



(12) 发明专利

(10) 授权公告号 CN 114423537 B

(45) 授权公告日 2024.09.10

(21) 申请号 202080065771.2

(74) 专利代理机构 永新专利商标代理有限公司

72002

专利代理人 房永峰

(22) 申请日 2020.08.20

(51) Int.CI.

B21B 45/02 (2006.01)

申请公布号 CN 114423537 A

B21B 37/74 (2006.01)

(43) 申请公布日 2022.04.29

B21B 38/00 (2006.01)

(85) PCT国际申请进入国家阶段日

2022.03.18

(56) 对比文件

JP H08252625 A, 1996.10.01

(86) PCT国际申请的申请数据

PCT/JP2020/031494 2020.08.20

JP H09174136 A, 1997.07.08

(87) PCT国际申请的公布数据

W02022/038751 JA 2022.02.24

审查员 鲁楠

(73) 专利权人 株式会社TMEIC

地址 日本东京

(72) 发明人 铃木敦 佐野光彦

权利要求书3页 说明书14页 附图14页

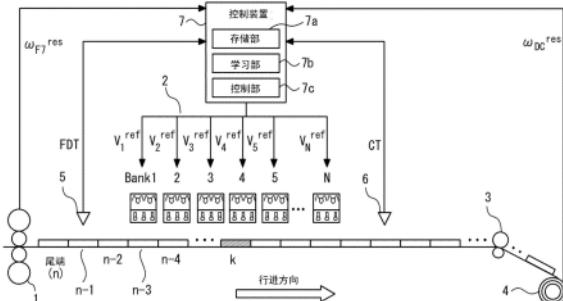
(54) 发明名称

热轧生产线的控制装置

(57) 摘要

本发明提供能够提高在对基于冷却装置的轧制材料的冷却量进行前馈控制时的精度的热轧生产线的控制装置。对于热轧生产线的控制装置而言,在对于由精轧机轧制得到的轧制材料通过冷却装置进行注水而冷却之后通过卷取机进行卷取的热轧生产线中,具备:存储部,存储有轧制材料的温度进行预测的温度模型所使用的所述冷却装置中的轧制材料的通过速度的预测误差的信息;学习部,每次在对于由所述精轧机轧制得到的轧制材料通过所述冷却装置进行注水而冷却之后通过所述卷取机进行卷取时,基于轧制材料的通过速度的实绩值,计算轧制材料的通过速度的预测误差的学习值,并基于轧制材料的通过速度的预测误差的学习值,更新存储于所述存储部的轧制材料的通过速度的预测误差的信息。

CN 114423537 B



CN

1. 一种热轧生产线的控制装置,在对于由精轧机轧制得到的轧制材料通过冷却装置进行注水而冷却之后通过卷取机进行卷取的热轧生产线中,基于所述精轧机的输出侧的冷却前的轧制材料的温度的实绩值,使用温度模型对基于所述冷却装置的轧制材料的冷却量进行前馈控制,

所述热轧生产线的控制装置具备:

存储部,存储有所述温度模型所使用的所述冷却装置中的轧制材料的通过速度的预测误差的信息;

学习部,每次在对于由所述精轧机轧制得到的轧制材料通过所述冷却装置进行注水而冷却之后通过所述卷取机进行卷取时,基于轧制材料的通过速度的实绩值,计算轧制材料的通过速度的预测误差的学习值,并基于轧制材料的通过速度的预测误差的学习值,更新存储于所述存储部的轧制材料的通过速度的预测误差的信息;以及

控制部,使用将轧制材料虚拟地分割而成的多个切板中的每一个切板的通过速度的预测值与所述存储部的学习值相加得到的值,作为向所述温度模型输入的轧制材料的通过速度的预测值。

2. 根据权利要求1所述的热轧生产线的控制装置,其中,

所述学习部对于所述多个切板中的每一个切板学习通过速度的预测误差。

3. 根据权利要求2所述的热轧生产线的控制装置,其中,

所述学习部,在后述定时之后对通过所述冷却装置的切板的通过速度的预测误差进行学习,所述定时是轧制材料脱离所述精轧机的最终机架并且所述热轧生产线的速度基准从进行速度控制的所述精轧机的最终机架切换为进行张力控制的所述卷取机的定时。

4. 根据权利要求2或3所述的热轧生产线的控制装置,其中,

所述存储部将由所述学习部计算得到的学习值的信息与该切板的钢种类的信息和目标板厚的信息建立对应地存储。

5. 根据权利要求2或3所述的热轧生产线的控制装置,其中,

所述学习部对于多个切板中的每一个切板,对在轧制材料脱离了所述精轧机的最终机架之后所述冷却装置的多个区段的通过速度的预测误差的平均值进行学习。

6. 根据权利要求2或3所述的热轧生产线的控制装置,其中,

所述学习部将在轧制材料脱离了所述精轧机的最终机架之后通过所述冷却装置的多个切板划分为前端部、中间部和尾端部,在此基础上,对前端部的切板的通过速度的预测误差的平均值、中间部的切板的通过速度的预测误差的平均值以及尾端部的切板的通过速度的预测误差的平均值进行学习。

7. 一种热轧生产线的控制装置,在对于由精轧机轧制得到的轧制材料通过冷却装置进行注水而冷却之后通过卷取机进行卷取的热轧生产线中,基于所述精轧机的输出侧的冷却前的轧制材料的温度的实绩值,使用温度模型对基于所述冷却装置的轧制材料的冷却量进行前馈控制,

所述热轧生产线的控制装置具备:

存储部,存储有所述温度模型所使用的卷取机减速开始定时的预测误差的信息;

学习部,每次在对于由所述精轧机轧制得到的轧制材料通过所述冷却装置进行注水而冷却之后通过所述卷取机进行卷取时,基于卷取机减速区间的生产线速度的实绩值,计算

卷取机减速开始定时的预测误差的学习值,并基于卷取机减速开始定时的预测误差的学习值,更新存储于所述存储部的卷取机减速开始定时的预测误差的信息;以及

控制部,使用将卷取机减速开始定时的预测值与所述存储部的学习值相加得到的值,所述卷取机减速开始定时的预测值用于对向所述温度模型输入的轧制材料的通过速度的预测值进行计算。

8.根据权利要求7所述的热轧生产线的控制装置,其中,

所述学习部以在卷取机减速区间的中间位置点,生产线速度的预测值变化与卷取机减速区间的生产线速度的预测误差的平均值相应的量的方式,计算卷取机减速开始定时的学习值。

9.根据权利要求7或8所述的热轧生产线的控制装置,其中,

所述存储部将由所述学习部计算得到的学习值的信息与该轧制材料的钢种类的信息和目标板厚的信息建立对应地存储。

10.根据权利要求7或8所述的热轧生产线的控制装置,其中,

所述学习部基于卷取机减速速率的实绩值,对卷取机减速速率的预测值进行过滤学习。

11.一种热轧生产线的控制装置,在对于由精轧机轧制得到的轧制材料通过冷却装置进行注水而冷却之后通过卷取机进行卷取的热轧生产线中,基于所述精轧机的输出侧的冷却前的轧制材料的温度的实绩值,使用温度模型对基于所述冷却装置的轧制材料的冷却量进行前馈控制,

所述热轧生产线的控制装置具备:

存储部,在将从轧制材料的前端部通过被设于所述冷却装置与所述卷取机之间的卷取温度计之后直到轧制材料的尾端部到达所述卷取机为止的期间划分为前半部和后半部时,存储前半部中的多个点的生产线速度的实绩值的信息和后半部中的多个点的生产线速度的实绩值的信息;

训练部,基于存储于所述存储部的信息,将前半部中的多个生产线速度的实绩值设为输入层,将后半部中的多个生产线速度的实绩值设为输出层,进行神经网络的训练;

预测部,将前半部中的多个点的生产线速度的实绩值作为输入层,使用由所述训练部训练后的神经网络计算输出层,来计算后半部中的多个点的生产线速度的预测值;以及

控制部,在由所述预测部计算得到的后半部中的多个生产线速度的预测值被计算之后,对于所述精轧机的输出侧的冷却前的温度被进行了实测的切板,基于由所述预测部计算得到的后半部中的多个生产线速度的预测值来计算向所述温度模型输入的轧制材料的通过速度的预测值。

12.根据权利要求11所述的热轧生产线的控制装置,其中,

所述训练部以在输入层中包含轧制材料的板厚和钢种类的区分编号的方式进行神经网络的训练,并以在输入层中包含轧制材料的板厚和钢种类的区分编号的方式使用神经网络来计算后半部中的多个点的生产线速度的预测值。

13.根据权利要求11或12所述的热轧生产线的控制装置,其中,

所述训练部以后半部中的多个点的生产线速度的预测值与实绩值的误差或者使用了该误差的评价函数的值成为基准值以下的方式对神经网络的各神经元的权重和偏差进行

调整。

14. 一种热轧生产线的控制装置,在对于由精轧机轧制得到的轧制材料通过冷却装置进行注水而冷却之后通过卷取机进行卷取的热轧生产线中,基于所述精轧机的输出侧的冷却前的轧制材料的温度的实绩值,使用温度模型对基于所述冷却装置的轧制材料的冷却量进行前馈控制,

所述热轧生产线的控制装置具备:

存储部,存储有在轧制材料的前端部通过被设于所述冷却装置与所述卷取机之间的卷取温度计之后直到轧制材料的尾端部到达所述卷取机为止的期间中的多个点的生产线速度的实绩值的信息;

学习部,每次在对于由所述精轧机轧制得到的轧制材料通过所述冷却装置进行注水而冷却之后通过所述卷取机进行卷取时,基于多个点的生产线速度的实绩值,进行生产线速度的预测误差的过滤学习;以及

控制部,基于将生产线速度的预测值与所述学习部的学习值相加得到的值来计算向所述温度模型输入的轧制材料的通过速度的预测值。

15. 根据权利要求14所述的热轧生产线的控制装置,其中,

所述存储部将由所述学习部计算得到的学习值的信息与该轧制材料的钢种类的信息和目标板厚的信息建立对应地存储。

热轧生产线的控制装置

技术领域

[0001] 本申请涉及热轧生产线的控制装置。

背景技术

[0002] 专利文献1公开了一种热轧生产线的控制装置。该控制装置基于卷取温度的学习结果,对基于冷却装置的轧制材料的冷却量进行前馈控制。

[0003] 现有技术文献

[0004] 专利文献

[0005] 专利文献1:日本专利第2795791号公报

发明内容

[0006] 发明将要解决的课题

[0007] 然而,如果生产线速度的预测误差大,则基于冷却装置的轧制材料的冷却状态变化。在这种情况下,在专利文献1所记载的控制装置中,在对基于冷却装置的轧制材料的冷却量进行前馈控制时的精度恶化。

[0008] 本申请为了解决上述的课题而完成。本公开目的在于,提供能够提高在对基于冷却装置的轧制材料的冷却量进行前馈控制时的精度的热轧生产线的控制装置。

[0009] 用于解决课题的手段

[0010] 本公开热轧生产线的控制装置具备:存储部,在对于由精轧机轧制得到的轧制材料通过冷却装置进行注水而冷却之后通过卷取机进行卷取的热轧生产线中,存储有对轧制材料的温度进行预测的温度模型所使用的所述冷却装置中的轧制材料的通过速度的预测误差的信息;以及学习部,每次在对于由所述精轧机轧制得到的轧制材料通过所述冷却装置进行注水而冷却之后通过所述卷取机进行卷取时,基于轧制材料的通过速度的实绩值,计算轧制材料的通过速度的预测误差的学习值,并基于轧制材料的通过速度的预测误差的学习值,更新存储于所述存储部的轧制材料的通过速度的预测误差的信息。

[0011] 本公开热轧生产线的控制装置具备:存储部,在对于由精轧机轧制得到的轧制材料通过冷却装置进行注水而冷却之后通过卷取机进行卷取的热轧生产线中,存储有对轧制材料的温度进行预测的温度模型所使用的卷取机减速开始定时的预测误差的信息;以及学习部,每次在对于由所述精轧机轧制得到的轧制材料通过所述冷却装置进行注水而冷却之后通过所述卷取机进行卷取时,基于卷取机减速区间的生产线速度的实绩值,计算卷取机减速开始定时的预测误差的学习值,并基于卷取机减速开始定时的预测误差的学习值,更新存储于所述存储部的卷取机减速开始定时的预测误差的信息。

[0012] 本公开热轧生产线的控制装置具备:存储部,在对于由精轧机轧制得到的轧制材料通过冷却装置进行注水而冷却之后通过卷取机进行卷取的热轧生产线中,在将从轧制材料的前端部通过被设于所述冷却装置与所述卷取机之间的卷取温度计之后直到轧制材料的尾端部到达所述卷取机为止的期间划分为前半部和后半部时,存储前半部中的多个点的

