



(12)发明专利

(10)授权公告号 CN 104762448 B

(45)授权公告日 2017.09.01

(21)申请号 201510176797.5

(22)申请日 2010.07.29

(65)同一申请的已公布的文献号

申请公布号 CN 104762448 A

(43)申请公布日 2015.07.08

(30)优先权数据

2009-178256 2009.07.30 JP

2010-121901 2010.05.27 JP

2010-150411 2010.06.30 JP

2010-157556 2010.07.12 JP

(62)分案原申请数据

201080033937.9 2010.07.29

(73)专利权人 高周波热练株式会社

地址 日本东京

(72)发明人 田中嘉昌 三阪佳孝 浅野裕次

(74)专利代理机构 北京天昊联合知识产权代理有限公司 11112

代理人 何立波 张天舒

(51)Int.Cl.

G21D 1/10(2006.01)

G21D 1/42(2006.01)

G21D 9/40(2006.01)

H05B 6/10(2006.01)

H05B 6/36(2006.01)

(56)对比文件

US 3835282 A, 1974.09.10,

US 3835282 A, 1974.09.10,

JP 特開2002-235111 A, 2002.08.23,

CN 1045421 A, 1990.09.19,

JP 特開2004-353035 A, 2004.12.16,

JP 昭64-8217 A, 1989.01.12,

审查员 王宏亮

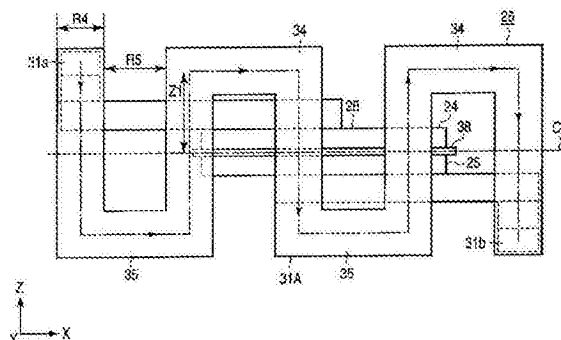
权利要求书2页 说明书20页 附图27页

(54)发明名称

感应加热淬火装置、感应加热淬火方法、感应加热线圈、热处理装置及热处理方法

(57)摘要

通过工件(12)和加热线圈中的至少一个的转动,使工件(12)和加热线圈(26)沿着工件(12)的被处理部(A)的周向相对移动,并且,具有加热线圈(26),其具有加热导体部(31A),该加热导体部(31A)对与被处理部(A)的周向(R)相交叉的轴向的不同部分进行感应加热,加热线圈(26)形成将向轴向的一侧开口的弯曲部(34)和向轴向的另一侧开口的弯曲部(35)以彼此相对的朝向沿周向(R)连续配置的锯齿形状,从而以高处理效率容易地实现所期望的加热区域的热处理。



1. 一种感应加热线圈,其特征在于,

具有加热导体部,其与被处理部的至少一部分相对,一边相对于所述被处理部相对地旋转移动,一边进行所述被处理部的热处理,并与所述旋转的轴向相交叉地配置,

所述加热导体部,通过多个弯曲部、和导体部分而形成锯齿形状,所述多个弯曲部以彼此相对的朝向沿所述旋转的周向连续地配置,所述导体部分配置在该相对的弯曲部之间,并与该周向相交叉地延伸,并且,

所述弯曲部是向与所述周向相交叉的方向的外侧开口的弯曲部、以及向径向内侧开口的弯曲部,

所述导体部分弯曲形成为,位于距离所述旋转移动的中心较远的位置而朝向所述径向内侧开口的所述弯曲部侧的所述周向的长度,与位于距离所述旋转移动的中心较近的位置而朝向外侧开口的所述弯曲部侧的所述周向的长度相比更长,

所述导体部分弯曲形成为,其截面积固定,该导体部分的假想中心线和所述周向所成的角度为,位于距离所述旋转移动的中心较远的位置而朝向所述径向内侧开口的所述弯曲部侧、与位于距离所述旋转移动的中心较近的位置而朝向所述外侧开口的所述弯曲部侧相比更小。

2. 根据权利要求1所述的感应加热线圈,其特征在于,

所述被处理部形成与所述旋转的轴向正交的平面,

所述导体部分沿所述平面与所述被处理部相对地配置。

3. 根据权利要求1所述的感应加热线圈,其特征在于,

所述被处理部形成相对于所述旋转轴向倾斜的倾斜面,

所述导体部分沿所述倾斜面而与所述倾斜面相对地配置。

4. 根据权利要求1所述的感应加热线圈,其特征在于,

所述被处理部沿所述周向以无接头的环状相连续。

5. 根据权利要求1所述的感应加热线圈,其特征在于,

所述处理对象物形成鼓形形状。

6. 根据权利要求1所述的感应加热线圈,其特征在于,

所述处理对象物为中空体,且形成相对于轴向及周向倾斜的内周面。

7. 一种热处理装置,其特征在于,具有:

权利要求1至6中任一项所述的感应加热线圈;

高频电源,其与所述感应加热线圈连接;以及

移动单元,其使所述被处理部及所述感应加热线圈沿所述周向相对地移动。

8. 根据权利要求7所述的热处理装置,其特征在于,

所述感应加热线圈沿所述周向配置多个。

9. 根据权利要求7或8所述的热处理装置,其特征在于,

具有冷却部,其在对所述被处理部的所述周向上的整个行程进行的加热处理后,对所述被处理部进行冷却。

10. 一种热处理方法,其特征在于,

具有移动加热工序,在该工序中,将权利要求1至6中任一项所述的感应加热线圈与所述被处理部相对,一边利用感应加热对所述被处理部进行加热,一边使所述被处理部相对

于所述感应加热线圈沿着所述周向相对移动。

11. 根据权利要求10所述的热处理方法,其特征在于,

具有冷却工序,在该工序中,在对所述被处理部的所述周向上的整个行程进行加热处理后,对所述被处理部进行冷却。

感应加热淬火装置、感应加热淬火方法、感应加热线圈、热处理装置及热处理方法

[0001] 本申请是基于2012年1月30日提出的PCT/JP2010/062847(中国国家申请号201080033937.9)申请(感应加热淬火装置、感应加热淬火方法、感应加热线圈、热处理装置及热处理方法)的分案申请,以下引用其内容。

技术领域

[0002] 本发明涉及一种感应加热淬火装置、感应加热淬火方法、感应加热线圈、热处理装置及热处理方法,特别地,涉及一种在提高热处理效率的同时进行均匀处理的技术。

背景技术

[0003] 已知一种在对金属部件进行高频淬火等热处理的感应加热淬火方法中,使用与被处理部整个区域正对的感应加热线圈集中进行处理的单次加热方式的热处理装置(例如日本特开2005-120415号公报、日本特开2002-174251、日本特开2004-44802)。在上述单次加热方式的热处理装置中,感应加热线圈构成与被处理部整个区域对应的形状。例如在被处理部为圆周形状的情况下,使圆环状的感应加热线圈与被处理部正对,在被处理部为平面状的情况下,使平板状的感应加热线圈与被处理部正对。在上述单次加热方式的加热装置中,由于使用与处理对象物及被处理部的形状及大小对应的感应加热线圈,所以在处理对象物及被处理部较大的情况下,需要大型的感应加热线圈,另外,需要高输出的电力。

[0004] 另一方面,已知一种移动式的热处理装置,其一边使仅与被处理部的一部分正对的感应加热线圈相对于被处理部进行相对移动,一边依次进行加热处理及冷却处理(例如,日本特开2005-89803号公报,日本特开昭60-116724号公报)。在上述移动式的热处理装置中,感应加热线圈构成与被处理部的一部分对应的形状。

发明内容

[0005] 在上述感应加热的技术中,存在下述问题。即,在上述单次加热方式的感应加热淬火装置中,需要使用与被处理部的大小及形状对应的感应加热线圈,因此,在例如被处理部的形状复杂的情况下,感应加热线圈的形状及条件设定变得复杂,难以实现或不可能实现。另外,在被处理部较大的情况下,存在下述问题,即,需要大型的感应加热线圈,需要高输出的电力。此外,在处理对象物中由于感应加热时的热膨胀等而产生变形的情况下,难以适当维持感应加热线圈和处理对象物之间的尺寸。因此,由于需要预先将感应加热线圈设定得较大,所以产生加热效率变差的问题。

[0006] 另一方面,在上述移动式的热处理方法中,在感应加热线圈构成为与被处理部的一部分对应的形状的情况下,单位时间的处理面积较小,处理时间变长,处理效率变差。另外,在一边连续进行加热处理及冷却处理一边移动的情况下,在将例如环状的被处理部作为对象时,存在下述问题,即,在处理的开始部和末端部的分界处产生无法得到所需硬度的软区(soft zone)。

[0007] 因此,本发明的目的在于,提供一种不需要高电力就可以容易地实现所期望的加热区域的热处理的技术、可以进行均匀处理的技术、即使是大型的处理对象物也可以提高感应加热时的热处理效率的技术。

[0008] 本发明的一个方式所涉及的感应加热线圈的特征在于,具有加热导体部,其与被处理部的至少一部分相对,一边相对于所述被处理部相对地旋转移动,一边进行所述被处理部的热处理,并与所述旋转的轴向相交叉地配置,所述加热导体部,通过多个弯曲部、和导体部分而形成锯齿形状,所述多个弯曲部以彼此相对的朝向沿所述旋转的周向连续地配置,所述导体部分配置在该相对的弯曲部之间,并与该周向相交叉地延伸,并且,所述弯曲部是向与所述周向相交叉的方向的外侧开口的弯曲部、以及向径向内侧开口的弯曲部,所述导体部分弯曲形成,与该导体部分的延伸设置方向正交的截面积固定地形成,并且,位于距离所述旋转移动的中心较远的位置而朝向所述径向内侧开口的所述弯曲部侧的所述周向的长度,与位于距离所述旋转移动的中心较近的位置而朝向外侧开口的所述弯曲部侧的所述周向的长度相比更长。

[0009] 本发明的一个方式所涉及的感应加热淬火方法,具有移动加热工序,在该工序中,将多个加热线圈分别与处理部的至少一部分相对,一边针对所述被处理部实施由所述多个加热线圈进行的热处理,一边使所述被处理部和所述加热线圈沿着所述被处理部的周向相对移动,其中,所述多个加热线圈具有加热导体部,该加热导体部对与处理对象物的被处理部的周向相交叉的轴向的不同部分分别进行感应加热,由所述多个加热线圈的加热导体部进行加热的所述被处理部的各个区域,形成1个连续的加热区域,所述多个加热线圈中的至少1个具有形成下述锯齿形状的加热导体部,即,将向所述轴向的一侧开口的曲部和向所述轴向的另一侧开口的曲部,以彼此相对的朝向,沿所述周向连续配置。

[0010] 本发明的一个方式所涉及的感应加热线圈的特征在于,具有加热导体部,其与被处理部的至少一部分相对,一边相对于所述被处理部相对地旋转移动,一边进行所述被处理部的热处理,所述加热导体部具有导体部分,其构成为,与所述旋转的周向相交叉而延伸,并且距离所述旋转移动的中心较远的部位中的所述周向的长度与距离所述中心较近的部位中的所述周向的长度相比更长。

[0011] 本发明的另一个方式所涉及的热处理方法的特征在于,具有移动加热工序,在该工序中,将所述感应加热线圈与所述被处理部相对,一边利用感应加热对所述被处理部进行加热,一边使所述被处理部相对于所述感应加热线圈沿着所述周向相对移动。

[0012] 本发明的一个方式所涉及的感应加热线圈的特征在于,具有加热导体部,其由导体部件形成,形成为将向第1方向的一侧开口的曲部和向所述第1方向的另一侧开口的曲部以彼此相对的朝向沿与所述第1方向相交叉的第2方向连续配置的锯齿形状。

[0013] 本发明的一个方式所涉及的热处理装置的特征在于,具有:所述感应加热线圈;高频电源,其与所述感应加热线圈连接;以及移动单元,其使所述被处理部相对于所述感应加热线圈沿所述第2方向相对移动。

[0014] 本发明的一个方式所涉及的热处理方法的特征在于,具有下述工序,即:移动加热工序,在该工序中,将所述感应加热线圈与形成沿所述第2方向连续的无接头的环状的所述被处理部中的一部分相对,一边利用感应加热对所述被处理部进行加热,一边使所述被处理部相对于所述感应加热线圈沿着所述第2方向相对移动;以及冷却工序,在该工序中,在

对所述被处理部的所述第2方向上的整个行程进行加热处理后,对所述被处理部进行冷却。

附图说明

[0015] 图1是将本发明的第1实施方式所涉及的感应加热淬火装置沿图2中的F2—F2线切断并沿箭头方向观察的剖面图。

[0016] 图2是表示本实施方式所涉及的感应加热淬火装置的俯视图。

[0017] 图3是表示本实施方式所涉及的第1感应加热淬火装置的俯视图。

[0018] 图4是表示本实施方式所涉及的第1加热线圈的正视图。

[0019] 图5是表示本实施方式所涉及的第2感应加热淬火装置的俯视图。

[0020] 图6是表示本实施方式所涉及的第2加热线圈的正视图。

[0021] 图7是表示本实施方式所涉及的加热线圈的剖面构造的说明图。

[0022] 图8是本实施方式所涉及的第1及第2加热区域的说明图。

[0023] 图9是本实施方式所涉及的第3加热区域的说明图。

[0024] 图10是表示本发明的第2实施方式所涉及的感应加热淬火装置的加热导体部的结构的说明图。

[0025] 图11是表示该感应加热淬火装置的加热导体部分的结构说明图。

[0026] 图12是表示本发明的第3实施方式所涉及的感应加热淬火装置的说明图。

[0027] 图13是表示本发明的第4实施方式所涉及的感应加热淬火装置的要部的说明图。

[0028] 图14是表示本发明的第5实施方式所涉及的感应加热淬火装置的说明图。

[0029] 图15是组装在本发明的第6实施方式所涉及的感应加热淬火装置中的加热线圈的说明图。

[0030] 图16是组装在本发明的第7实施方式所涉及的感应加热淬火装置中的加热线圈的正视图。

[0031] 图17是表示本发明的第8实施方式所涉及的感应加热淬火装置的说明图。

[0032] 图18是表示本发明的第9实施方式所涉及的感应加热淬火装置的说明图。

[0033] 图19是表示本发明的第10实施方式所涉及的感应加热淬火装置的说明图。

[0034] 图20是表示本发明的第11实施方式所涉及的感应加热淬火装置的说明图。

[0035] 图21是表示本发明的第12实施方式所涉及的感应加热淬火装置的说明图。

[0036] 图22是表示本发明的第13实施方式所涉及的感应加热淬火装置的说明图。

[0037] 图23是表示本实施方式所涉及的感应加热装置的俯视图。

[0038] 图24是表示本实施方式所涉及的加热线圈的斜视图。

[0039] 图25是本实施方式所涉及的加热线圈的导体部分的说明图。

[0040] 图26是表示本实施方式所涉及的加热线圈的剖面构造的说明图。

[0041] 图27是表示本发明的第14实施方式所涉及的感应加热装置的加热线圈的斜视图。

[0042] 图28是表示该加热线圈的俯视图。

[0043] 图29是表示该加热线圈的侧视图。

[0044] 图30是表示该加热线圈的导体部分的结构说明图。

[0045] 图31是表示本发明的第15实施方式所涉及的感应加热淬火装置的说明图。

[0046] 图32是表示本发明的第16实施方式所涉及的导体部分的结构说明图。

- [0047] 图33是表示本发明的第17实施方式所涉及的导体部分的结构说明图。
- [0048] 图34是表示本发明的第18实施方式所涉及的热处理装置的说明图。
- [0049] 图35是表示本实施方式所涉及的热处理装置的俯视图。
- [0050] 图36是表示本实施方式所涉及的热处理装置的侧视图。
- [0051] 图37是表示本实施方式所涉及的热处理装置的正视图。
- [0052] 图38是表示本实施方式所涉及的加热线圈的剖面构造的说明图。
- [0053] 图39是本发明的第19实施方式所涉及的热处理装置的说明图。
- [0054] 图40是本发明的第20实施方式所涉及的热处理装置的说明图。
- [0055] 图41是本发明的第21实施方式所涉及的热处理装置的说明图。
- [0056] 图42是本发明的第22实施方式所涉及的热处理装置的说明图。
- [0057] 图43是本发明的第23实施方式所涉及的热处理装置的说明图。

