时器起动反馈控制起动定时生成部件 120,从而周期性地重复步骤 S6-1 ~ 步骤 S6-6 的处理。

[0124] 接着,参照图 7 的流程图,对反馈控制部件 130 具备的操作端选择部件 131 的处理进行说明。

[0125] 在轧制中利用热轧机出侧温度计 203 从钢板 202 检测出的 FDT(热轧机出侧温度)与目标温度之间有偏差时,操作端选择部件 131 执行如下处理:判定是通过改变台间冷却水量来消除该偏差,还是通过改变钢板速度来消除该偏差,并将判定结果输出至变更量计算部件 132 中。在本实施方式中,以关注偏差的符号来确定是通过改变台间冷却水量来消除该偏差还是通过改变钢板速度来消除该偏差为例。

[0126] 首先,操作端选择部件 131 获取热轧机出侧温度的目标值和计测值(步骤 S7-1)。接着,操作端选择部件 131 计算从计测值中减去目标值后的值作为温度偏差,并判定温度偏差的绝对值是否在预定的阈值以上(步骤 S7-2)。在温度偏差的绝对值在阈值以上时,判定温度偏差的符号(步骤 S7-4)。在符号为正时、即在计测值比在目标值上相加了阈值之后的值还大时,操作端选择部件 131 将冷却水量设定为操作端(步骤 S7-5)。在符号为负时、即在计测值比从目标值中减去阈值之后的值还小时,操作端选择部件 131 将钢板速度设定为操作端(步骤 S7-6)。

[0127] 在步骤 S7-2 的判定处理中判定出温度偏差的绝对值不在阈值以上时,操作端选择部件 131 不使台间冷却水量和钢板速度中的任一方变化(操作量为零),所以将操作端的设定设为无(步骤 S7-3)。最后,将在步骤 S7-5、S7-6 中设定出的操作端和温度偏差输出至变更量计算部件 132(步骤 S7-7)。

[0128] 接着,参照图 8 的流程图,对反馈控制部件 130 具备的变更量计算部件 132 的处理进行说明。

[0129] 首先,反馈控制部件 130 按照操作端选择部件 131 的输出进行操作端的选定(步骤 S8-1)。在将冷却水量选定为操作端时,变更量计算部件 132 为使温度偏差变小,按照(7)式计算各台间冷却水量的变更量 ΔQ (步骤 S8-2)。例如,按照使变更量 ΔQ 中的、 Δq_1 为变更量整体的 50%、 Δq_2 为变更量整体的 30%、 Δq_3 是变更量整体的 20%、 Δq_4 是变更量整体的 0%等方式,按每个台间冷却装置适当地设定冷却水量的变更量。

[0130] (数学式 7)

[0131] $\Delta Q = (\Delta q_1, \Delta q_2, \Delta q_3, \Delta q_4) \cdots (7)$

[0132] 其中, Δq_1 :F1-F2 间冷却水量的变更量

[0133] Δq_2 :F2-F3 间冷却水量的变更量

[0134] Δq_3 :F3-F4 间冷却水量的变更量

[0135] Δq_4 :F4-F5 间冷却水量的变更量

[0136] 更具体而言,根据从第一影响系数表 133 中获取的当前状态所对应的层化的影响系数($\partial FDT / \partial Q$)和 FDT 的温度偏差,由下述运算计算台间冷却水量的变更量。

[0137] (数学式 8)

[0138] $\Delta q_i = G_{qi} \cdot \{1/(\partial FDT/\partial Q)_i\} \cdot \Delta FDT \cdots (8)$

[0139] 其中, i :台间号码

[0140] (1 :F1-F2 间、2 :F2-F3 间、3 :F3-F4 间、4 :F4-F5 间)

[0141] Δq_i :因反馈控制引起的台间 i 的冷却水量的变更量

[0142] G_{qi} :常数(将冷却水量作为操作端时的反馈控制增益)

[0143] ΔFDT :温度偏差

[0144] 选择冷却水量作为操作端,是由于处于计测温度比目标温度高的情况, ΔFDT 为正。此时,根据计算结果得到的冷却水量的变更量 Δq_i 也为正,台间冷却装置 205 ~ 208 中的冷却水量沿着总是增加的方向被操作。

[0145] 此外,关于用于消除 ΔFDT 的台,根据反馈控制的响应性及控制效果选择下游台(接近出侧的一方)为好,但有时钢板 202 被轧制得较薄之后冷却时会对钢板 202 的形状带来不良影响。考虑到这一点,也有如下方法:在一定程度上牺牲反馈控制的响应性,而从入侧台起优先选择。反馈控制增益是考虑这一点,根据通过哪个台消除多大程度的温度偏差来确定的。

[0146] 这里,图 9 表示第一影响系数表 133 的构成例。

[0147] 在第一影响系数表 133 中,使冷却水量以单位量变化时的 FDT 的变化量所对应的数值即 $\partial FDT / \partial Q$ ($^{\circ}\text{C}$),按钢种、轧制后(台 F5 出侧)的板厚、台间被层化地存储。在图 9 的例子中,在钢种为碳钢(SS400)、板厚为 2mm 以下时,台 F1-F2 间的($\partial FDT / \partial Q$)为 0.10°C ,表示当以单位流量增减冷却水时由热轧机出侧温度计 203 计测的 FDT 下降或上升 0.10°C 。同样,在台 F2-F3 间设定了 0.58°C ,在台 F3-F4 间设定了 1.06°C ,在台 F4-F5 间设定了 1.52°C 。此外,作为层化项目也考虑加入热轧机出侧的钢板速度。此时,对第一影响系数表 133 追加钢板速度的项目,按钢板速度设定($\partial FDT / \partial Q$)。

[0148] 但是,还假设将步骤 S8-2 的处理中算出的各台间的冷却水量的变更量加到当前冷却水量之后的结果达到了各台间的冷却水量(冷却能力)的上限的情况,此时只通过冷却水量的增加无法消除温度偏差,所以需要用于缩小温度偏差的进一步的处置。因此,变更量计算部件 132 进行以下的处理。

[0149] 首先,变更量计算部件 132 判定在各台间增加冷却水量的结果冷却水量是否达到了上限(步骤 S8-3)。在达到了上限的情况下,以冷却水量达到了上限的台间冷却装置的当前时刻的冷却水量作为基点,固定为冷却水量成为上限的变更量(Δq_{imax})(步骤 S8-4)。然后,利用从第二影响系数表 134 中获取的与当前状态相应的层化的影响系数

($\partial \text{FDT} / \partial V$), 根据下式, 为了消除即便使冷却水量增加至上限也未消除的温度偏差 (温度偏差的余量), 算出降低的钢板速度的变更量 (步骤 S8-5)。

[0150] (数学式 9)

$$[0151] \quad \Delta V = \Sigma G_v \cdot \{1/(\partial \text{FDT}/\partial V)\} \cdot \{(\partial \text{FDT}/\partial Q)_i\} (\Delta q_{i\max} - \Delta q_i) \cdots \cdots (9)$$

[0152] 其中, Σ : 在各台间计算出的值的总和

[0153] Δq_i : 因反馈控制引起的台间 i 的冷却水量的变更量

[0154] G_v : 常数 (将钢板速度作为操作端时的反馈控制增益)

[0155] 由此, 将变更量计算部件 132 基于温度偏差的余量、第二影响系数表 134 的内容和 (9) 式计算出的钢板速度的变更量, 输出至速度指令生成部件 150。然后, 基于来自速度指令生成部件 150 的各台辊速度指令, 各台的轧辊 210 的转速被控制在减速的方向上, 钢板速度降低。结果, 钢板温度降低, 且能够减小与目标温度的温度偏差。