生产线速度的实绩值的信息和后半部中的多个点的生产线速度的实绩值的信息；训练部，基于存储于所述存储部的信息，将前半部中的多个生产线速度的实绩值设为输入层，将后半部中的多个生产线速度的实绩值设为输出层，进行神经网络的训练；以及预测部，将前半部中的多个点的生产线速度的实绩值作为输入层，使用由所述训练部被训练后的神经网络对计算输出层，来计算后半部中的多个点的生产线速度的预测值。

[0013] 本公开热轧生产线的控制装置具备：存储部，在对于由精轧机轧制得到的轧制材料通过冷却装置进行注水而冷却之后通过卷取机进行卷取的热轧生产线上，存储有将在从轧制材料的前端部通过被设于所述冷却装置与所述卷取机之间的卷取温度计之后直到轧制材料的尾端部到达所述卷取机为止的期间中的多个点的生产线速度的实绩值的信息；以及学习部，每次在对于由所述精轧机轧制得到的轧制材料通过所述冷却装置进行注水而冷却之后通过所述卷取机进行卷取时，基于多个点的生产线速度的实绩值来进行生产线速度的预测误差的过滤学习。

[0014] 发明效果

[0015] 根据本申请，能够提高在对基于冷却装置的轧制材料的冷却量进行前馈控制时的精度。

附图说明

[0016] 图1是应用实施方式1中的热轧生产线的控制装置的热轧生产线的主要部分的构成图。

[0017] 图2是应用实施方式1中的热轧生产线的控制装置的切板的立体图。

[0018] 图3是表示通过实施方式1中的热轧生产线的控制装置计算得到的切板的温度的预测值的图。

[0019] 图4是表示应用实施方式1中的热轧生产线的控制装置的ROT (Run Out Table, 输出辊道) 冷却装置中的切板的通过速度的预测值和实绩值的图。

[0020] 图5是表示实施方式1中的热轧生产线的控制装置的学习表的图。

[0021] 图6是用于对在实施方式1中的热轧生产线的控制装置中使用切板的通过速度的预测误差的学习值的方法进行说明的图。

[0022] 图7是表示基于实施方式1中的热轧生产线的控制装置的切板的温度下降的预测值的图。

[0023] 图8是表示实施方式1中的热轧生产线的控制装置的学习表的变形例的图。

[0024] 图9是实施方式1中的热轧生产线的控制装置的硬件构成图。

[0025] 图10是表示基于实施方式2中的热轧生产线的控制装置的控制的热轧生产线的速度的图。

[0026] 图11是表基于实施方式2中的热轧生产线的控制装置的热轧生产线的速度的预测值和实绩值的图。

[0027] 图12是表示应用实施方式2中的热轧生产线的控制装置的热轧生产线的卷取机减速的预测开始定时和开始实际结果定时的图。

[0028] 图13是表示实施方式1中的热轧生产线的控制装置的学习表的图。

[0029] 图14是用于对在实施方式2中的热轧生产线的控制装置中使用卷取机减速开始定

时的预测误差的学习值的方法进行说明的图。

[0030] 图15是表示基于实施方式2中的热轧生产线的控制装置的切板的温度下降的预测值的图。

[0031] 图16是表示应用实施方式2中的热轧生产线的控制装置7的热轧生产线的速度的实绩值和卷取机减速速率的实绩值的图。

[0032] 图17是表示应用实施方式3中的热轧生产线的控制装置的热轧生产线的速度的图。

[0033] 图18是表示实施方式3中的热轧生产线的控制装置所使用的神经网络的输入层、输出层和中间层的图。

[0034] 图19是表示基于实施方式3中的热轧生产线的控制装置的神经网络的训练的运算的例子的图。

[0035] 图20是表示实施方式3中的热轧生产线的控制装置的学习表的图。

[0036] 图21是表示应用实施方式4中的热轧生产线的控制装置的热轧生产线的速度的图。

[0037] 图22是表示实施方式4中的热轧生产线的控制装置的学习表的图。

具体实施方式

[0038] 按照添付的附图对实施方式进行说明。另外,在各图中,对相同或者相当的部分标注相同的附图标记。适当地简化或省略该部分的重复说明。

[0039] 实施方式1.

[0040] 图1是应用实施方式1中的热轧生产线的控制装置的热轧生产线的主要部分的构成图。

[0041] 在图1的热轧生产线中,未图示的精轧机1被设于粗轧机的下游侧。ROT冷却装置2被设于精轧机1的下游侧。夹送辊3被设于ROT冷却装置2的下游侧。卷取机4被设于夹送辊3的下游侧。

[0042] ROT冷却装置2具备注水装置。在ROT (Run Out Table, 输出辊道) 冷却装置2中,注水装置基于冷却水的供给系统被划分为多个区段。多个区段在热轧生产线的长度方向上排列。多个区段中的每一个具备多个注水阀。多个注水阀在热轧生产线的长度方向上排列。对于多个注水阀中的每一个设有多个喷嘴。多个喷嘴在热轧生产线的宽度方向上排列。

[0043] 精轧机输出侧温度计5被设于精轧机1与ROT冷却装置2之间。卷取温度计6被设于ROT冷却装置2与夹送辊3之间。

[0044] 精轧机1对轧制材料进行精轧。之后,精轧机输出侧温度计5在冷却前测量该轧制材料的全长的初始温度作为FDT (Finisher Delivery-Side Temperature: 精轧机出口温度) 实绩值。之后,ROT冷却装置2以一定压力注水,从而将该轧制材料冷却。之后,卷取温度计6测量该轧制材料的全长的初始温度作为CT实绩值。之后,卷取机4将该轧制材料卷取。

[0045] 控制装置7具备存储部7a、学习部7b和控制部7c。

[0046] 在轧制材料的前端卡入精轧机1之后,控制装置7通过控制部7c利用精轧机1的最终机架对轧制材料的速度进行控制。此时,控制装置7通过控制部7c对成为卷取机4的卷取中心的芯轴的转矩进行控制,以良好地保持卷取机4进行的轧制材料的卷取形状。

[0047] 考虑到在此时间点的卷材的半径的计算值与轧制材料的弯曲所需的转矩等,以精轧机1的最终机架与卷取机4的芯轴之间的张力的值成为被预先设定的张力基准值的方式设定此时的转矩基准。此时,卷材的半径由卷取机4的芯轴的旋转次数、轧制材料的板厚和轧制材料的占空率计算。

[0048] 在轧制材料的尾端脱离了精轧机1的最终机架之后,精轧机1的最终机架与卷取机4的芯轴之间的张力消失。因此,控制装置7通过控制部7c进行利用夹送辊3以预先设定的压力夹住轧制材料的控制,以良好地保持卷取机4处的轧制材料的卷取形状。其结果是,在夹送辊3与卷取机4的芯轴之间产生张力。在该状态下,控制装置7通过控制部7c对卷取机4的芯轴的转矩进行控制。

[0049] 以夹送辊3与卷取机4的芯轴之间的张力成为被预先设定的张力基准值的方式设定此时的转矩基准。

[0050] 控制装置7通过控制部7c将由精轧机输出侧温度计5测量得到的各切板的FDT实绩值作为起点,对ROT冷却装置2进行前馈控制。具体而言,控制装置7通过控制部7c将由精轧机输出侧温度计5测量得到的各切板的FDT实绩值作为起点,以使轧制材料的最终卷取温度的预测值与卷取温度的目标值一致的方式计算在ROT冷却装置2的各区段的输入侧及输出侧的各切板的温度的预测值。此时,控制装置7通过控制部7c使用温度模型计算在各区段的各切板的温度下降。控制装置7通过控制部7c将温度模型中使用的各切板的通过速度的预测值与存储于存储部7a的学习表的学习值相加。

[0051] 在轧制材料的最终卷取温度的预测值与卷取温度的目标值不一致的情况下,控制装置7通过控制部7c更新在各区段的冷却水量并再次计算在各区段的各切板的温度下降。控制装置7通过控制部7c按照优先顺序对ROT冷却装置2中的全部阀的开闭进行控制,以将该冷却水量充满。

[0052] 控制装置7通过学习部7b,基于精轧机1的最终机架的工作辊的旋转角速度的实绩值 ω_{F7}^{res} 、辊径 R_{F7} 、卷取机4的旋转角速度的实绩值 ω_{DC}^{res} 和卷材的半径 R_{DC} 来计算将ROT冷却装置2通过中的各切板的通过速度的实绩值。控制装置7存在通过学习部7b取代卷取机4的旋转角速度的实绩值 ω_{DC}^{res} 和卷材的半径 R_{DC} 而使用下侧的夹送辊3的旋转角速度的实绩值和半径的情况。

[0053] 每当轧制材料的整体被卷取机4卷取时,控制装置7通过学习部7b基于将ROT冷却装置2通过中的各切板的通过速度的实绩值,来计算各切板的通过速度的学习值。控制装置7通过学习部7b基于轧制材料的通过速度的预测误差的学习值,更新所述存储部7a所存储的轧制材料的通过速度的预测误差的信息。

[0054] 接下来,使用图2对温度模型的构思进行说明。

[0055] 图2是应用实施方式1中的热轧生产线的控制装置的切板的立体图。

[0056] 如图2所示,在轧制材料在ROT冷却装置2的正下方被传送时,在将轧制材料虚拟地分割为一定长度的切板的基础上计算热量的输入输出。例如将一定长度设定为3m至5m之间。

[0057] 作为热量的输入输出的要素,考虑有水冷热传递、辐射、相变引起的发热等。例如在仅将水冷热传递作为要素的情况下,水冷引起的除热量 Q_{water} (W) 由如下的(1)式表示。

[0058] 【式1】

[0059] $Q_{water} = h_w A_w (T_{surf} - T_w) \quad (1)$

[0060] 在(1)式中, h_w 是水冷热传递系数 ($W/mm^2/^\circ C$)。 A_w 是与冷却水接触的切板的上下表面的面积 (mm^2)。 A_w 根据在各区段中打开的注水阀的数量而变化。 T_{surf} 是切板的表面温度 ($^\circ C$)。 T_w 是冷却水的温度 ($^\circ C$)。

[0061] 此时, 各切板的温度变化由如下的(2)式表示。

[0062] 【式2】

$$[0063] \frac{\Delta T_i}{\Delta t} = \frac{Q_{water}}{l_k H_k B_k \rho C_p} \leftrightarrow \Delta T_i = \frac{Q_{water}}{l_k H_k B_k \rho C_p} \Delta t \leftrightarrow \Delta T_i = \frac{Q_{water}}{l_k H_k B_k \rho C_p} \frac{L_i}{v_k^i} \quad (2)$$

[0064] 在(2)式中, ΔT_i 是在区段 i 的切板 k 的下降温度 ($^\circ C$)。 i 是区段的编号。 t 是时间 (s)。 l_k 是切板 k 的行进方向的长度 (mm)。 H_k 是切板 k 的板厚 (mm)。 B_k 是切板 k 的宽度 (mm)。 ρ 是切板 k 的密度 (kg/mm^3)。 C_p 是切板 k 的比热 ($J/kg/^\circ C$)。 L_i 是区段 i 的长度。 v_k^i (m/s) 是在区段 i 的切板 k 的通过速度。

[0065] 接下来, 使用图3, 对ROT冷却装置2中的切板的温度的预测值进行说明。

[0066] 图3是表示通过实施方式1中的热轧生产线的控制装置计算得到的切板的温度的预测值的图。

[0067] 图3表示假设切板的通过速度在一个区段中是恒定的情况下切板的温度的预测值。在切板被冷却之前, 控制装置7使用(1)式和(2)式计算在各区段的输入侧及输出侧的各切板的温度的预测值。通过(2)式的右边, 切板的温度的预测值的下降率随着切板的通过速度而变化。

[0068] 接下来, 使用图4, 对ROT冷却装置2中的切板的通过速度的预测误差的学习进行说明。

[0069] 图4是表示应用实施方式1中的热轧生产线的控制装置的ROT冷却装置中的切板的通过速度的预测值和实绩值的图。

[0070] 切板的冷却现象在切板以高速移动时与在切板静止时不同。因此, 在冷却现象中, 考虑切板的通过速度的影响。具体而言, 区段 i 中的水冷热传递系数 h_w^i 由如下的(3)式表示。

[0071] 【式3】

$$[0072] h_w^i = f_w^i \cdot \left(\frac{v_0}{v_k^i} \right)^{b_w} \quad (3)$$

[0073] 在(3)式中, f_w^i ($W/mm^2/^\circ C$) 是模型预测函数值。 v_0 (m/s) 是基准速度。 b_w (-) 是调整系数。