具体实施方式

[0058] 下面,说明本发明的各实施方式。此外,图中箭头X、Y、Z分别表示彼此正交的3个方向。另外,在各图中,为了说明而适当地将结构扩大、缩小或省略而示出。

[第1实施方式]

[0060] 下面,参照图1至图9,说明本发明的第1实施方式所涉及的感应加热淬火装置、以及感应加热淬火方法。图1是表示本实施方式所涉及的感应加热淬火装置1的结构剖面图,图2是俯视图。如图1及图2所示,感应加热淬火装置1具有下述部件而构成,即:移动支撑部(移动单元),其可移动地支撑作为处理对象物的工件Q1;各加热装置10A、10B,其分别在工件Q1的外周配置多个;以及冷却部13(冷却单元),其在工件Q1的加热处理工序之后,对工件Q1进行冷却。设置在下方的冷却部13构成为筒状,包围在加热处理后移动至下方的工件Q1的外侧,对配置在内侧空间13a中的工件Q1进行冷却。

[0061] 在本实施方式中,使用例如具有台阶的圆筒形状的工件Q1,将该工件的带台阶的外周面作为被处理部A。

[0062] 作为处理对象物的一个例子的工件Q1是以轴C1为中心的带台阶的圆筒状部件,在轴向中央形成向内侧凹下的凹部Q1a,在轴向两端形成有向外侧凸出的凸部Q1b。例如,在这里,使用凸部外侧半径 $r1=1800\text{mm}$ 、凹部外侧半径 $r2=1780\text{mm}$ 、内径半径 $r3=1700\text{mm}$ 、轴向(第1方向)长度 $h1=250\text{mm}$ 的工件Q1。此外,外侧壁厚 $\delta1=100\text{mm}$,内侧壁厚 $\delta2=80\text{mm}$ 。

[0063] 一边使工件Q1以轴C1为中心进行旋转移动,一边利用沿工件Q1周围的规定路径配置的多个第1加热装置10A和多个第2加热装置10B,对以无接头的环状即圆形状相连续的被处理部A,在环的连续方向即周向整个区域上进行加热。

[0064] 在被处理部A中,将轴向中央的凹部Q1a的外周面区域作为第1区域A1,将轴向两端的一对凸部Q1b的外周面区域作为第2区域A2。第1区域A1和第2区域A2在处理对象物的轴向上彼此分离,并且在径向上也彼此分离。第1区域A1是轴向长度 $h2=150\text{mm}$ 的圆形带状区域,一对第2区域A2分别为轴向长度 $h3=50\text{mm}$ 的圆形带状区域。

[0065] 如图2所示,多个第1加热装置10A在沿周向的路径中,分别配置在以中心角90度彼此分离的4个部位处。第2加热装置10B在沿周向的路径中,配置在以中心角90度彼此分离的4个部位处,以在各自的部位处与上下一对的凸部Q1b对应的方式,沿轴向各并列配置2个。

[0066] 第1加热装置10A和第2加热装置10B彼此沿周向及轴向分离而交替配置。

[0067] 与第1区域A1相对地确保规定的间隙尺寸G1而配置第1加热装置10A的第1加热导体部31A。第1加热装置10A重点对工件Q1的外周的被处理部A中的第1区域A1进行感应加热。与第2区域A2相对地确保规定的间隙尺寸G2而配置第2加热装置10B的加热导体部31B。第2加热装置10B重点对第2区域A2进行感应加热。

[0068] 在本实施方式中,以轴C1为中心而将沿工件Q1的外周面的周向R设为第1方向,将工件Q1的轴向即Z方向设为第2方向。此外,由于工件Q1为台阶形状,所以第1加热导体部和第2加热导体部的周向R的半径尺寸不同,但通过使工件Q1以轴C1为中心旋转,从而沿两者的周向移动。将包含周向R1及R2的路径规定为移动路径,并且将包含R1及R2在内且以C1为中心的旋转方向设为第2方向R。周向R1的半径是凹部Q1a的外径尺寸的半径尺寸r2与间隙尺寸G1相加后的值,为 $r2+G1$ 。周向R2的半径为凸部Q1b的外径尺寸的半径尺寸r1与间隙尺寸G2相加后的值,为 $r1+G2$ 。

[0069] 如图1至图4所示,多个第1加热装置10A及第2加热装置10B分别具有下述部件而构成:作为电源供给单元的高频电源21;导线22、23,其与高频电源21连接;隔板28,其具有与导线22、23连接的一对导电板24、25;感应加热线圈26,其两端分别与一对导电板24、25连接;以及芯部27,其配置在感应加热线圈26的加热导体部31A、31B的背面侧。

[0070] 加热装置10A的感应加热线圈26具有与工件Q1的第1区域A1相对的锯齿形状的加热导体部31A、与加热导体部31A的一端侧31a相连续的第1连接导体部32、与加热导体部31A的另一端侧31b相连续的第2连接导体部33,它们分别连续地一体形成。

[0071] 如图4所示,第1加热装置10A的加热导体部31A形成锯齿形状,即,多个 $\cap$ 字状的弯曲部34、35朝向Z方向的中央开口,交替以彼此相对的朝向沿周向R而连续配置多个。弯曲部34形成朝向下方开口的 $\cap$ 字形状,弯曲部35形成朝向上方开口的 $\cap$ 字形状。相邻的线圈的间隔R5设定为,大于或等于线圈宽度即R4的尺寸的1倍且小于或等于2倍。在这里,作为一个例子,将4个加热导体部31A的第2方向的尺寸L1的合计设定为第1区域A1的第2方向的整个周长的尺寸的1/3左右。即,对于1个加热导体部31A,将第2方向相对于第1区域A1的尺寸比例即覆盖率设定为1/12,将中心角 $\alpha 1$ 设定为30度。

[0072] 如图5及图6所示,第2加热装置10B的感应加热线圈26具有:与工件Q1的第2区域A2相对的发夹形状的加热导体部31B、与加热导体部31B的一端侧31a相连续的第1连接导体部32、与加热导体部31B的另一端侧31b相连续的第2连接导体部33,它们相连续地一体形成。加热导体部31B构成为,在正面观察下,从图6中左侧的一端侧31a开始,以矩形的环箍形状弯曲,使另一端侧31b向一端侧31a的图中下方弯回,图中左侧的两端31a、31b与连接导体部32、33相连续。此外,第2加热装置10B的覆盖率并不限于与第1加热装置10A相同,可以与工件的形状对应而变化。

[0073] 在各加热装置10A、10B中,第1连接导体部32和第2连接导体部33隔着隔板28配置。隔板28构成为,将分别形成矩形平板状的一对导电板24、25和夹持在上述一对导电板24、25之间的矩形平板状的绝缘板38重叠配置,并且上述导电板24、25及绝缘板38经由绝缘衬套39而利用螺栓41及螺母42固定。各导电板24、25经由导线22、23与高频电源21连接。在第1连接导体部32及第2连接导体部33的端部上,分别设置有用于连接冷却液用软管等部件的连接器36、36(仅图示出一个)。

[0074] 如图7中该剖面所示,感应加热线圈26由铜等材质形成为例如矩形的中空形状。该中空部分26a成为冷却液流动的通路。芯部27由硅钢板、树脂羧基铁芯、铁氧体(Ferrite)等具有高磁导率的材料构成,配置在加热导体部31A、31B的背面侧。芯部27形成与加热导体部31A、31B的两侧部及后方壁部一体设置的剖面 $\cap$ 字形状。

[0075] 图1所示的移动支撑部11具有使工件Q1在设置于规定位置的状态下以轴C1为中心旋转移动的功能。此时,移动支撑部11进行控制,将加热导体部31A和第1区域A1之间的间隙尺寸G1维持为规定值,并且将加热导体部31B和第2区域A2之间的间隙尺寸G2维持为规定值。

[0076] 如上所示,第1加热导体部31A和第2加热导体部31B具有彼此不同的形状,并且沿轴向分离,各区域A1、A2的大小、形状及位置也相互不同。因此,如图8所示,以凹部Q1a的Z方向中央部为中心而形成的第1加热区域P1、和以上下一对的凸部Q1b的Z方向中央为中心而形成第2加热区域P2,将轴向上不同的加热区域作为对象。

[0077] 下面,说明本实施方式所涉及的感应加热淬火方法。本实施方式的感应加热淬火方法由下述工序构成,即:移动加热工序,在该工序中,一边将被处理部A加热,一边使被处理部A和加热导体部31A、31B相对移动;以及冷却工序,在该工序中,在移动加热工序后对被处理部A进行冷却。

[0078] 在移动加热工序中,使第1加热导体部31A与作为被处理部A的一部分的第1区域A1相对,并且使具有与第1加热导体部31A的第1加热区域P1不同的第2加热区域P2的第2加热导体部31B,与作为被处理部A的至少一部分的第2区域A2相对,一边利用第1加热导体部31A及第2加热导体部31B对被处理部A进行加热,一边使区域A1、A2相对于第1加热导体部31A及第2加热导体部31B沿规定的第2方向R相对移动。

[0079] 具体地说,在使加热导体部31A、31B分别与第1区域A1、A2相对的状态下,如果使高频电源21成为接通状态,则高频电流经由导线22、第1导电板24、第1连接导体部32、加热导体部31、第2连接导体部33、第2导电板25及导线23的顺序,返回高频电源21。此时,在加热导体部31A、31B中,高频电流从一端31a侧向另一端31b侧流动,在加热导体部31A、31B的表面产生感应电流,分别重点对相对配置的区域A1、A2进行加热。这样,在轴向及径向上分离一定距离的多个部位被同时加热。即,在彼此分离的各部位处,对各自相对的工件Q1的表面实施加热处理。

[0080] 在进行该加热处理的同时,利用移动支撑部11,在将间隙尺寸G1、G2维持为规定值的状态下,使工件Q1以轴C1为中心进行旋转,从而使被处理部A相对于加热导体部31A、31B沿第2方向R以规定的速度相对移动。例如,在这里,一边维持电力为100~150kW,维持间隙尺寸G1、G2=2.5mm,一边以200~300mm/sec的速度相对移动。

[0081] 利用该移动加热工序,在被处理部A的各部位上,按顺序实施由所述第1加热导体部进行的第1热处理、和由所述第2加热导体部进行的第2加热。在这里,通过使工件Q1旋转90度,从而在被处理部A的整个外周上分别进行第1及第2加热。由多个加热导体部31A、31B加热的被处理部A的各个加热区域P1、P2形成1个连续的加热区域P3。因此,如图8及图9所示,将第1及第2加热区域P1、P2合成,作为所期望的第3加热区域P3进行热处理。

[0082] 然后,在对被处理部的所述第2方向上的全部行程进行移动加热工序后,移动支撑部11使工件Q1沿轴向移动至下方的冷却部13。冷却部13对配置在由冷却套管围绕的冷却区

域即空间13a中的工件Q1,利用冷却液进行冷却(冷却工序)。

[0083] 根据本实施方式所涉及的感应加热线圈、感应加热淬火装置及感应加热淬火方法,可以得到下述效果。

[0084] 根据上述实施方式,通过将多个加热导体部31A、31B组合而进行热处理,从而可以将位置不同的多个加热区域合成而得到1个连续的加热区域,因此,可以以简单的结构实现所期望的加热区域的热处理。即使在被处理部的形状复杂的情况下,也可以以简单的结构实现均匀的所期望的热处理。

[0085] 另外,通过使对轴向上较大的区域即第1区域A1进行加热的第1加热导体部31A,形成连续具有多个曲部的锯齿形状,从而可以确保强磁场,并且得到良好的温度特性。因此,可以以较少的电力进行高速且均匀的热处理。在使用本实施方式所涉及的锯齿形状的加热导体部31,以电力100kW而在第1区域A1的表面达到温度为850度的情况下,可以以200~300mm/sec的速度,加热时间=300s而实现。即,通过使用具有锯齿形状的加热导体部31的感应加热线圈26,从而可以利用例如作为与第1区域A1对应的发夹状的感应加热线圈无法实现的移动式的局部加热而实现大型工件的热处理。在例如以发夹状的感应加热线圈进行的平面(端面)加热中,线圈效率为30~40%,但在上述锯齿形状的感应加热线圈中,线圈效率超过70%。

[0086] 另外,通过使用上述高效率的加热线圈,在被处理部A为环状的情况下,可以实现处理开始端及结束端中没有软区的均匀的热处理。因此,例如在将滚动轴承作为工件,将转动体所通过的轨道面作为被处理部A的情况下,可以形成没有软区的均匀的硬化层,因此,可以得到特别良好的特性。

[0087] 由于在一边仅与被处理部A的一部分相对一边相对移动的同时,进行热处理,所以即使在被处理部A及工件Q1为大型的情况下,也可以将加热导体部31的尺寸抑制得较小,可以使各加热装置10A、10B小型。因此,可以降低所需的电力,并且将制造成本抑制得较低。

[0088] 另外,由于在一边仅与被处理部A的一部分相对一边相对移动的同时,进行热处理,所以在将具有圆形等弯曲部的部件作为工件的情况下,即使由于热膨胀等原因使工件变形,也可以容易地维持适当的间隙尺寸。例如,在使用与圆形的被处理部对应的圆环状的感应加热线圈,以单次加热方式进行热处理的情况下,由于热膨胀而会使工件变形,所以需要预先将感应加热线圈设定得较大,因此,存在加热效率较差的问题,但在如本实施方式所示覆盖率较小的情况下,仅调整与工件之间的配置就可以维持适当的间隙。

[0089] [第2实施方式]

[0090] 下面,参照图10及图11,说明本发明的第2实施方式所涉及的感应加热淬火装置2。此外,由于除了工件Q2及加热导体部31的形状之外,与上述第1实施方式相同,所以省略共通的说明。此外,工件Q2形成为具有圆环状的平面部的圆筒状形状。