[0156] 接着, 图 10 表示第二影响系数表 134 的构成例。

[0157] 在第二影响系数表 134 中, 使钢板 202 的速度增加或减少 1mpm 时的 FDT 的变化量所对应的数值即 $\partial \text{FDT} / \partial V$, 按钢种、热轧机出侧板速、热轧机出侧板厚 (目标板厚) 被层化地存储。在图 10 的例子中, 在钢种为碳钢 (SS400)、F5 出侧板速为 400mpm 以下、板厚为 2mm 以下时, $(\partial \text{FDT} / \partial V) = 0.42^\circ\text{C}$, 表示相对于钢板速度的 1mpm 的变化, 热轧机出侧温度计 203 计测的 FDT 变化 0.42°C 。

[0158] 另一方面, 在步骤 S8-1 的判定处理中钢板速度被选定为操作端时, 变更量计算部件 132 按照 (10) 式计算使温度偏差变小的钢板速度的变更量 ΔV (步骤 S8-6)。具体而言, 根据从第一影响系数表 133 中获取的与当前状态相应的层化的影响系数 ($\partial \text{FDT} / \partial Q$) 和 FDT 的温度偏差, 由下述运算计算台间冷却水量的变更量。

[0159] (数学式 10)

$$[0160] \quad \Delta V = -G_v \cdot \{1/(\partial \text{FDT}/\partial V)\} \cdot \Delta \text{FDT} \cdots \cdots (10)$$

[0161] 其中, i : 台间号码

[0162] (1: F1-F2 间、2: F2-F3 间、3: F3-F4 间、4: F4-F5 间)

[0163] Δq_i : 因卷绕温度 FB 控制引起的台间 i 的冷却水量的变更量

[0164] G_{qi} : 常数 (将冷却水量作为操作端时的反馈控制增益)

[0165] ΔFDT : 温度偏差

[0166] 这里, 作为操作端而选择钢板速度, 是因为处于计测温度比目标温度低的情况, ΔFDT 为负。此时, 由计算结果得到的钢板速度的变更量 ΔV 为正, 钢板速度沿着总是增加的方向被操作。

[0167] 但是, 还假设将步骤 S8-6 的处理中计算出的钢板速度的变更量加在当前的钢板速度上的结果达到了钢板速度 (轧辊的旋转能力) 的上限的情况, 只通过钢板速度的增加无法消除温度偏差, 所以需要用于减小温度偏差的进一步处置。因此, 在变更量计算部件 132 中进行以下的处理。

[0168] 首先, 变更量计算部件 132 使钢板速度增加, 结果判定钢板速度是否达到了上限 (步骤 S8-7)。钢板速度的上限值是考虑下述各种要因而确定, 即, 驱动各台的轧辊 210 的电动机的转矩或转速的限制、钢板 202 的后端从轧辊 210 拔出时的速度限制等。在达到了上限的情况下, 以当前时刻的钢板速度作为基点, 固定为钢板速度成为上限的变更量 ($\Delta V_{\max}$)

(步骤 S8-8)。

[0169] 然后,利用从第一影响系数表 133 中获取的与当前状态相应的层化的影响系数 $(\partial \text{FDT} / \partial Q)$,根据下式,为了消除即便使钢板速度增加至上限也未解消的温度偏差(温度偏差的余量),计算降低的各台间冷却水量的变更量(步骤 S8-9)。

[0170] (数学式 11)

$$[0171] \quad \Delta q_i = G_{qi} \cdot \{1/(\partial \text{FDT} / \partial Q)_i\} \cdot (\partial \text{FDT} / \partial V) \cdot (\Delta V_{\max} - \Delta V) \cdots \cdots (11)$$

[0172] 由此,将变更量计算部件 132 基于温度偏差的余量、第一影响系数表 133 的内容和(11)式计算出的各台间冷却水量的变更量,输出至台间冷却指令生成部件 140。然后,基于来自台间冷却指令生成部件 140 的台间冷却指令,各台间冷却装置 205 ~ 208 的冷却水量被控制在减少的方向上。结果,钢板温度上升,能够减小与目标温度的温度偏差。

[0173] 在上述的实施方式中,虽然采取了使冷却水量的变化所对应的 FDT 的变化量蓄积在第一影响系数表 133 中,使钢板速度的变化所对应的 FDT 的变化量蓄积在第二影响系数表 134 中,从各表取出相应的影响系数的方式,但也能够每次都计算下次冷却控制的钢板所对应的影响系数,并用于反馈控制。例如,按照以下说明的计算,在预置控制部件 110 中计算各影响系数,并在相应的钢板的冷却控制之前将计算出的影响系数发送至反馈控制部件 130,在反馈控制部件 130 中能够利用发送来的影响系数来计算冷却水量或钢板速度的变更量。关于影响系数,例如,在钢板速度的变化所对应的 FDT 的变化量 $(\partial \text{FDT} / \partial V)$ 的情况下,能够根据下式计算。

[0174] (数学式 12)

$$[0175] \quad \partial \text{FDT} / \partial V = \{(\text{FDT})_1 - (\text{FDT})_2\} / (V_1 - V_2) \cdots \cdots (12)$$

[0176] 其中, V_1 、 V_2 :下次冷却控制的钢板 202 的轧制速度附近的速度

[0177] $(V_1 \neq V_2)$

[0178] $(\text{FDT})_1$:以速度 V_1 轧制钢板 202 时得到的 FDT

[0179] $(\text{FDT})_2$:以速度 V_2 轧制钢板 202 时得到的 FDT

[0180] 另外,相对于各台间的冷却水量的变化所对应的 FDT 的变化量的影响系数 $(\partial \text{FDT} / \partial Q)_i$,能够针对各台间按照(13)式计算。

[0181] (数学式 13)

$$[0182] \quad (\partial \text{FDT} / \partial Q)_i = \{(\text{FDT})_1 - (\text{FDT})_2\} / \{(q_i)_1 - (q_i)_2\} \cdots \cdots (13)$$

[0183] 其中, $(q_i)_1$ 、 $(q_i)_2$:下次冷却控制的钢板 202 的冷却水量附近的水量

[0184] $((q_i)_1 \neq (q_i)_2)$

[0185] $(\text{FDT})_1$:以 $(q_i)_1$ 冷却钢板 202 时得到的 FDT

[0186] $(\text{FDT})_2$:以 $(q_i)_2$ 冷却钢板 202 时得到的 FDT

[0187] (台 i 以外的台间冷却水量是预置控制部件 110 计算出的值)

[0188] i :台号码

[0189] [第一实施方式的效果]

[0190] 如以上说明,根据第一实施方式所示的本发明,在热轧机的出侧温度控制中,根据热轧机出侧温度偏差的符号进行操作端的切换。由此,既能考虑提高钢板的生产量,又能得到高精度的热轧机出侧温度。因此,提高了钢板的品质。

[0191] 此外,在本实施方式中,虽然采用了在作为同一控制装置的热轧机出侧温度控制装置 100 中执行预置控制部件 110 和反馈控制部件 130,但并不限于该例子。例如,作为在热轧机的控制系统中常见的方式,也可以采用由过程控制计算机执行预置控制、由机械设备控制器执行反馈控制的构成。

[0192] 另外,在本实施方式中,作为在钢板 202 的轧制中修正操作量的部件而具备反馈控制部件 130,但是也可以考虑如下构成:在热轧机入侧设置温度计来检测钢板 202 的热轧机入侧温度,并设置进一步高精度地补偿其偏差的部件。

[0193] <2. 第二实施方式>

[0194] 第二实施方式是判定上次热轧机出侧温度反馈控制的操作端是钢板速度还是台间冷却水量,并基于判定结果确定下次反馈控制的起动定时的例子。以下,以第二实施方式的特征或者与第一实施方式不同的部分作为中心进行说明。

[0195] 图 11 表示本发明的第二实施方式所涉及的热轧机出侧温度控制装置的构成例。图 11 所示的热轧机出侧温度控制装置 100A 与热轧机出侧温度控制装置 100(参照图 1) 进行比较,不同点在于,还具备:压下规程表 121、轨迹长度计算部件 122、轨迹长度表 123、反馈控制部件 130 内的冷却反馈(FB)控制优先顺序表 135。各表被存储于未图示的闪存等非易失性存储部件。