[0074] 通过(2)式和(3)式, 切板的温度的预测值的下降率随着切板的通过速度大幅地变化。

[0075] 控制装置7对在轧制材料脱离了精轧机1的最终机架之后的切板的通过速度的预测误差进行学习。

[0076] 例如在轧制材料脱离了精轧机1的最终机架之后, 切板 k 通过从上游侧起的第四区段。在这种情况下, 控制装置7将切板 k 的通过速度的预测值的信息和实绩值的信息与ROT冷却装置2的长度方向的位置的信息建立对应地存储。

[0077] 之后, 控制装置7计算在从上游侧起的第四区段至第 n 区段的切板 k 的通过速度的

预测值 vd_k^i 与实绩值 v_k^i 之差的平均值 $V_{\text{error}}^{\text{CUR}}(k)$ 。具体而言,控制装置7使用如下的(4)计算 $V_{\text{error}}^{\text{CUR}}(k)$ 。

[0078] 【式4】

$$[0079] v_{\text{error}}^{\text{CUR}}(k) = \frac{\sum_{i=4}^N (v_k^i - vd_k^i)}{N - 4 + 1} \quad (4)$$

[0080] 接下来,控制装置7对于切板k的通过速度的预测值 vd_k^i 与实绩值 v_k^i 之差的平均值 $V_{\text{error}}^{\text{CUR}}(k)$ 进行过滤(filtering)更新。具体而言,控制装置7使用如下的(5)式来进行过滤更新。

[0081] 【式5】

$$[0082] v_{\text{error}}^{\text{new}}(k) = v_{\text{error}}^{\text{old}}(k) + \beta(k) * v_{\text{error}}^{\text{CUR}}(k) \quad (5)$$

[0083] 在(5)式中, $v_{\text{error}}^{\text{new}}(k)$ 是过滤更新后的切板k的通过速度的学习值。 $v_{\text{error}}^{\text{old}}(k)$ 是过滤更新前的切板k的通过速度的学习值。 β 是学习增益。 β 是0以上且1以下的值。

[0084] 接下来,使用图5,对管理切板的通过速度的预测误差的学习值的方法进行说明。

[0085] 图5是表示实施方式1中的热轧生产线的控制装置的学习表的图。

[0086] 如图5所示,在学习表中,“学习值(m/s)”的信息与“钢种类”的信息、“目标板厚(mm)”的信息和“切板编号”的信息建立对应。

[0087] “学习值(m/s)”的信息是表示过滤更新前的切板的通过速度的学习值的信息。“钢种类”的信息是表示轧制材料的材质的信息。“目标板厚(mm)”的信息是表示被轧制的制品的目标板厚的信息。“切板编号”的信息是表示识别切板的编号的信息。

[0088] 在切板的通过速度的预测误差的学习值被更新时,在学习表中仅更新与该切板相同的“钢种类”、“目标板厚(mm)”和“切板编号”的单元格的值。

[0089] 接下来,使用图6,对使用切板的通过速度的预测误差的学习值的方法进行说明。

[0090] 图6是用于对在实施方式1中的热轧生产线的控制装置中使用切板的通过速度的预测误差的学习值的方法进行说明的图。

[0091] 如图6所示,控制装置7将轧制材料在脱离了精轧机1的最终机架之后通过的各区段中的切板k的通过速度的预测值与学习值 $v_{\text{error}}^{\text{old}}(k)$ 相加。

[0092] 接下来,使用图7,对切板的温度下降的预测值进行说明。

[0093] 图7是表示基于实施方式1中的热轧生产线的控制装置的切板的温度下降的预测值的图。

[0094] 如图7所示,在轧制材料脱离了精轧机1的最终机架之后通过的各区段的输入侧及输出侧,切板的温度下降的预测值也被校正。

[0095] 根据以上进行了说明的实施方式1,控制装置7更新轧制材料的通过速度的预测误差的信息。因此,能够提高在对基于冷却装置的轧制材料的冷却量进行前馈控制时的精度。

[0096] 此外,控制装置7对于多个切板中的每一个学习通过速度的预测误差。因此,能够更可靠地提高在对基于冷却装置的轧制材料的冷却量进行前馈控制时的精度。

[0097] 此外,对于控制装置7而言,轧制材料脱离精轧机1的最终机架,并且在热轧生产线的速度基准从进行速度控制的精轧机1的最终机架向进行张力控制的卷取机4切换的定时之后对通过所述冷却装置的切板的通过速度的预测误差进行学习。因此,能够仅对切板的通过速度的预测误差变大这方面高效地进行学习。

[0098] 此外,控制装置7将学习值的信息与该切板的钢种类的信息和目标板厚的信息建立对应地存储。因此,能够更可靠地提高在对基于冷却装置的轧制材料的冷却量进行前馈控制时的精度。

[0099] 此外,控制装置7对于多个切板中的每一个,在轧制材料脱离精轧机1的最终机架之后对所述冷却装置的多个区段的通过速度的预测误差的平均值进行学习。因此,能够仅对切板的通过速度的预测误差变大这方面高效地进行学习。

[0100] 接下来,使用图8,对学习表的变形例进行说明。

[0101] 图8是表示实施方式1中的热轧生产线的控制装置的学习表的变形例的图。

[0102] 如图8所示,在学习表中,“学习值 (m/s)”的信息与“钢种类”的信息、“目标板厚 (mm)”的信息、“Part (部分)”的信息和“对应切板编号”的信息建立对应。

[0103] “Part”的信息是表示轧制材料的长度方向的部分的信息。具体而言,“Head (首部)”的信息是表示轧制材料的长度方向的前端部的信息。“Middle (中间部)”的信息是表示轧制材料的长度方向的中间部的信息。“Tail (尾部)”的信息是表示轧制材料的长度方向的尾端部的信息。

[0104] “对应切板编号”的信息是表示图6中的“切板编号”中的对应的“切板编号”的信息。具体而言,“ $m \sim \text{int}\{(n-m)/3\}$ ”与“ $h < 3$ ”和“Head”对应。“ $\text{int}\{(n-m)/3\}+1 \sim \text{int}\{2(n-m)/3\}$ ”与“ $h < 3$ ”和“Middle”对应。“ $\text{int}\{2(n-m)/3\}+1 \sim n$ ”与“ $h < 3$ ”和“Tail”对应。“ $m' \sim \text{int}\{(n'-m')/3\}$ ”与“ $3 < h < 5$ ”和“Head”对应。“ $\text{int}\{(n'-m')/3\}+1 \sim \text{int}\{2(n'-m')/3\}$ ”与“ $3 < h < 5$ ”和“Middle”对应。“ $\text{int}\{2(n'-m')/3\}+1 \sim n'$ ”与“ $3 < h < 5$ ”和“Tail”对应。

[0105] “学习值 (m/s)”的信息是表示对应的多个过滤更新前的切板的通过速度的学习值的平均值的信息。

[0106] 在切板的数量根据切板的长度的变更而变化的情况下,控制装置7将新的切板三等分为与“Head”、“Middle”和“Tail”对应的部分并划分为各切板所属的部分。控制装置7将轧制材料在脱离了精轧机1的最终机架之后通过的各区段中的各切板的通过速度的预测值与各切板所属的“Part”的学习值 $V_{\text{error}}^{\text{old}}(k)$ 相加。

[0107] 根据以上进行了说明的变形例,控制装置7将新的切板三等分为与“Head”、“Middle”和“Tail”对应部分并划分为各切板所属的部分。控制装置7将轧制材料在脱离了精轧机1的最终机架之后通过的各区段中的各切板的通过速度的预测值与各切板所属的“Part”的学习值 $V_{\text{error}}^{\text{old}}(k)$ 相加。因此,即使在切板的长度的设定被变更、切板的总数被变更的情况下,也能够更可靠地提高在对基于冷却装置的轧制材料的冷却量进行前馈控制时的精度。

[0108] 接下来,使用图9,对控制装置7的例子进行说明。

[0109] 图9是实施方式1中的热轧生产线的控制装置的硬件构成图。

[0110] 控制装置7的各功能可以通过处理电路实现。例如处理电路具备至少一个处理器100a和至少一个存储器100b。例如处理电路具备至少一个专用的硬件200。

[0111] 在处理电路具备至少一个处理器100a和至少一个的存储器100b的情况下,控制装置7的各功能通过软件、固件、或者软件与固件的组合实现。软件及固件的至少一方被记述为程序。软件及固件的至少一方被储存于至少一个的存储器100b。至少一个处理器100a通过读出并执行存储于至少一个的存储器100b的程序,实现控制装置7的各功能。至少一个处

理器100a也称作中央处理装置、处理装置、运算装置、微处理器、微计算机、DSP。例如至少一个存储器100b是RAM、ROM、闪存、EPROM、EEPROM等非易失性或者易失性的半导体存储器、磁盘、软盘、光盘、压缩盘、迷你型盘、DVD等。

[0112] 在处理电路具备至少一个专用的硬件200的情况下,处理电路例如由单一电路、复合电路、程序化后的处理器、并行程序化后的处理器、ASIC、FPGA、或者它们的组合实现。例如控制装置7的各功能分别由处理电路实现。例如控制装置7的各功能集中通过处理电路来实现。

[0113] 关于控制装置7的各功能,也可以用专用的硬件200实现一部分,用软件或者固件实现其他部分。例如,也可以是,关于控制部7c的功能,通过作为专用的硬件200的处理电路实现,关于除控制部7c的功能以外的功能,通过至少一个处理器100a读出并执行存储于至少一个存储器100b的程序来实现。

[0114] 如此,处理电路通过硬件200、软件、固件、或者它们的组合实现控制装置7的各功能。

[0115] 实施方式2。

[0116] 图10是表示实施方式2中的利用热轧生产线的控制装置的控制的热轧生产线的速度的图。另外,对与实施方式1的部分相同或者相当部分标注相同附图标记。省略该部分的说明。

[0117] 在轧制材料的板厚为5mm以下的情况下,精轧的生产线速度为高速。因此,如图10所示,在轧制材料脱离了精轧机1之后,需要降低生产线速度。

[0118] 在这种情况下,控制装置7将用精轧机输出侧温度计5测量得到的各切板的FDT实绩值作为起点而对ROT冷却装置2进行前馈控制,此时将温度模型中使用的卷取机减速开始定时的预测值与存储于学习表的学习值相加。此时,控制装置7使用存储于学习表的减速速率的学习值。

[0119] 在每次轧制材料的整体被卷取机4卷取时,控制装置7基于生产线速度的实绩值,将卷取机减速开始定时的学习值的信息和减速速率的学习值的信息存储于学习表。

[0120] 接下来,使用图11,对生产线速度的预测误差的平均值的计算方法进行说明。

[0121] 图11是表示实施方式2中的基于热轧生产线的控制装置的热轧生产线的速度的预测值和实绩值的图。

[0122] 如图11所示,控制装置7对于卷取机减速预测区间 Td_{CD} (s) 使用如下的(6)式计算生产线速度的预测误差的平均值 va_{line}^{error} (m/s)。

[0123] 【式6】

$$[0124] va_{line}^{error} = \frac{1}{Td_{CD}} \int_{t=td_{DS}}^{t_{CC}} \{v_{line}^{res}(t) - vd_{line}(t)\} dt \quad (6)$$

[0125] 在(6)式中, td_{DS} (s)是卷取机减速开始预测时刻。 t_{CC} (s)是卷取完成时刻。因而, $Td_{CD} = t_{CC} - td_{DS}$ 的关系成立。 $v_{line}^{res}(t)$ (m/s)是时刻t的生产线速度的实绩值。 $vd_{line}(t)$ (m/s)是时刻t的生产线速度的预测值。

[0126] 在轧制材料的尾端脱离精轧机1的最终机架之前,控制装置7将精轧机1的最终机架的周速度的实绩值设为生产线速度的实绩值。在轧制材料的尾端脱离了精轧机1的最终

机架之后,控制装置7将下侧的夹送辊3的周速度的实绩值设为生产线速度的实绩值。

[0127] 接下来,使用图12,对卷取机减速的开始定时的预测误差的学习进行说明。

[0128] 图12是表示应用实施方式2中的热轧生产线的控制装置的热轧生产线的卷取机减速的预测开始定时和实际结果开始定时的图。

[0129] 如图12所示,以在卷取机减速区间的中间位置点,生产线速度的预测值变化与生产线速度的预测误差的平均值 va_{line}^{error} 相应的量的方式,使卷取机减速开始时间变化而得到的值成为卷取机减速开始定时的预测误差的学习值 $Z_{DS}^{CUR}(s)$ 。具体而言,控制装置7使用如下的(7)式计算卷取机减速开始定时的预测误差的学习值 $Z_{DS}^{CUR}(s)$ 。