[0091] 图10是表示本实施方式所涉及的感应加热淬火装置2的配置的俯视图,图11是表示该感应加热淬火装置2的加热导体部31的形状的说明图。

[0092] 在本实施方式中,如图10所示,工件Q2形成为上下的端面为平面状的圆筒形状,将该端面作为被处理部A。另外,第1加热装置10A的加热导体部31,将多个的弯曲部134、135均以彼此相对的朝向沿周向R连续地配置多个,并且形成为在相对的弯曲部134、135之间分别配置弯曲的导体部分136的锯齿形状。多个弯曲部134形成为朝向与移动方向相交叉的方向

的一侧即外侧开口的弯曲形状,弯曲部135形成朝向另一侧即径向内侧开口的弯曲形状。

[0093] 如图10及11所示,多个导体部分136构成为,与周向R相交叉并延伸,并且距离作为旋转中心的轴C1较远的部位中的周向长度与距离轴C1较近的部位中的周向长度相比更长,周向上的长度与所述周向的速度相对应而形成。导体部分136通过在保持与其延伸设置方向正交的截面积及剖面形状固定的情况下,弯曲为使距离轴C1较远的部位中的延伸设置角度与距离轴C1较近的部位中的延伸设置角度相比,相对于周向R的角度较小,从而使周向的速度与长度对应。

[0094] 在本实施方式中,多个导体部分136在径向上划分为3个部分,其中心线C2在相邻的部分的边界处,分别以 $\alpha_1 = \alpha_2 = 150^\circ$ 弯曲。该中心线沿着各部分的延伸设置方向。径向内侧的第1部分136a相对于周向R形成 $\theta_1 = 90^\circ$ 的角度,中间的第2部分136b以相对于周向R形成 $\theta_2 = 60^\circ$ 的角度的方式倾斜,最外侧的第3部分136c以相对于周向R形成 $\theta_3 = 30^\circ$ 的角度的方式倾斜。即,形成 $\theta_1 > \theta_2 > \theta_3$ 。

[0095] 例如,在这里,以工件的最内侧的点P1和最外侧的点P3这2个部位为基准而进行尺寸设定。如果将与第1部分136a相对的被处理部A1上的某一基准点P1的旋转半径(距离轴心C1的距离)设为 r_4 ,将与第3部分136c相对的被处理部A1上的某一基准点P3的旋转半径(距离轴心C1的距离)设为 r_5 ,将与P1相对的第1部分136a的周向尺寸设为 L_1 ,将与P3相对的第3部分136c的周向尺寸设为 L_3 ,则导体部分136设定为 $L_1:L_3 \equiv r_4:r_5$,与作为旋转中心的轴C1相距的距离和周向尺寸对应。在此情况下,如果将P1和P3作为基准,则相对于与旋转直径成正比的周向速度,周向尺寸(距离)成为反比,通过的时间即加热时间保持固定。另外,中间的第2部分136b的尺寸 L_2 以成为 L_1 和 L_3 之间的尺寸的方式,设定为 $L_1 < L_2 < L_3$ 。

[0096] 在本实施方式中,也可以得到与上述第1实施方式相同的效果。另外,由于本实施方式的感应加热淬火装置2设定为,在以轴C1为中心而使工件Q2旋转移动的情况下,在工件Q2横穿通过加热导体部31的速度较快的外周侧,与速度较慢的内侧相比,加热导体部31的移动方向的尺寸较大,所以可以使通过的时间均匀化,使热处理时间均匀化。

[0097] [第3实施方式]

[0098] 下面,参照图12,说明本发明的第3实施方式所涉及的感应加热淬火装置2。此外,由于除了工件Q3的形状和加热导体部31沿着工件Q3的倾斜面这一点之外,与上述实施方式相同,所以省略共通的说明。

[0099] 感应加热淬火装置2的俯视图与图10相同,加热导体部31的俯视图与图11相同,所以省略。

[0100] 在本实施方式中,如图12所示,工件Q3形成为上下的外周面倾斜的鼓形状,将其外周面设为被处理部A。将工件Q3的倾斜的上外周面设为第1区域A1,将倾斜的下外周面设为第2区域A2。本实施方式所涉及的感应加热淬火装置3构成为具有:第1加热装置10A,其对上表面的第1区域A1进行感应加热;以及第2加热装置10A,其对下表面的第2区域A2进行感应加热。

[0101] 本实施方式的加热导体部31A均构成为,相对于轴向及周向倾斜,分别沿着工件Q3的上下外周面。

[0102] 如图10所示,第1加热装置10A的加热导体部31A将多个弯曲部134、135均以彼此相对的朝向沿周向R连续地配置多个,并且形成为在相对的弯曲部134、135之间分别配置弯曲

的导体部分136的锯齿形状。多个弯曲部134形成为朝向与移动方向相交叉的方向的一侧即外侧开口的弯曲形状,弯曲部135形成为朝向另一侧即径向内侧开口的弯曲形状。多个导体部分136构成为,与周向R相交叉并延伸,并且距离作为旋转中心的轴C1较远的部位中的周向长度与距离轴C1较近的部位中的周向长度相比更长,周向上的长度与所述周向的速度相对应而形成。导体部分136通过在保持与其延伸设置方向正交的截面积及剖面形状固定的情况下,弯曲为使距离轴C1较远的部位中的延伸设置角度与距离轴C1较近的部位中的延伸设置角度相比,相对于周向R的角度较小,从而使周向的速度与长度对应。

[0103] 在本实施方式中,也可以得到与上述第1实施方式相同的效果。

[0104] [第4实施方式]

[0105] 下面,参照图13,说明本发明的第4实施方式所涉及的感应加热淬火装置3。图13是表示本实施方式所涉及的感应加热淬火装置的配置的说明图。此外,由于除了工件Q4的形状之外与上述第2实施方式相同,所以省略共通的说明。工件Q4为中空体状,具有相对于轴向及周向倾斜的内周面。

[0106] 本实施方式的加热导体部31A均构成为,相对于轴向及周向倾斜,分别沿着工件Q4的上下内周面。

[0107] 如图10所示,第1加热装置10A的加热导体部31A将多个弯曲部134、135均以彼此相对的朝向沿周向R连续地配置多个,并且形成为在相对的弯曲部134、135之间分别配置弯曲的导体部分136的锯齿形状。多个弯曲部134形成为朝向与移动方向相交叉的方向的一侧即外侧开口的弯曲形状,弯曲部135形成为朝向另一侧即径向内侧开口的弯曲形状。多个导体部分136构成为,与周向R相交叉并延伸,并且距离作为旋转中心的轴C1较远的部位中的周向长度,与距离轴C1较近的部位中的周向长度相比更长,周向上的长度与所述周向的速度相对应而形成。导体部分136通过在保持与其延伸设置方向正交的截面积及剖面形状固定的情况下,弯曲为使距离轴C1较远的部位中的延伸设置角度与距离轴C1较近的部位中的延伸设置角度相比,相对于周向R的角度较小,从而使周向的速度与长度对应。

[0108] 在本实施方式中,也可以得到与上述第1~3实施方式相同的效果。

[0109] [第5实施方式]

[0110] 下面,参照图14,说明本发明的第5实施方式所涉及的感应加热淬火装置4。此外,由于除了工件Q5的形状及被处理部A倾斜这一点之外,与上述第1实施方式相同,所以省略共通的说明。

[0111] 图14是表示本实施方式所涉及的感应加热淬火装置4的配置的侧视图。

[0112] 在本实施方式中,如图14所示,将带台阶的剖面梯形形状的工件Q5的周面设为被处理部A。将轴向中央部分的外周面设为第1区域A1,将轴向两端中向外侧凸出的台阶部分的外周面设为第2区域A2。

[0113] 感应加热淬火装置4具有:第1加热装置10A,其对轴向中央部分的第1被处理部A1进行感应加热;以及第2加热装置10B,其对轴向两端的2个部位的第2被处理部A2进行感应加热。区域A1、A2形成相对于轴倾斜的面,与转动中心之间的距离变化。本实施方式的加热导体部31A、31B构成为,均相对于轴向及周向倾斜,沿着工件Q5的上下外周面。加热导体部31A的形状例如使用与第3实施方式相同的加热导体部31A。即,形成为下述锯齿形状,即,沿轴向倾斜,并且具有相对的弯曲部134、135,导体部分136在保持与其延伸设置方向正交的

截面积及剖面的形状固定的情况下,弯曲为使距离轴C1较远的部位中的延伸设置角度,与距离轴C1较近的部位中的延伸设置角度相比,相对于周向R的角度较小。

[0114] 在本实施方式中,也可以得到与上述第1~4实施方式相同的效果。

[0115] 在上述实施方式中,作为弯曲部,例示了以剖面コ字状弯曲为矩形的弯曲部34、35,但并不限于此。

[0116] [第6实施方式]

[0117] 在图15中,作为本发明的第6实施方式,也可以应用具有弯曲为半圆周状的形状的弯曲部(曲部)34、35的构造的第1加热导体部31C。在本实施方式中,也可以得到与上述第1~5实施方式相同的效果。

[0118] [第7实施方式]

[0119] 作为本发明的第7实施方式,如图16所示,也可以应用具有弯曲为梯形形状的弯曲部34、35的构造的第1加热导体部31D。在本实施方式中,也可以得到与上述第1~5实施方式相同的效果。

[0120] 此外,也可以不采用上述弯曲形状,而形成如第1实施方式所示的锯齿形状。在上述实施方式中,举出通过使工件Q1旋转而进行相对移动的例子,但并不限于此,也可以通过使加热导体部31A、31B侧移动而进行相对移动。

[0121] [第8实施方式]

[0122] 在上述第1~5实施方式中,例示了将第1加热装置10A及第2加热装置10B分别配置在4个部位处的情况,但并不限于此。

[0123] 图17概略地示出作为本发明的第8实施方式而将第1加热装置10A及第2加热装置10B分别配置2个的情况下的位置关系。在本实施方式中,也可以得到与上述第1~5实施方式相同的效果。

[0124] [第9实施方式]

[0125] 图18概略地示出作为本发明的第9实施方式而将第1加热装置10A及第2加热装置10B分别配置3个的情况下的位置关系。在本实施方式中,也可以得到与上述第1~5实施方式相同的效果。

[0126] [第10实施方式]

[0127] 图19概略地示出作为本发明的第10实施方式而将第1加热装置10A及第2加热装置10B分别配置5个的情况下的位置关系。在本实施方式中,也可以得到与上述第1~5实施方式相同的效果。

[0128] [第11实施方式]

[0129] 图20概略地示出作为本发明的第11实施方式而将第1加热装置10A及第2加热装置10B分别配置6个的情况下的位置关系。在本实施方式中,也可以得到与上述第1~5实施方式相同的效果。

[0130] [第12实施方式]

[0131] 例示了线圈配置为交替配置或者相对配置,但并不限于此,可以以1:3等任意配置。在上述实施方式中,例示了台阶为1个的工件Q1,但并不限于此,在将具有大于或等于2个台阶的工件作为对象的情况下,也可以应用本发明。

[0132] 在图21中,作为本发明的第12实施方式,在将具有2级台阶的工件Q5作为对象的情

况下,在工件的外周面即被处理部A中,与台阶的位置对应而设定3个第1至第3区域A1、A2、A3。此外,在这里,由于工件Q5在上下方向上对称,上下分别具有台阶,所以第2区域A2、第3区域A3在轴向上分别配置在2个部位处。在这里,使用3个感应加热淬火装置10A、10B、10C,以分别与区域A1、A2、A3相对的方式配置加热导体部31A、31B、31C。在此情况下,也与上述实施方式相同地,通过将由加热导体部31A加热的第1加热区域P4、由加热导体部31B加热的第2加热区域P5、由加热导体部31C加热的第3加热区域P6进行合成,从而可以容易地对1个连续的所期望的加热区域P7进行处理。

[0133] 除此之外,工件并不限定于中空,也可以是实心的。

[0134] [第13实施方式]

[0135] 下面,参照图22至图26,说明本发明的第13实施方式所涉及的感应加热淬火装置201(热处理装置)。

[0136] 图22是概略地表示本实施方式所涉及的感应加热淬火装置201的整体结构的说明图。如图22所示,感应加热淬火装置201是进行高频淬火的装置,具有下述部件而构成:移动支撑部(工件移动旋转支撑台)211,其可移动地支撑作为处理对象物的工件W1;感应加热装置210(热处理装置),其对工件W1的被处理部N1进行感应加热;以及冷却部213(冷却单元),其在被处理部N1的加热处理工序后,对工件W1进行冷却。在感应加热装置210中,内置有与高频电源221连接的匹配盘。移动支撑部211使工件W1在设置于规定位置的状态下,以轴C1为中心沿旋转方向(周向)进行旋转移动。此时,移动支撑部211控制为,将加热导体部231和工件W1之间的间隙尺寸J1维持为规定值。此外,移动支撑部211在被处理部N1的整个外周(整个行程)上结束加热处理后,使工件W1移动至冷却部213。冷却部213在加热处理结束后,对工件W1进行冷却。

[0137] 如图23至图26所示,感应加热装置210具有下述部件而构成:作为电力供给单元的高频电源221;导线222、223,其与高频电源221连接;隔板228,其具有与导线222、223连接的一对导电板224、225;感应加热线圈226,其两端分别与一对导电板224、225连接;以及芯部227(仅在图26中图示),其配置在感应加热线圈226的加热导体部231的背侧面。

[0138] 如图22所示,作为处理对象物的一个例子的工件W1是厚度大于或等于25mm的厚壁部件,例如,在这里,使用以轴C1为中心而外侧直径 $d1=500\text{mm}$ 、内侧直径 $d2=250\text{mm}$ 、轴向长度 $h1=100\text{mm}$ 的圆筒状部件。

[0139] 在本实施方式中,例如,将工件W1的轴向一个端面即与轴C1正交的圆环形状的平面区域作为被处理部N1。被处理部N1形成沿工件W1的周向相连续的无接头的环状。在这里,示出下述情况,即,通过在与被处理部N1的一部分相对而配置有加热导体部231的状态下,利用移动支撑部211使工件W1以轴C1为中心旋转,从而被处理部N1与加热导体部31相对而沿以轴C1为中心的周向R(旋转方向)相对移动,在被处理部N1的整个外周上进行热处理。

[0140] 如图22及图23所示,感应加热线圈226具有:锯齿形状的加热导体部231,其与工件W1的被处理部N1的一部分相对;第1连接导体部232,其与加热导体部231的一端侧231b相连续;以及第2连接导体部233,其与加热导体部231的另一端侧231a相连续,它们相连续地一体形成。第1连接导体部232与加热导体部231的一端侧的端部231b连续地延伸,在其端部上设置有用与冷却液用的软管等部件连接的联接器237。第2连接导体部233与加热导体部231的另一端侧的端部231a连续地延伸,在其端部上设置有用与冷却液用的软管等部件

连接的联接器237。

[0141] 第1连接导体部232和第2连接导体部233隔着隔板228配置。隔板228构成为,将分别形成矩形平板状的一对导电板224、225和夹持在上述一对导电板224、225之间的矩形平板状的绝缘板238重叠配置,并且上述导电板224、225及绝缘板238经由绝缘衬套239而利用螺栓241及螺母242固定。各导电板224、225经由导线222、223与高频电源221连接。

