



(12) 发明专利申请

(10) 申请公布号 CN 119586321 A

(43) 申请公布日 2025. 03. 07

(21) 申请号 202380053730.5

(74) 专利代理机构 永新专利商标代理有限公司
72002

(22) 申请日 2023.07.21

专利代理师 高迪

(30) 优先权数据

2022-121377 2022.07.29 JP

(51) Int.Cl.

H05B 6/10 (2006.01)

(85) PCT国际申请进入国家阶段日

2025.01.14

H05B 6/36 (2006.01)

(86) PCT国际申请的申请数据

PCT/JP2023/026773 2023.07.21

(87) PCT国际申请的公布数据

W02024/024668 JA 2024.02.01

(71) 申请人 日本制铁株式会社

地址 日本

(72) 发明人 森田健斗 真弓康弘

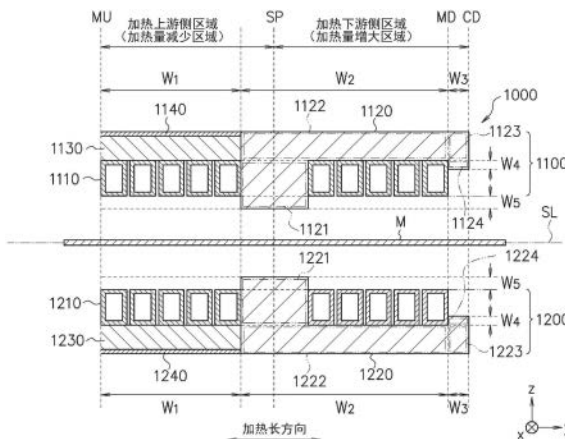
权利要求书3页 说明书13页 附图7页

(54) 发明名称

横向方式的感应加热装置

(57) 摘要

在加热上游侧区域和加热下游侧区域中使芯(1120、1220)的体积不同。



1. 一种横向方式的感应加热装置, 具有上侧感应器及下侧感应器, 上述上侧感应器及上述下侧感应器之间隔着导体板而相互对置地配置, 上述横向方式的感应加热装置通过使交变磁场与上述导体板的板面交叉, 从而对该导体板进行感应加热,

上述上侧感应器及上述下侧感应器分别具有线圈和芯,

上述上侧感应器具有的1个上述芯的体积在该1个芯的加热上游侧区域中和该1个芯的加热下游侧区域中不同, 上述下侧感应器具有的1个上述芯的体积在该1个芯的加热上游侧区域中和该1个芯的加热下游侧区域中不同,

上述芯的加热上游侧区域是与该芯的基准位置相比靠上述导体板的输送方向上的上游侧的区域,

上述芯的加热下游侧区域是与该芯的基准位置相比靠上述导体板的输送方向上的下游侧的区域,

上述芯的基准位置是该芯的线圈最上游端位置与该芯的线圈最下游端位置之间的加热长方向上的中央的位置,

上述加热长方向是与上述导体板的输送方向平行的方向,

上述芯的线圈最上游端位置是相对于该芯而配置的上述线圈的端部中的在上述加热长方向上位于最靠上述上游侧的端部的位置,

上述芯的线圈最下游端位置是相对于该芯而配置的上述线圈中的在上述加热长方向上位于最靠上述下游侧的上述线圈的端部的位置,

在上述上侧感应器具有的1个上述芯中流过同一主磁通,

在上述下侧感应器具有的1个上述芯中流过同一主磁通,

上述主磁通是通过上述导体板的磁通。

2. 如权利要求1所述的横向方式的感应加热装置,

上述上侧感应器及上述下侧感应器分别具有用来减少泄漏磁通的泄漏磁通减少部件,

上述泄漏磁通包括从上述芯产生的磁通中的没有通过上述导体板的磁通,

上述泄漏磁通减少部件被配置在加热量减少区域中,

上述加热量减少区域是上述加热上游侧区域和上述加热下游侧区域中的上述芯的体积较小的区域。

3. 如权利要求2所述的横向方式的感应加热装置,

上述泄漏磁通减少部件具有非磁性材料。

4. 如权利要求3所述的横向方式的感应加热装置,

上述泄漏磁通减少部件具有铜。

5. 如权利要求2~4中任一项所述的横向方式的感应加热装置,

上述泄漏磁通减少部件没有配置在加热量增大区域中,

上述加热量增大区域是上述加热上游侧区域和上述加热下游侧区域中的上述芯的体积较大的区域。

6. 如权利要求2~5中任一项所述的横向方式的感应加热装置,

上述泄漏磁通减少部件与上述线圈相比被配置在背面侧,

上述背面侧是与存在上述导体板的一侧相反的一侧。

7. 如权利要求2~6中任一项所述的横向方式的感应加热装置,

上述上侧感应器及上述下侧感应器分别具有夹装部件,该夹装部件用来将上述泄漏磁通减少部件与上述线圈电绝缘。

8.如权利要求2~7中任一项所述的横向方式的感应加热装置,
上述泄漏磁通减少部件具有1片或多片板,
上述板的板面与上述导体板的板面大致平行。

9.如权利要求1~8中任一项所述的横向方式的感应加热装置,
加热量增大区域中的上述芯的体积相对于加热量减少区域中的上述芯的体积的比是5.1以上,

上述加热量减少区域是上述加热上游侧区域和上述加热下游侧区域中的上述芯的体积较小的区域,

上述加热量增大区域是上述加热上游侧区域和上述加热下游侧区域中的上述芯的体积较大的区域。

10.如权利要求1~9中任一项所述的横向方式的感应加热装置,
上述芯具有:
中央侧腿部,被配置在上述线圈的中空区域;以及
中央侧躯体部,流过与流到上述中央侧腿部的主磁通相同的主磁通,
上述中央侧腿部的前端面与上述导体板以具有间隔的状态而对置,
上述中央侧躯体部包括比上述中央侧腿部靠加热量增大区域侧的区域,
上述加热量增大区域是上述加热上游侧区域和上述加热下游侧区域中的上述芯的体积较大的区域,

上述中央侧躯体部与上述线圈相比被配置在背面侧,
上述背面侧是与存在上述导体板的一侧相反的一侧。

11.如权利要求10所述的横向方式的感应加热装置,
上述上侧感应器及上述下侧感应器分别具有用来减少泄漏磁通的泄漏磁通减少部件,
上述泄漏磁通包括从上述芯产生的磁通中的没有通过上述导体板的磁通,
上述泄漏磁通减少部件被配置在加热量减少区域中,
上述加热量减少区域是上述加热上游侧区域和上述加热下游侧区域中的上述芯的体积较小的区域,

上述中央侧躯体部的上述加热长方向上的长度比上述泄漏磁通减少部件的加热长方向上的长度长。

12.如权利要求10或11所述的横向方式的感应加热装置,
上述芯具有端侧躯体部,该端侧躯体部中流过与流到上述中央侧躯体部的主磁通相同的主磁通,

上述端侧躯体部与上述线圈相比被配置在上述背面侧,并且被配置在比上述中央侧腿部及上述线圈靠上述加热量增大区域侧。

13.如权利要求12所述的横向方式的感应加热装置,
上述芯具有端侧腿部,该端侧腿部中流过与流到上述端侧躯体部的主磁通相同的主磁通,

上述端侧腿部被配置在比上述中央侧躯体部及上述线圈靠上述加热量增大区域侧,并

且与上述端侧躯体部相比被配置在上述导体板侧，

上述端侧腿部的前端面与上述导体板以具有间隔的状态而对置。

14. 如权利要求13所述的横向方式的感应加热装置，

上述线圈被配置在比上述端侧腿部的前端面靠上述导体板侧。

15. 如权利要求10~14中任一项所述的横向方式的感应加热装置，

上述中央侧腿部及上述中央侧躯体部以外的上述芯的部分没有存在于加热量减少区域中，

上述加热量减少区域是上述加热上游侧区域和上述加热下游侧区域中的上述芯的体积较小的区域。

16. 如权利要求1~15中任一项所述的横向方式的感应加热装置，

上述加热下游侧区域中的上述芯的体积比上述加热上游侧区域中的上述芯的体积大。

横向方式的感应加热装置

技术领域

[0001] 本发明涉及横向(transverse)方式的感应加热装置。本申请基于2022年7月29日提出的日本专利申请第2022-121377号主张优先权,这里引用其全部内容。

背景技术

[0002] 作为将导体板加热的装置有感应加热装置。感应加热装置具有线圈。从感应加热装置的线圈产生交变磁场(交流磁场)。通过该交变磁场而在导体板中感应出涡电流。通过基于该涡电流的焦耳热来加热该导体板。作为这样的感应加热装置有横向方式的感应加热装置。横向方式的感应加热装置通过使交变磁场与导体板大致垂直(优选的是垂直)地交叉,在该导体板中感应出涡电流。

[0003] 作为横向方式的感应加热装置,有专利文献1~3中记载的技术。

[0004] 在专利文献1中,公开了使用1个U型芯、将两个U型芯相邻地配置而得到的芯、以及将3个以上的U型芯相邻地配置而得到的芯作为横向方式的感应加热装置的芯。

[0005] 此外,在专利文献2中,也公开了使用将上述的两个U型芯相邻地配置而得到的芯(E型芯)作为横向方式的感应加热装置的芯。

[0006] 此外,在专利文献3中,公开了使用具有在导体板的输送方向上以一定间隔配置为交错配置的多个腿部的芯作为横向方式的感应加热装置的芯。

[0007] 现有技术文献

[0008] 专利文献

[0009] 专利文献1:日本特开2010-257894号公报

[0010] 专利文献2:日本特开2010-27470号公报

[0011] 专利文献3:日本实开平2-69959号公报

发明内容

[0012] 发明要解决的课题

[0013] 但是,在专利文献1~3所记载的技术中,在横向方式的感应加热装置的入侧(导体板的输送方向的上游侧)的区域和出侧(导体板的输送方向的下游侧)的区域中,相对于导体板交叉的交变磁场变得均匀。因而,在横向方式的感应加热装置的入侧的区域和出侧的区域中,针对导体板的加热量变得相同。由此,有可能不能满足在导体板的品质方面所要求的品质。