[0196] 轨迹长度计算部件 122,根据热轧机的设备所相关的信息和各台间的钢板的轧制量,通过热轧机出侧的钢板长度换算,来计算在分别使各台间的冷却水量和钢板速度变化时热轧机出侧温度变化所需的钢板 202 的移动距离(轨迹长度)。计算出的轨迹长度被存储于轨迹长度表 123。利用该轨迹长度,分别对热轧机出侧温度控制的操作端即台间冷却装置 205 ~ 208 和钢板速度变更操作量之后,与从最终台(台 F5)出侧输出的钢板 202 的长度进行比较。

[0197] 反馈控制起动定时生成部件 120 判定由反馈控制部件 130 选择出的操作端是轧制速度还是冷却水量,根据判定结果确定下一次反馈控制的实施定时。更具体而言,基于实施了反馈控制后输出的热轧机出侧的钢板长度和轨迹长度表 123 存储的信息进行比较的结果,来生成并输出用于实施下一次反馈控制的起动信号。

[0198] 接着,参照图 12 的流程图,对轨迹长度计算部件 122 执行的处理进行说明。

[0199] 首先,轨迹长度计算部件 122 从图 13 所示的压下规程表 121 中,获取进入台 F1 的钢板 202 的厚度即坯材厚度和各台的压下率的信息(步骤 S12-1)。

[0200] 在压下规程表 121 中,对应于钢板 202 的钢种、板厚、板宽,蓄积有进入台 F1 时的钢板 202 的坯材厚度及台 F1 ~ F5 的各自的出侧板厚(压下率)的信息。在图 13 中,作为一例示出:在钢种为 SS400、板厚为 2.0 ~ 3.0mm、板宽为 900mm 时,台 F1 ~ F5 分别以 50%、47%、42%、39%、28% 的比率使钢板 202 的板厚变薄。

[0201] 接着,轨迹长度计算部件 122 计算各台的出侧板厚(步骤 S12-2)。能够用(14)式计算各台的出侧板厚。

[0202] (数学式 14)

[0203] 出侧板厚 = 入侧板厚 $\times$ (1 - 压下率) $\times$ (目标板厚 / 入侧板厚)

[0204] / {下游台的 (1 - 压下率) 之积}

[0205] 其中,下游台包括对象台自身。

[0206] 以钢种为 SS400、板厚为 2.0 ~ 3.0mm、板宽为 900mm、目标板厚（在本实施方式中为 F5 出侧板厚）为 2.0mm 时为例，各台的出侧板厚 Th1 ~ Th5 参照压下规程表 121，按照从上游台开始的顺序如下求出。

$$[0207] \quad Th1 = 26 \times (1-0.5) \times (2.0/26) / \{(1-0.5) \times (1-0.47) \times (1-0.42) \times (1-0.39) \times (1-0.28)\}$$

$$[0208] \quad = 14.81\text{mm}$$

$$[0209] \quad Th2 = 14.81 \times (1-0.47) \times (2.0/14.81) / \{(1-0.47) \times (1-0.42) \times (1-0.39) \times (1-0.28)\}$$

$$[0210] \quad = 7.85\text{mm}$$

$$[0211] \quad Th3 = 7.85 \times (1-0.42) \times (2.0/7.85) / \{(1-0.42) \times (1-0.39) \times (1-0.28)\}$$

$$[0212] \quad = 5.08\text{mm}$$

$$[0213] \quad Th4 = 5.08 \times (1-0.39) \times (2.0/5.08) / \{(1-0.39) \times (1-0.28)\}$$

$$[0214] \quad = 2.77\text{mm}$$

$$[0215] \quad Th5 = 2.77 \times (1-0.28) \times (2.0/2.77) / (1-0.28)$$

$$[0216] \quad = 2.0\text{mm}$$

[0217] 根据这些各台的出侧板厚，计算操作台间冷却装置 205 ~ 208 的每一个台的轨迹长度（步骤 S12-3）。能够利用 (15) 式计算轨迹长度。此外，设各台间冷却装置处于相应台的中央，另外，最终台设为台 F5。

[0218] （数学式 15）

[0219] 轨迹长度 = （相应台间距离 × 台间的钢板厚度 / 目标板厚）/ 2

[0220] + 针对下游台间

[0221] （台间距离 × 台间的钢板厚度 / 目标板厚）的总和

[0222] + 从最终台至热轧机出侧温度计 203 的距离

[0223] 因此，针对上述的压下率的例子，以台间距离为 5m、从台 F5 至热轧机出侧温度计 203 的距离为 6m 的情况为例，第 i 台和第 (i+1) 台之间的台间冷却装置的冷却水量发生了变化的情况所对应的轨迹长度 Li，分别如下求出。

$$[0224] \quad L_1 = (5 \times 14.81 / 2.0) / 2 + 5 \times (7.85 + 5.08 + 2.77) / 2.0 + 6$$

$$[0225] \quad = 63.76\text{m}$$

$$[0226] \quad L_2 = (5 \times 7.85 / 2.0) / 2 + 5 \times (5.08 + 2.77) / 2.0 + 6$$

$$[0227] \quad = 35.43\text{m}$$

$$[0228] \quad L_3 = (5 \times 5.08 / 2.0) / 2 + 5 \times 2.77 / 2.0 + 6$$

$$[0229] \quad = 19.28\text{m}$$

$$[0230] \quad L_4 = (5 \times 2.77 / 2.0) / 2 + 6$$

$$[0231] \quad = 9.46\text{m}$$

[0232] 然后，对所有台间判定轨迹长度的计算是否已结束（步骤 S12-4）。在未结束的情况下，重复步骤 S12-3 的处理。在已结束的情况下，因为台间冷却装置 205 ~ 208 所对应的轨迹长度的计算结束，所以接着计算操作端为钢板速度时的轨迹长度（步骤 S12-5）。

[0233] 钢板速度的变更，严格上会影响到钢板 202 的尾端的 FDT。可是，这里示出如下例子：对热轧机 201 的入侧位置的上游的钢板的影响与对热轧机入侧位置的钢板的影响大致

等效,将热轧机 201 的入侧位置所对应的轨迹长度 L_0 设为钢板速度变更所对应的轨迹长度。用 (16) 式表示此时的轨迹长度。

[0234] (数学式 16)

[0235] 轨迹长度 = (相应台间距离 × 台间的钢板厚度 / 目标板厚)

[0236] + 针对下游台间

[0237] 台间距离 × 台间的钢板厚度 / 目标板厚) 的总和

[0238] + 从最终台至热轧机出侧温度计 203 的距离

[0239] 因此,轨迹长度 L_0 如下求出。

[0240] $L_0 = 5 \times (14.81/2.0) + 5 \times (7.85 + 5.08 + 2.77) / 2.0 + 6$

[0241] = 82.28m

[0242] 图 14 表示轨迹长度表 123 的构成例。在轨迹长度表 123 中,与操作端及操作量对应地存储有轨迹长度计算部件 122 输出的值。

[0243] 由此,轨迹长度计算部件 122,根据各台间的板厚和台间距离、以及最终台和热轧机出侧温度计 203 的距离,通过热轧机出侧板厚换算,来计算热轧机出侧温度计 203 检测到因台间冷却水量改变的影响引起的钢板温度变化所需的钢板长度(轨迹长度)的值,并将其存储在轨迹长度表 123 中。此外,通过热轧机出侧板厚换算,来计算热轧机出侧温度计 203 检测到因速度改变的影响引起的钢板温度变化所需的钢板长度(轨迹长度)的值,并将其存储在轨迹长度表中。

[0244] 接着,参照图 15 的流程图,对反馈控制起动定时生成部件 120 执行的处理进行说明。

[0245] 反馈控制起动定时生成部件 120 以几百 ms 左右的周期起动计时器。首先,获取在反馈控制部件 130 的变更量计算部件 132 改变了向操作端的输出的定时所输出的值,判定操作端是钢板速度还是冷却水量(步骤 S15-1)。