[0142] 如图23至图25所示,加热导体部231形成锯齿形状,即,将多个弯曲部234、235以彼此相对的朝向沿周向R连续地配置多个,并且在相对的弯曲部234、235之间分别配置弯曲的导体部分236。多个弯曲部234形成为朝向与移动方向相交叉的方向的一侧即外侧开口的弯曲形状,弯曲部35形成为朝向另一侧即径向内侧开口的弯曲形状。

[0143] 由多个弯曲部234、235以及将它们连结的多个导体部分236相连续而构成的加热导体部231的周向R的尺寸设定为,例如与被处理部N1的整个外周相对的加热导体部231的周向R的尺寸比例即覆盖率为1/3,中心角 $\beta_1=120^\circ$ 。

[0144] 多个导体部分236构成为,与周向R相交叉并延伸,并且距离作为旋转中心的轴C1较远的部位中的周向长度与距离轴C1较近的部位中的周向长度相比更长,周向上的长度与所述周向上的速度相对应而形成。导体部分236通过在保持与其延伸设置方向正交的截面积及剖面形状固定的情况下,弯曲为使距离轴C1较远的部位中的延伸设置角度与距离轴C1较近的部位中的延伸设置角度相比,相对于周向R的角度较小,从而使周向的速度与长度对应。

[0145] 在本实施方式中,如图25所示,多个导体部分236在径向上划分为3个部分,其中心线C2在相邻的部分的边界处,分别以 $\alpha_1=\alpha_2=150^\circ$ 弯曲。该中心线沿着各部分的延伸设置方向。径向内侧的第1部分236a相对于周向R形成 $\theta_1=90^\circ$ 的角度,中间的第2部分236b以相对于周向R形成 $\theta_2=60^\circ$ 的角度的方式倾斜,最外侧的第3部分236c以相对于周向R形成 $\theta_3=30^\circ$ 的角度的方式倾斜。即,形成 $\theta_1>\theta_2>\theta_3$ 。

[0146] 例如,在这里,以工件的最内侧的点P1和最外侧的点P3这2个部位为基准而进行尺寸设定。如果将与第1部分236a相对的被处理部N1上的某一基准点P1的旋转半径(距离轴心C1的距离)设为 $r_1=250\text{mm}$,将与第3部分236c相对的被处理部N1上的某一基准点P3的旋转半径(距离轴心C1的距离)设为 $r_3=500\text{mm}$,将与P1相对的第1部分236a的周向尺寸设为 $M_1=15\text{mm}$,将与P3相对的第3部分236c的周向尺寸设为 $M_3=30\text{mm}$ 。即,导体部分236设定为 $M_1:M_3=r_1:r_3$,与作为旋转中心的轴C1相距的距离和周向尺寸对应。因此,如果将P1和P3作为基准,则相对于与旋转半径成正比的周向速度,周向尺寸(距离)成为反比,通过的时间即加热时间保持固定。另外,中间的第2部分236b的尺寸M2以成为M1和M3之间的尺寸的方式,设定为 $M_1<M_2<M_3$ 。

[0147] 即,由于设定为,在以轴C1为中心而使工件W1旋转移动的情况下,在被处理部N1横穿通过加热导体部231的速度较快的外周侧,与速度较慢的内侧相比,加热导体部231的移动方向的尺寸较大,所以可以使加热时间相等。

[0148] 如图26中剖面所示,感应加热线圈226由铜等材质形成为例如矩形的中空形状。该中空部分226a成为冷却液流动的通路。芯部227由硅钢板、树脂羧基铁芯、铁氧体等具有高磁导率的材料构成,配置在加热导体部231的背面侧。芯部27形成为与加热导体部231的两侧部及后方壁部一体形成的剖面 $\cap$ 字形形状。

[0149] 下面,说明本实施方式所涉及的感应加热淬火方法(热处理方法)。本实施方式的感应加热淬火方法由下述工序构成,即:移动加工序,在该工序中,使被处理部N1一边加热一边相对移动;以及冷却工序,在该工序中,在移动加工序后对被处理部N1进行冷却。

[0150] 在移动加工序中,如图22至图25所示,在使加热导体部231与被处理部N1中的一部分相对的状态下,如果使高频电源221成为接通状态,则高频电流经由导线222、第1导电板224、第1连接导体部232、加热导体部231、第2连接导体部233、第2导电板225及导线223的顺序,返回高频电源221。

[0151] 在加热导体部231中,高频电流如图中箭头所示,从一端231b侧向另一端231a侧,经由弯曲部234、导体部分236及弯曲部235而流动,在加热导体部231的表面产生感应电流,对相对配置的被处理部N1进行感应加热。

[0152] 通过在利用移动支撑部211将工件W1的被处理部N1的表面和加热导体部231的表面之间的间隙尺寸J1维持为规定值的状态下,使工件W1进行旋转,从而使被处理部N1相对于加热导体部231沿周向以规定的速度相对移动。

[0153] 例如,在这里,一边维持电力为100~150kW,维持间隙尺寸J1=2.5mm,一边以200~300mm/sec的速度相对移动。通过使工件W1旋转,从而使得与加热导体部231相对配置的工件W1的端面的圆环状区域即被处理部N1的整个区域被均匀地加热。

[0154] 在这里,如果考虑导体部分236的基准点P1、P2、P3处的热处理的程度,则即使基准点P1、P2、P3的周向速度不同,也可以使通过相对的被处理部N1的时间保持固定。因此,施加在被处理部N1上的加热的程度变得均匀。

[0155] 然后,在对被处理部的周向R上的全部行程进行移动加工序后,移动支撑部211使工件W1沿轴向移动至下方的冷却部213。冷却部213对配置在由冷却套管围绕的冷却区域即空间213a中的工件W1,利用冷却液进行冷却(冷却工序)。

[0156] 此外,通过经过感应加热线圈226内侧的中空部分226a,经由第1连接导体部232、加热导体部231、第2连接导体部233的中空部分226a而流动冷却液,从而将感应加热线圈226及导电板224、225冷却。

[0157] 根据本实施方式所涉及的感应加热线圈、感应加热淬火装置及感应加热淬火方法,得到下述效果。即,由于通过使加热导体部231的导体部分236的周向尺寸,以与轴C1的距离对应的方式变化,从而将通过的时间保持固定,因此使加热时间均匀化。因此,即使在由于旋转而各个部位的移动速度不同的情况下,也可以实现均匀的处理。另外,通过形成使截面积固定而仅弯曲为与周向速度对应的角度的简单结构,可以容易地实现加热温度的均匀化,不会使热处理条件复杂化。

[0158] 通过使加热导体部231形成为连续具有相对配置的多个曲部的锯齿形状,从而可以确保强磁场,并且得到良好的温度特性。因此,可以以较少的电力进行高速且均匀的热处理。在使用本实施方式所涉及的锯齿形状的加热导体部231的情况下,可以以电力100kW而在被处理部N1的表面达到温度为850度的情况下,得到200~300mm/sec的速度,以加热时间=300s而实现。因此,即使在工件的直径为3.5m左右较大的情况下,也可以作为覆盖率为1/3左右而实现超过A3转变点的加热。

[0159] 通过使用具有锯齿形状的加热导体部231的感应加热线圈226,从而可以利用例如作为平板状的感应加热线圈无法实现的移动式的局部加热而实现大型工件的热处理。另

外,由于如上所述处理速度加快,所以可以以下述步骤进行处理,即,在首先使被处理部N1整体一边移动一边进行加热处理后,再进行冷却。因此,即使是局部加热,在被处理部N1为环状的情况下,也可以实现处理开始端及结束端中没有软区的均匀的热处理。

[0160] 由于在一边仅与被处理部N1的一部分相对一边相对移动的同时,进行加热处理,所以即使在被处理部N1及工件W1为大型的情况下,也可以将加热导体部231的尺寸抑制得较小,可以使感应加热装置210整体小型化。因此,可以降低所需的电力,并且将制造成本抑制得较低。

[0161] 另外,由于在一边仅与被处理部N1的一部分相对一边相对移动的同时,进行加热处理,所以即使由于热膨胀等原因使工件变形,也可以容易地维持适当的间隙尺寸。例如,在使用与圆形的被处理部对应的圆环状的感应加热线圈以单次加热方式进行热处理的情况下,由于热膨胀而会使工件变形,所以需要预先将感应加热线圈设定得较大,因此,存在加热效率较差的问题,但在如本实施方式所示覆盖率较小的情况下,仅调整与工件之间的配置就可以维持适当的间隙。

[0162] [第14实施方式]

[0163] 下面,参照图27至图30,说明本发明的第14实施方式所涉及的感应加热装置210。此外,由于除了被处理部N2及加热导体部331相对于轴C1倾斜这一点之外,与上述第13实施方式相同,所以省略共通的说明。

[0164] 图27是表示本实施方式所涉及的感应加热装置210的加热导体部331及工件W2的结构斜视图,图28是俯视图,图29是侧视图,图30是表示局部的说明图。

[0165] 在本实施方式中,工件W2形成实心的锥台状,其轴向一端侧的面即被处理部N2相对于轴向及径向倾斜。即,在第1实施方式中,被处理部N1为与轴正交的平面状的面,但在本第14实施方式中,被处理部N2形成相对于轴倾斜的倾斜面。

[0166] 加热导体部331的基本结构与第1实施方式的加热导体部231相同,由多个弯曲部334、335以及将它们连结的多个导体部分336相连续而构成。多个导体部分336构成为,与周向R相交叉并延伸,并且距离作为旋转中心的轴C1较远的部位中的周向长度与距离轴C1较近的部位中的周向长度相比更长,周向上的长度与所述周向上的速度相对应而形成。导体部分336通过在保持其截面积固定的情况下,弯曲为使距离轴C1较远的部位中的延伸设置角度,与距离轴C1较近的部位中的延伸设置角度相比,相对于周向R的角度较小,从而使周向的速度与长度对应。

[0167] 例如,在这里,如图30所示设定为,使弯曲角 $\alpha_3 = \alpha_4 = 150^\circ$ 、 $\theta_4 = 90^\circ$ 、 $\theta_5 = 60^\circ$ 、 $\theta_6 = 30^\circ$,与第1部分336a相对的被处理部N2上的基准点P4的旋转半径 r_1 、与第3部分336c相对的基准点P6的旋转半径 r_3 、第1部分336a的周向尺寸M4及第3部分336c的周向尺寸M6的关系成为 $r_1:r_3 = M_4:M_6$ 。即,以使与轴C1相距的距离和周向尺寸对应的方式变化,使移动速度和移动方向的尺寸对应。

[0168] 在本实施方式中,也可以得到与上述第13实施方式相同的效果。

[0169] 例如,在上述实施方式中,作为相对移动的例子,举出通过使工件W1旋转而进行相对移动的例子,但并不限于此,也可以通过使加热导体部231侧以沿着周向R的规定轨迹移动,从而进行相对移动。

[0170] [第15实施方式]

[0171] 在上述实施方式中,例示了针对1个被处理部N1、N2,仅在一个部位配置加热导体部231、331的情况,但并不限于此,也可以沿着周向R而以相等间隔配置多个感应加热装置210。

[0172] 图31示出本发明的第15实施方式。即,在设置2个感应加热装置210的情况下,如感应加热淬火装置202所示,以彼此相对的方式,在中心角180度的位置上配置2个感应加热装置210。另外,在3个的情况下,设置在中心角120度的位置上。如果如上所述使用多个感应加热装置210,则可以减小1个加热导体部的覆盖率,并且可以缩短处理时间而提前完成加热处理,因此,特别适于工件尺寸较大的情况。

[0173] 在上述实施方式中,例示了被处理部N1、N2为平面状或倾斜的圆环状面,但并不限于此,也可以应用于圆形形状、或其它具有凹部或台阶的形状。另外,在上述第14实施方式中,例示了实心的锥台形状,但也可以是中空的。

[0174] 在上述实施方式中,例示了曲部的端部弯曲为矩形的弯曲部,但并不限于此,例如也可以形成具有弯曲为半圆周状的形状的弯曲部的构造。

[0175] 此外,例示了仅应用于轴向的一端面的情况,但在轴向两端面形成圆形的平面或倾斜面的情况下,也可以应用于这两个端面上。

[0176] [第16实施方式]

[0177] 在上述实施方式中,设定为沿径向划分为3个部位,但并不限于此。也可以划分为2个或大于等于4个。

[0178] 图32示出本发明的第16实施方式。例如图32示出的导体部分346所示,也可以设定大于或等于4个部位346a、346b、346c、346d,精细地划分而使周向速度和周向尺寸对应。

[0179] [第17实施方式]

[0180] 图33表示本发明的第17实施方式。如图33示出的导体部分356所示,也可以以随着成为径向外侧而角度逐渐增大的方式顺滑地弯曲,使周向速度和周向尺寸对应。导体部分346及导体部分356均在保持与图中虚线所示的延伸设置方向C3、C4正交的尺寸(虚线箭头)固定而使得截面积相同的情况下,使移动方向R的尺寸(实线箭头)以与移动方向R的速度对应的方式变化。另外,径向上的划分也可以是等分。

[0181] 此外,作为与旋转中心相距的距离和周向尺寸对应的例子,例示了相距旋转中心的距离和周向尺寸成正比的情况,但并不限于此,即使在并不严格地成正比的情况下,也可以应用本发明。

[0182] [第18实施方式]

[0183] 图34是概略地表示本实施方式所涉及的热处理装置的整体结构的说明图。图35至图37分别是热处理装置的俯视图、侧视图、正视图。

[0184] 如图34所示,热处理装置410具有下述部件而构成:移动支撑部411,其可移动地支撑作为处理对象物的工件E1;感应加热部412,其一边相对于工件E1的被处理部U1相对移动一边对被处理部U1进行感应加热;以及冷却部413(冷却单元),其在被处理部U1的加热处理工序后,对工件E1进行冷却。

[0185] 如图35至图38所示,感应加热部412具有下述部件而构成:作为电源供给单元的高频电源421;导线422、423,其与高频电源421连接;隔板428,其具有与导线422、423连接的一对导电板424、425;感应加热线圈426,其两端分别与一对导电板424、425连接;以及芯部427

(仅在图35及图38中图示),其配置在感应加热线圈426的加热导体部431的背面侧。

[0186] 作为图34所示的处理对象物的一个例子的工作E1是厚度大于或等于25mm的壁厚部件(壁厚部),例如,在这里,使用以轴C1为中心而外侧半径 $r1=250\text{mm}$ 、内侧半径 $r2=200\text{mm}$ 、壁厚尺寸 $t1=50\text{mm}$ 、轴向(第1方向)长度 $S1=100\text{mm}$ 的圆筒状部件。与工作E1的被处理部U1中的一部分相对,并确保规定的间隙尺寸K1而配置加热导体部431。

[0187] 在本实施方式中,示出例如将工作E1的外周面的轴向中央部分的圆形带状区域作为被处理部U1,对作为壁厚部的该被处理部U1的整个外周进行热处理的情况。在本实施方式中,工作E1的轴向即Z方向成为第1方向,以轴心C1为中心而沿着工作E1的外周面的周向R成为第2方向。在这里,周向R的半径尺寸为工作E1外周面的半径尺寸 $r1$ 与间隙尺寸K1相加后的值,成为 $r1+K1$ 。