[0014] 本发明是鉴于以上的问题而做出的,目的在于提供一种能够以满足对导体板要求的品质的方式将导体板感应加热的横向方式的感应加热装置。

[0015] 用来解决课题的手段

[0016] 本发明的横向方式的感应加热装置,具有上侧感应器及下侧感应器,该上侧感应器及下侧感应器之间隔着导体板而相互对置地配置,使交变磁场与上述导体板的板面交叉从而对该导体板进行感应加热,上述上侧感应器及上述下侧感应器分别具有线圈和芯;上

述上侧感应器具有的1个上述芯的体积和上述下侧感应器具有的1个上述芯的体积在该1个芯的加热上游侧区域和该1个芯的加热下游侧区域中分别不同；上述芯的加热上游侧区域是比该芯的基准位置靠上述导体板的输送方向上的上游侧的区域；上述芯的加热下游侧区域是比该芯的基准位置靠上述导体板的输送方向上的下游侧的区域；上述芯的基准位置是该芯的线圈最上游端位置和该芯的线圈最下游端位置的加热长方向上的中央的位置；上述加热长方向是与上述导体板的输送方向平行的方向；上述芯的线圈最上游端位置是相对于该芯配置的上述线圈的端部中的、在上述加热长方向上位于最靠上述上游侧的端部的位置；上述芯的线圈最下游端位置是相对于该芯而配置的上述线圈的中的、在上述加热长方向上位于最靠上述下游侧的上述线圈的端部的位置；在上述上侧感应器具有的1个上述芯中流过同一主磁通；在上述下侧感应器具有的1个上述芯中流过同一主磁通；上述主磁通是经过上述导体板的磁通。

附图说明

- [0017] 图1是表示横向方式的感应加热装置的一例的剖视图。
- [0018] 图2A是表示横向方式的感应加热装置的一例的平面图。
- [0019] 图2B是表示横向方式的感应加热装置的一例的仰视图。
- [0020] 图3是表示横向方式的感应加热装置的一例的后视图。
- [0021] 图4是表示横向方式的感应加热装置的一例的正视图。
- [0022] 图5是概念性地表示流到感应加热装置的主磁通的一例的图。
- [0023] 图6A是概念性地表示使用本实施方式的感应加热装置而被加热的导体板的发热量的一例的图。
- [0024] 图6B是概念性地表示使用两个通常的感应加热装置而被加热的导体板的发热量的一例的图。

具体实施方式

- [0025] 以下,参照附图来说明本发明的一实施方式。
- [0026] 另外,长度、位置、大小、间隔等比较对象相同是指,除了包括严格地相同的情况以外,还包括在不脱离发明的主旨的范围内不同(例如,在设计时在所设定的公差的范围内有不同)的情况。此外,在各图中,为了说明及表述的方便,根据需要仅将说明所需要的部分简化表示。此外,在各图中,x-y-z坐标表示各图中的朝向的关系。在空心圆(○)之中带有叉标记(×)的符号表示是从纸面外侧朝向内侧的方向为正方向的轴。此外,在空心圆(○)之中带有黑点(●)的符号表示是从纸面的内侧朝向纸面外侧的方向为正方向的轴。此外,在本实施方式中,例示了x-y平面是水平面、z轴方向为高度方向的情况下的状况。
- [0027] 图1~图4是表示横向方式的感应加热装置的一例的图。在本实施方式中,例示了导体板M的输送方向是y轴的正方向、导体板M的宽度方向是x轴方向、导体板M的板厚方向是z轴方向的情况。在此情况下,导体板M的输送方向的上游侧是y轴的负方向侧,下游侧是y轴的正方向侧。这里,将与导体板M的输送方向(y轴的正方向)平行的方向(即y轴方向)称作加热长方向。加热长方向对应于导体板M的长度方向。
- [0028] 图1表示相对于导体板M的宽度方向(x轴方向)垂直地切割后的情况下的横向方式

的感应加热装置1000的截面(y-z截面)。图2A表示将横向方式的感应加热装置1000从其上方(z轴的正方向侧)观察的状况(平面图)。图2B表示将横向方式的感应加热装置1000从其下方(z轴的负方向侧)观察的状况(仰视图)。图3表示将横向方式的感应加热装置1000从导体板M的输送方向的上游侧(y轴的负方向侧)观察的状况(后视图)。图4表示将横向方式的感应加热装置1000从导体板M的输送方向的下游侧(y轴的正方向侧)观察的状况(正视图)。在以下的说明中,将导体板M的输送方向根据需要而简称为输送方向,将导体板M的宽度方向根据需要而简称为宽度方向,将导体板M的板厚方向根据需要而简称为板厚方向。

[0029] 横向方式的感应加热装置1000通过使交变磁场与输送中的导体板M的板面大致垂直(优选的是垂直)地交叉,从而对导体板M进行感应加热。另外,导体板M例如是钢板等的金属板。在以下的说明中,将横向方式的感应加热装置根据需要而简称为感应加热装置。以下,说明感应加热装置1000的结构的一例。另外,关于感应加热装置1000的尺寸($W_1 \sim W_5$)在(设计方法)的栏中将后述。

[0030] (感应加热装置1000)

[0031] 感应加热装置1000具有上侧感应器1100和下侧感应器1200。上侧感应器1100及下侧感应器1200之间隔着导体板M而相互对置,以在导体板M的板厚方向(z轴方向)上具有间隔的状态而配置。这样,导体板M的板厚方向(z轴方向)对应于上侧感应器1100及下侧感应器1200对置的方向。在图1~图4所示的感应加热装置1000中,例示了上侧感应器1100及下侧感应器1200处于以假想面SL为对称面的面对称的关系的情况。假想面SL是经过导体板M的板厚方向(z轴方向)的中央的位置、且与宽度方向(x轴方向)及长度方向(y轴方向)平行的面。另外,假想面SL不是实际存在的面。

[0032] 上侧感应器1100、下侧感应器1200分别具有线圈1110、1210和芯1120、1220。

[0033] 线圈1110、1210的匝数分别是N(N是1以上的整数)。线圈1110、1210的匝数没有被限定。在图1及图2中,例示了线圈1110、1210的匝数N分别是5的情况。线圈1110、1210例如分别以该线圈1110、1210的中心线与导体板M的板面大致正交(优选的是正交)的方式而配置。线圈1110、1210既可以电串联地连接,也可以电并联地连接。在此情况下,流到线圈1110、1210的交流电流是从同一交流电源供给的交流电流。此外,线圈1110、1210也可以不电连接。在此情况下,流到线圈1110、1210的交流电流是从各个交流电源供给的交流电流。另外,电串联地连接是与在电路领域中通常使用的串联连接相同的意思。此外,电并联地连接是与在电路领域中通常使用的并联连接相同的意思。在以下的说明中,将电串联地连接根据需要而简单称作串联连接。此外,将电并联地连接根据需要而简单称作并联连接。

[0034] 只要通过从交流电源流到线圈1110、1210的交流电流,从而实现使从线圈1110、1210产生的磁通在同时刻的朝向为大致相同(优选的是相同)的方向,以及使从线圈1110、1210产生的交变磁场与导体板M的板面大致垂直(优选的是垂直)地交叉即可。

[0035] 另外,在图1、图2A及图2B所示的例子中,在线圈1110、1210被串联连接的情况下,感应加热装置1000中的线圈1110、1210整体的匝数为10($=2 \times 5$)。另一方面,在线圈1110、1210被并联连接的情况下,感应加热装置1000中的线圈1110、1210整体的匝数为5。

[0036] 在图1~图4中,例示了使用铜管构成线圈1110、1210的情况。铜管例如具有中空的长方体形状。对于铜管的中空部分供给冷却介质(例如冷却水)。另外,这里为了使表述变得简单,如图2A及图2B所示,例示了使用螺旋状的铜管来构成线圈1110、1210的情况。但是,线

圈1110、1220的结构并不限于这样的结构。感应加热装置1000也可以具有在感应加热装置中采用的公知的结构的线圈。

[0037] 在芯1120、1220上,分别配置(卷绕)线圈1110、1210。芯1120、1220使用软磁性材料而构成。此外,芯1120、1220的体积在加热上游侧区域和加热下游侧区域中不同。加热上游侧区域是比基准位置SP靠输送方向上的上游侧(y轴的负方向侧)的区域。加热下游侧区域是比基准位置SP靠输送方向上的下游侧(y轴的正方向侧)的区域。在以下的说明中,将输送方向上的上游侧、输送方向上的下游侧根据需要分别简称作上游侧、下游侧。

[0038] 基准位置SP是线圈最上游端位置MU和线圈最下游端位置MD的加热长方向(y轴方向)上的中央的位置。线圈最上游端位置MU是线圈1110、1210的端部的位置中的、在加热长方向(y轴方向)上位于最上游侧(y轴的负方向侧)的端部的位置。线圈最下游端位置MD是线圈1110、1210的端部的位置中的、在加热长方向(y轴方向)上位于最下游侧(y轴的正方向侧)的端部的位置。

[0039] 如图1所例示,在对于1个芯1120、1220在加热长方向(y轴方向)上配置的线圈1110、1210的数量为1的情况下,线圈最上游端位置MU是该线圈1110、1210的端部的位置中的、在加热长方向(y轴方向)上位于最上游侧(y轴的负方向侧)的端部的位置。此外,线圈最下游端位置MD是该线圈1110、1210的端部的位置中的、在加热长方向(y轴方向)上位于最下游侧(y轴的正方向侧)的端部的位置。

[0040] 另一方面,在对于1个芯1120、1220以在加热长方向(y轴方向)上具有间隔而排列的方式配置多个线圈的情况下,线圈最上游端位置MU在该多个线圈中的在加热长方向上位于最上游侧(y轴的负方向侧)的线圈中决定。即,线圈最上游端位置MU是在该加热长方向上位于最上游侧的线圈的端部的位置中的、在加热长方向上位于最上游侧的端部的位置。此外,线圈最下游端位置MD在该多个线圈中的在加热长方向上位于最下游侧(y轴的正方向侧)的线圈中决定。即,线圈最下游端位置MD是在该加热长方向上位于最下游侧的线圈的端部的位置中的、在加热长方向上位于最下游侧的端部的位置。