[0246] 在判定出操作端只是冷却水量的情况下,反馈控制起动定时生成部件 120 确定在所操作的台间冷却装置中最上游的台间冷却装置(步骤 S15-2)。

[0247] 接着,反馈控制起动定时生成部件 120,从轨迹长度表 123 中获取确定出的台间冷却装置所对应的台间(操作部位)对应的轨迹长度(步骤 S15-3)。即,获取以变更了操作量后的最上游的台间所对应的台为起点的轨迹长度的总和。

[0248] 另一方面,在上述步骤 S15-1 的判定处理中判定出操作端至少包括钢板速度的情况下,反馈控制起动定时生成部件 120 从轨迹长度表 123 中获取钢板速度所对应的轨迹长度 L_0 (步骤 S15-4)。即,获取以热轧机的入侧台作为起点的轨迹长度的总和。

[0249] 在步骤 S15-3 或步骤 S15-4 的处理完成之后,反馈控制起动定时生成部件 120 获取最终台(F5)的轧辊 210 的转速 V (步骤 S15-5)。

[0250] 然后,对由该值求出的钢板速度进行积分,计算来自钢板 202 的最终台(F5)的输出长度(步骤 S15-6)。利用上述的(6)式,能够根据轧辊 210 的转速求出轧辊出侧的钢板速度 V_{sf} 。

[0251] 这里,反馈控制起动定时生成部件 120,对钢板 202 的输出长度和从轨迹长度表 123 中提取出的热轧机出侧温度变化所需的钢板 202 的轨迹长度之间的长短关系进行比较(步骤 S15-7)。在输出长度未达到轨迹长度时,意味着:操作量变更的影响未反映于热轧

机出侧温度计 203 中的计测值。因此,因为不是起动反馈控制部件 130 的定时,所以结束处理。

[0252] 另一方面,在输出长度达到了轨迹长度时,反馈控制起动定时生成部件 120 生成起动信号,向反馈控制部件 130 输出该起动信号。然后,在输出起动信号之后,将输出长度计算用的钢板速度的积分值清零(步骤 15-9)。

[0253] 以下,反馈控制起动定时生成部件 120 因起动了计时器,所以周期性地反复进行步骤 S15-1 ~ S15-9 的处理。

[0254] 此外,在本实施方式中,虽然只关注输出长度并生成了反馈控制部件 130 的起动信号,但并不限于本例。例如,也能够向台间冷却装置 205 ~ 258 给予冷却水量的变更指令之后,加上相当于直到所对应的冷却水量反映于钢板 202 的冷却为止的时间(一般为 2 ~ 5 秒)的时间,生成向反馈控制部件 130 的起动信号。由此,能够在更好地反映了操作后的钢板 202 状态的情况下输出向反馈控制部件 130 的起动信号。

[0255] [冷却反馈控制的优先顺序]

[0256] 在第一实施方式中说明了如下情形,即:在将冷却水量选定为操作端的情况下,为使温度偏差变小,变更量计算部件 132 按照(7)式计算各台间冷却水量的变更量 ΔQ (参照图 8 的步骤 S8-2),按照每个台间冷却装置适当地设定冷却水量的变更量。此时,也可预先对台间建立优先顺序,在按台间冷却装置设定冷却水量的变更量时,基于台间的优先顺序来设定冷却水量的变更量。以下,对基于台间的优先顺序的冷却水量的变更量的设定处理进行说明。

[0257] 图 16 是表示冷却反馈控制优先顺序表 135 的构成例。冷却反馈控制优先顺序表 135 中蓄积了下述信息,即,在使台间冷却装置的冷却水量变化来消除冷却控制中计测出的钢板的热轧机出侧温度和目标温度之间的偏差的情况下,优先操作哪个台间的台间冷却装置的冷却水量的信息。在图 16 所示的例子中,冷却反馈控制的优先顺序按钢种、轧制后(台 F5 出侧)的板厚、台间被层化地存储。

[0258] 首先,变更量计算部件 132 从图 12 所示的冷却反馈控制优先顺序表 135 中,获取与轧制中的钢板 202 相应的台间的优先顺序。然后,按照从优先顺序的最高的台间所对应的台间冷却装置开始的顺序变更操作量,当该台间冷却装置饱和时,来变更优先顺序为次位的台间冷却装置的操作量。在冷却反馈控制优先顺序表 135 中,钢板的种类、目标板厚被层化,并且能够各自赋予不同的顺序。

[0259] 例如,虽然考虑根据反馈控制的响应性及控制效果优先选择下游(热轧机出侧)的台间,但在钢板 202 薄时进行轧制之后再进行冷却时,有时会对钢板 202 的形状带来不良影响(弯曲、翘曲等)。考虑该点,也考虑如下方法:在一定程度上牺牲反馈控制的响应性,从上游(热轧机入侧)的台间优先选择。关于操作量的变更量,根据从第一影响系数表 133 中获取的与当前状态相应的层化的影响系数($\partial FDT / \partial Q$)和 FDT 的温度偏差 ΔFDT ,根据(8)式运算计算台间冷却水量的变更量。

[0260] 在图 12 的例子中,在钢种为 SS400、台 F5 出侧板厚为 1.6mm 以下时,台 F1-F2 间的优先顺序为第一,其他的台 F2-F3、F3-F4、F4-F5 间的优先顺序为第 10。这意味着对台 F1-F2 间进行操作,其他台间的操作量实质上是固定的。此时,虽然反馈控制的响应性及控制效果弱,但对钢板 202 的不良影响极少。

[0261] 另外,在钢种为 SS400、台 F5 出侧板厚为 1.6 ~ 2.6mm 时,台 F1-F2 间的优先顺序为第 2、台 F2-F3 间的优先顺序为第 1、其他台 F3-F4、F4-F5 间的优先顺序为第 10。这意味着优先进行台 F2-F3 间的操作,在未表现控制效果(上限值已饱和)时,进行台 F1-F2 间的操作,其他台间的操作量实质上是固定的。此时,因为可对 2 个台间进行操作,且下游侧的台间的优先顺序高,所以与上述例相比,提高了反馈控制的响应性及控制效果,对钢板 202 的不良影响也比较少。

[0262] 而且,在钢种为 SS400、台 F5 出侧板厚为 2.6 ~ 4mm 时,台 F1-F2 间的优先顺序为第 3、台 F2-F3 间的优先顺序为第 2、台 F3-F4 间的优先顺序为第 1、台 F4-F5 间的优先顺序为第 10。这意味着按照台 F3-F4 间、F2-F3 间、F2-F1 间的顺序进行操作,台 F4-F5 间的操作量实质上是固定的。此时,因为可对 3 个台间进行操作,且下游侧的台间的优先顺序高,所以能够进一步谋求反馈控制的响应性及控制效果的提高。

[0263] [第二实施方式的效果]

[0264] 如以上说明,根据第二实施方式所示的本发明,分别针对操作了冷却水量的情况和变更了轧制速度的情况,通过热轧机出侧的钢板长度换算,来计算热轧机出侧温度变化所需的钢板的移动距离(轨迹长度)。并且,对钢板的输出长度和比较对象的轨迹长度的长短进行比较,仅在输出长度达到了轨迹长度的情况下,起动反馈控制部件。通过采用这样的构成,从而在热轧机的冷却反馈控制中,能够使进行下次补偿的定时适当化,能够实现高响应性及稳定性的反馈控制。因此,得到了高精度的热轧机出侧温度。因此,提高了钢板品质。

[0265] (产业上的可用性)

[0266] 本发明能够广泛用于热轧机的台间冷却控制。

[0267] 此外,由于以上所述的实施方式是用于实施本发明的最优方式的具体例,故附加了在技术上优选的各种限定。不过,只要在以上的实施方式的说明中没有特别限定本发明的意思的记载,本发明就不限定于这些实施方式。例如,以上说明所举出的使用材料及其使用量、处理时间、处理顺序及各参数的数值的条件等只不过是优选例,另外,用于说明的各图中的尺寸、形状及配置关系等也是表示实施方式的一个例子的概略图。因此,本发明并不限定于上述的实施方式的例子,在不脱离本发明宗旨的范围内能够进行各种变形、变更。