[0188] 被处理部U1形成为在工作E1的外周面上沿周向相连续的无接头的环状。通过利用移动支撑部411而使工作E1以轴心C1为中心旋转,从而使被处理部U1和加热导体部431沿着周向R相对移动。

[0189] 如图35至图37所示,感应加热线圈426具有:锯齿形状的加热导体部431,其与工作E1的被处理部U1相对;第1连接导体部432,其与加热导体部431的一端侧431a相连续;以及第2连接导体部433,其与加热导体部431的另一端侧431b相连续,它们相连续地一体形成。

[0190] 如图37所示,加热导体部431由导体部件431w形成,多个 $\cap$ 字状的弯曲部434、435朝向Z方向中的中央C2开口,形成锯齿形状,即,以彼此相对的朝向沿着周向R相连续地配置多个。弯曲部434形成为朝向下开口方的 $\cap$ 字形状,弯曲部435形成为朝向上开口方的 $\cap$ 字形状。

[0191] 加热导体部431的第2方向的整个尺寸 $R2$,为与加热导体部431相对的被处理部U1的第2方向的整个周长尺寸的大于或等于 $1/10$ 而小于或等于 $1/2$ 。与被处理部U1相对的加热导体部431的第2方向的尺寸比例即覆盖率,在这里设定为 $1/10$ 左右。

[0192] 此外,将相邻的导体部件431w的间隔即 $R5$ 设定为大于或等于导体部件431w的宽度即 $R4$ 的尺寸的1倍且小于或等于2倍。这是由于,如果相邻的导体部件431w的间隔小于或等于导体部件431w的宽度尺寸的1倍,则相邻的电流成为互逆方向,磁束彼此抵消,如果大于2倍,则过于远离而使加热效率变差。在本实施方式中,将图37中的 $R4$ 和 $R5$ 的尺寸设定为 $R4=15\text{mm}$ 、 $R5=20\text{mm}$ 。

[0193] 第1连接导体部432构成为具有:导体部432a,其从加热导体部431的一端侧431a的端部沿Y方向延伸;导体部432b,其从导体部432a的端部弯曲而沿X方向,朝向导电板424的宽度方向中央侧延伸;导体部432c,其在导电板424的中央弯曲而朝向Y方向延伸;以及导体部432d,其进一步弯曲而朝向Z方向延伸,它们相连续地一体形成。第1连接导体部432的端部设置有联接器436,其用于连接冷却液用的软管等部件。

[0194] 第2连接导体部433构成为具有:导体部433a,其从加热导体部431的另一端侧431b的端部沿Y方向延伸;导体部433b,其从导体部433a的端部弯曲而沿X方向朝向导电板425的宽度方向中央侧延伸;导体部433c,其在导电板425的中央弯曲而朝向Y方向延伸;以及导体部433d,其进一步弯曲而朝向Z方向延伸,它们相连续地一体形成。第2连接导体部433的端部设置有联接器437,其用于连接冷却液用的软管等部件。

[0195] 第1连接导体部432和第2连接导体部433隔着隔板428而在厚度(Z轴)方向分离地

配置。隔板428构成为,将分别形成矩形平板状的一对导电板424、425和夹持在上述一对导电板424、425之间的矩形平板状的绝缘板438在Z方向上重叠配置,并且上述导电板424、425及绝缘板438经由绝缘衬套439而利用螺栓441及螺母442固定。各导电板424、425经由导线422、423与高频电源421连接。

[0196] 如图38中剖面所示,感应加热线圈426由铜等材质形成为例如矩形的中空形状。该中空部分426a成为冷却液流动的通路。将感应加热线圈426的宽度尺寸设为 $W1=15\text{mm}$,将Y方向的厚度尺寸设为 $T1=10\text{mm}$ 。

[0197] 芯部427由硅钢板、树脂羧基铁芯、铁氧体等具有高磁导率的材料构成,配置在加热导体部431的背面侧。芯部427具有 $T2=5\text{mm}$ 左右的厚度,形成为与加热导体部431的两侧部及后方壁部一体形成的剖面 $\cap$ 字形状。

[0198] 图34所示的移动支撑部411,在将工件E1设置于规定位置的状态下以轴心C1为中心旋转移动。此时,移动支撑部411进行控制,将加热导体部431和工件E1之间的间隙尺寸K1维持为规定值。此外,移动支撑部411在被处理部U1的整个外周(整个行程)上结束加热处理后,使工件E1沿轴向移动至下方的冷却部413。

[0199] 设置在加热线圈426下方的冷却部413,以围绕加热处理后移动至下方的工件E1的外侧的方式构成为筒状,对配置在内侧空间413a中的工件E1进行冷却。

[0200] 下面,说明本实施方式所涉及的热处理方法。本实施方式的热处理方法由下述工序构成:移动加热工序,在该工序中,使被处理部U1一边加热一边相对移动;以及冷却工序,在该工序中,在移动加热工序后对被处理部U1进行冷却。

[0201] 在移动加热工序中,如图34至图37所示,在使加热导体部431与被处理部U1中的一部分相对的状态下,如果使高频电源421成为接通状态,则高频电流经由导线422、第1导电板424、第1连接导体部432、加热导体部431、第2连接导体部433、第2导电板425及导线423的顺序,返回高频电源421。

[0202] 此时,在加热导体部431中,高频电流如图35至图37中箭头所示,从一端431a侧向另一端431b侧流动,在加热导体部431的表面产生感应电流,对相对配置的被处理部U1进行加热。

[0203] 此时,通过在利用移动支撑部411将工件E1的被处理部U1的表面和加热导体部431的表面之间的间隙尺寸K1维持为规定值的状态下,使工件E1进行旋转,从而使加热导体部431相对于被处理部U1沿第2方向以规定的速度相对移动。

[0204] 例如,在这里,一边维持电力为 $100\sim 150\text{kW}$,维持间隙尺寸 $K1=2.5\text{mm}$,一边以 $200\sim 300\text{mm/sec}$ 的速度相对移动。

[0205] 如上所示,与加热导体部431相对配置的工件E1的外周面的带状区域即被处理部U1的整个区域被均匀地加热。

[0206] 在对被处理部的整个外周完成加热处理后,移动支撑部411使工件E1沿Z方向移动至下方的冷却部413处。冷却部213对配置在由冷却套管围绕的冷却区域即空间413a中的工件E1,利用冷却液进行冷却。

[0207] 此外,通过经过感应加热线圈426的内侧的中空部分426a,经由第1连接导体部432、加热导体部431、第2连接导体部433的中空部分426a而流动冷却液,从而对感应加热线圈426及导电板424、425进行冷却。

[0208] 根据本实施方式所涉及的感应加热线圈、热处理装置及热处理方法,得到下述效果。即,由于通过将加热导体部431形成连续具有多个曲部的锯齿形状,从而可以确保强磁场,并且得到良好的温度特性。因此,可以以较少的电力进行高速且均匀的热处理。

[0209] 例如在使用发夹状的线圈的情况下,线圈效率为30%左右,与此相对,在形成本实施方式的锯齿形状的情况下,可以确保70%左右的线圈效率。

[0210] 此外,通过将相邻的导体部件431w的间隔设定为大于或等于加热导体部431的导体部件431w的宽度尺寸的1倍而小于或等于2倍,从而可以防止磁束抵消,降低线圈的自身损耗。

[0211] 在使用本实施方式所涉及的锯齿形状的加热导体部431,以电力100kW而在被处理部U1的表面达到温度为850度的情况下,可以通过200~300mm/sec的速度,加热时间=300s而实现。即,通过使用具有锯齿形状的加热导体部431的感应加热线圈426,从而可以利用例如作为平板状的感应加热线圈无法实现的移动式的局部加热而实现大型工件的热处理。

[0212] 另外,即使是局部加热,也可以在被处理部U1为环状的情况下,进行处理开始端及结束端中没有软区的均匀的热处理。

[0213] 因此,例如在将滚动轴承作为工件,将转动体所通过的轨道面作为被处理部U1的情况下,可以形成没有软区的均匀的硬化层,因此,可以得到特别良好的特性。

[0214] 由于在一边仅与被处理部U1的一部分相对一边相对移动的同时,进行加热处理,所以即使在被处理部U1及工件E1为大型的情况下,也可以通过配置多个而将加热导体部431的尺寸抑制得较小,可以使热处理装置410小型化。因此,可以降低所需的电力,并且将制造成本抑制得较低。

[0215] 另外,由于在一边仅与被处理部U1的一部分相对一边相对移动的同时,进行加热处理,所以在将具有圆形等弯曲部的部件作为工件的情况下,即使由于感应加热时的热膨胀等原因使工件变形,也可以容易地维持适当的间隙尺寸。例如,在使用与圆形的被处理部对应的圆环状的感应加热线圈以单次加热方式进行热处理的情况下,由于热膨胀而使工件变形,所以需要预先将感应加热线圈设定得较大,因此,存在加热效率较差的问题,但在如本实施方式所示覆盖率较小的情况下,仅调整与工件之间的配置就可以维持适当的间隙。

[0216] 此外,将工件的厚度大于或等于25mm的部位作为壁厚部件(厚壁部)。

[0217] 例如,在上述实施方式中,举出通过使工件E1旋转而相对移动的例子,但并不限定于此,也可以通过使感应加热部412侧以沿第2方向的规定轨迹移动而相对移动。将弯曲部434、435分别配置各2个,但并不限定于此,也可以是1个或大于或等于3个,弯曲部434和弯曲部435的数量也可以不同。

[0218] 在上述实施方式中,例示了针对1个被处理部U1,仅在一个部位配置1个感应加热部12的情况,但并不限定于此,也可以沿着第2方向而配置多个感应加热部412。

[0219] [第19实施方式]

[0220] 例如在设置2个感应加热部412的情况下,如图39所示,以彼此相对的方式在中心角相差180度的位置上配置2个感应加热线圈426,在3个的情况下,将中心角设为120度。

[0221] [第20实施方式]

[0222] 在上述实施方式中,加热导体部431采用在俯视观察下以中央与两端相比更加凸出的方式弯曲的结构,但并不限定于此,可以与工件的形状相对应而适当变更。图40表示本

发明的第20实施方式。在将圆形的工件E2的内周面设为被处理部U2的情况下，加热导体部431采用以两端部分与中央侧相比更加凸出的方式向与上述相反的方向弯曲的结构。

[0223] [第21实施方式]

[0224] 图41表示本发明的第21实施方式。在将工件E3的平面设为被处理部U3的情况下，加热导体部431在俯视观察下成为直线状而构成。此外，在此情况下，直线状的X方向为第2方向。在上述情况下，也可以得到与上述实施方式相同的效果。

[0225] [第22实施方式]

[0226] 图42表示本发明的第22实施方式。在上述实施方式中，作为曲部例示了以コ字状弯曲为矩形的弯曲部434、435，但并不限于此。例如如图42所示，也可以采用具有弯曲为半圆周状的形状的弯曲部534、535的构造。在此情况下，以向第1方向的中央C2集中的温度特性进行加热。因此，适于例如希望提高中央C2侧的加热温度的情况。

[0227] 在上述实施方式中，例示了将厚度均匀的圆弧状面作为被处理部U1的情况，但并不限于此，被处理部的表面也可以是倾斜的，也可以具有凹部等台阶部分。

[0228] 在上述实施方式中，例示了工件的半径为250mm左右而覆盖率为1/10左右的情况，但并不限于此。例如覆盖率的范围可以与工件的直径等条件对应而适当变更，例如大于或等于1/10倍而小于或等于1/2倍，优选1/10~1/3的覆盖率。如果小于1/10，则无法充分加热。如果超过1/2，则难以使线圈追随加热时的工件膨胀。另外，设备成本也变高。

[0229] 作为本发明的其它实施方式，例如在将被处理部U1的尺寸设定为工件的外径 $r1 = \phi 1000\text{mm}$ 、高度 $S1 = 110\text{mm}$ 的情况下，与被处理部U1相对而在2个部位处设置加热导体部431，将2个部位的加热导体部431的合计周向尺寸设为600mm，将覆盖率设为1/5左右。在此情况下，在热处理条件为电力140kW、加热时间=310s时，可以使被处理部U1的表面达到温度成为900度从而实现热处理。

[0230] 此外，作为本发明的其它实施方式，例如将被处理部U1的尺寸设定为工件的外径 $r1 = \phi 3000\text{mm}$ 、高度 $S1 = 135\text{mm}$ 的情况下，与被处理部U1相对而在4个部位处设置加热导体部431，将4个部位的加热导体部431的合计周向尺寸设为2400mm，将覆盖率设为1/4左右。在此情况下，在热处理条件为电力185kW、加热时间=280s时，可以使被处理部U1的表面达到温度成为920度从而实现热处理。

[0231] [第23实施方式]

[0232] 图43是表示作为本发明的第23实施方式而将4个感应加热线圈426以中心角逐个偏移90度的方式配置的俯视图。示出将覆盖率设为1/3倍，沿第2方向配置4个加热导体部431的情况。在这里，将以等间隔配置的4个加热导体部431的合计覆盖率设定为1/3。通过如上所述设定覆盖率，可以在维持所期望的处理时间及处理效率的同时，使感应加热装置小型化。另外，通过使用多个感应加热部412，可以缩短处理时间而加快完成加热处理，因此，适于工件尺寸较大的情况。

[0233] 此外，本发明并不限于所述实施方式。例如，处理条件及工件、线圈等各构成要素的具体形状、材质、材料、尺寸等并不限于上述实施方式所例示的内容，可以适当变更。另外，也可以从实施方式所示出的所有构成要素中删除一些构成要素。此外，也可以将不同实施方式中的构成要素进行组合。此外，当然可以在不脱离本发明的主旨的范围内实施各种变形。

[0234] 工业实用性

[0235] 根据本发明,可以提供下述技术,即,不需要较高电力而容易地实现所期望的加热区域的热处理的技术,可以进行均匀处理的技术,针对大型的处理对象物也可以提高感应加热时的热处理效率的技术。