[0041] 如上所述,上侧感应器1100具有的1个芯1120的体积在该1个芯1120的加热上游侧区域和该1个芯1120的加热下游侧区域中不同。同样,下侧感应器1200具有的1个芯1220的体积在该1个芯1220的加热上游侧区域和该1个芯1220的加热下游侧区域中不同。

[0042] 这里,在上侧感应器1100具有的1个芯1120中,流过同一主磁通。同样,在下侧感应器1200具有的1个芯1220中,流过同一主磁通。图5是概念性地表示流到感应加热装置1000中的主磁通的一例的图。另外,在图5中,将线圈1110、1210的结构简略化地表示。此外,在图5中,省略了表示截面的阴影。

[0043] 主磁通是贡献于导体板M的加热的磁通。主磁通是从芯1120、1220产生的磁通中的经过导体板M的磁通。主磁通相对于导体板M的板面大致正交(优选的是正交)。如图5所示,表示主磁通的磁通线 $\phi 1 \sim \phi 32$ 起点及终点分别相同。即,如图5所示,由各个磁通线 $\phi 1 \sim \phi 32$ 构成的路径(磁路)为闭合路径。在图5中,例示了由磁通线 $\phi 1 \sim \phi 32$ 构成的路径(磁路)是经过上侧感应器1100具有的芯1120、导体板M和下侧感应器1200具有的芯1220的闭合路径的情况。

[0044] 在上侧感应器1100中,在芯1120中流过同一主磁通。即,在芯1120的内部存在由同一磁通线 $\phi 1 \sim \phi 32$ 构成的路径(磁路)。因而,芯1120是1个芯。同样,在下侧感应器1200中,

在芯1220中流过同一主磁通。即,在芯1220的内部存在由同一磁通线 $\phi 1 \sim \phi 32$ 构成的路径(磁路)。因而,芯1220是1个芯。在图1~图4中,例示了芯1120、1220分别为一体的情况。假设构成芯的多个部分以相互具有间隔的状态而配置。在该多个部分中流过同一主磁通的情况下,由该多个部分构成的芯是1个芯。

[0045] 另一方面,在上侧感应器1100中,作为这样的主磁通对于没有流过同一主磁通的芯而言,该芯不是相同的芯(即,是不同的芯)。同样,在下侧感应器1200中,作为这样的主磁通对于没有流过同一主磁通的芯而言,该芯是不同的芯。此外,即使是流过同一主磁通的芯,上侧感应器1100具有的芯1120与下侧感应器1200具有的芯1220也是不同的芯。

[0046] 如以上所述,在图1~图4中,例示了上侧感应器1100具有1个芯1120的情况。此外,在图1~图4中,例示了芯1120的加热下游侧区域的体积比芯1120的加热上游侧区域的体积大的情况。同样,在图1~图4中,例示了下侧感应器1200具有1个芯1220的情况。此外,在图1~图4中,例示了芯1220的加热下游侧区域的体积比芯1220的加热上游侧区域的体积大的情况。使得芯1120、1220的加热下游侧区域的体积比芯1120、1220的加热上游侧区域的体积大,是为了使正在穿过加热下游侧区域的导体板M的发热量(即,对于导体板M的加热量)比正在穿过加热上游侧区域的导体板M的发热量大。在以下的说明中,根据需要将加热上游侧区域及加热下游侧区域中的芯的体积较小的区域称作加热量减少区域。此外,根据需要将在芯的体积较大的区域称作加热量增大区域。在图1~图4中,例示了加热上游侧区域是加热量减少区域、加热下游侧区域是加热量增大区域的情况。在图1、图2A及图2B中,将(加热量减少区域)表示在加热上游侧区域的下方以及将(加热量增大区域)表示在加热下游侧区域的下方,就是表示上述的情况。

[0047] 在图1~图4中,例示了感应加热装置1000的加热长方向(y轴方向)的区域中的从线圈最上游端位置MU到基准位置SP的区域是加热上游侧区域(加热量减少区域)的情况。此外,在图1、图2A及图2B中,例示了上侧感应器1100的加热长方向(y轴方向)的区域中的从基准位置SP到最下游位置CD的区域是加热下游侧区域(加热量增大区域)的情况。同样,在图1、图2A及图2B中,例示了下侧感应器1200的加热长方向(y轴方向)的区域中的从基准位置SP到最下游位置CD的区域是加热下游侧区域(加热量增大区域)的情况。最下游位置CD是上侧感应器1100、下侧感应器1200的端部中的、在加热长方向(y轴方向)上位于最下游侧(y轴的正方向侧)的端部的位置。

[0048] 与图1~图4所示的例子相反,在上侧感应器具有的1个芯中,也可以使加热上游侧区域的体积比加热下游侧区域的体积大。同样,在下侧感应器具有的1个芯中,也可以使加热上游侧区域的体积比加热下游侧区域的体积大。在使正在穿过加热上游侧区域的导体板M的发热量(即,对于导体板M的加热量)比正在穿过加热下游侧区域的导体板M的发热量大的情况下,如这样做。在此情况下,加热下游侧区域是加热量减少区域,加热上游侧区域是加热量增大区域。例如,如果设为使图1~图4所示的感应加热装置1000旋转了 180° 的状态,则实现了加热上游侧区域与加热下游侧区域相比芯的体积较大的感应加热装置的一例。因而,省略了这样的感应加热装置的图示。另外,使图1~图4所示的感应加热装置1000旋转 180° 时的旋转轴的加热长方向(y轴方向)上的位置例如是基准位置SP。此外,该旋转轴的宽度方向(x轴方向)上的位置例如是芯1120、1220的中央的位置。此外,该旋转轴延伸的方向例如是板厚方向(z轴方向)。

[0049] 如以上所述,在加热上游侧区域和加热下游侧区域中使芯1120、1220的体积不同。因而,能够使正在穿过加热上游侧区域的导体板M的发热量(即,对于导体板M的加热量)与正在穿过加热下游侧区域的导体板M的发热量不同,以满足对于导体板M要求的品质。由此,能够使导体板M的品质提高。

[0050] 关于使正在穿过加热下游侧区域的导体板M的发热量和正在穿过加热上游侧区域的导体板M的发热量以何种程度不同就满足对于导体板M要求的品质,例如基于模拟实验、数值解析的结果来决定。在模拟实验中,例如进行使用模拟导体板M的感应加热的实验装置将导体板M加热的操作。根据该加热后的导体板M,能够确认导体板M的品质。在数值解析中,例如进行模拟导体板M的感应加热的数值模拟。在该数值模拟中,例如进行导体板M的内外的磁通密度的计算、导体板M的磁特性的计算及导体板M的结晶构造的计算中的至少1个计算。根据该数值模拟的结果,能够确认导体板M的品质。

[0051] 加热量增大区域中的芯1120、1220的体积相对于加热量减少区域中的芯1120、1220的体积之比,根据应将正在穿过加热下游侧区域的导体板M的发热量与正在穿过加热上游侧区域的导体板M的发热量之差设为何种程度来决定。根据在设置这样的差时和不设置这样的差时使导体板M的品质明确地不同这样的观点,加热量增大区域中的芯1120、1220的体积相对于加热量减少区域中的芯1120、1220的体积之比优选的是分别为5.1以上。

[0052] 在图1~图4中,例示了芯1120、1220分别具有中央侧腿部1121、1221、中央侧躯体部1122、1222、端侧躯体部1123、1223和端侧腿部1124、1224的情况。另外,在图1~图4中,为了方便进行表述及说明,使用双点划线(假想线)表示中央侧腿部1121、1221、中央侧躯体部1122、1222、端侧躯体部1123、1223和端侧腿部1124、1224。

[0053] 中央侧腿部1121、1221分别被配置在线圈1110、1210的中空区域。在图1~图4中,例示了以中央侧腿部1121、1221的加热长方向(y轴方向)的中央的位置为基准位置SP来配置中央侧腿部1121、1221的情况。端侧腿部1124、1224分别被配置在比线圈1110、1210更靠加热量增大区域侧(在图1~图4中是y轴的正方向侧)。中央侧躯体部1122、1222及端侧躯体部1123、1223分别被配置在比线圈1110、1210靠背面侧。背面侧是与导体板M所在的一侧相反的一侧(即,不存在导体板M的一侧)。上侧感应器1100的背面侧是不存在下侧感应器1200的一侧。下侧感应器1200的背面侧是不存在上侧感应器1100的一侧。在图1~图4所示的例子中,比线圈1110靠背面侧是指比线圈1110靠z轴的正方向侧,比线圈1210靠背面侧是指比线圈1210靠z轴的负方向侧。中央侧躯体部1122、1222分别包括比中央侧腿部1121、1221更靠加热量增大区域侧(在图1~图4中是y轴的正方向侧)的区域。端侧躯体部1123、1223分别被配置在比中央侧躯体部1122、1222及线圈1110、1210更靠加热量增大区域侧。

[0054] 在图1~图4中,例示了中央侧腿部1121、1221、中央侧躯体部1122、1222、端侧躯体部1123、1223及端侧腿部1124、1224具有长方体形状的情况。此外,在图1~图4中,例示了中央侧腿部1121、1221、中央侧躯体部1122、1222、端侧躯体部1123、1223及端侧腿部1124、1224的宽度方向(x轴方向)上的长度相同的情况。此外,在图1~图4中,例示了中央侧腿部1121、1221的前端面(导体板M侧的端面)被配置在比线圈1110、1210靠导体板M侧的情况。此外,在图1~图4中,例示了线圈1110、1210被配置在比端侧腿部1124、1224的前端面靠导体板M侧的情况。此外,在图1~图4中,例示了中央侧躯体部1122、1222及端侧躯体部1123、1223的板厚方向(z轴方向)上的长度相同的情况。此外,在图1~图4中,例示了中央侧躯体