[0268] 例如,热轧机出侧温度控制装置进行的一连串处理,既能通过硬件执行,也能通过软件执行。另外,执行这些处理的功能,可以说能够通过硬件和软件的组合来实现。在通过软件执行一连串的处理的情况下,可通过构成该软件的程序组装于专用硬件的计算机、或通过安装各种程序来执行各种功能,例如从程序记录介质(省略图示)向通用的计算机等安装。

[0269] 另外,在本说明书中,记述程序记录介质等存储的程序的处理步骤,当然包括沿着所记载的顺序在时间序列上进行的处理,即使不一定在时间序列上进行处理,也包括并行或单独执行的处理(例如,并行处理或基于对象的处理)。

[0270] 另外,程序既可以是由一个计算机进行处理,也可以由多个计算机分散处理。此外,程序也可以传送至远方的计算机来执行。

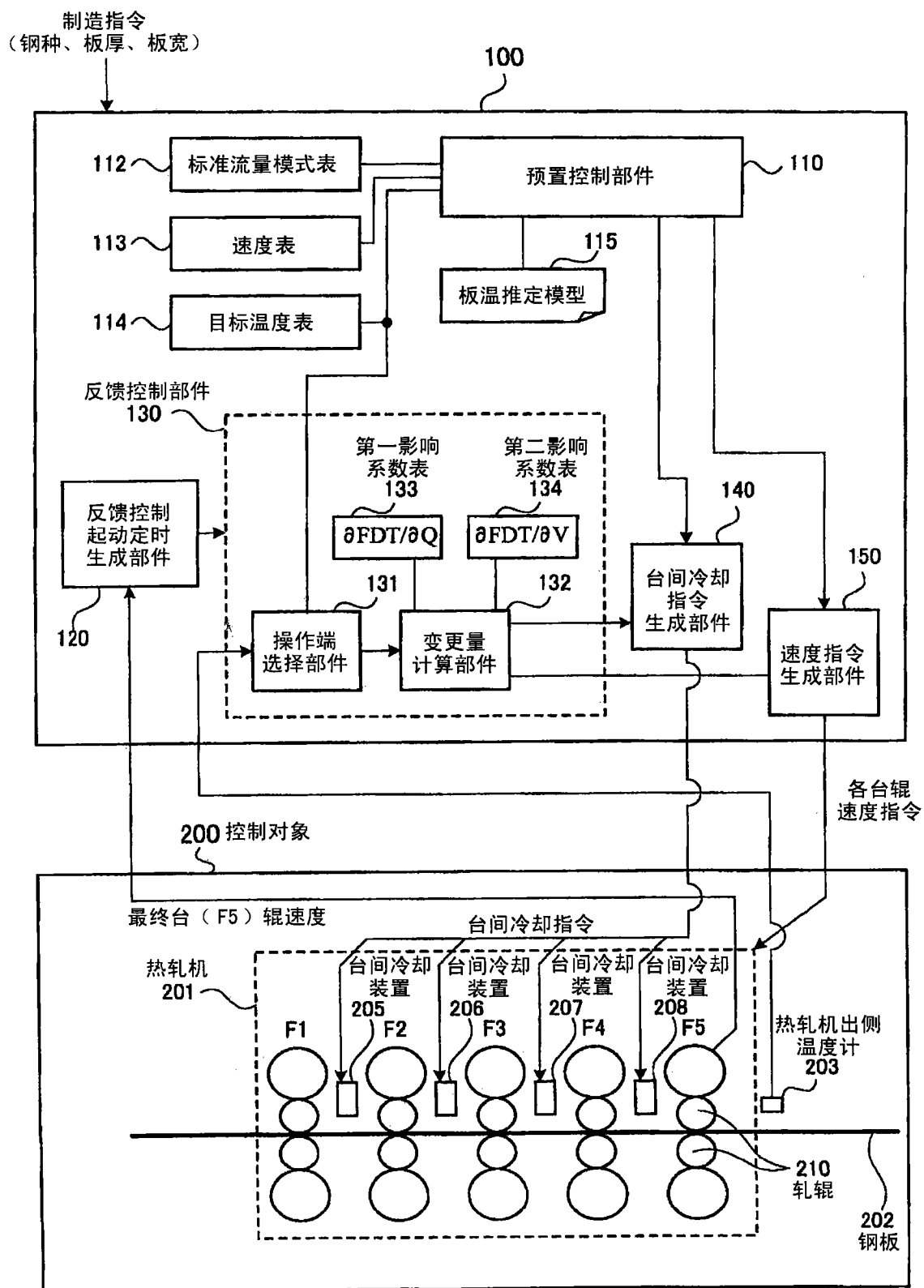


图 1

112

钢种	板厚	板宽	F1-F2	F2-F3	F3-F4	F4-F5
SS400	2.0~3.0mm	900mm	80%	70%	50%	0%
		1200mm	90%	70%	40%	0%
		1500mm	100%	100%	0%	0%
	3.0~4.0mm	900mm	80%	60%	50%	10%
		1200mm	80%	70%	50%	0%
		⋮	⋮	⋮	⋮	⋮
⋮	⋮	⋮	⋮	⋮	⋮	⋮

图 2

113

钢种	板厚	板宽	初始速度	恒定速度	终期速度
SS400	2.0~3.0mm	900mm	600mpm	800mpm	700mpm
		1200mm	600mpm	750mpm	700mpm
		1500mm	600mpm	700mpm	700mpm
	3.0~4.0mm	900mm	480mpm	650mpm	650mpm
		1200mm	460mpm	600mpm	600mpm
		⋮	⋮	⋮	⋮
⋮	⋮	⋮	⋮	⋮	⋮