[0130] 【式7】

$$[0131] Z_{DS}^{CUR}(s) = \frac{va_{line}^{error}}{ad_{CD}} \quad (7)$$

[0132] 在(7)式中, $ad_{CD}(m/s^2)$ 是卷取机减速的预测速率。 ad_{CD} 由如下的(8)式表示。

[0133] 【式8】

$$[0134] ad_{CD} = \frac{vd_{line}(t_{CC}) - vd_{line}(td_{DS})}{Td_{CD}} \quad (8)$$

[0135] 控制装置7对于卷取机减速开始定时的预测误差的学习值 $Z_{DS}^{CUR}(s)$ 进行过滤更新。具体而言,控制装置7使用如下的(9)式进行过滤更新。

[0136] 【式9】

$$[0137] Z_{DS}^{new}(s) = Z_{DS}^{old}(s) + \gamma * Z_{DS}^{CUR}(s) \quad (9)$$

[0138] 在(9)式中, $Z_{DS}^{new}(s)$ 是过滤更新后的卷取机减速开始定时的预测误差的学习值。 $Z_{DS}^{old}(s)$ 是过滤更新前的卷取机减速开始定时的预测误差的学习值。 γ 是学习增益。 γ 是0以上且1以下的值。

[0139] 接下来,使用图13,对管理卷取机减速开始定时的预测误差的学习值的方法进行说明。

[0140] 图13是表示实施方式1中的热轧生产线的控制装置的学习表的图。

[0141] 如图13所示,在学习表中,学习值存储于与“钢种类”的信息和“板厚”的信息对应的单元格。

[0142] 在切板的通过速度的预测误差的学习值被更新时,在学习表中仅与该切板相同的“钢种类”和“板厚”对应的单元格的值被更新。

[0143] 接下来,使用图14,对使用卷取机减速开始定时的预测误差的学习值的方法进行说明。

[0144] 图14是用于对在实施方式2中的热轧生产线的控制装置中使用卷取机减速开始定时的预测误差的学习值的方法进行说明的图。

[0145] 如图14所示,控制装置7在时间轴上的生产线速度的预测中对卷取机减速开始的定时的预测校正与学习值 $Z_{DS}^{old}(s)$ 相应的量。

[0146] 接下来,使用图15,对切板的温度下降的预测值进行说明。

[0147] 图15是表示基于实施方式2中的热轧生产线的控制装置的切板的温度下降的预测值的图。

[0148] 如图15所示,在轧制材料脱离了精轧机1的最终机架之后通过的各区段的输入侧及输出侧,切板的温度下降的预测值也被校正。

[0149] 接下来,使用图16,对卷取机减速速率的预测值的学习进行说明。

[0150] 图16是表示应用实施方式2中的热轧生产线的控制装置7的热轧生产线的速度的实绩值和卷取机减速速率的实绩值的图。

[0151] 根据需要,控制装置7对于卷取机减速速率的预测值进行过滤更新。此时,如图16所示,控制装置7在轧制材料的卷取完成了之后通过最小二乘法对生产线速度的实绩值进行了直线近似,在此基础上计算该直线的斜率作为卷取机减速速率的实绩值 a_{CD}^{CUR} (m/s^2)。具体而言,对于控制装置7而言, a_{CD}^{CUR} 使用如下的(10)式计算 a_{CD}^{CUR} 。

[0152] 【式10】

$$[0153] a_{CD}^{CUR} = \frac{v_{line}(t_{CC}) - v_{line}(t_{DS})}{T_{CD}} \quad (10)$$

[0154] 之后,控制装置7对于卷取机减速速率的预测值进行过滤更新。具体而言,控制装置7使用如下的(11)式进行过滤更新。

[0155] 【式11】

$$[0156] ad_{CD}^{new} = ad_{CD}^{old} + \gamma_{CD} * a_{CD}^{CUR} \quad (11)$$

[0157] 在(11)式中, ad_{CD}^{new} 是过滤更新后的卷取机减速速率的学习值。 ad_{CD}^{old} 是过滤更新前的卷取机减速速率的学习值。 γ_{CD} 是学习增益。 γ_{CD} 是0以上且1以下的值。

[0158] 在学习表中,对于学习值而言,将“钢种类”的信息“板厚”的信息存储于单元格。

[0159] 在切板的通过速度的预测误差的学习值被更新时,在学习表中仅与该切板相同的“钢种类”和“板厚”所对应的单元格的值被更新。

[0160] 根据以上进行了说明的实施方式2,控制装置7更新卷取机减速开始定时的预测误差的信息。因此,在进行卷取机减速的情况下,也能够提高在对基于冷却装置的轧制材料的冷却量进行前馈控制时的精度。

[0161] 此外,对于控制装置7而言,在卷取机减速区间的中间位置点,以生产线速度的预测值变化与卷取机减速区间的生产线速度的预测误差的平均值相应的量的方式计算卷取机减速开始定时的学习值。因此,能够容易地计算卷取机减速开始定时的预测误差。

[0162] 此外,控制装置7将学习值的信息与该切板的钢种类的信息以及目标板厚的信息建立对应地存储。因此,能够更可靠地提高在对基于冷却装置的轧制材料的冷却量进行前馈控制时的精度。

[0163] 此外,控制装置7基于卷取机减速速率的实绩值,对卷取机减速速率的预测值进行过滤学习。因此,能够更可靠地提高在对基于冷却装置的轧制材料的冷却量进行前馈控制时的精度。

[0164] 实施方式3.

[0165] 图17是表示应用实施方式3中的热轧生产线的控制装置的热轧生产线的速度的图。另外,对与实施方式1的部分相同或者相当的部分标注相同附图标记。省略该部分的说明。

[0166] 在实施方式3中,控制装置7通过神经网络对在轧制材料的尾端脱离了精轧机1的最终机架之后的基于卷取机减速的生产线速度的变化进行学习。控制装置7通过训练部7d

训练神经网络。控制装置7通过预测部7e使用神经网络计算生产线速度的预测值。

[0167] 例如“前半部”是在轧制材料的前端部通过卷取温度计6之后直到轧制材料的中间部通过卷取温度计6为止的区间。例如“后半部”是在轧制材料的中间部通过卷取温度计6之后直到轧制材料的尾端部到达卷取机4为止的区间。

[0168] 例如控制装置7在“前半部”和“后半部”以等间隔的方式分别选取10个点的生产线速度的实绩值。控制装置7将“前半部”的实绩值设为“输入组”。控制装置7将“后半部”的实绩值设为“输出组”。

[0169] 另外,“前半部”与“后半部”的边界被以“减速开始”为基本进行了设定,但也可以是轧制材料的全长的一半的程度(40%~60%)。此外,不限定实绩值的选取的数量。例如将“前半部”与“后半部”的边界设为轧制材料的全长的40%的位置,也可以在“前半部”选取10个点的实绩值,在“后半部”选取20个点的实绩值。

[0170] 控制装置7使用训练完毕的神经网络对“后半部”的生产线速度模式的10个点进行预测,对“后半部”的生产线速度模式进行修正。具体而言,轧制材料的中间部通过精轧机输出侧温度计5,从而获得了“前半部”的生产线速度的实绩值的10个点,在该时间点,控制装置7将应用了该10个点、板厚和One-Hot编码的钢种类区分的编号向神经网络输入。控制装置7将作为神经网络的输出而获得的“后半部”的生产线速度模式的预测值的10个点连接成线形并作为“后半部”的新的生产线速度模式的预测值。对于在获得了新的生产线速度模式的预测值之后通过精轧机输出侧温度计5的切板,控制装置7基于新的生产线速度模式的预测值,使用温度模式对ROT冷却装置2进行前馈控制。

[0171] 在每次轧制材料的整体被卷取机4卷取时,控制装置7将神经网络所需的数据存储于数据库。在关于一定程度的根数的轧制材料的数据被积累了的时间点,控制装置7在将该数据加入了训练数据的基础上执行神经元的训练。

[0172] 接下来,使用图18,对神经网络进行说明。

[0173] 图18是表示实施方式3中的热轧生产线的控制装置中使用的神经网络的输入层、输出层和中间层的图。

[0174] 如图18所示,神经网络具备输入层、中间层和输出层。输入层、中间层与输出层被依次连接。中间层为至少一层。输入层、中间层和输出层至少具有一个神经元。例如各神经元与前后的层的全部神经元结合。例如各神经元与前后的层的一部分神经元结合。

[0175] 控制装置7进行神经网络的训练。控制装置7从过去的轧制实际结果数据读入多个轧制材料的钢种类区分的编号、板厚和生产线速度的实际结果数据。钢种类区分是主要基于化学成分的区分。生产线速度的实际结果数据是从轧制材料的前端部至尾端部选取的几百个点的数据。例如它们的实际结果数据被使用与数千的制品相应的量。

[0176] 在钢种类区分的编号中应用One-Hot编码。例如在将钢种类区分的编号设为1至15的范围的情况下,准备总数即15个变量。在该轧制材料的钢种类区分的编号为3号的情况下,第3个变量设为1。除第3个变量以外的变量设为0。

[0177] 向输入层的各神经元输入基于One-Hot编码的钢种类的区分编号、板厚和“前半部”的10个点的生产线速度的实绩值。例如在将钢种类区分的编号设为1至15的范围的情况下,输入层的神经元的数量成为26个。

[0178] 向输出层的各神经元输入“后半部”的10个点的生产线速度的实绩值。输出层的神

经元的数量成为10个。

[0179] 中间层的神经元的数量是比输入层和输出层的神经元的数量多足够多的数量。例如在各层中,神经元的数量设为128个。

[0180] 接下来,使用图19,对神经网络的训练的运算的例子进行说明。

[0181] 图19是表示利用实施方式3中的热轧生产线的控制装置的神经网络的训练的运算的例子的图。

[0182] 如图19所示,输入 V_1^F 和输入 V_2^F 是输入层的神经元。 N_1^F 是中间层的神经元。输入 V_1^F 和输入 V_2^F 被输入神经元 N_1^F 。

[0183] 在神经元 N_1^F 中,在计算了输入 V_1^F 和权重 W_{1-1}^F 的乘法结果与输入 V_2^F 和权重 W_{2-1}^F 的乘法结果之和之后,根据需要加上偏差 b_1^F ,从而可获得值 a_1^F 。值 a_1^F 通过激活函数 h_1^F 被转换。从神经元 N_1^F 输出输出信号 $y = h_1^F(a)$ 。

[0184] 通过重复该操作,计算输出层的各预测值。之后,输出层的各预测值的平均平方误差 mes 通过如下的(12)式计算。

[0185] 【式12】

$$mse = \frac{1}{10} \sum_{k=1}^{10} (va_k^B - v_k^B)^2 \quad (12)$$

[0187] 控制装置7以 mes 设为一定的基准值以下的方式对各神经元的权重 w 和偏差 b 进行调整。控制装置7将各神经元的权重 w 和偏差 b 存储于学习表。

[0188] 接下来,使用图20,对管理神经网络的训练结果的方法进行说明。

[0189] 图20是表示实施方式3中的热轧生产线的控制装置的学习表的图。

[0190] 如图20所示,在学习表中,“权重 w ”的信息与“偏差 b ”的信息被相互建立对应。

[0191] “权重 w ”的信息是表示各神经元的权重 w 的信息。“偏差 b ”的信息是表示各神经元的偏差 b 的信息。

[0192] 根据以上进行了说明的实施方式3,控制装置7通过将前半部中的多个点的生产线速度的实绩值作为输入层并使用神经网络计算输出层,计算后半部中的多个点的生产线速度的预测值。因此,能够提高在对基于冷却装置的轧制材料的冷却量进行前馈控制时的精度。

[0193] 此外,控制装置7使输入层中包含轧制材料的板厚和钢种类的区分编号,并使用神经网络计算后半部中的多个点的生产线速度的预测值。因此,能够更可靠地提高在对基于冷却装置的轧制材料的冷却量进行前馈控制时的精度。

[0194] 此外,控制装置7以后半部中的多个点的生产线速度的预测值和实绩值的误差或者使用了该误差的评价函数的值成为基准值以下的方式对神经网络的各神经元的权重和偏差进行调整。因此,能够更可靠地提高在对基于冷却装置的轧制材料的冷却量进行前馈控制时的精度。

[0195] 另外,从提早学习结果的反映的观点考虑,期望在每次轧制材料的整体被卷取机4卷取时进行加速神经元的训练。

[0196] 但是,神经元的训练中的计算负荷较高。因此,在轧制中控制装置7的计算能力不充裕的情况下,也可以在精轧机1等的辊交换、修理期间等控制装置7的计算能力充裕时训练神经元。

[0197] 实施方式4.