部1122及端侧躯体部1123作为整体而被磁连接成为1个长方体形状的情况。同样,在图1~图4中,例示了中央侧躯体部1222及端侧躯体部1223作为整体而被磁连接成为1个长方体形状的情况。另外,磁连接是指流过同一主磁通作为参照图5所述的主磁通。

[0055] 在图1~图4中,例示了中央侧躯体部1122被配置在比中央侧腿部1121靠背面侧的情况。具体而言,在图1~图4中,例示了中央侧腿部1121的基端面(与导体板M侧相反侧的端面)与中央侧躯体部1122无缝隙地相连的情况。因而,在中央侧腿部1121流过与在中央侧躯体部1122流动的主磁通同一主磁通。此外,在图1~图4中,例示了中央侧躯体部1122被配置在比端侧躯体部1123靠上游侧的情况。具体而言,在图1~图4中,例示了中央侧躯体部1122的下游侧的端面与端侧躯体部1123的上游侧的端面无缝隙地相连的情况。因而,在中央侧躯体部1122流过与在端侧躯体部1123流动的主磁通同一主磁通。

[0056] 此外,在图1~图4中,例示了端侧躯体部1123被配置在比端侧腿部1124靠背面侧的情况。具体而言,在图1~图4中,例示了端侧腿部1124的基端面与端侧躯体部1123无缝隙地相连的情况。因而,在端侧躯体部1123流过与在端侧腿部1124流动的主磁通同一主磁通。

[0057] 此外,在图1~图4中,例示了中央侧腿部1121的前端面及端侧腿部1124的前端面与导体板M的板面(z轴的正方向侧的表面)以有间隔的状态而对置的情况。

[0058] 同样,例示了中央侧躯体部1222被配置在比中央侧腿部1221靠背面侧的情况。具体而言,在图1~图4中,例示了中央侧腿部1221的基端面(与导体板M侧相反侧的端面)与中央侧躯体部1222无缝隙地相连的情况。因而,在中央侧腿部1221流过与在中央侧躯体部1222流动的主磁通同一主磁通。此外,在图1~图4中,例示了中央侧躯体部1222被配置在比端侧躯体部1223靠上游侧的情况。具体而言,在图1~图4中,例示了中央侧躯体部1222的下游侧的端面与端侧躯体部1223的上游侧的端面无缝隙地相连的情况。因而,在中央侧躯体部1222流过与在端侧躯体部1223流动的主磁通同一主磁通。

[0059] 此外,在图1~图4中,例示了端侧躯体部1223被配置在比端侧腿部1224靠背面侧的情况。具体而言,在图1~图4中,例示了端侧腿部1224的基端面与端侧躯体部1223无缝隙地相连的情况。因而,在端侧躯体部1223流过与在端侧腿部1224流动的主磁通同一主磁通。

[0060] 此外,在图1~图4中,例示了中央侧腿部1221的前端面及端侧腿部1224的前端面与导体板M的板面(z轴的负方向侧的表面)以有间隔的状态而对置的情况。

[0061] 此外,在图1~图4中,例示了中央侧腿部1121、1221、中央侧躯体部1122、1222、端侧躯体部1123、1223及端侧腿部1124、1224的宽度方向上(x轴方向)的端部的位置分别对齐的情况。即,在图1~图4中,例示了中央侧腿部1121、1221、中央侧躯体部1122、1222、端侧躯体部1123、1223及端侧腿部1124、1224的x轴的正方向侧的端部的位置分别相同的情况。此外,在图1~图4中,例示了中央侧腿部1121、1221、中央侧躯体部1122、1222、端侧躯体部1123、1223及端侧腿部1124、1224的x轴的负方向侧的端部的位置分别相同的情况。

[0062] 此外,在图1~图4中,例示了中央侧腿部1121、1221及中央侧躯体部1122、1222以外的芯1120、1220的部分不存在于加热量减少区域中的情况。

[0063] 另外,这里为了方便进行说明,将芯1120、1220的结构分别分为中央侧腿部1121、1221、中央侧躯体部1122、1222、端侧躯体部1123、1223和端侧腿部1124、1224进行了说明。但是,中央侧腿部1121、1221、中央侧躯体部1122、1222、端侧躯体部1123、1223和端侧腿部1124、1224分别为一体。因而,在中央侧腿部1121、1221、中央侧躯体部1122、1222、端侧躯体

部1123、1223和端侧腿部1124、1224的边界,不存在边界线。但是,也可以通过将它们作为不同的部分制造并组合来构成1个芯。例如,也可以将中央侧腿部1121、中央侧躯体部1122、端侧躯体部1123和端侧腿部1124中的至少两个部分以相互具有间隔的状态而配置。但是,以使在该至少两个部分流动同一主磁通的方式而构成并配置该至少两个部分。同样,也可以是,中央侧腿部1221、中央侧躯体部1222、端侧躯体部1123、1223和端侧腿部1224中的至少两个部分以相互具有间隔的状态而配置。但是,以使在该至少两个部分流动同一主磁通的方式而构成并配置该至少两个部分。

[0064] 此外,本实施方式的感应加热装置1000具有泄漏磁通减少部件1140、1240。泄漏磁通减少部件1140、1240分别被配置为,使通过流到线圈1110、1210中的交流电流将芯1120、1220励磁而产生的磁通的泄漏减少。泄漏磁通是不贡献于导体板M的加热的磁通。泄漏磁通是从芯1120、1220产生的磁通中的不经过导体板M的磁通。

[0065] 泄漏磁通减少部件1140、1240被配置在加热量减少区域中。在图1~图4中,例示了泄漏磁通减少部件1140、1240被配置为与线圈1110、1210的背面侧的端面以具有间隔的状态而对置的情况。此外,在本实施方式中,例示了泄漏磁通减少部件没有配置在加热量增大区域中的情况。但是,泄漏磁通减少部件也可以配置在加热量增大区域中。

[0066] 此外,在图1~图4中,例示了泄漏磁通减少部件1140、1240分别是1片板的情况。此外,在图1~图4中,例示了泄漏磁通减少部件1140、1240的宽度方向(x轴方向)上的长度分别与芯1120、1220的宽度方向上的长度相同的情况。此外,在图1~图4中,例示了泄漏磁通减少部件1140、1240的加热长方向(y轴方向)上的长度分别是中央侧躯体部1122、1222的加热长方向上的长度减去中央侧腿部1121、1221的加热长方向上的长度所得的值的值的情况。此外,在图1~图4中,例示了泄漏磁通减少部件1140、1240的背面侧的表面的位置与芯1120、1220的背面侧的表面的位置分别对齐(该表面的z轴方向上的位置相同)的情况。此外,在图1~图4中,例示了泄漏磁通减少部件1140、1240的宽度方向上(x轴方向)的端部的位置与芯1120、1220的宽度方向的端部的位置分别对齐(x轴的正方向侧的端部、负方向侧的端部的位置相同)的情况。此外,在图1~图4中,例示了构成泄漏磁通减少部件1140、1240的板的板面与导体板M的板面大致平行(优选的是平行)的情况。

[0067] 根据减少由流到线圈1110中的交流电流将芯1120、1220励磁而产生的磁通的泄漏这样的观点,泄漏磁通减少部件1140、1240优选的是使用非磁性材料构成。此外,根据抑制感应加热装置1000的加热的观点,泄漏磁通减少部件1140、1240更优选的是使用热导率较高的铜构成。在本实施方式中,例示了泄漏磁通减少部件1140、1240分别具有1片铜板的情况。另外,泄漏磁通减少部件1140、1240例如也可以使用以板面对置的方式而层叠的多片铜板来构成。

[0068] 此外,本实施方式的感应加热装置1000具有夹装部件1130、1230。夹装部件1130、1230分别被用于泄漏磁通减少部件1140、1240的定位、以及确保线圈1110、1210及泄漏磁通减少部件1140、1240的电绝缘等。夹装部件1130、1230分别被配置在泄漏磁通减少部件1140、1240与线圈1110、1210之间。根据确保线圈1110、1210与泄漏磁通减少部件1140、1240的电绝缘、并且减少加热量减少区域中的软磁性材料的观点,夹装部件1130、1230优选的是使用树脂制材料构成。树脂制材料例如是玻璃环氧树脂或酚醛树脂。在图1~图4中,例示了夹装部件1130、1230具有与泄漏磁通减少部件1140、1240和线圈1110、1210之间的空间相同

大小的长方体形状的情况。

[0069] 如图1所示,在本实施方式的感应加热装置1000中,芯1120、1220分别不存在于比中央侧腿部1121、1221靠上游侧(y轴的负方向侧)。因而,如果不存在泄漏磁通减少部件1140、1240,则例如从芯1120、1220向比芯1120、1220靠下游侧(y轴的负方向侧)流出的磁通就容易成为不经过导体板M的泄漏磁通。相对于此,通过配置泄漏磁通减少部件1140、1240,对于从芯1120、1220向比芯1120、1220靠下游侧(y轴的负方向侧)流出的磁通而言,与不配置泄漏磁通减少部件1140、1240的情况相比,容易朝向导体板M的方向(参照图5所示的磁通线 $\phi 19$ 、 $\phi 21$ 、 $\phi 23$ 、 $\phi 25$ 、 $\phi 27$ 、 $\phi 29$ 、 $\phi 31$)。因而,这些磁通不易成为泄漏磁通(即,容易成为主磁通)。

[0070] 另外,感应加热装置1000也可以具有未图示的屏蔽板,该屏蔽板用来防止导体板M的边缘部(宽度方向的端部)的过加热。例如,屏蔽板分别被配置在导体板M的边缘部与芯1120、1220之间。此外,屏蔽板也可以对应于导体板M的宽度及导体板M的蜿蜒量(宽度方向的移动量)而移动。另外,屏蔽板是用来抑制主磁通经过导体板M的边缘部的,而不是用来减少泄漏磁通。

[0071] 图6A是概念性地表示使用本实施方式的感应加热装置1000而被加热的导体板M的发热量的一例的图。图6B是概念性地表示使用两个通常的感应加热装置作为感应加热装置而被加热的导体板M的发热量的一例的图。该两个通常的感应加热装置在加热长方向(x轴方向)上以相互具有间隔的状态而配置。