图 3

114

钢种	目标温度
SS400	880℃
SUS306	900℃
DP	880℃
⋮	⋮

图 4

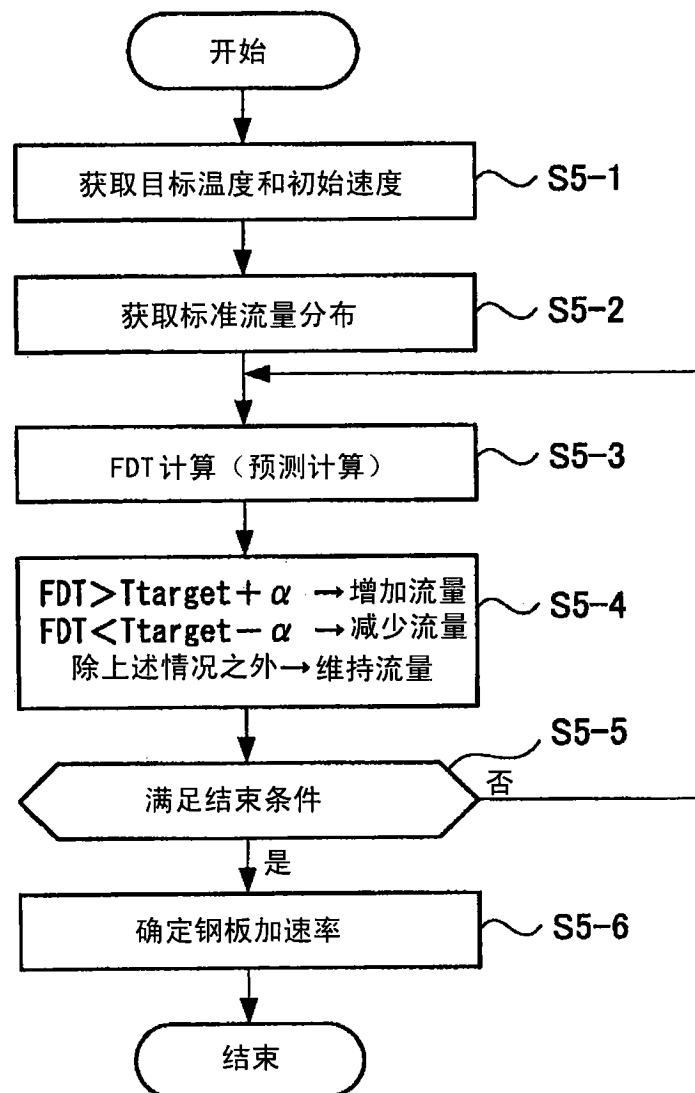


图 5

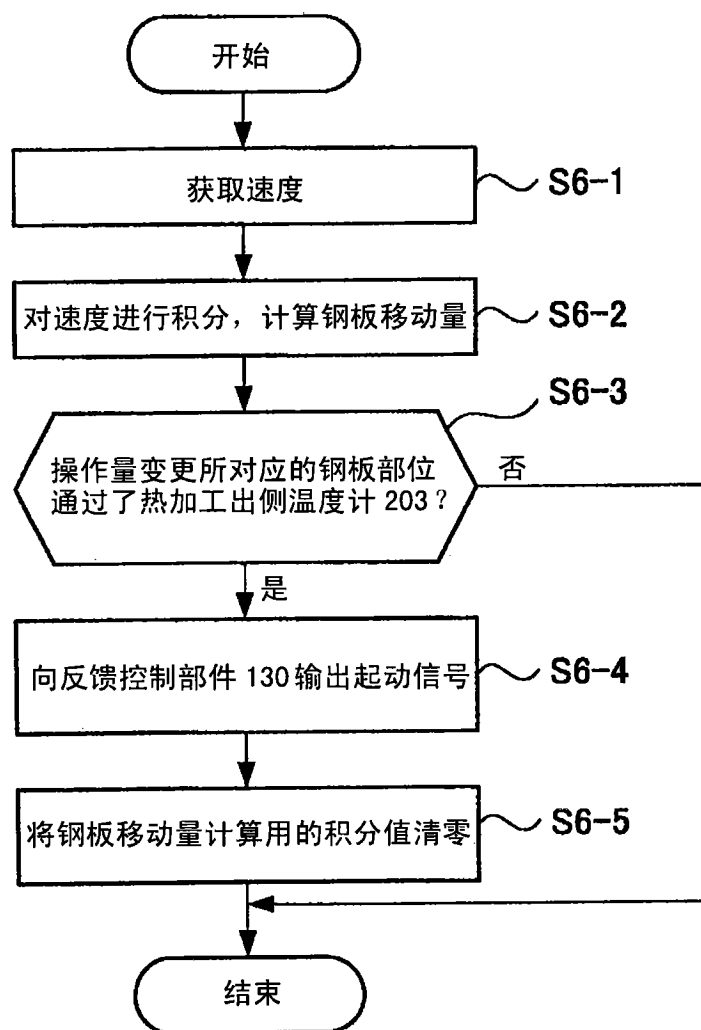


图6

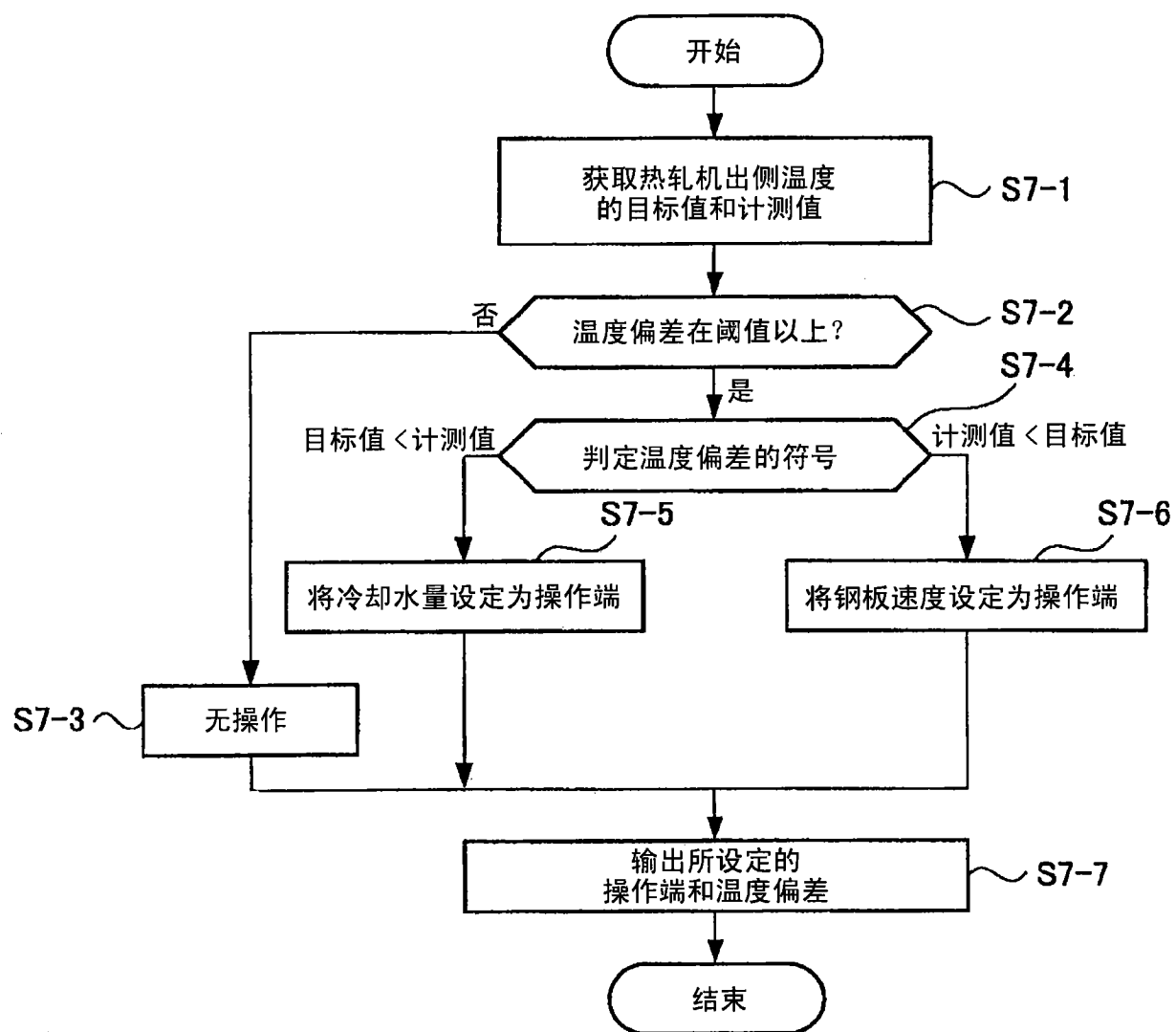


图 7

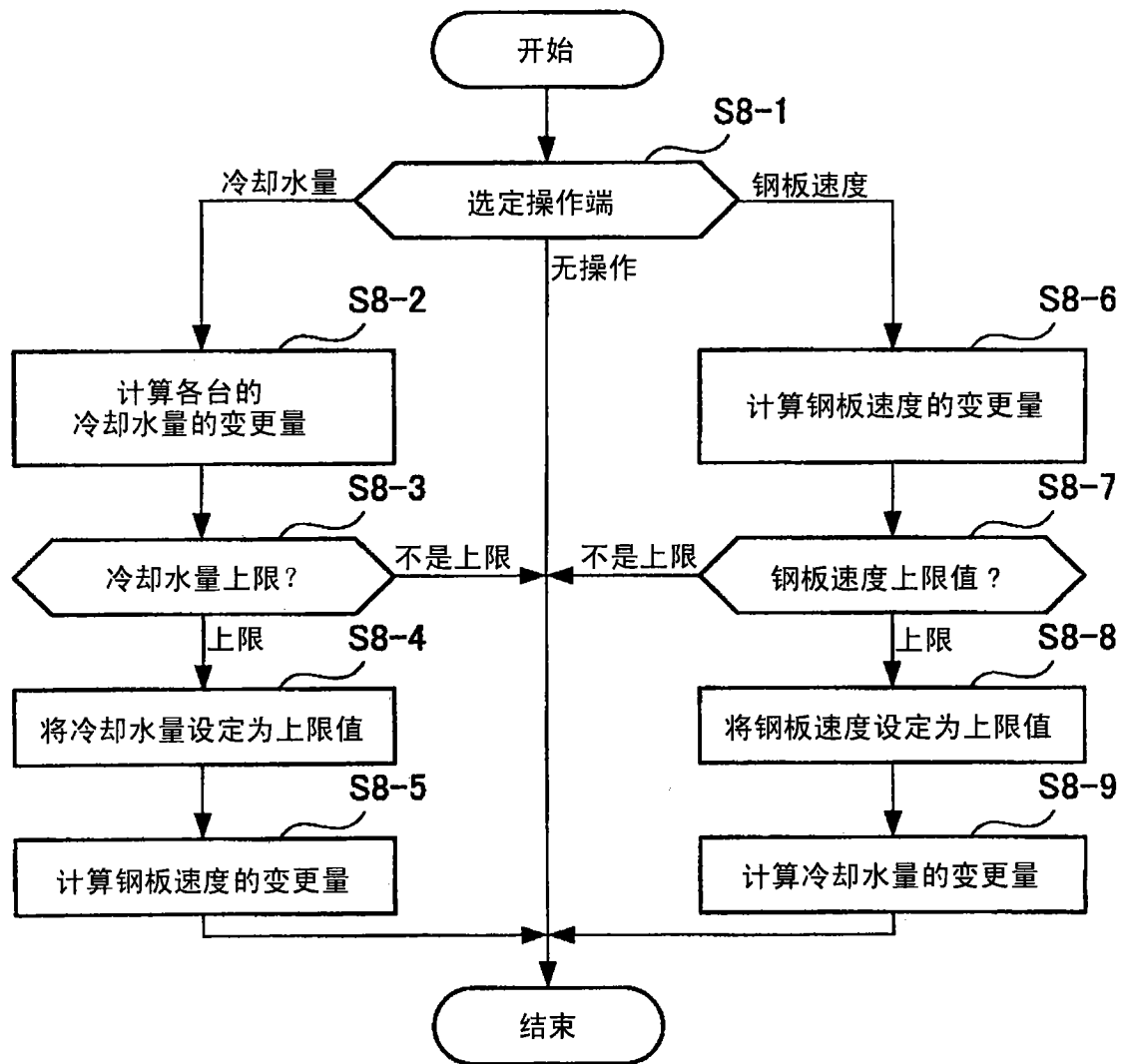


图 8

133

钢种	F5出侧板厚	台	$\partial FDT / \partial Q$
SS400	~2mm	F1-F2	0.10 °C
		F2-F3	0.58 °C
		F3-F4	1.06 °C
		F4-F5	1.52 °C
	2~3mm	F1-F2	0.09 °C
		F2-F3	0.51 °C
		F3-F4	0.93 °C
		F4-F5	1.32 °C
	3~4mm	F1-F2	0.07 °C
		F2-F3	0.44 °C
		F3-F4	0.86 °C
		F4-F5	1.02 °C
	4~5mm	F1-F2	0.05 °C
		F2-F3	0.36 °C
		⋮	⋮
SUS306	⋮	⋮	⋮
⋮	⋮	⋮	⋮

图 9

134

钢种	轧机出侧板速	轧机出侧板速	$\partial FDT/\Delta \partial V$
SS400	~400mpm	~2mm	0.42 °C
		2~3mm	0.40 °C
		3~4mm	0.38 °C
		4~5mm	0.36 °C
		5~6mm	0.34 °C
		6~7mm	0.32 °C
		7mm~	0.30 °C
	400~500mpm	~2mm	0.40 °C
		2~3mm	0.38 °C
		3~4mm	0.36 °C
		4~5mm	0.34 °C
		5~6mm	0.32 °C
		6~7mm	0.30 °C
		7mm~	0.28 °C
	⋮	⋮	⋮
SUS306	⋮	⋮	⋮
⋮	⋮	⋮	⋮