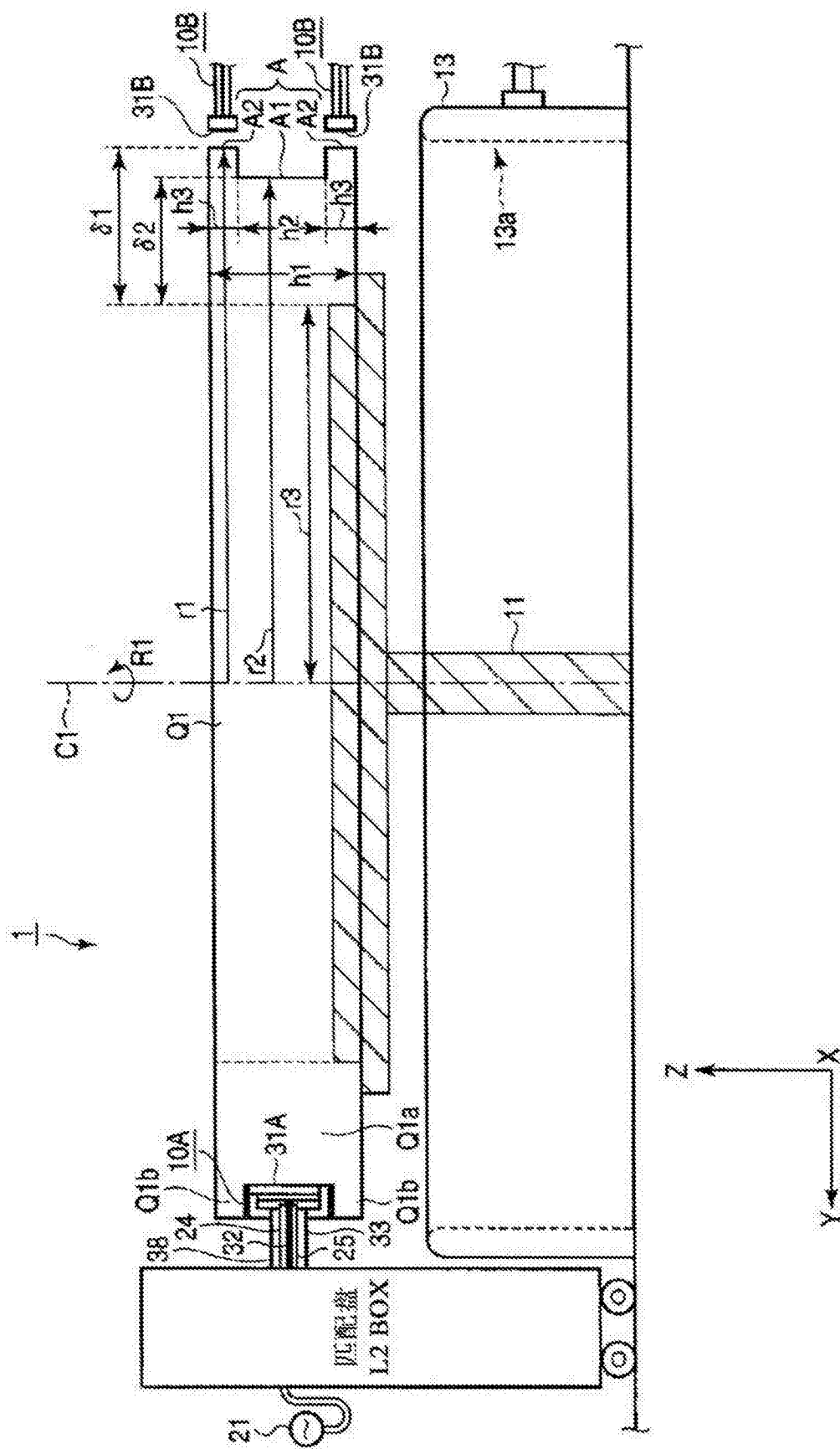


图 1

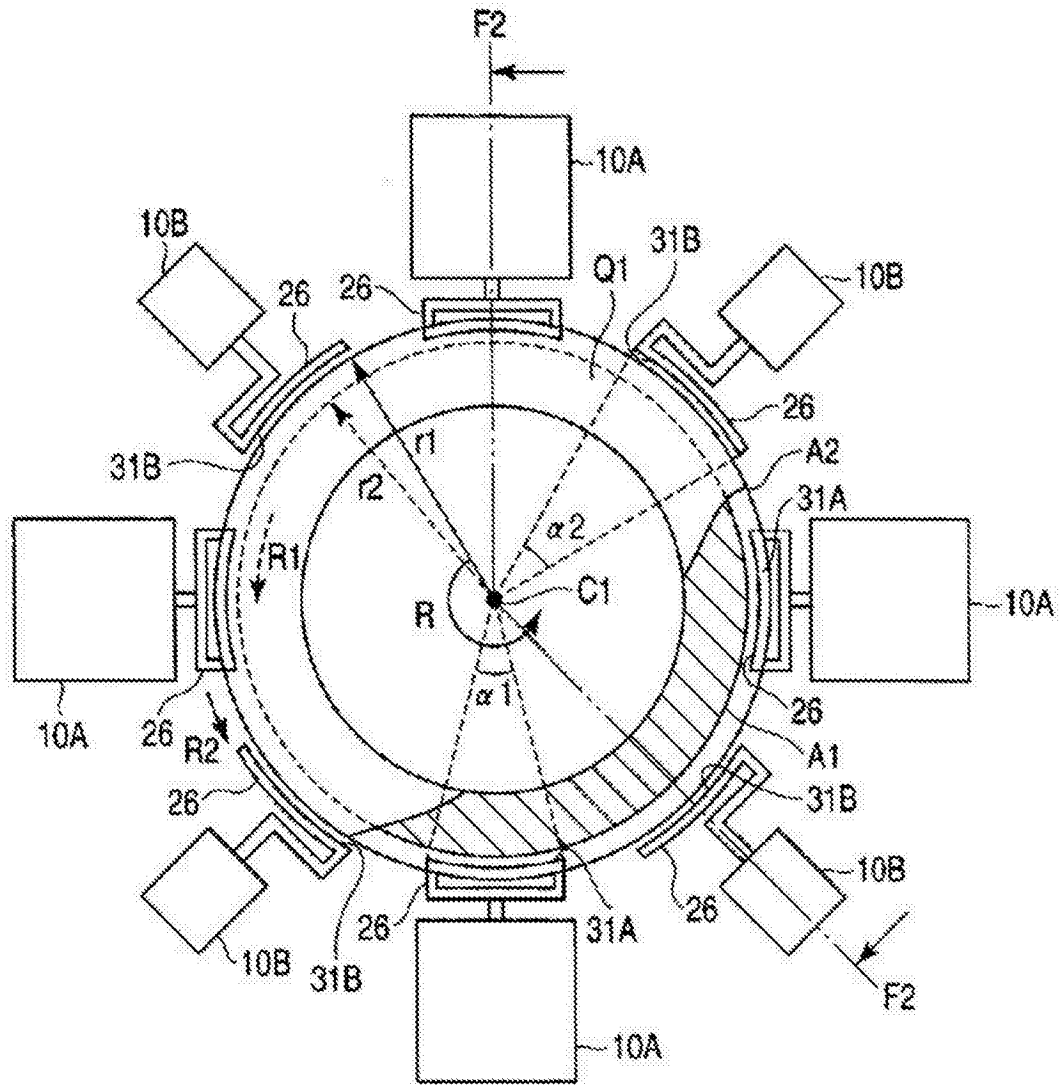


图2

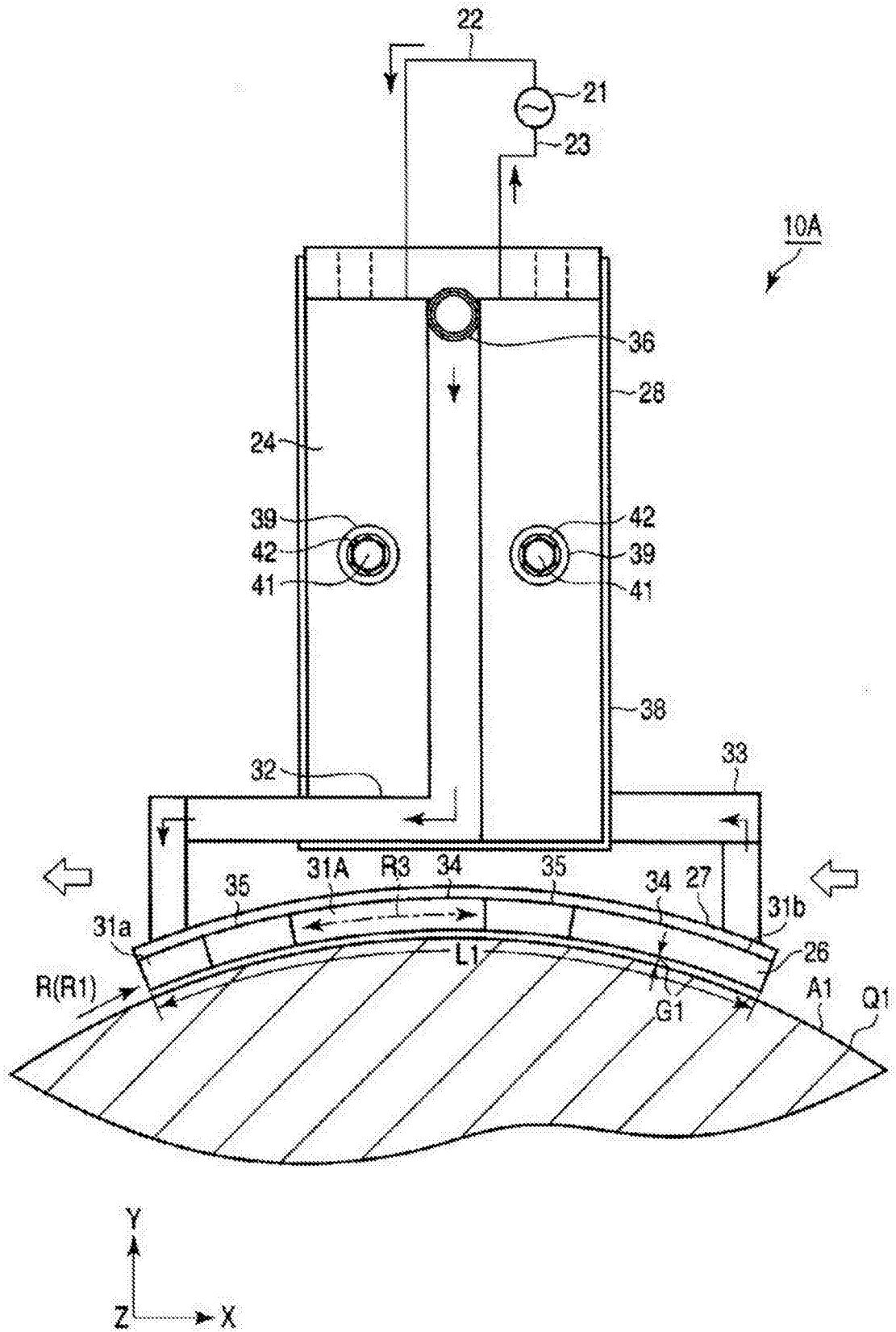


图3

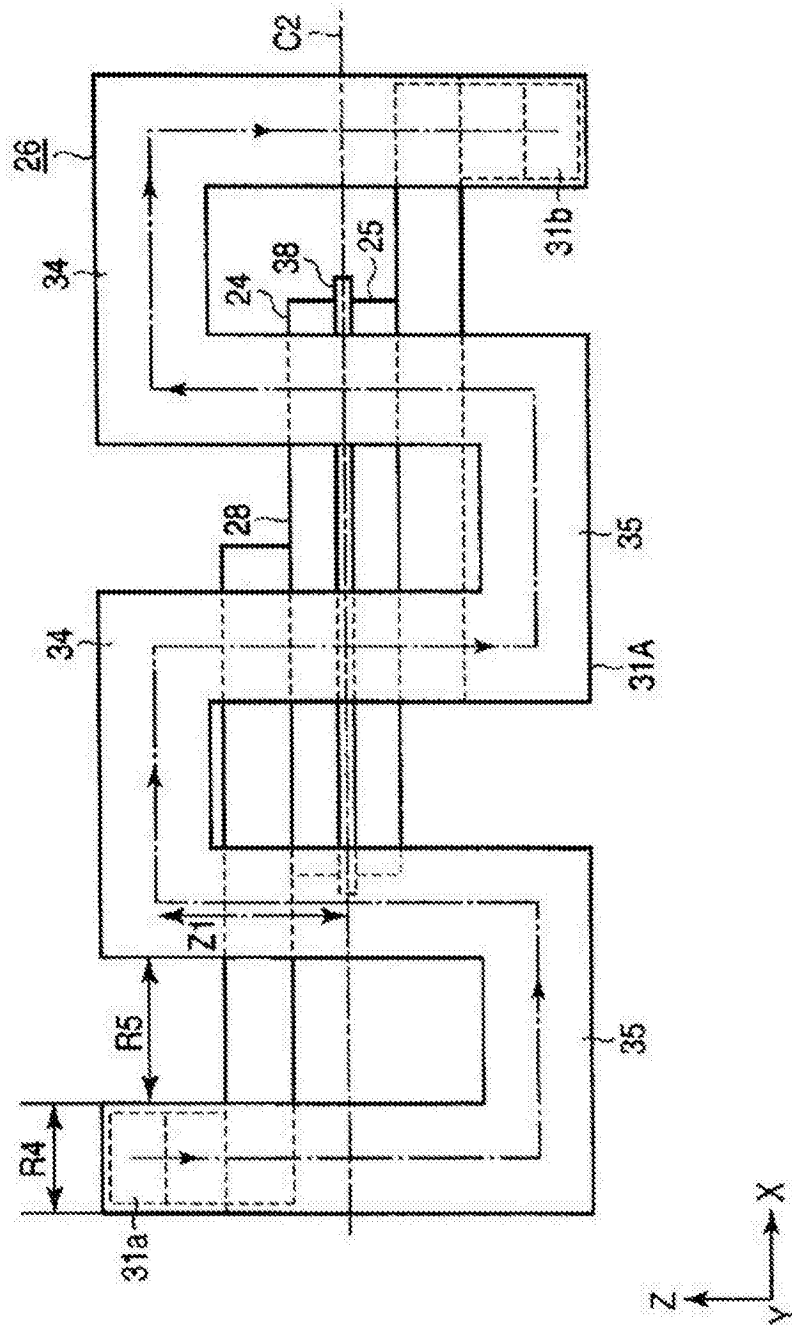


图4

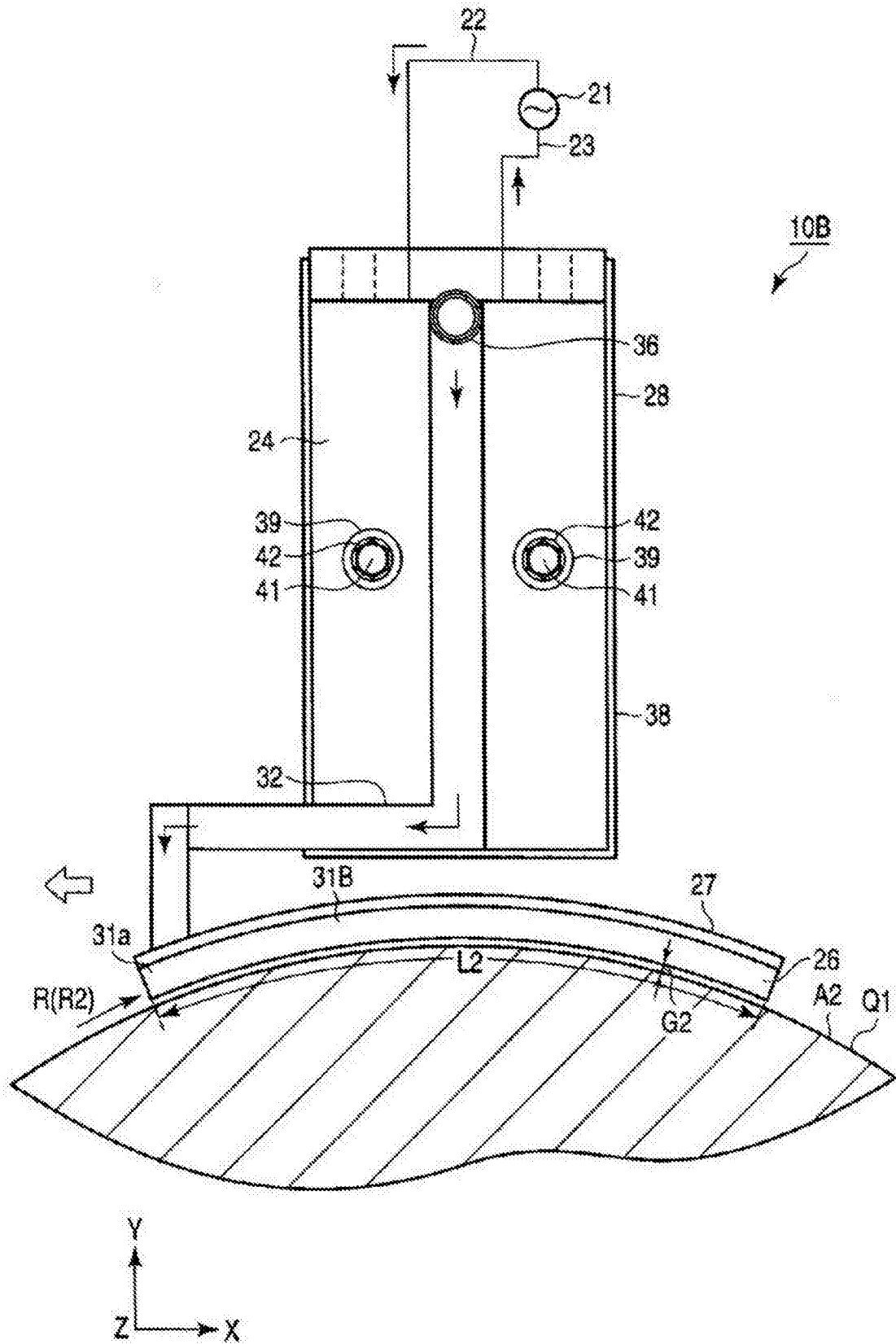


图5

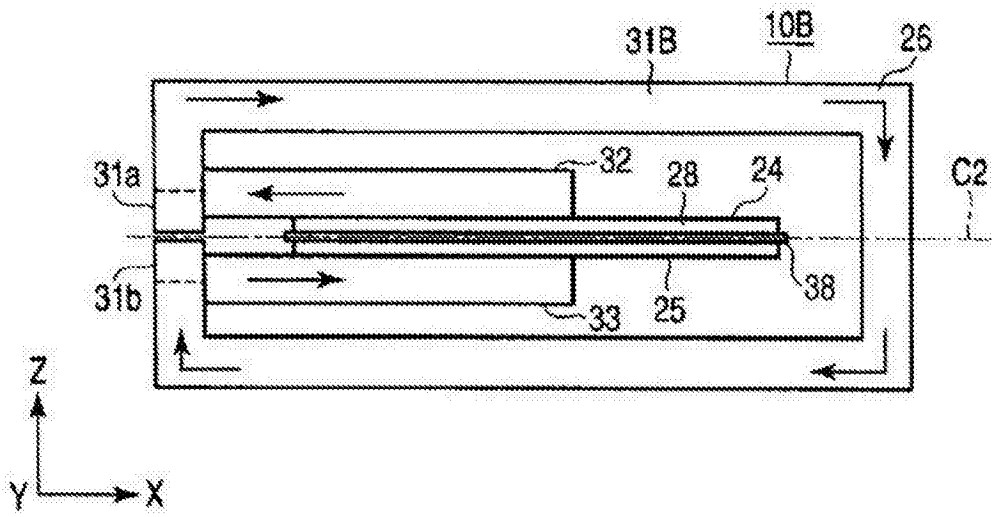


图6

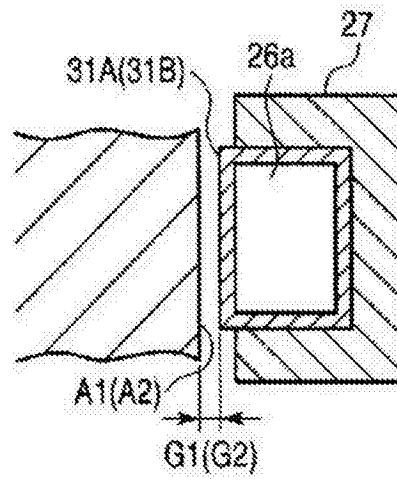


图7