[0072] 在图6A中, P_{\min} 是正在穿过感应加热装置1000的导体板M的某个部位的发热量的最小值。该部位例如是宽度方向(x轴方向)上的中心的部位。如图6A所示,本实施方式的正在穿过感应加热装置1000的导体板M的各部位的发热量在线圈最上游端位置MU处为最小。 P_{\max} 是正在穿过感应加热装置1000的导体板M的某个部位的发热量的最大值。如图6A所示,本实施方式的正在穿过感应加热装置1000的导体板M的各部位的发热量在最下游位置CD处为最大。此外,在图6A中, P_A 、 P_B 是正在穿过感应加热装置1000所具有的中央侧腿部1121、1221的导体板M的某个部位的发热量。

[0073] 如上所述,在本实施方式的感应加热装置1000中,在1个芯1120、1220中使加热上游侧区域的体积与加热下游侧区域的体积不同。通过调整加热上游侧区域的体积和加热下游侧区域的体积,能够将正在穿过感应加热装置1000所具有的中央侧腿部1121、1221的导体板M的各部位的发热量调整为发热量 P_A 、 P_B 等(图6A所示的双箭头线表示了该情况)。因而,能够使比基准位置SP靠下游侧的导体板M的发热量(即,对于导体板M的加热量)与比基准位置SP靠上游侧的导体板M的发热量不同。由此,能够通过1个芯1120、1220,实现使得比基准位置SP靠上游侧的区域中的加热长方向(y轴方向)上的升温速度、与比基准位置SP靠下游侧的区域中的加热长方向上的升温速度之间产生差。根据以上所述,通过调整加热上游侧区域的体积和加热下游侧区域的体积,从而能够调整导体板M的品质。

[0074] 在图6B中,CU1表示两个通常的感应加热装置中的配置在上游侧的感应加热装置的最上游位置。最上游位置是上侧感应器、下侧感应器的端部中的在加热长方向(y轴方向)上位于最上游侧(y轴的负方向侧)的端部的位置。另外,在本实施方式的感应加热装置1000中,例示了线圈最上游端位置MU及最上游位置是相同位置的情况。

[0075] MU1表示该配置在上游侧的感应加热装置的线圈最上游端位置。SP1表示该配置在

上游侧的感应加热装置的基准位置。MD1表示该配置在上游侧的感应加热装置的线圈最下游端位置。CD1表示该配置在上游侧的感应加热装置的最下游位置。

[0076] P_{1min} 是正在穿过两个通常的感应加热装置中的配置在上游侧的感应加热装置的导体板M的某个部位的发热量的最小值。如图6B所示,正在穿过该配置在上游侧的感应加热装置的导体板M的各部位的发热量在线圈最上游位置CU1处为最小。 P_{1max} 是正在穿过该配置在上游侧的感应加热装置的导体板M的某个部位的发热量的最大值。如图6B所示,正在穿过该配置在上游侧的感应加热装置的导体板M的各部位的发热量在最下游位置CD1处为最大。此外,在图6B中, P_{1c} 是正在穿过该配置在上游侧的感应加热装置所具有的中央侧腿部的导体板M的某个部位的发热量。

[0077] 在通常的感应加热装置中,1个芯的体积在加热上游侧区域和加热下游侧区域中相同。因而,正在穿过两个通常的感应加热装置中的配置在上游侧的感应加热装置所具有的中央侧腿部的导体板M的各部位的发热量 P_{1c} 被固定为正在穿过该配置在上游侧的感应加热装置的导体板M的该部位的发热量的最大值 P_{1max} 的1/2倍。

[0078] 此外,在图6B中,CU2表示两个通常的感应加热装置中的配置在下游侧的感应加热装置的最上游位置。MU2表示该配置在下游侧的感应加热装置的线圈最上游端位置。SP2表示该配置在下游侧的感应加热装置的基准位置。MD2表示该配置在下游侧的感应加热装置的线圈最下游端位置。CD2表示该配置在上游侧的感应加热装置的最下游位置。

[0079] P_{2min} 是正在穿过两个通常的感应加热装置中的配置在下游侧的感应加热装置的导体板M的某个部位的发热量的最小值。如图6B所示,正在穿过该配置在下游侧的感应加热装置的导体板M的各部位的发热量在线圈最上游位置CU2处为最小。 P_{2max} 是正在穿过该配置在下游侧的感应加热装置的导体板M的某个部位的发热量的最大值。如图6B所示,正在穿过该配置在下游侧的感应加热装置的导体板M的各部位的发热量在最下游位置CD2处为最大。此外,在图6B中, P_{2c} 是正在穿过该配置在下游侧的感应加热装置具有的中央侧腿部的导体板M的某个部位的发热量。

[0080] 如上所述,在通常的感应加热装置中,1个芯的体积在加热上游侧区域和加热下游侧区域中相同。因而,正在穿过两个通常的感应加热装置中的配置在下游侧的感应加热装置所具有的中央侧腿部的导体板M的各部位的发热量 P_{2c} 被固定为正在穿过该配置在下游侧的感应加热装置的导体板M的该部位处的发热量的最大值 P_{2max} 的1/2倍。

[0081] 在专利文献1~3所记载的感应加热装置中,1个芯的体积在加热上游侧区域和加热下游侧区域中相同。因而,只能使得比基准位置SP1、SP2靠上游侧的导体板M的发热量(即,对于导体板M的加热量)与比基准位置SP1、SP2靠下游侧的导体板M的发热量相同。此外,如果不使用多个感应加热装置,则不能调整加热长方向(y轴方向)上的导体板M的发热量。即,如果不使用多个芯作为上侧感应器具有的芯,则不能调整加热长方向(y轴方向)上的导体板M的发热量。同样,如果不使用多个芯作为下侧感应器具有的芯,则不能调整加热长方向(y轴方向)上的导体板M的发热量。因而,与本实施方式的感应加热装置1000相比,导体板M被感应加热装置加热的的时间变长。此外,如图6B所示,在两个感应加热装置之间发生导体板M没有被加热的区域。因此,当在两个感应加热装置之间进行输送时,导体板M的温度有可能下降。根据以上所述,除了有可能不能满足作为导体板M的品质所被要求的品质以外,例如还有可能产生以下的缺点。即,为了进行感应加热装置的设置而必须要确保较大的

空间。此外,由于设置多个感应加热装置而使得成本增大。

[0082] (设计方法)

[0083] 接着,以下述芯1120、1220的尺寸的设计方法作为一例进行说明,该芯1120、1220构成感应加热装置以能够将导体板感应加热从而满足对导体板要求的品质。这里,例示了加热上游侧区域是加热量减少区域、加热下游侧区域是加热量增大区域的情况下的芯1120、1220的尺寸的设计方法。

[0084] 设泄漏磁通减少部件1140、1240的加热长方向(y轴方向)上的长度(mm)为 W_1 。设中央侧躯体部1122、1222的加热长方向(y轴方向)上的长度(mm)为 $W_2 (>W_1)$ 。设端侧躯体部1123、1223的加热长方向(y轴方向)上的长度(mm)为 W_3 。设端侧腿部1124、1224的板厚方向(z轴方向)上的长度(mm)为 W_4 。设中央侧腿部1121、1221的区域中的比线圈1110、1210的前端面更向导体板M侧突出的区域的板厚方向(z轴方向)上的长度(mm)为 W_5 。另外,图1~图4所示的 $W_1 \sim W_5$ 表示这些长度。

[0085] 此外,设着眼于导体板M的某个部位区域的情况下的该部位的发热量比(%)为 $P(P_1 \sim P_4)$ 。导体板M的某个部位的发热量比 P 是将该部位在穿过加热上游侧区域时的该区域的发热量相对于该部位在穿过感应加热装置1000(加热上游侧区域及加热下游侧区域)时的该部位的发热量之比用百分率来表示的值。另外,在图6A所示的例子中,发热量比 P 由 $P_A \div P_{\max} \times 100$ 及 $P_B \div P_{\max} \times 100$ 表示。

[0086] 本发明人使 $W_1 \sim W_5$ 的数值的组合不同来构成芯,进行针对感应加热装置的数值解析,计算各个组合下的发热量比 P 。另外, $W_1 \sim W_5$ 的数值以外的条件被设为相同的条件。此外,在以下的数式的表述中,假设作为各符号 $P_1 \sim P_4$ 、 $W_1 \sim W_5$ 被赋予的数值是0(零)或正值。因而,例如 $-W_1$ 为0(零)或负值。

[0087] 首先,通过数值解析来计算仅使 W_1 及 W_2 不同的情况下的发热量比 P 即 P_1 。另外,在变更 W_1 及 W_2 时,使得满足 $W_2 > W_1$ 的条件。此外,在将 $W_1 + W_2$ 设为一定值后,在与图1所示的状态相比使 W_1 变短的情况下,设在图1所示的夹装部件1130、1230及泄漏磁通减少部件1140、1240的区域中、加热量增大区域侧(在图1中是y轴的正方向侧)的一部分的区域是芯1120的区域,使 W_2 变长。即,将中央侧躯体部1122、1222向加热量减少区域侧(在图1中是y轴的负方向侧)延长。但是,线圈最上游端位置MU不变更。而且,根据该数值解析的结果,通过回归分析而计算出表示 P_1 与 W_1 及 W_2 的关系的回归方程(回归系数及常数)。结果如以下的(1)式所示,通过将 P_1 设为关于 $W_1 / (W_1 + W_2)$ 的函数,能够良好地再现数值解析的结果。在(1)式中, W_1 越大则 P_1 越小。另外,(1)式是以 $W_1 / (W_1 + W_2)$ 为解释变量的简单回归方程。