图 10

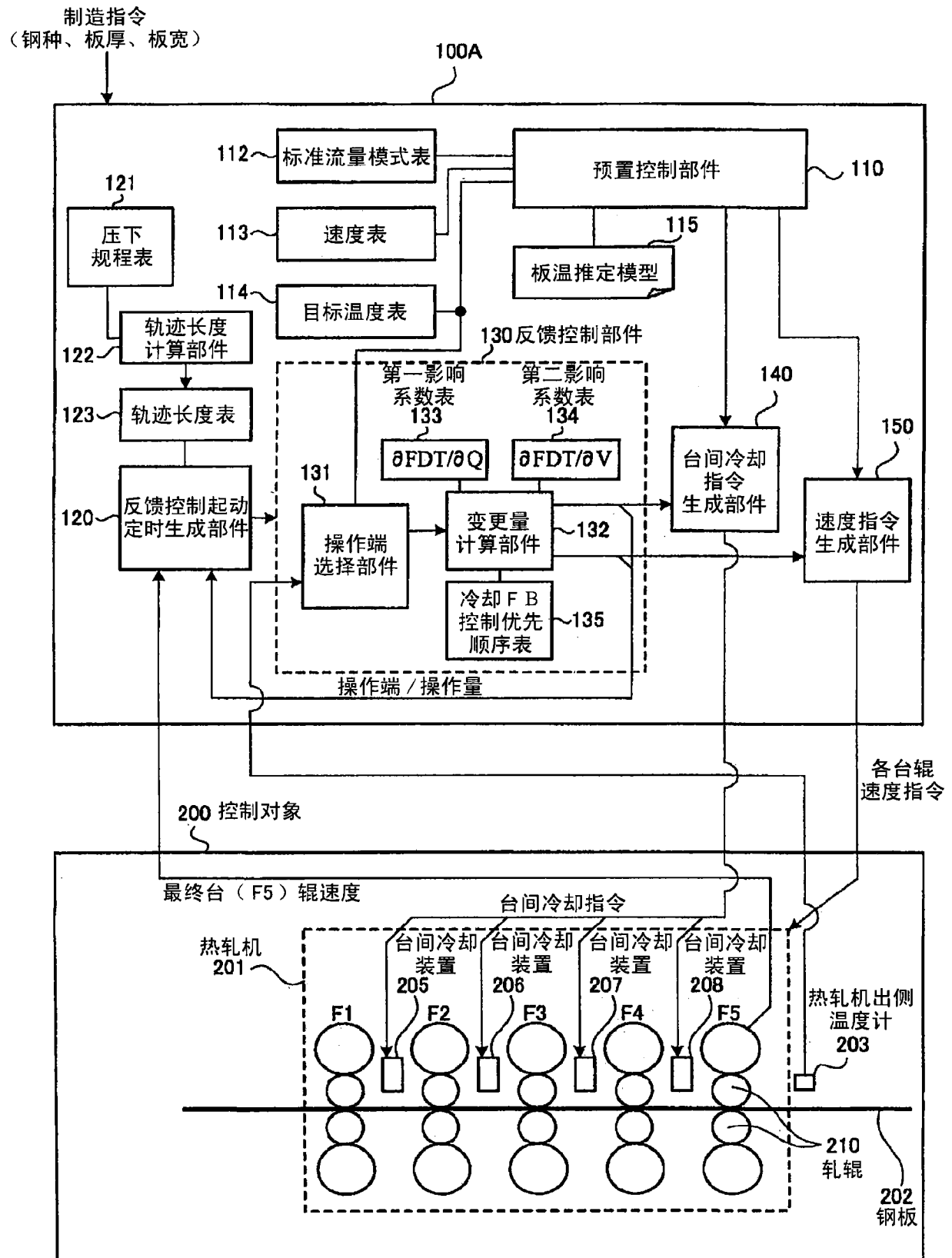


图 11

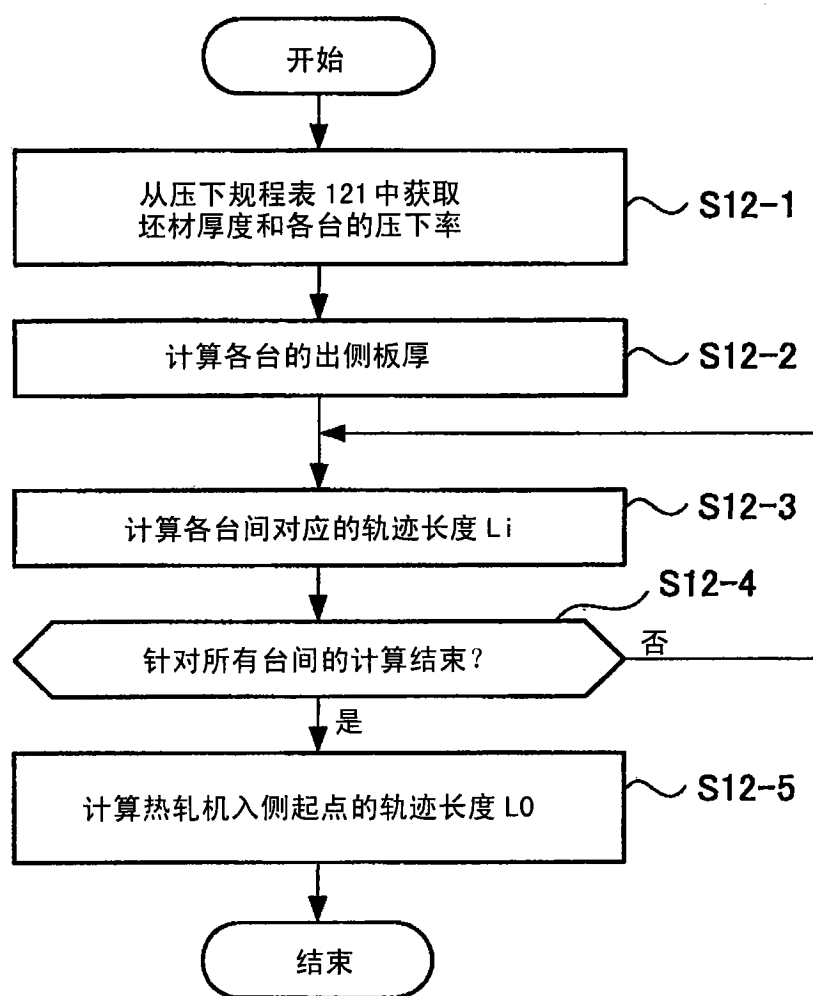


图 12

121

钢种	板厚	板宽	坯材厚度	F1	F2	F3	F4	F5
SS400	2.0~3.0mm	900mm	26mm	50%	47%	42%	39%	28%
		1200mm	27mm	49%	46%	42%	39%	29%
		1500mm	28mm	48%	45%	42%	40%	30%
	3.0~4.0mm	900mm	27mm	44%	40%	37%	35%	25%
		1200mm	28mm	44%	40%	37%	35%	25%
		┆		┆	┆	┆	┆	┆
┆	┆	┆		┆	┆	┆	┆	┆

图 13

项目	L0	L1	L2	L3	L4
轨迹长度	82.28m	63.76m	35.43m	19.28m	9.46m

图 14

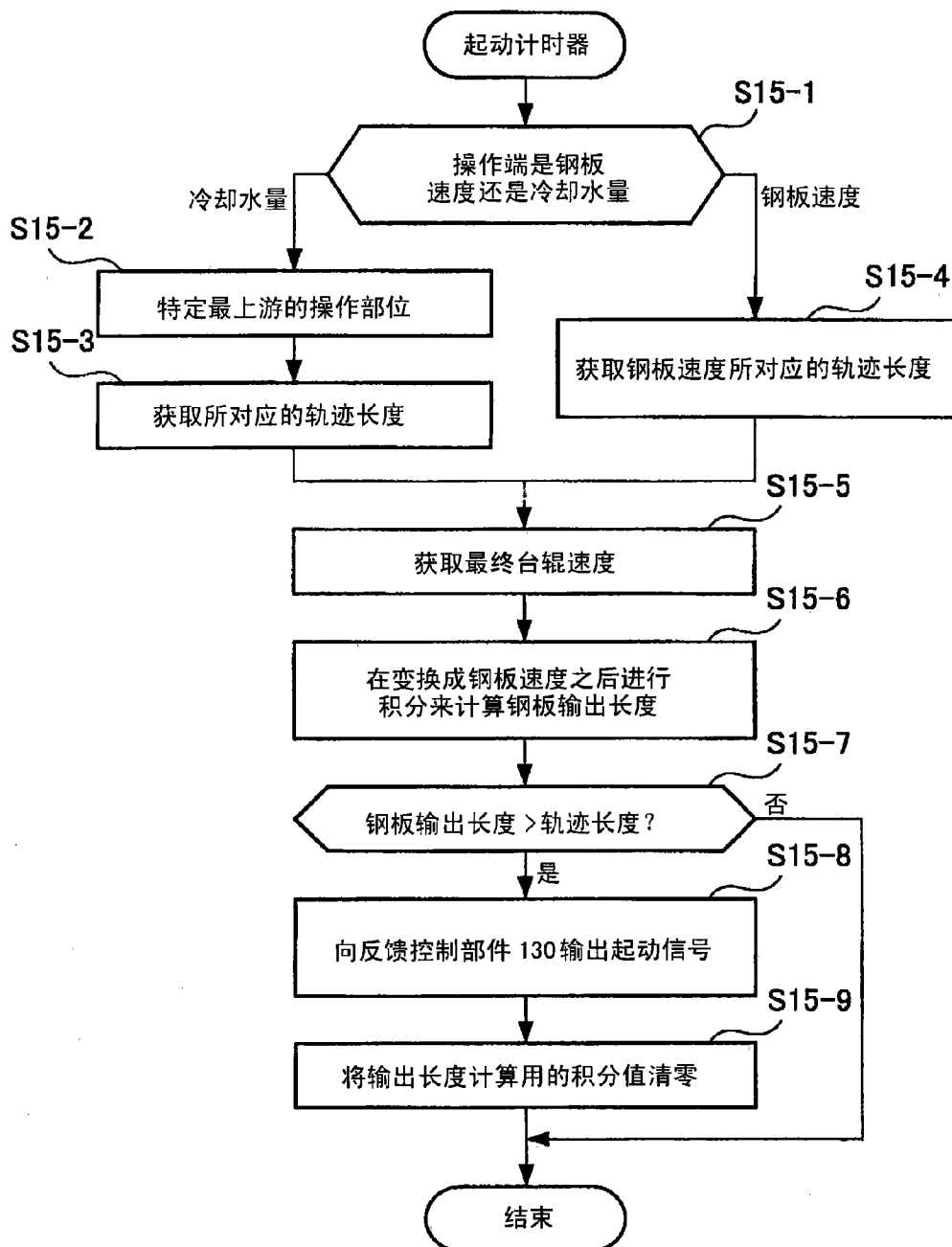


图 15

135

钢种	F5 出侧板厚	台	优先顺序
SS400	~1.6mm	F1-F2	1
		F2-F3	10
		F3-F4	10
		F4-F5	10
	1.6~2.6mm	F1-F2	2
		F2-F3	1
		F3-F4	10
		F4-F5	10
	2.6~4mm	F1-F2	3
		F2-F3	2
		F3-F4	1
		F4-F5	10
	4~5mm	F1-F2	4
		F2-F3	3
		⋮	⋮
SUS306	⋮	⋮	⋮
⋮	⋮	⋮	⋮

图 16