[0198] 图21是表示应用实施方式4中的热轧生产线的控制装置的热轧生产线的速度的图。另外,对与实施方式3的部分相同或者相当的部分标注相同的附图标记。省略该部分的说明。

[0199] 在实施方式4中,控制装置7将由精轧机输出侧温度计5测量得到的各切板的FDT实绩值作为起点而对ROT冷却装置2进行前馈控制,此时基于存储于学习表的学习值,对生产线速度的预测值进行修正。

[0200] 在每次轧制材料的整体被卷取机4卷取时,对于时间轴中的生产线速度的预测模式,控制装置7选取在轧制材料的前端部通过卷取温度之后直到尾端部到达卷取机为止的范围内的多个点的生产线速度的实绩值。例如控制装置7选取10个点的生产线速度的实绩值。

[0201] 控制装置7使用如下的(13)式计算各时刻的生产线速度的预测误差。

[0202] 【式13】

$$v_{\text{error}}^{\text{CUR}}(t_1) = v_{\text{line}}^{\text{res}}(t_1) - v_{\text{d}_{\text{line}}}(t_1), 1=1,2,\cdots,10 \quad (13)$$

[0204] 控制装置7使用如下的(14)式,对于各时刻的预测误差进行过滤更新。

[0205] 【式14】

$$v_{\text{error}}^{\text{new}}(t_1) = v_{\text{error}}^{\text{old}}(t_1) + \delta(1) * v_{\text{error}}^{\text{CUR}}(t_1) \quad (14)$$

[0207] 在(14)式中, $v_{\text{error}}^{\text{new}}(t_1)$ 是过滤更新后的生产线速度的学习值。 $v_{\text{error}}^{\text{old}}(t_1)$ 是过滤更新前的生产线速度的学习值。 $\delta(1)$ 是学习增益。 $\delta(1)$ 是0以上且1以下的值。

[0208] 控制装置7将生产线速度的预测误差的学习值的信息存储于学习表。

[0209] 接下来,使用图22,对管理生产线速度的预测误差的学习值的方法进行说明。

[0210] 图22是表示实施方式4中的热轧生产线的控制装置的学习表的图。

[0211] 如图22所示,在学习表中,“学习值(m/s)”的信息与“钢种类”的信息、“目标板厚(mm)”的信息和“采样编号”的信息被建立对应。

[0212] “学习值(m/s)”的信息是表示过滤更新前的生产线速度的预测误差的学习值的信息。“钢种类”的信息是表示轧制材料的材质的信息。“目标板厚(mm)”的信息是表示轧制得到的制品的目标板厚的信息。“采样编号”的信息是表示与采样了的生产线速度的实绩值的时间对应编号的信息。

[0213] 在生产线速度的预测误差的学习值被更新时,在学习表中仅与该切板相同的“钢种类”、“目标板厚(mm)”和“采样编号”的单元格的值被更新。

[0214] 根据以上进行了说明的实施方式4,控制装置7基于多个点的生产线速度的实绩值,进行生产线速度的预测误差的过滤学习。因此,能够提高在对基于冷却装置的轧制材料的冷却量进行前馈控制时的精度。

[0215] 此外,控制装置7将学习值的信息与该轧制材料的钢种类的信息和目标板厚的信息建立对应地存储。因此,能够更可靠地提高在对基于冷却装置的轧制材料的冷却量进行前馈控制时的精度。

[0216] 工业上的可利用性

[0217] 如以上那样,本公开热轧生产线的控制装置能够在热轧生产线中利用。

[0218] 附图标记的说明

[0219] 1精轧机,2 ROT冷却装置,3夹送辊,4卷取机,5精轧机输出侧温度计,6卷取温度计,7控制装置,7a存储部,7b学习部,7c控制部,7d训练部,7e预测部,100a处理器,100b存储器,200硬件。