[0088] [数式1]

$$[0089] \quad P_1 = f\left(\frac{W_1}{W_1 + W_2}\right) \quad \dots (1)$$

[0090] 接着,通过数值解析来计算除了 W_1 及 W_2 以外还使 W_3 不同的情况下的发热量比 P 即 P_2 。并且,根据该数值解析的结果,通过回归分析来计算出包含(1)式的 P_1 的回归方程,作为表示 P_2 与 W_1 、 W_2 及 W_3 的关系的回归方程。结果如以下的(2)式所示,通过用从 P_1 减去 $W_3 / (W_2 + W_3)$ 的函数 $f(W_3 / (W_2 + W_3))$ 得到的式子来表示 P_2 ,能够良好地再现数值解析的结果。在(2)式中, W_3 越大则 P_2 越小。(2)式的右边的函数 $f(W_3 / (W_2 + W_3))$ 表示,与不存在端侧躯体部1123、1223的情况相比,存在端侧躯体部1123、1223的情况下,在加热下游侧区域(加热量增大区域)中导

体板M的各区域发热多出相当于该函数 $f(W_3/(W_2+W_3))$ 的值的量。另外, (2) 式是以 $W_1/(W_1+W_2)$ 及 $W_3/(W_2+W_3)$ 为解释变量的多重回归方程。

[0091] [数式2]

$$[0092] \quad P_2 = P_1 - f\left(\frac{W_3}{W_2+W_3}\right) \dots (2)$$

[0093] 接着,通过数值解析来计算除了 W_1 、 W_2 及 W_3 以外还使 W_4 不同的情况下的发热量比 P 即 P_4 。并且,根据该数值解析的结果,通过回归分析来计算出包含(2)式的 P_2 的回归方程,作为表示 P_4 与 W_1 、 W_2 、 W_3 及 W_4 的关系的回归方程。结果如以下的(3)式所示,通过用从 P_2 减去 W_4 的函数 $f(W_4)$ 得到的式子来表示 P_3 ,能够良好地再现数值解析的结果。在(3)式中, W_4 越大则 P_3 越小。(3)式的右边的函数 $f(W_4)$ 表示,与不存在端侧腿部1124、1224的情况相比,存在端侧腿部1124、1224的情况下,在加热下游侧区域(加热量增大区域)中导体板M的各区域发热多出相当于 $f(W_4)$ 的量。另外,(3)式是以 $W_1/(W_1+W_2)$ 、 $W_3/(W_2+W_3)$ 及 W_4 为解释变量的多重回归方程。

[0094] [数式3]

$$[0095] \quad P_3 = P_2 - f(W_4) \dots (3)$$

[0096] 最后,通过数值解析来计算使 W_1 、 W_2 、 W_3 、 W_4 及 W_5 不同的情况下的发热量比 P_4 。并且,根据该数值解析的结果,通过回归分析来计算出包含(3)式的 P_3 的回归方程,作为表示 P 与 W_1 、 W_2 、 W_3 、 W_4 及 W_5 的关系的回归方程。结果如以下的(4)式所示,通过用 P_3 加上 W_5 的函数 $f(W_5)$ 所得到的式子来表示 P_4 ,能够良好地再现数值解析的结果。在(4)式中, W_5 越大则 P_4 越大。(4)式的右边的函数 $f(W_5)$ 表示,与中央侧腿部1121、1221没有比线圈1110、1210的前端面更向导体板M侧突出的情况相比,突出的情况下的、加热上游侧区域(加热量减少区域)中导体板M的各区域发热多出相当于 $f(W_5)$ 的量。另外,(4)式是以 $W_1/(W_1+W_2)$ 、 $W_3/(W_2+W_3)$ 、 W_4 及 W_5 为解释变量的多重回归方程。

[0097] [数式4]

$$[0098] \quad P_4 = P_3 + f(W_5) \dots (4)$$

[0099] 如果基于对于加热对象的导体板M要求的品质来设定 P_4 ,以满足(1)式~(4)式的方式来选择 W_1 、 W_2 、 W_3 、 W_4 及 W_5 ,则能够设计 W_1 、 W_2 、 W_3 、 W_4 及 W_5 。也可以 W_1 、 W_3 、 W_4 及 W_5 的至少1个是0(零)。 W_1 为0(零)是指没有配置夹装部件1130、1230及泄漏磁通减少部件1140、1240。 W_3 为0(零)是指没有配置端侧躯体部1123、1223及端侧腿部1124、1224。 W_4 为0(零)是指没有配置端侧腿部1124、1224。另一方面, W_2 不会成为0(零)。

[0100] 如上所述, P_4 例如基于模拟实验或数值解析的结果来决定。在进行模拟实验的情况下,例如在相当于加热量减少区域的区域以及相当于加热量增大区域的区域中,使热输入量不同而对于导体板用感应加热或其他方法进行加热。通过确认加热后的导体板的品质,确认是否满足对导体板要求的品质。在这样做的情况下,使用满足对导体板要求的品质时的热输入量来决定 P_4 。此外,在进行数值解析的情况下,例如使相当于加热量减少区域的区域、相当于加热量增大区域的区域和热输入量不同,计算对于导体板进行了感应加热的情况下的导体板的结晶构造及磁特性。另外,在数值解析中,也可以计算导体板的结晶构造及磁特性的评价指标。在这样做的情况下,如果计算出的结果满足对导体板要求的品质,则使用此时的热输入量来决定 P_4 。

[0101] (其他实施方式)

[0102] 另外,以上说明的本发明的实施方式仅表示了实施本发明时的具体化的例子,不能由它们限定性地解释本发明的技术范围。即,本发明能够在不脱离其技术思想或其主要的特征的基础上以各种的形式来实施。