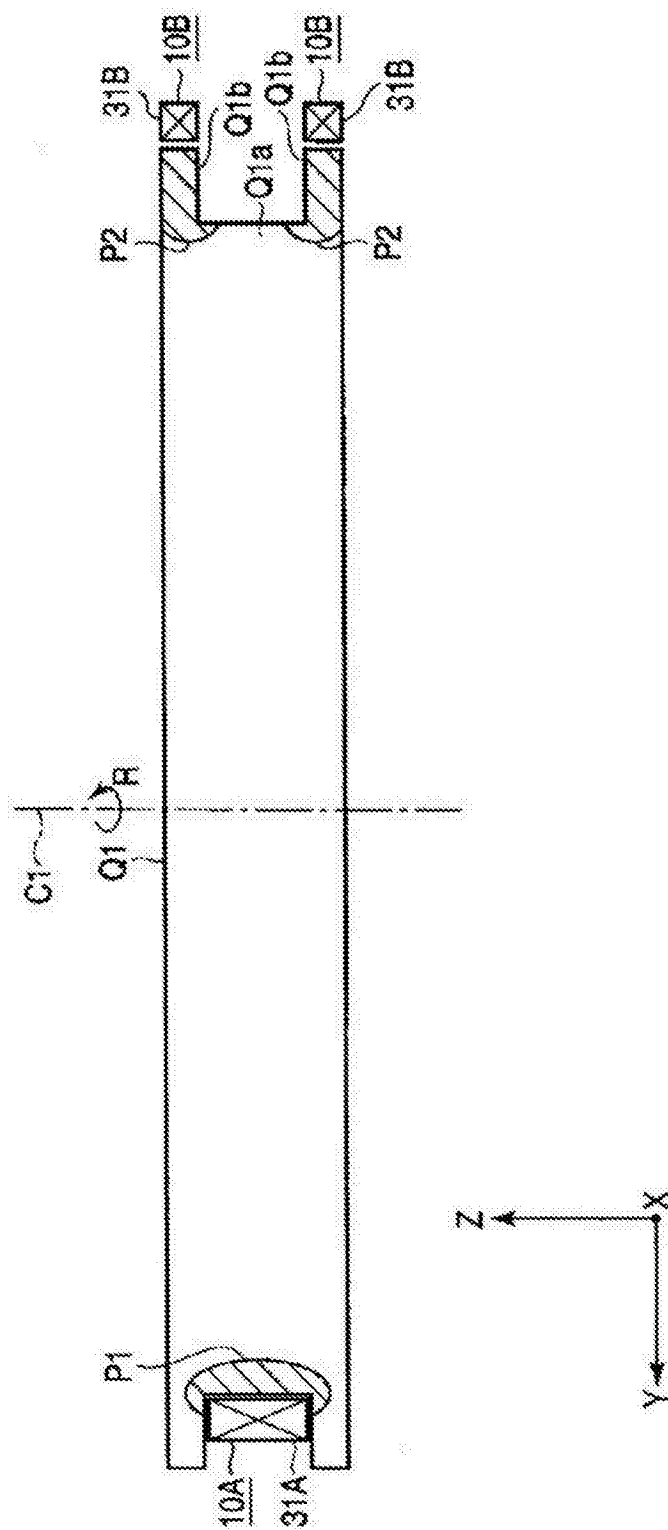


图8

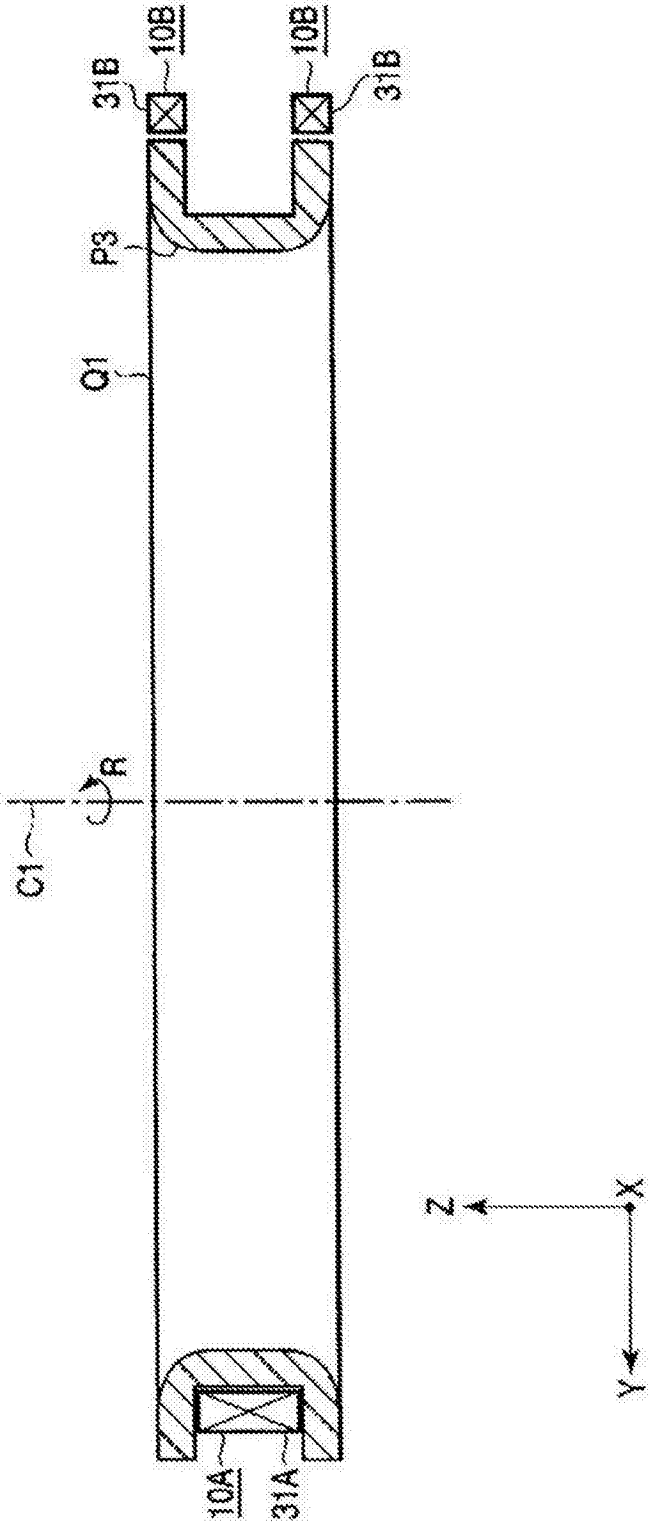


图9

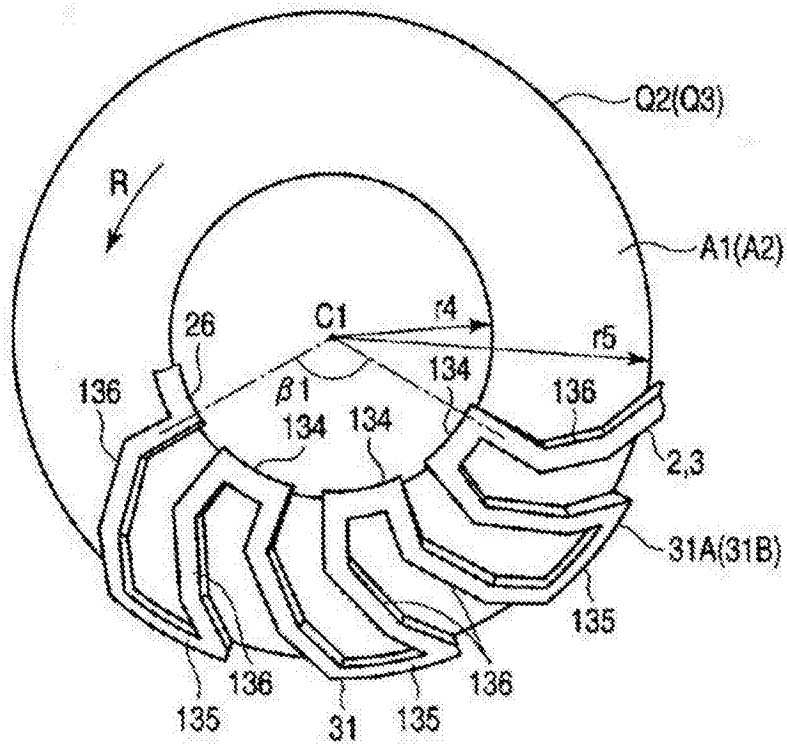


图10

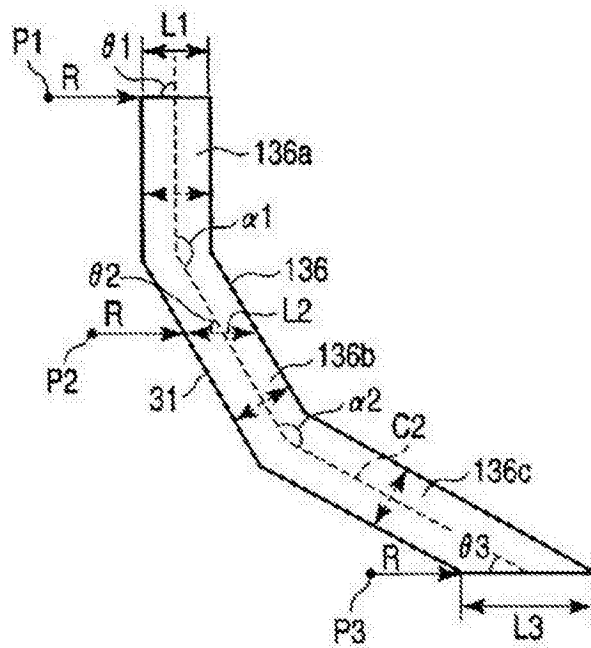


图11

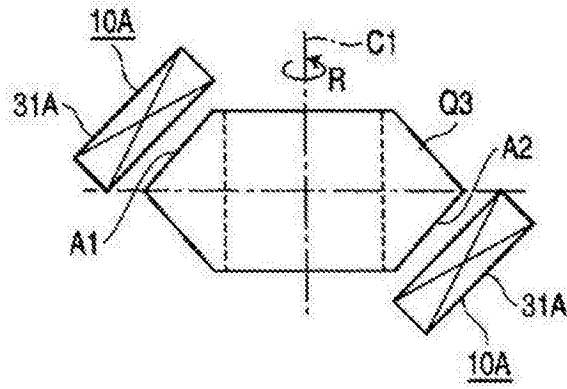


图12

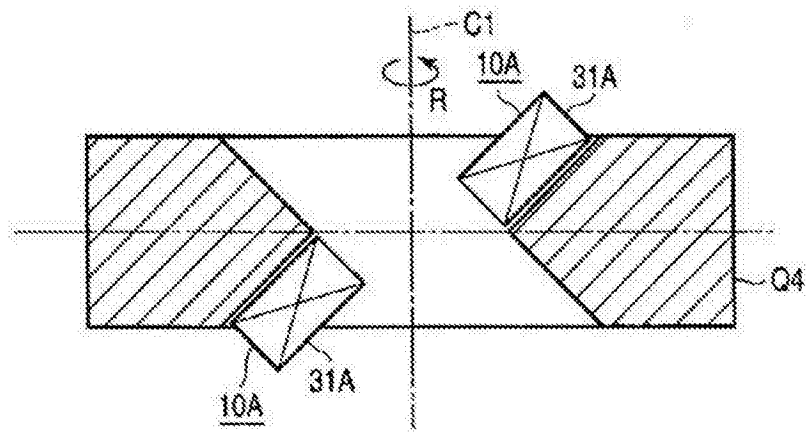


图13

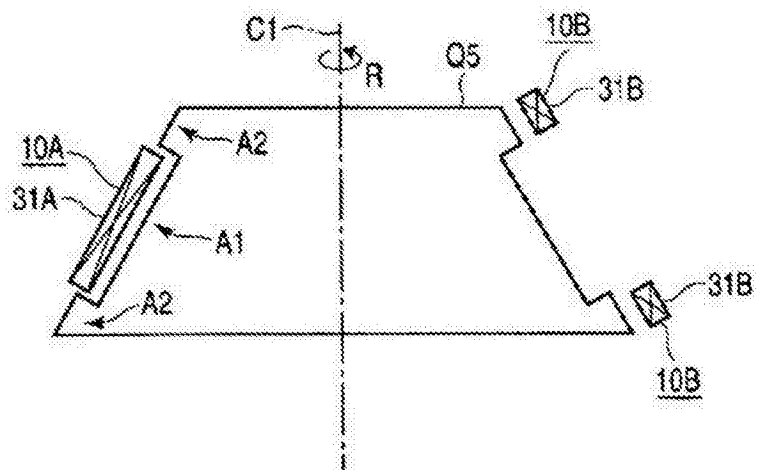


图14

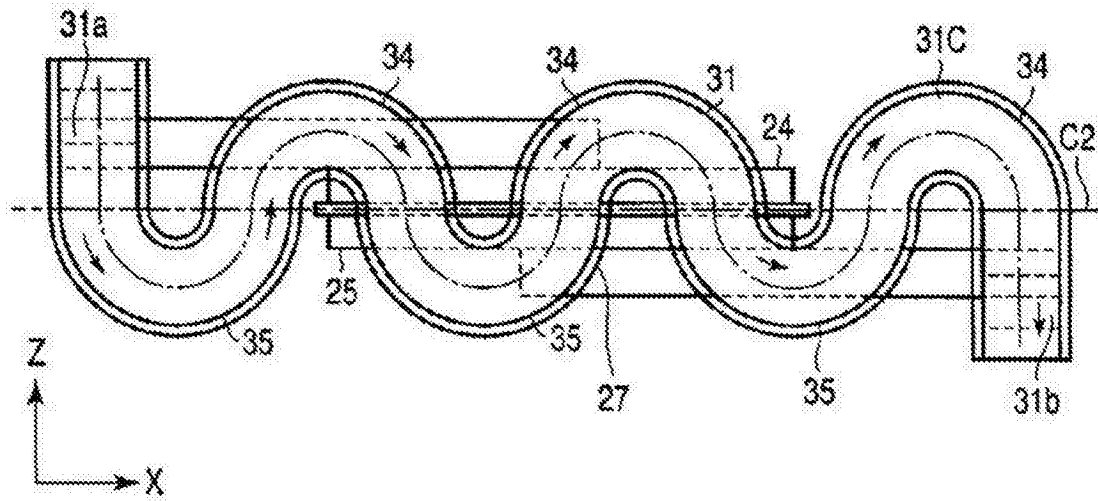