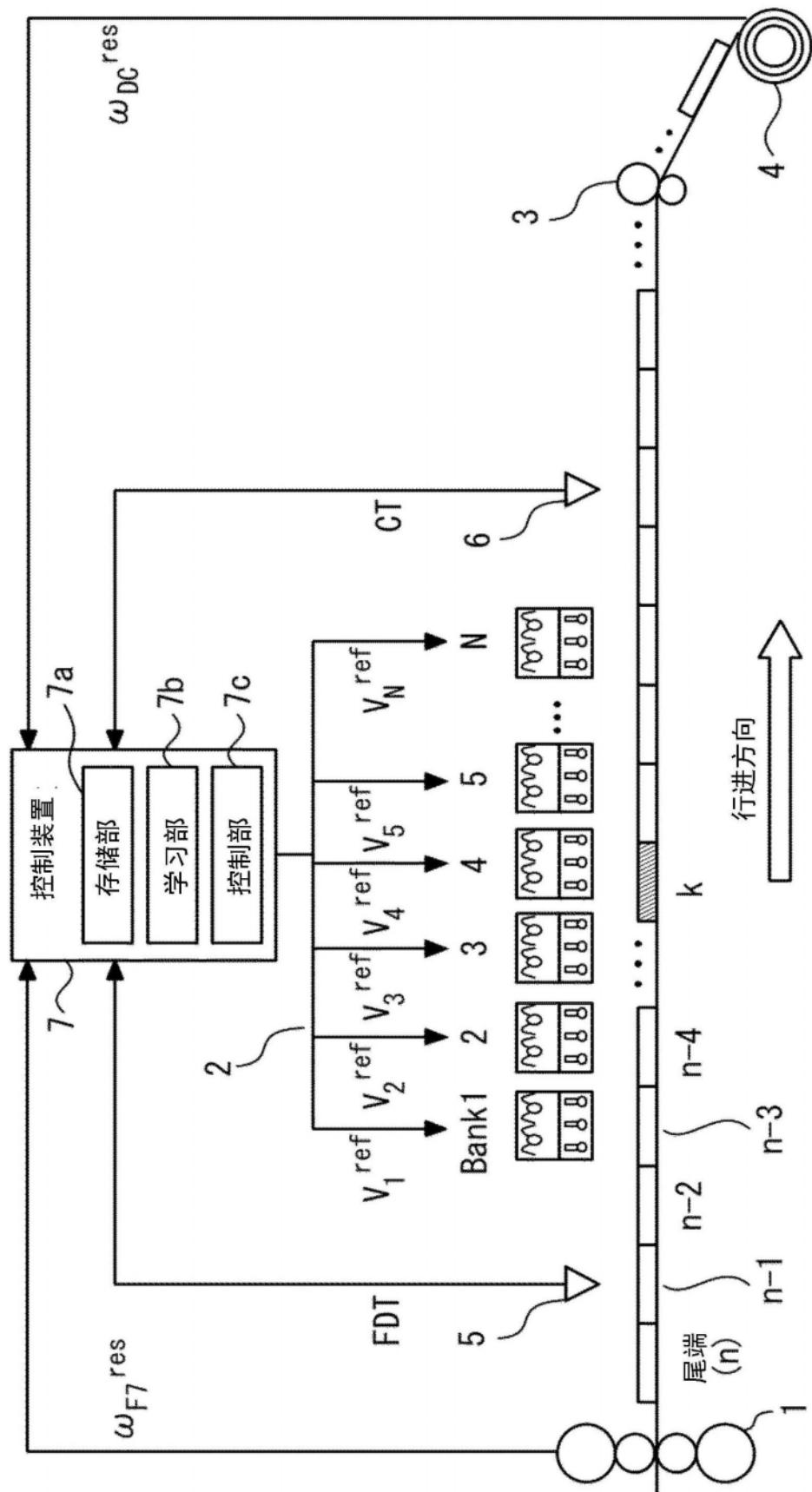


图1

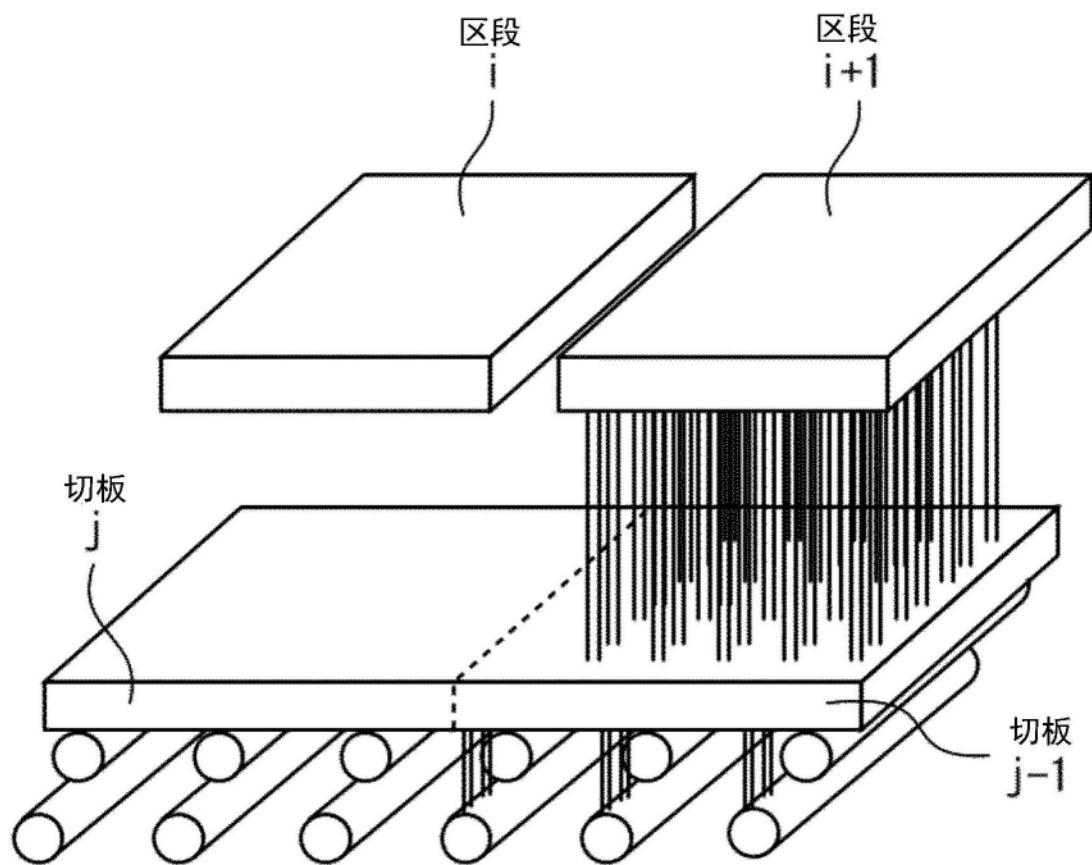


图2

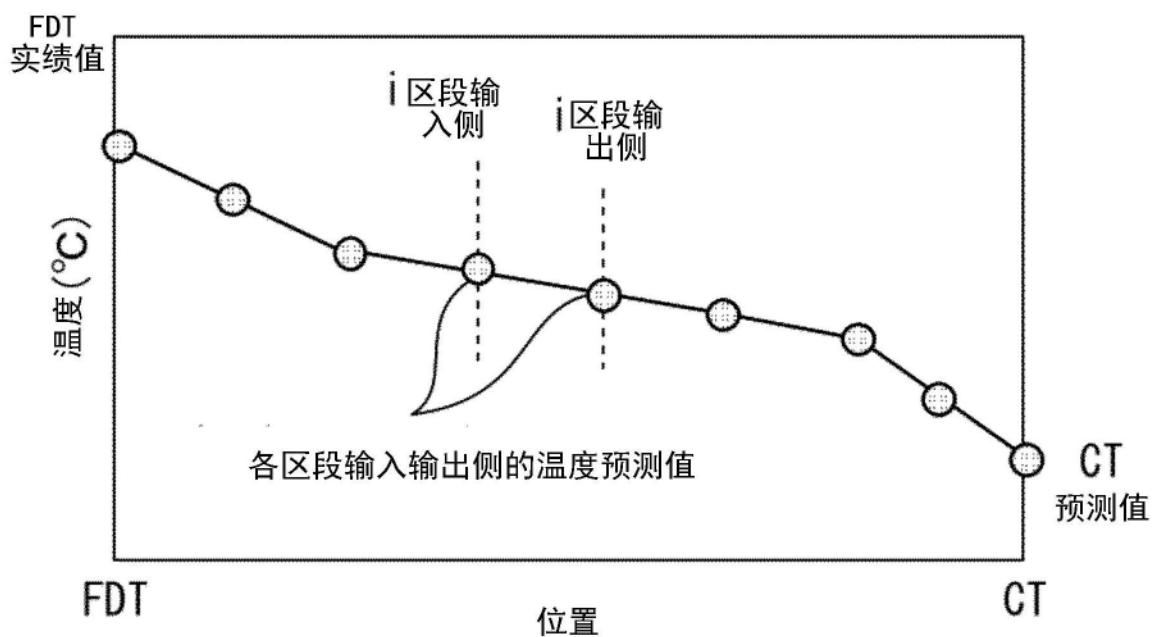


图3

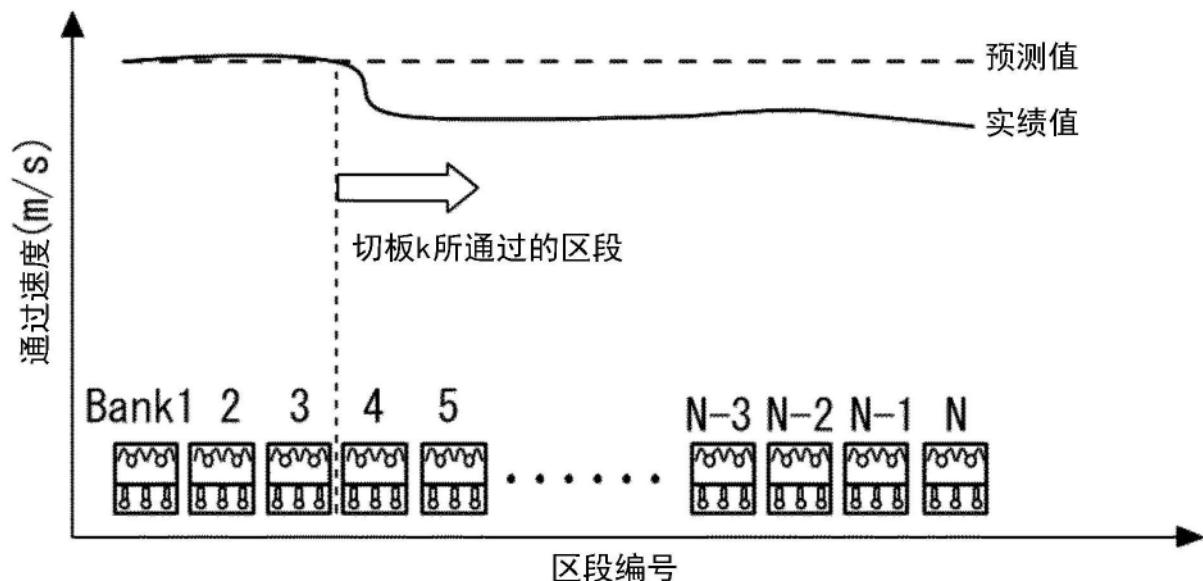


图4

| 钢种类 | 目标板厚 (mm) | 切板编号 | 学习值 (m/s) |
|------|-------------|----------|-----------|
| S15C | $h < 3$ | m | |
| | | $m+1$ | |
| | | \vdots | |
| | | n | |
| | | m' | |
| | $3 < h < 5$ | $m' + 1$ | |
| | | \vdots | |
| | | n' | |
| | | \vdots | |

图5

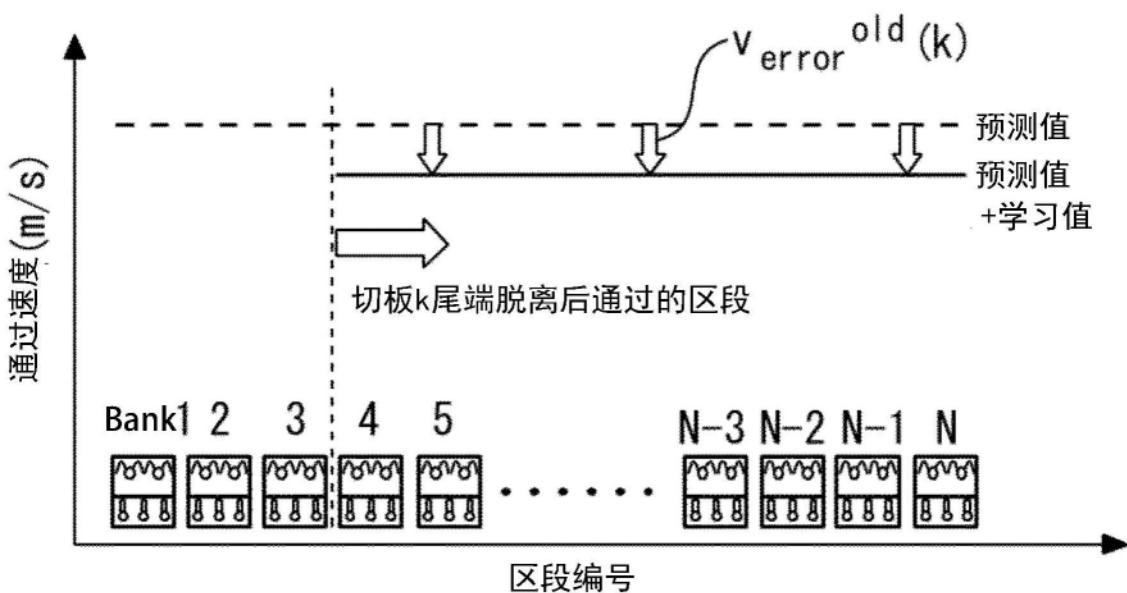


图6

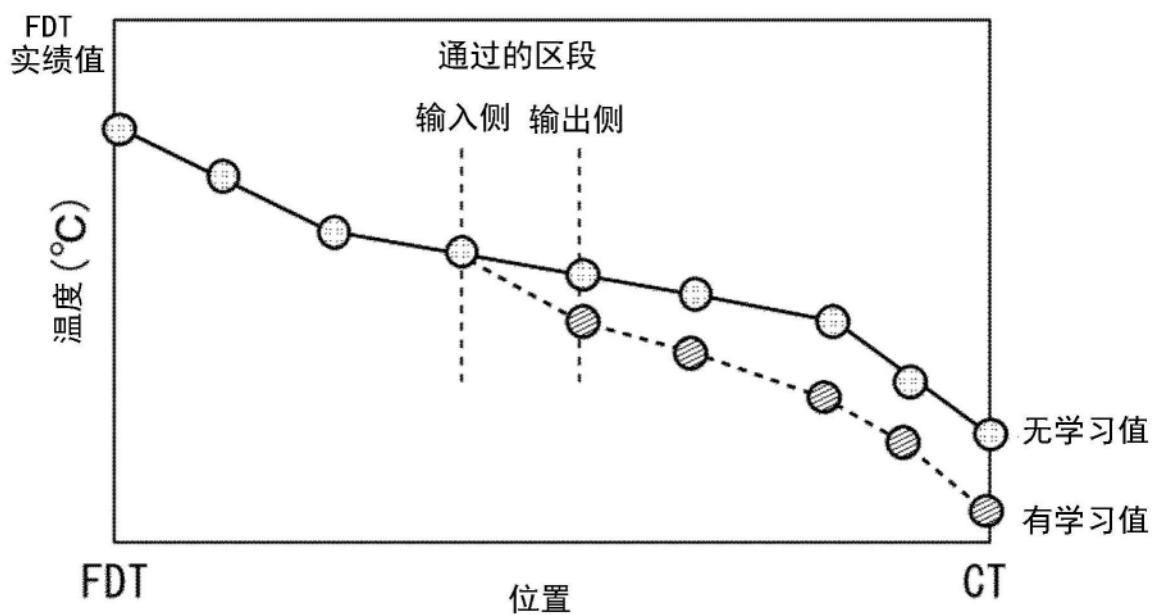


图7

| 钢种类 | 目标板厚 (mm) | Part | 对应切板编号 | 学习值(mm/s) |
|------|--------------|--------|---|-----------|
| S15C | h<3 | Head | $m \sim \text{int}\{(n-m)/3\}$ | |
| | | Middle | $\text{int}\{(n-m)/3\}+1 \sim \text{int}\{2(n-m)/3\}$ | |
| | | Tail | $\text{int}\{2(n-m)/3\}+1 \sim n$ | |
| | 3<h<5 | Head | $m' \sim \text{int}\{(n'-m')/3\}$ | |
| | | Middle | $\text{int}\{(n'-m')/3\}+1 \sim \text{int}\{2(n'-m')/3\}$ | |
| | | Tail | $\text{int}\{2(n'-m')/3\}+1 \sim n'$ | |
| | : | : | : | |