[0103] 工业实用性

[0104] 本发明例如能够用于对导体板进行加热。

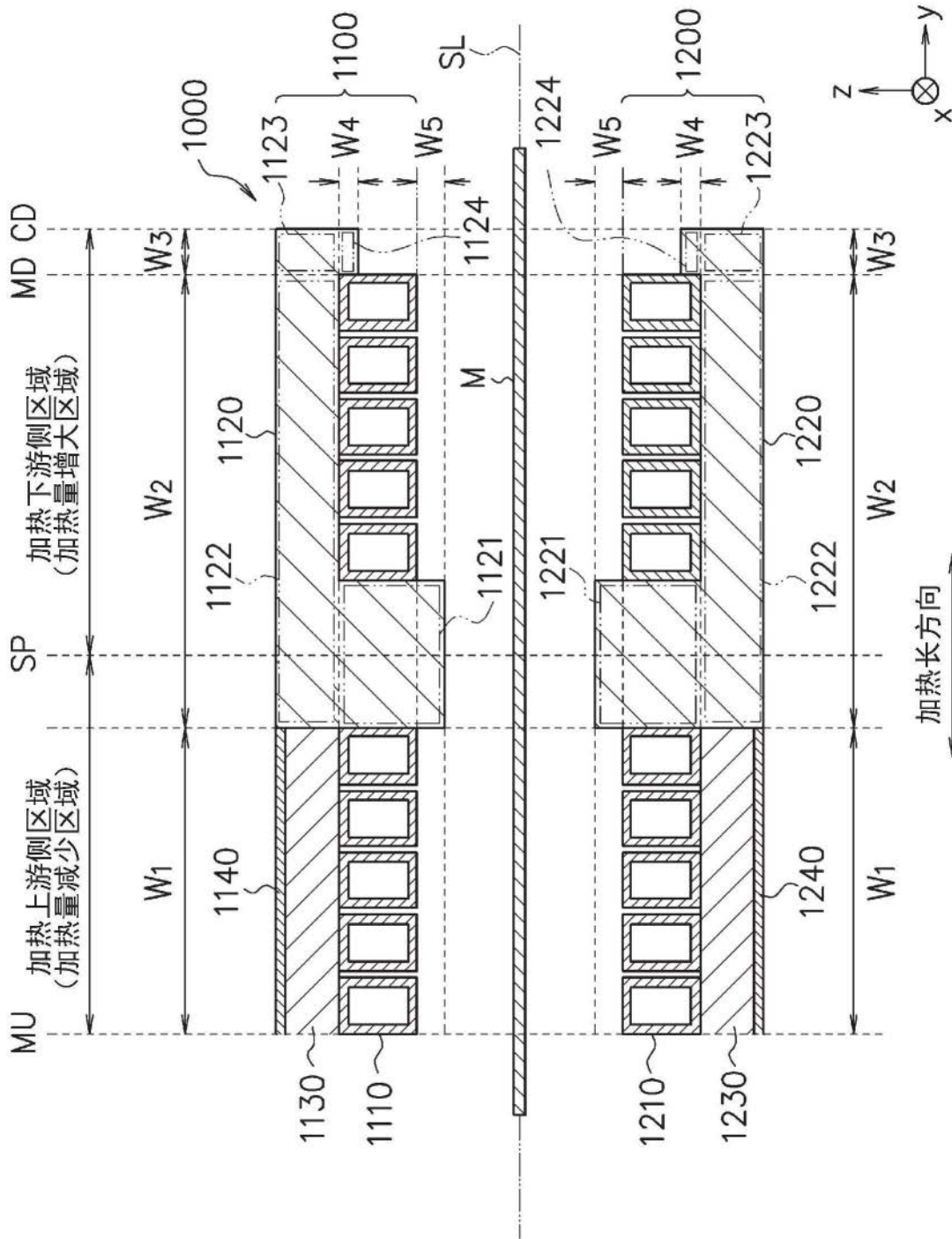


图1

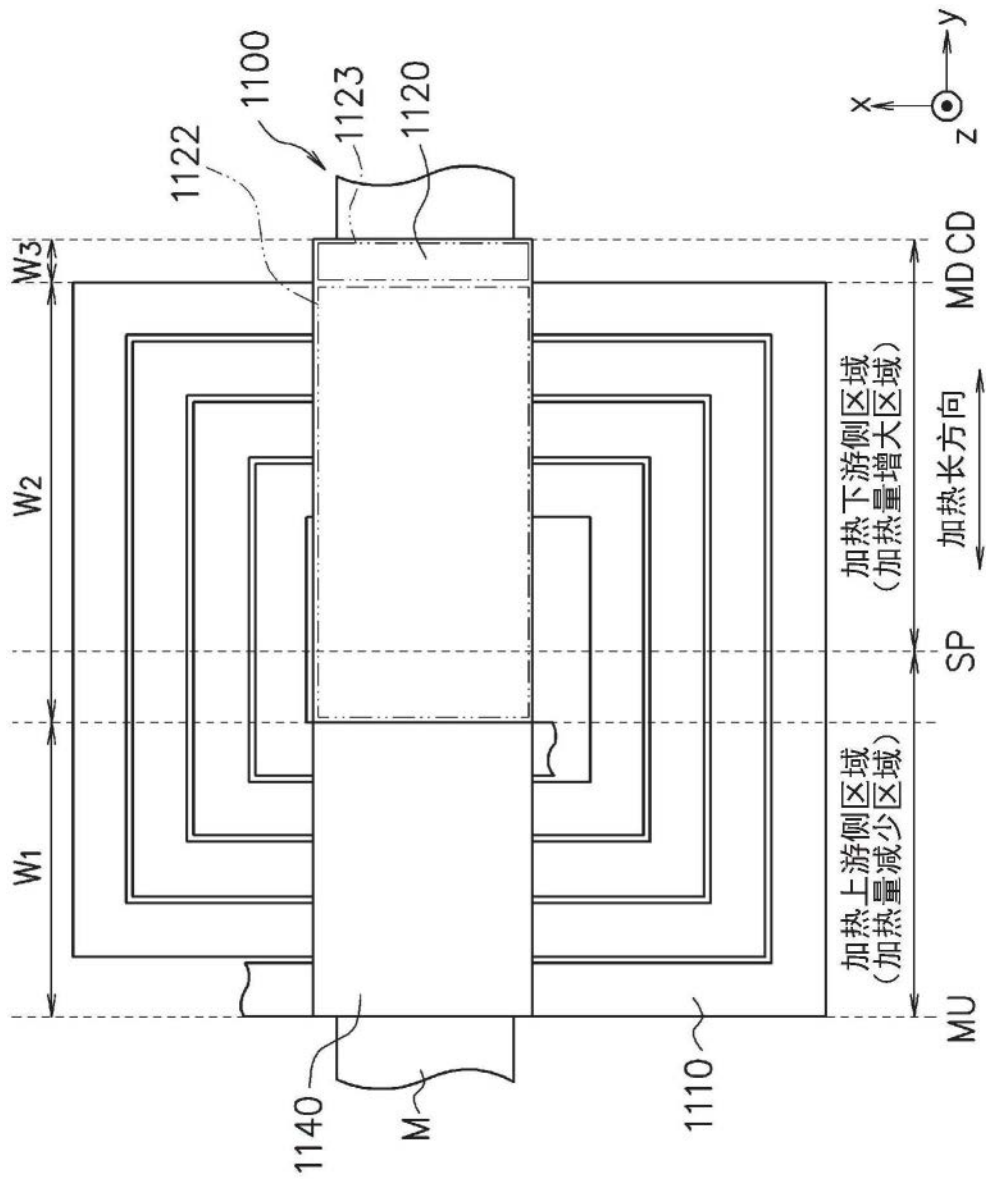


图2A

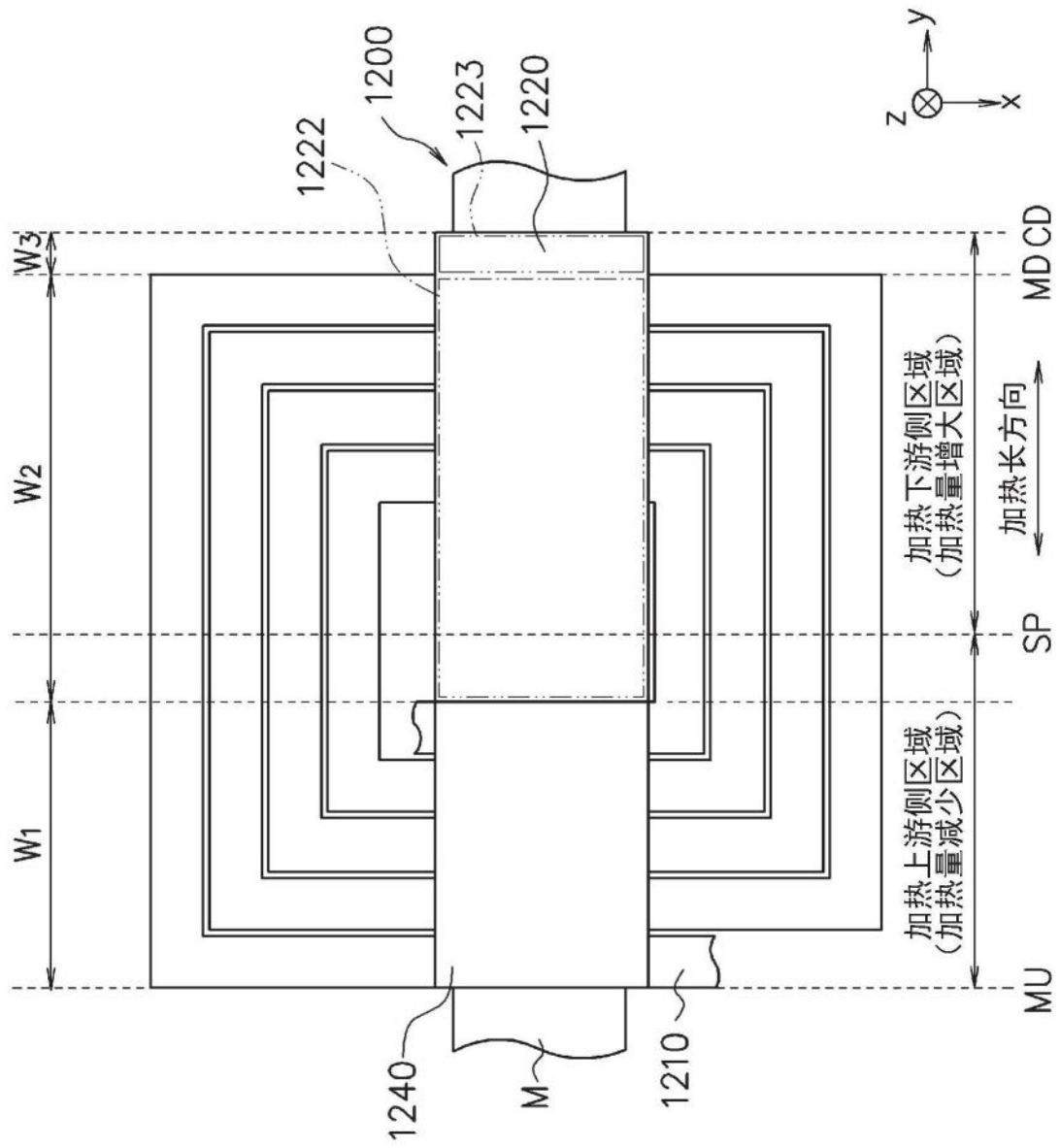


图2B

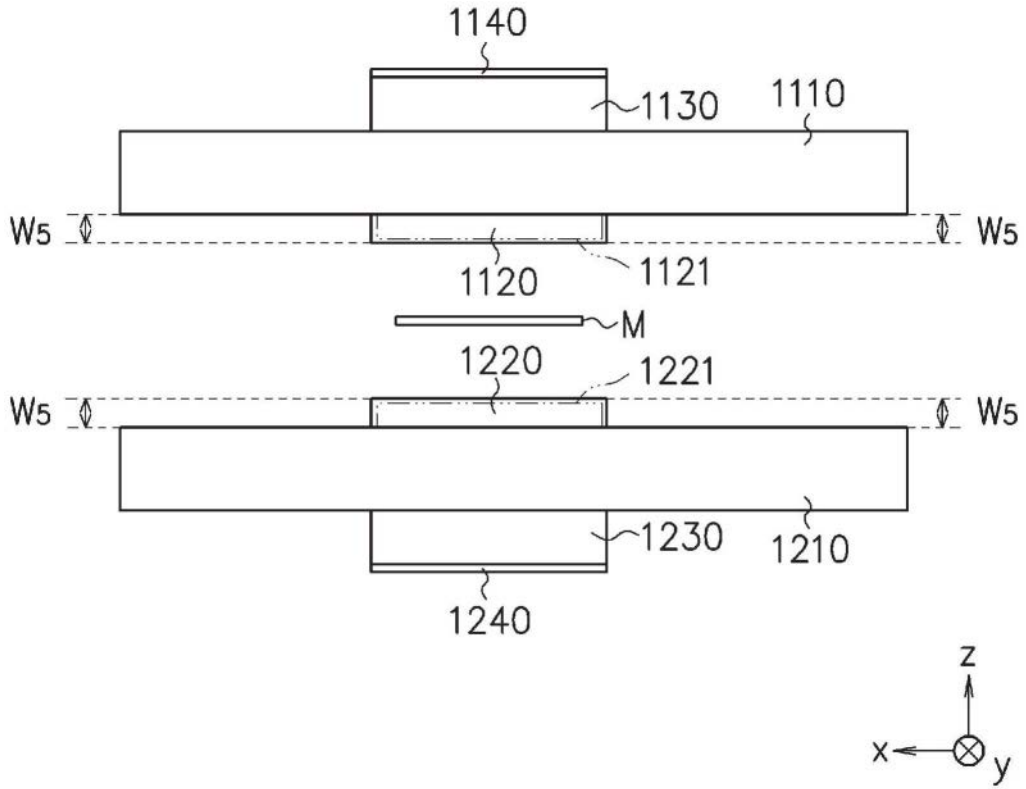


图3

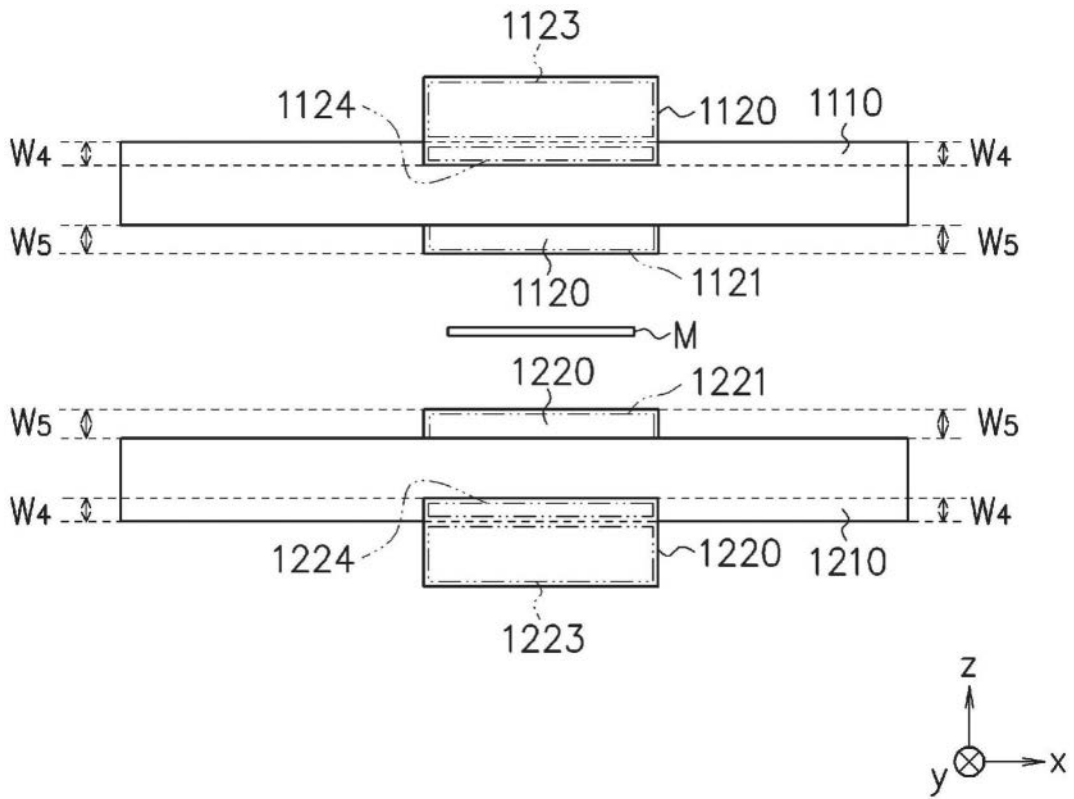


图4

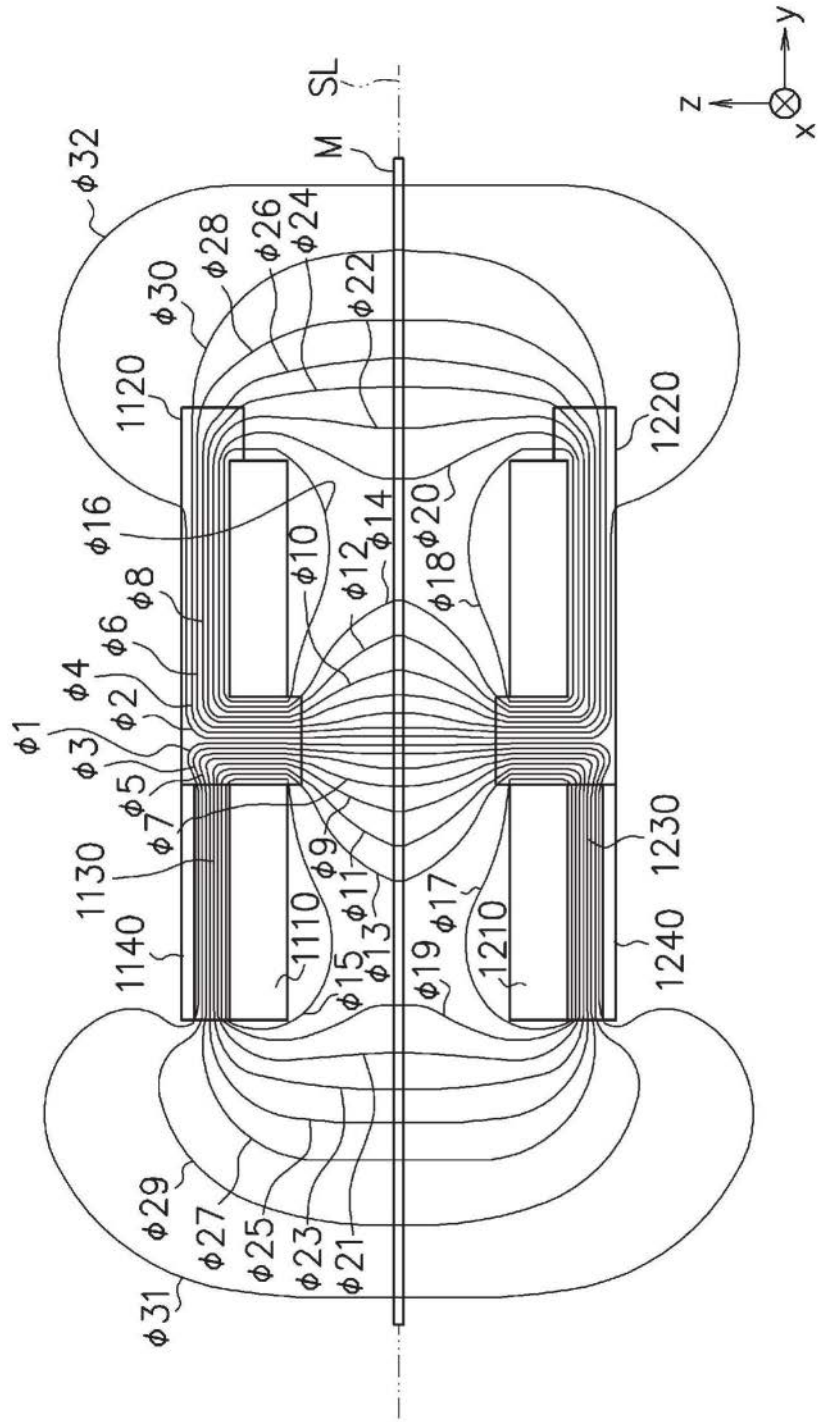


图5

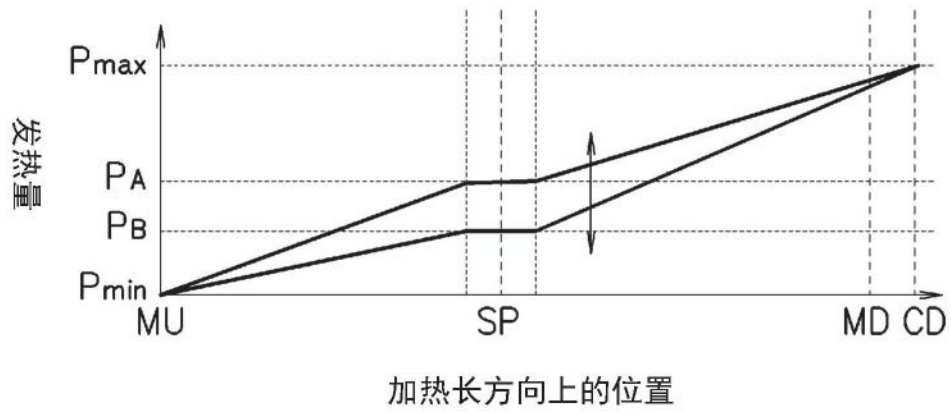


图6A

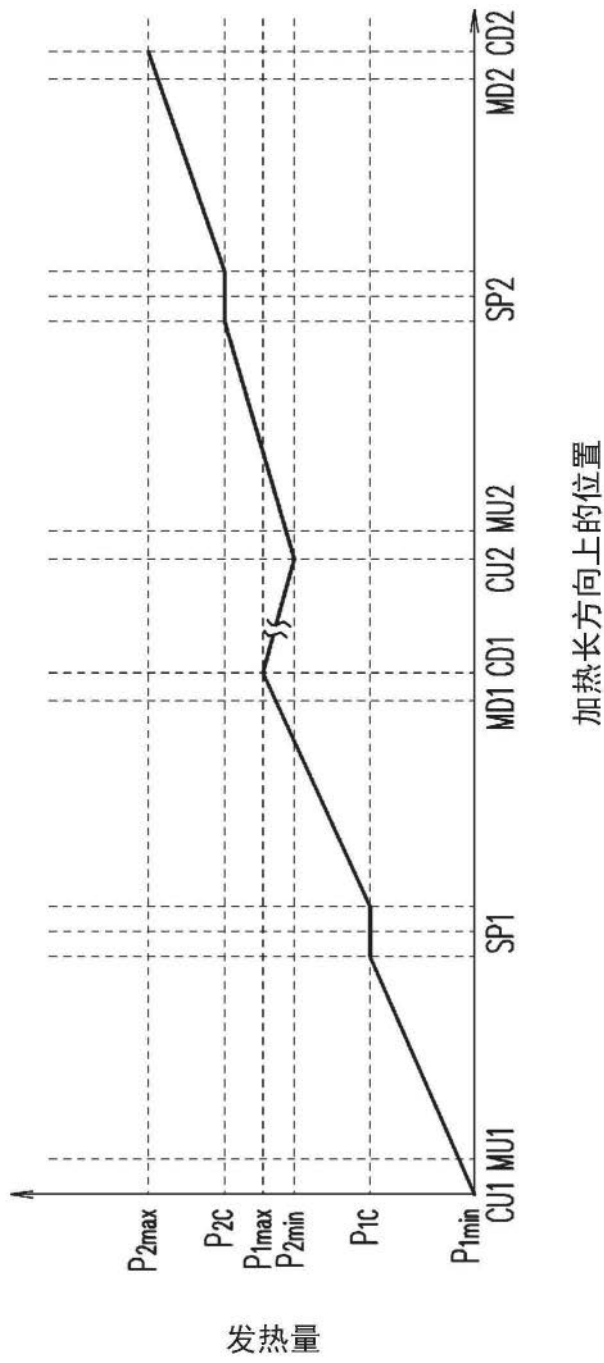


图6B