$\text{int}()$ 表示()的整数部分。

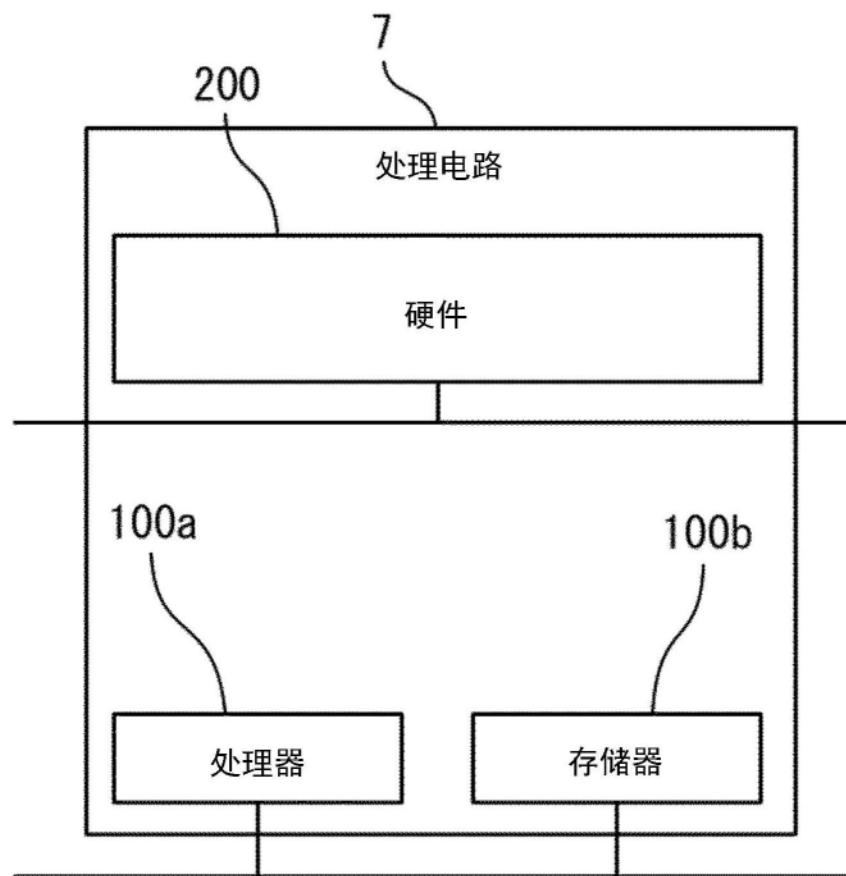


图9

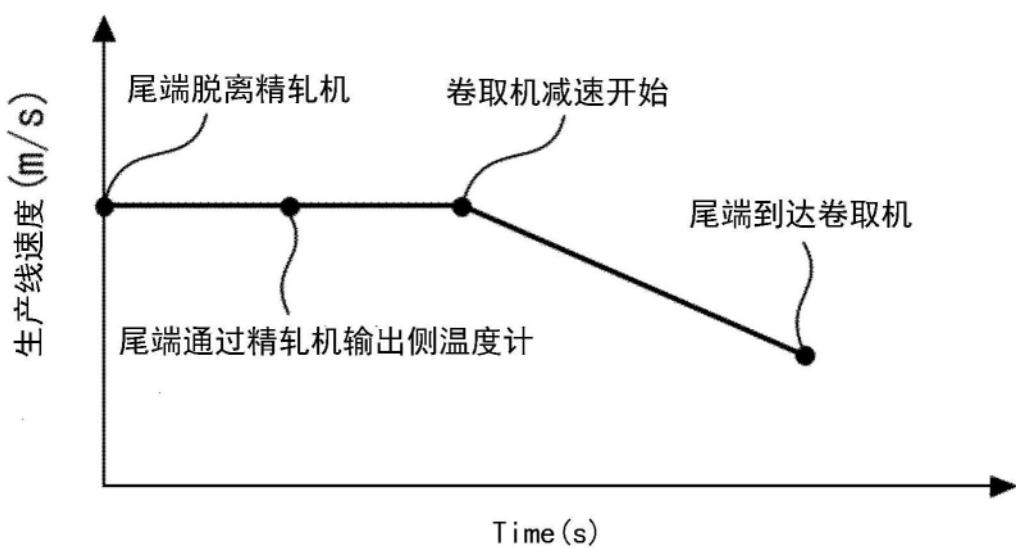


图10

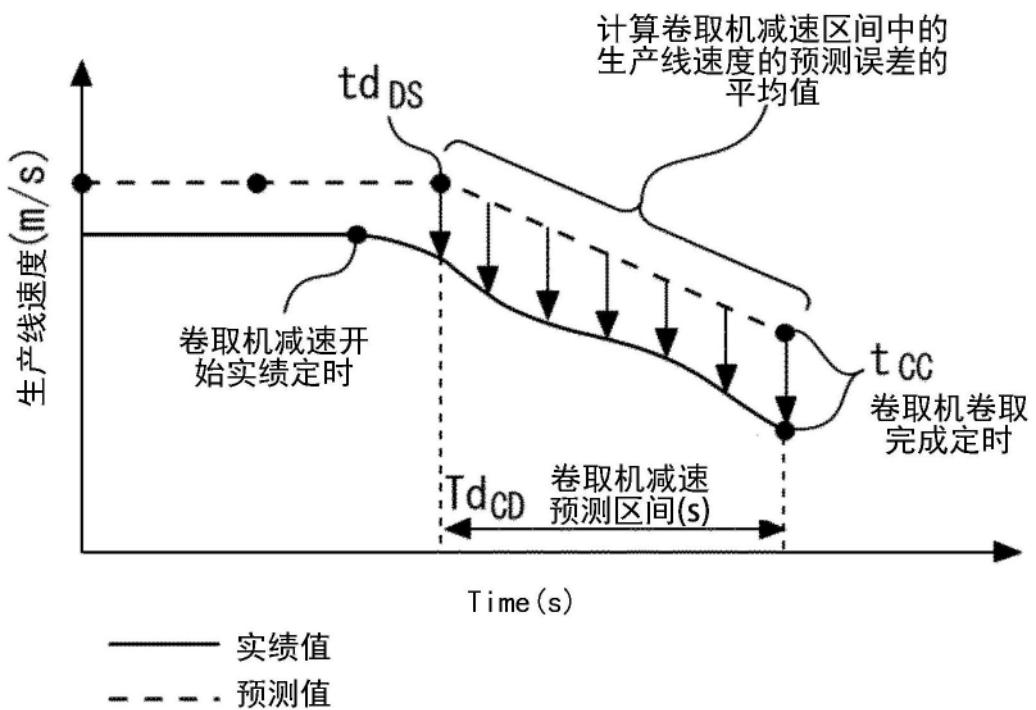


图11

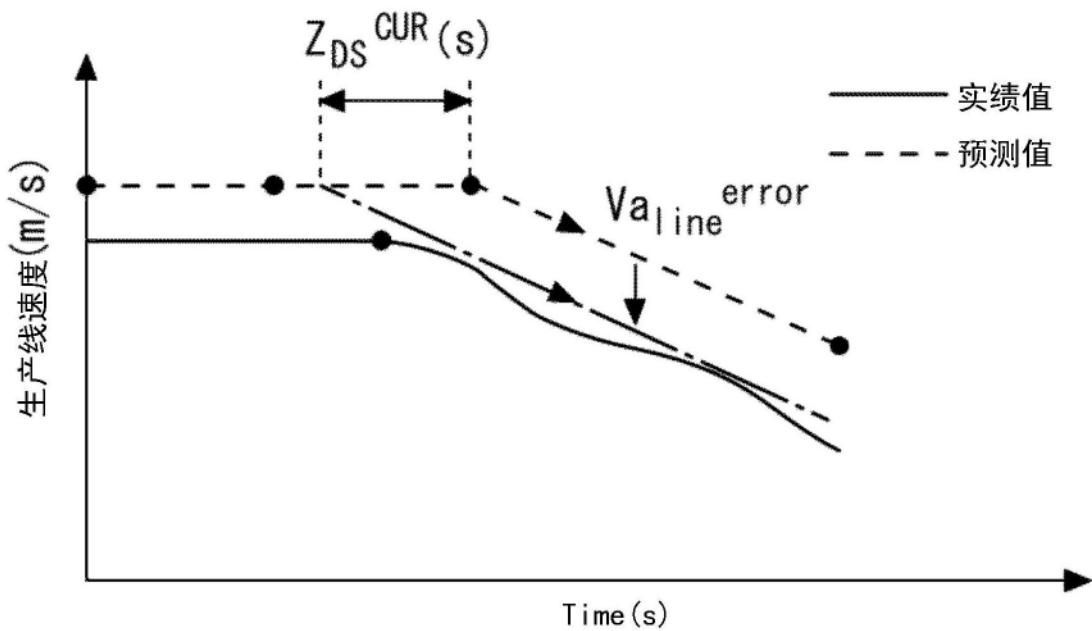


图12

| 钢种类 / 板厚 | $h < 3\text{mm}$ | $3 < h < 5\text{mm}$ | $5 < h < 7\text{mm}$ | ... | ... |
|-------------|------------------|----------------------|----------------------|-----|-----|
| SPHC | | | | | |
| SPCC | | | | | |
| SPHF | | | | | |
| ⋮ | | | | | |
| ⋮ | | | | | |

图13

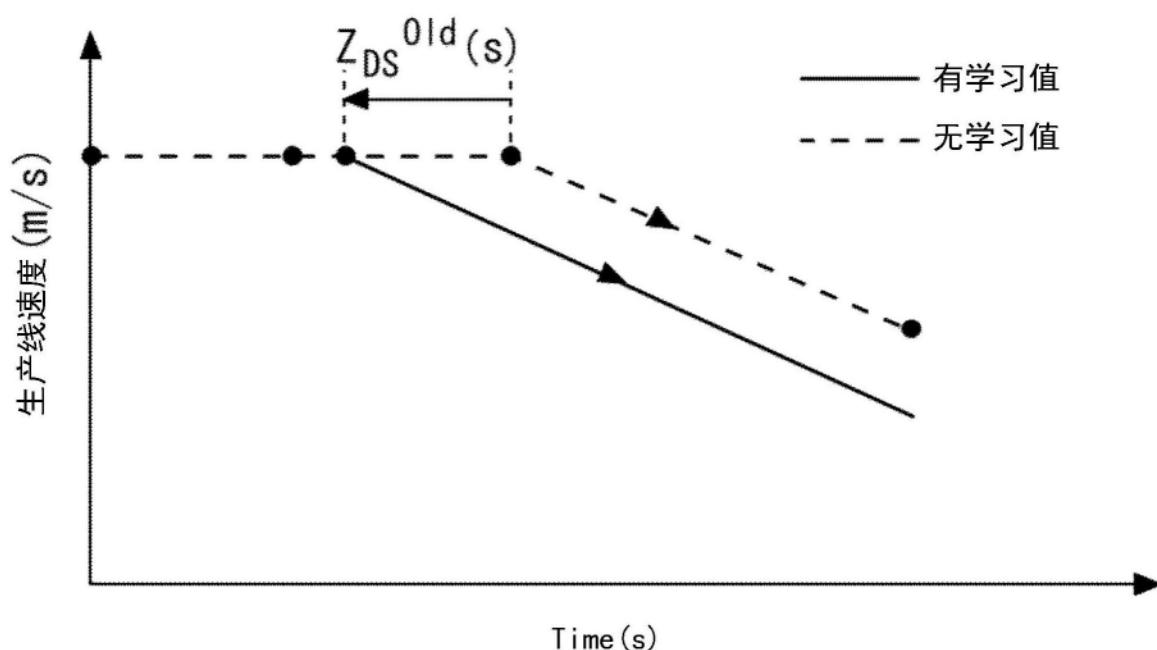


图14

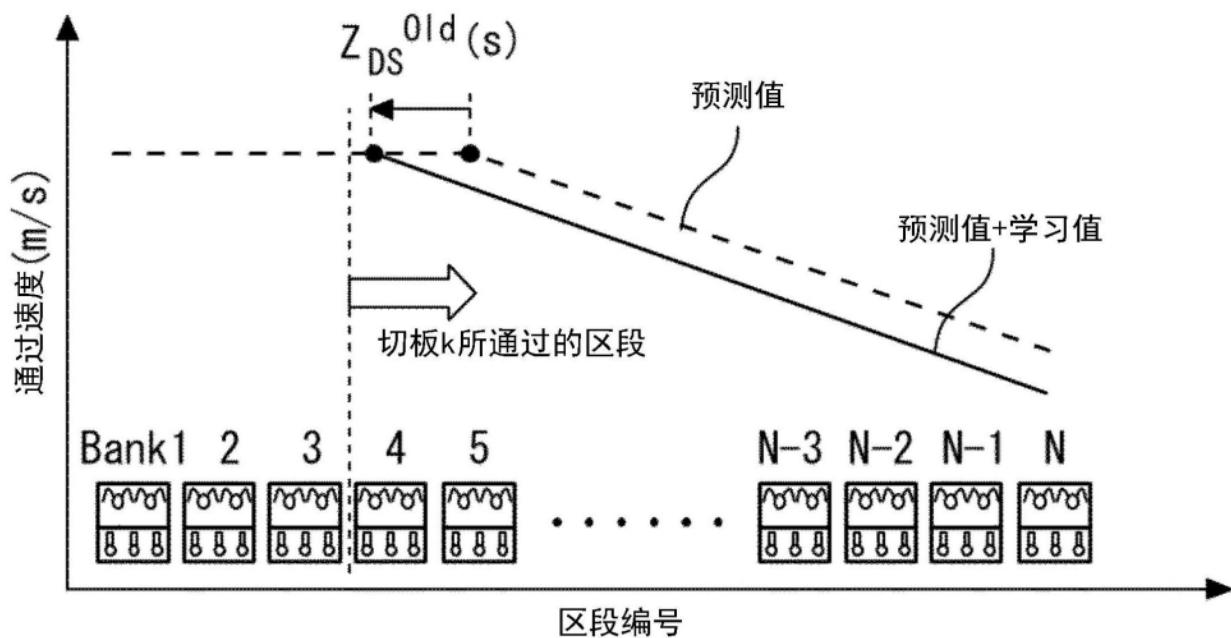


图15

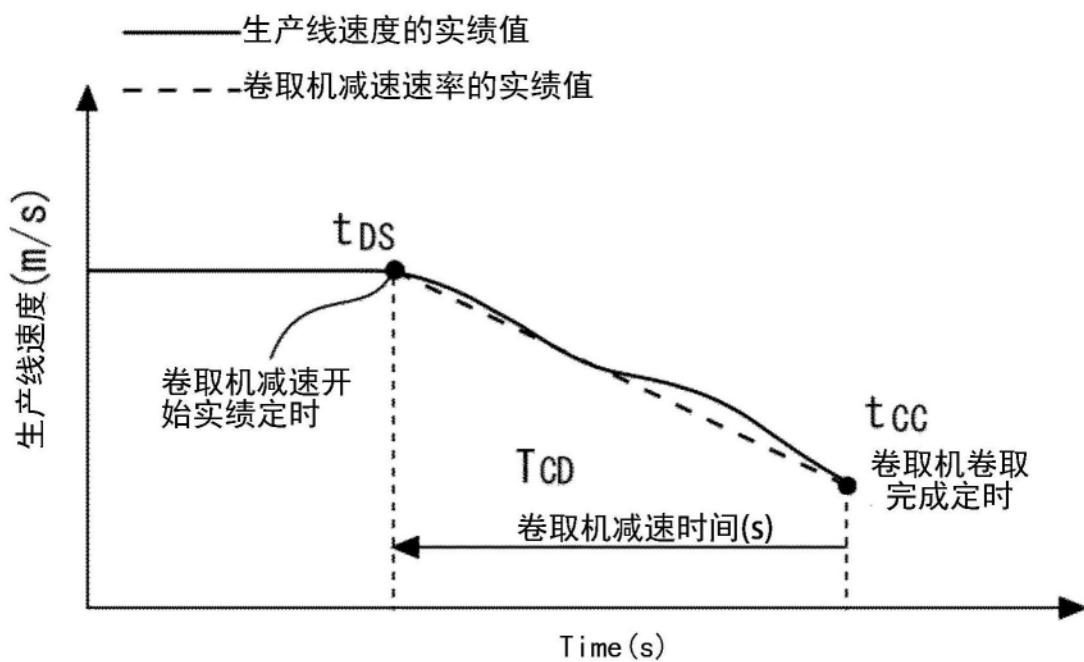


图16

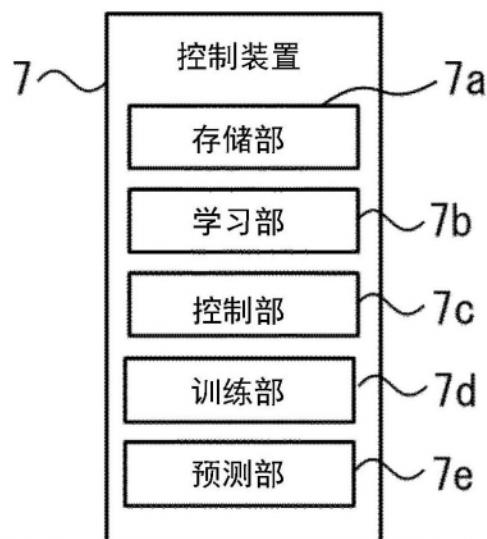
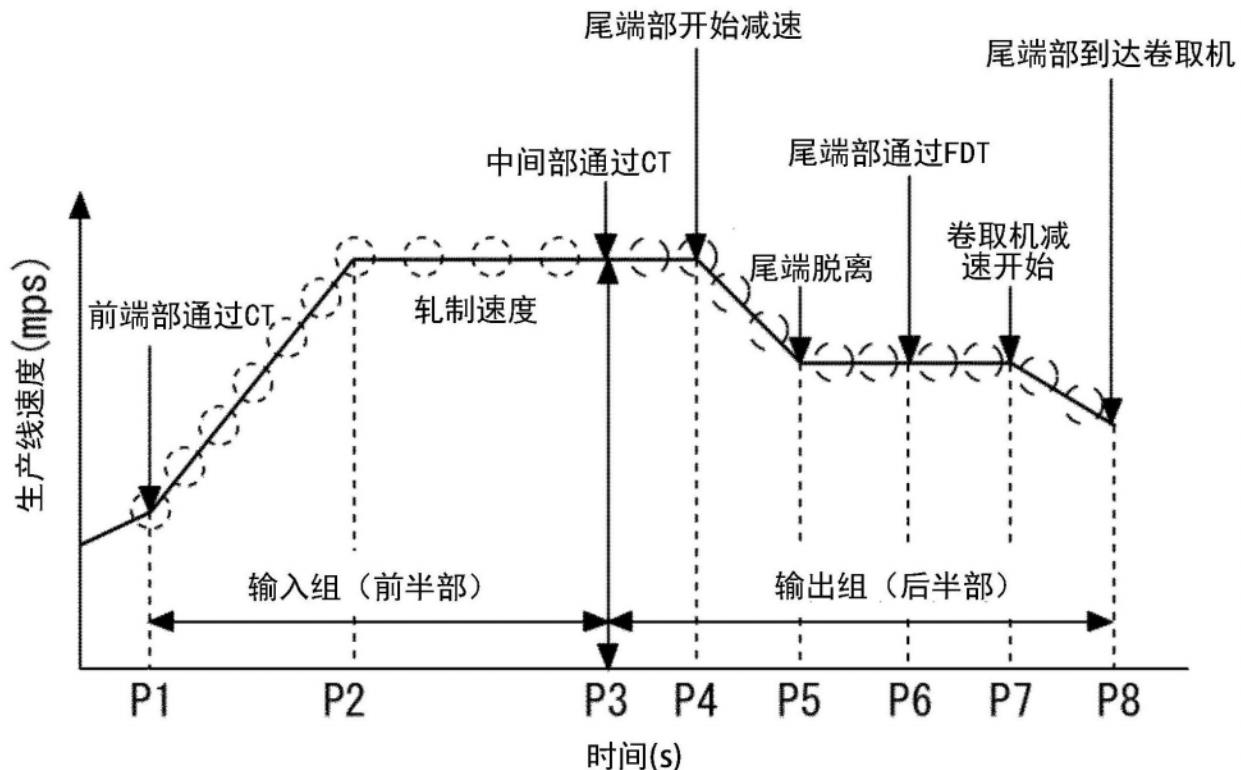


图17

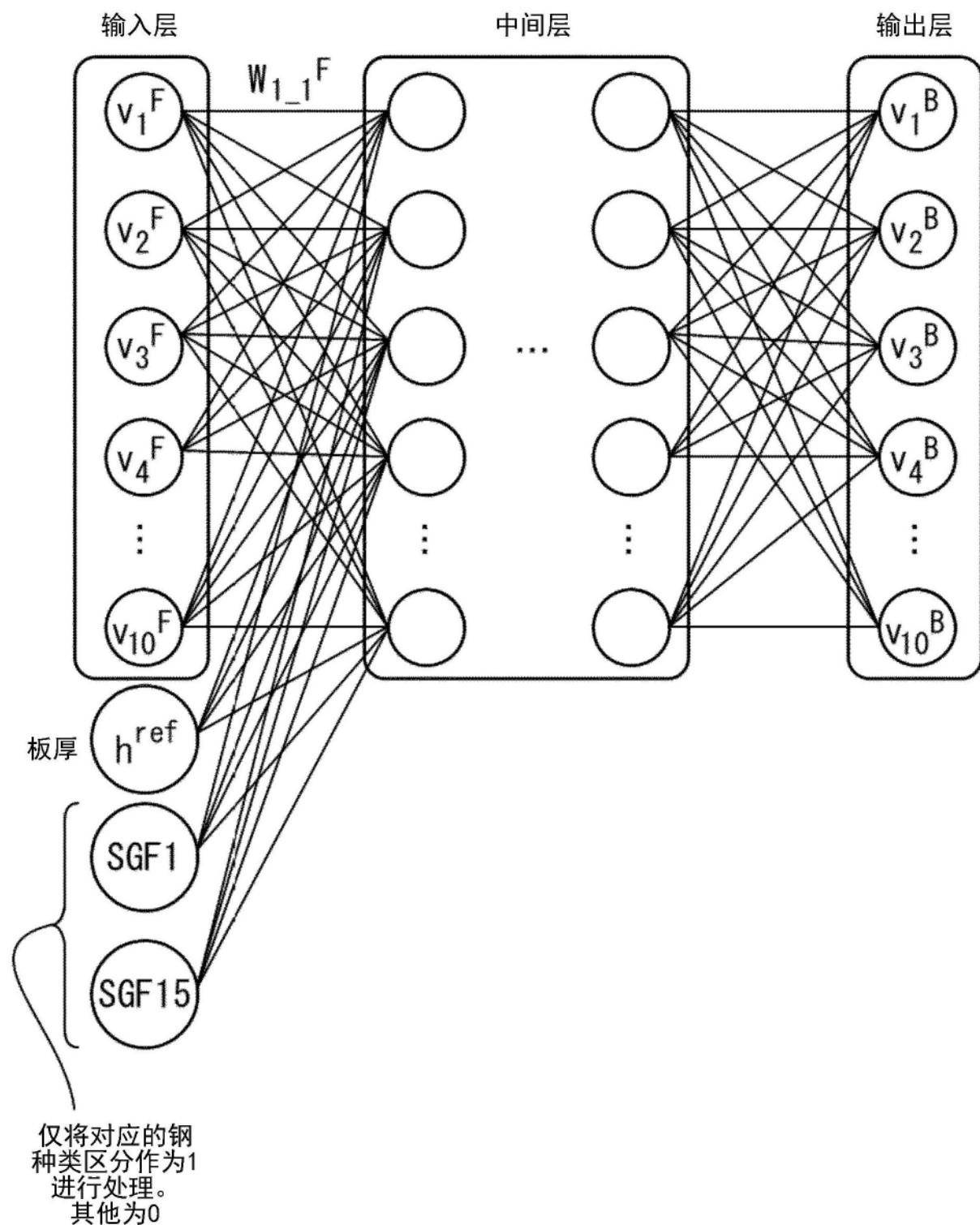
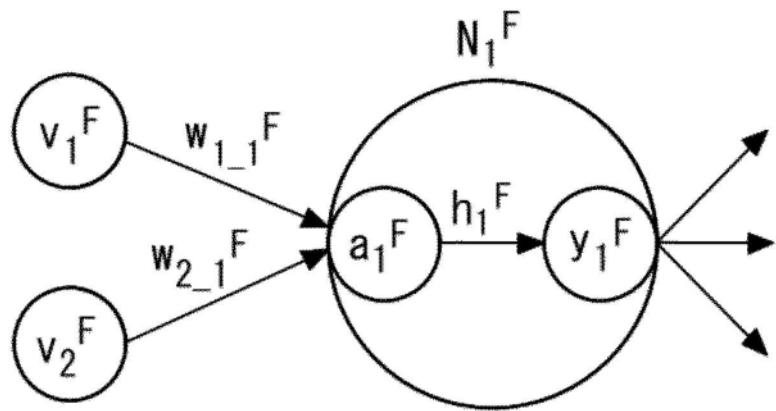


图18



$$a_1^F = v_1^F w_{1_1}^F + v_2^F w_{2_1}^F + b_1^F$$

图19

| 权重w | 偏差b |
|---------------|---------|
| $w_{1_1}^F$ | |
| $w_{2_1}^F$ | |
| \vdots | |
| $w_{26_1}^F$ | b_1^F |
| $w_{2_1}^F$ | |
| \vdots | |

图20

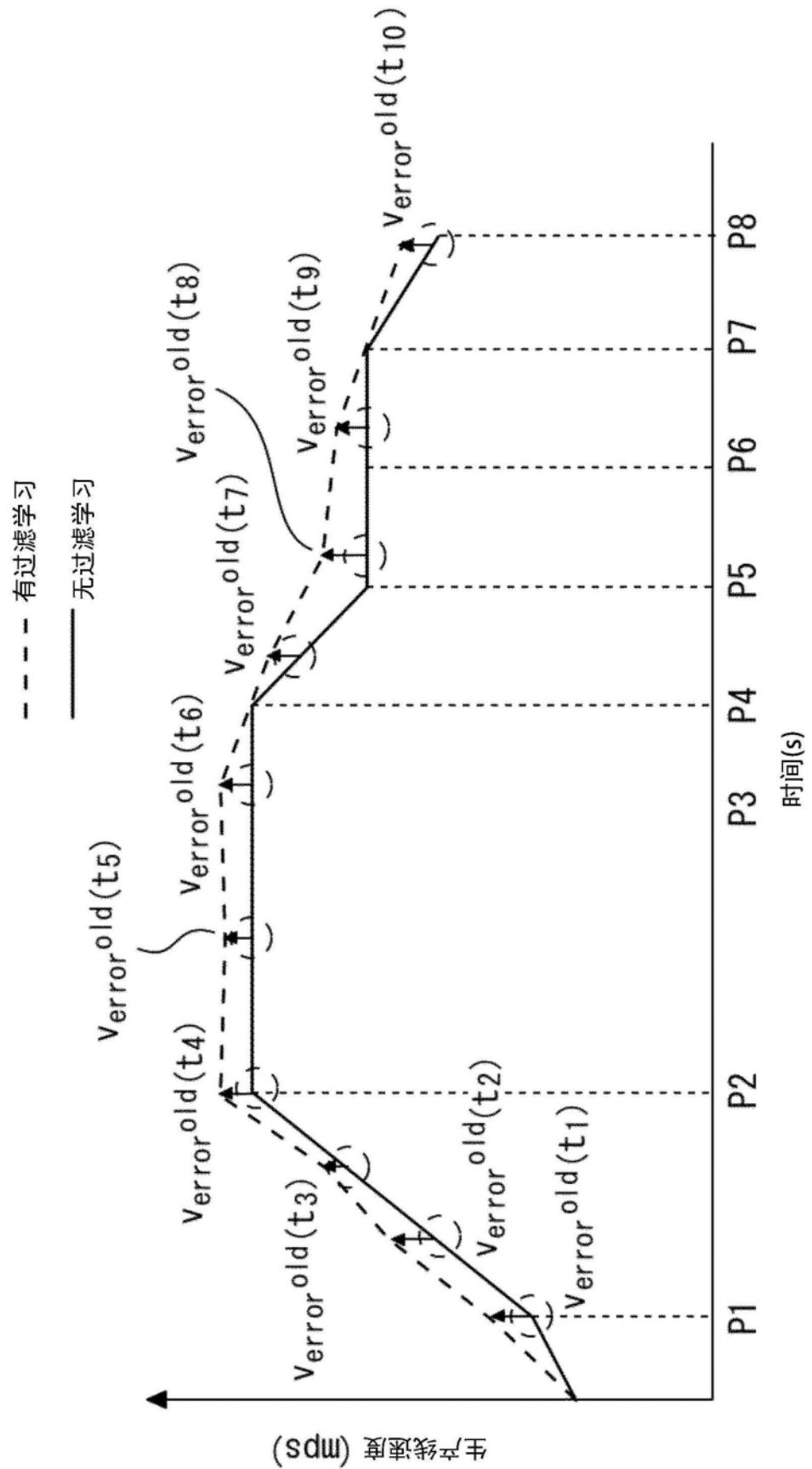


图21

| 钢种类 | 目标板厚 (mm) | 采样编号 | 学习值 (生产线速度的预测误差) (m/s) |
|------|--------------|------|------------------------------|
| S15C | h<3 | 1 | |
| | | 2 | |
| | | : | |
| | | 10 | |
| | | 1 | |
| | 3<h<5 | 2 | |
| | | : | |
| | | 10 | |
| | | ⋮ | |
| | ⋮ | ⋮ | |

图22