图15

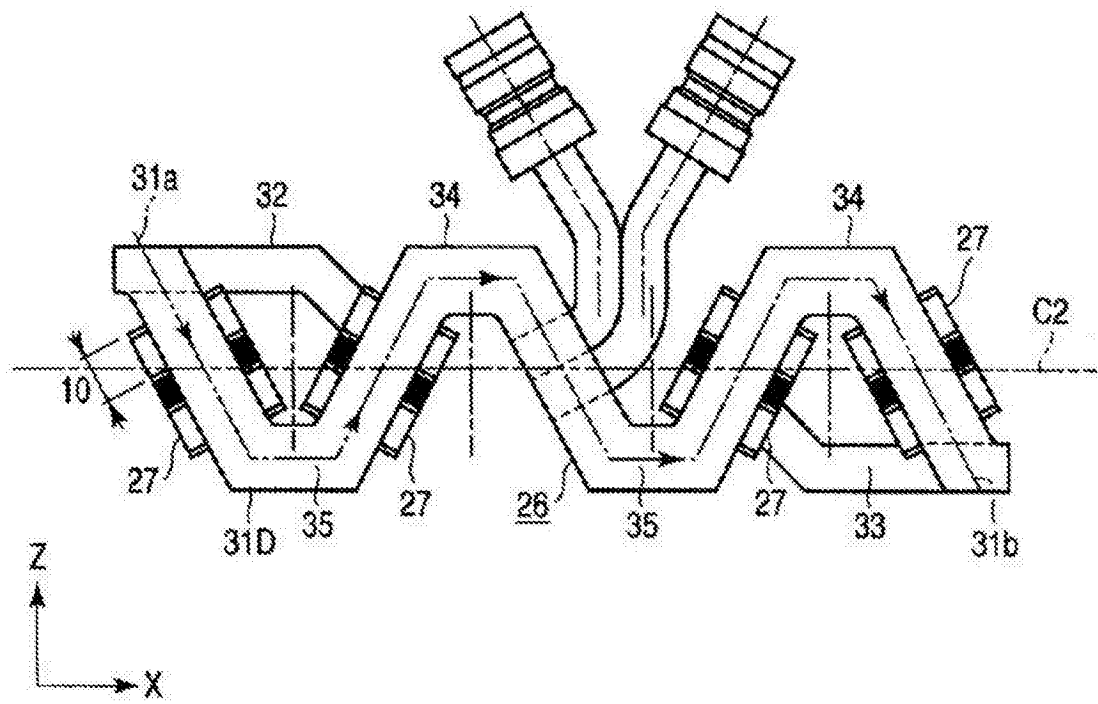


图16

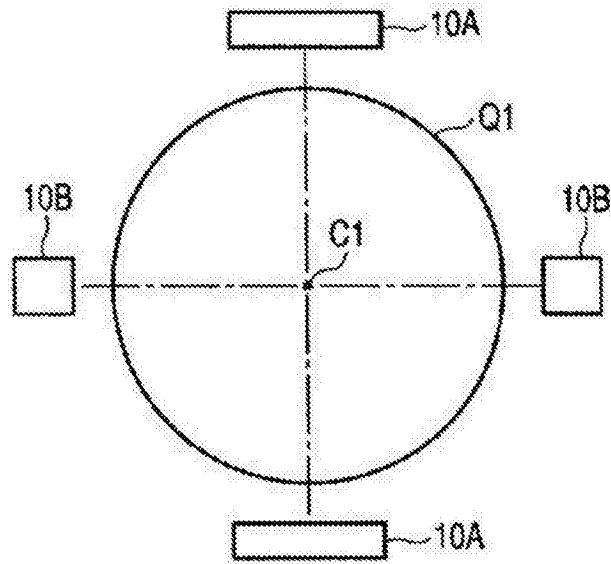


图17

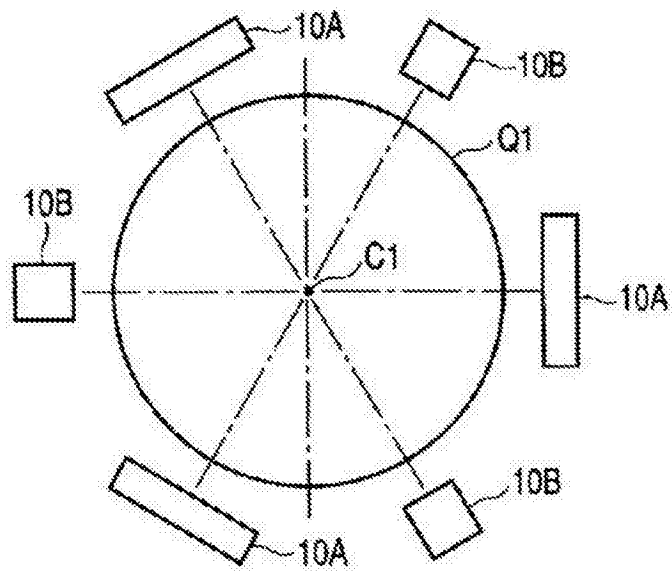


图18

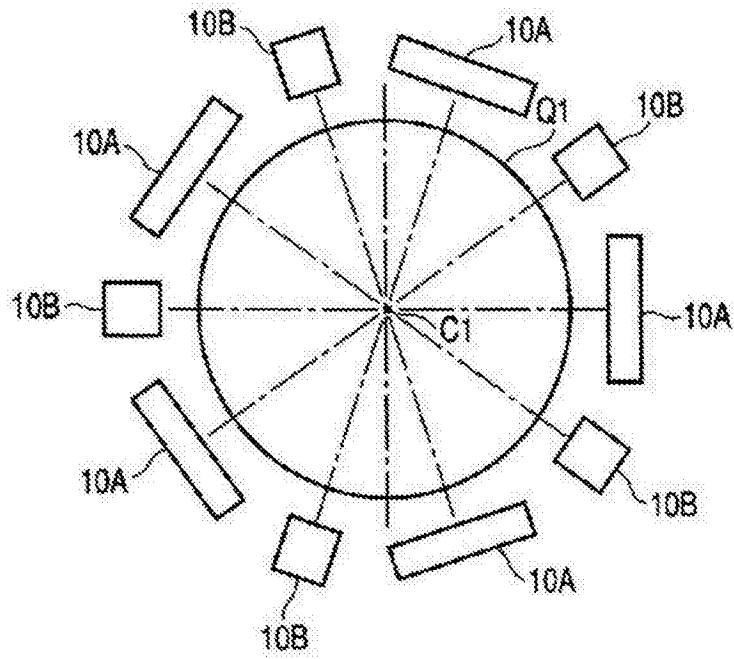


图19

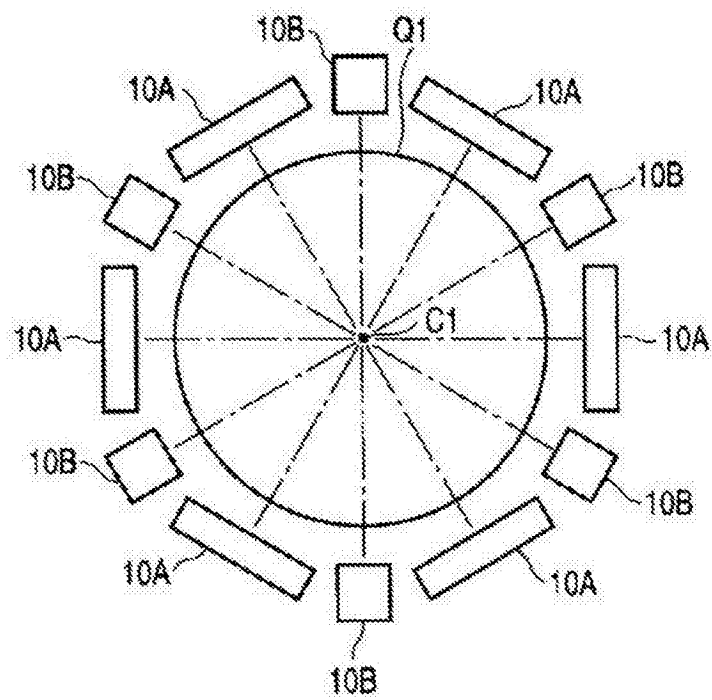


图20

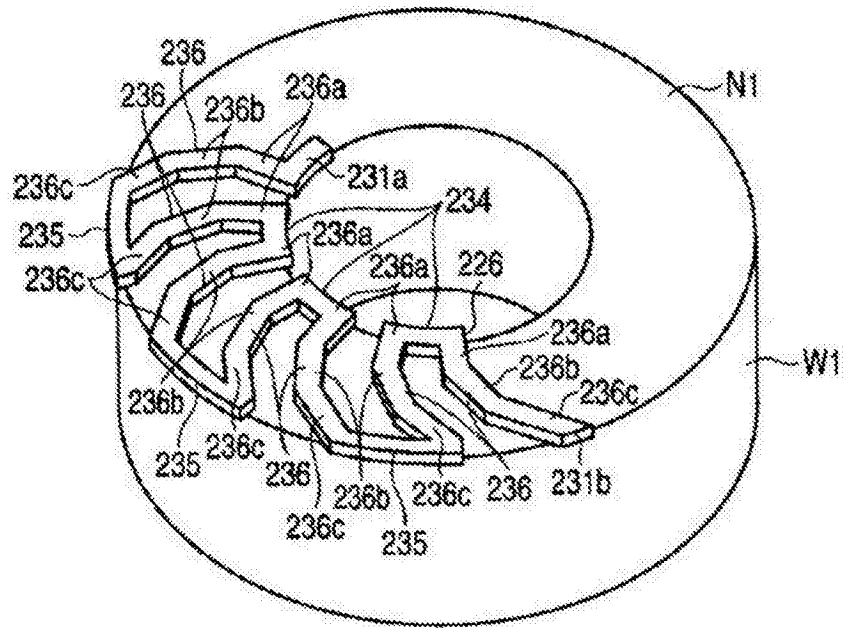


图24

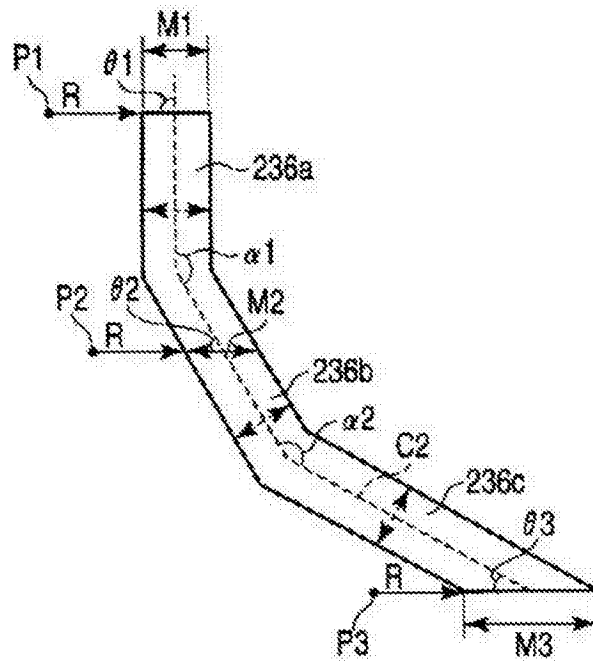


图25

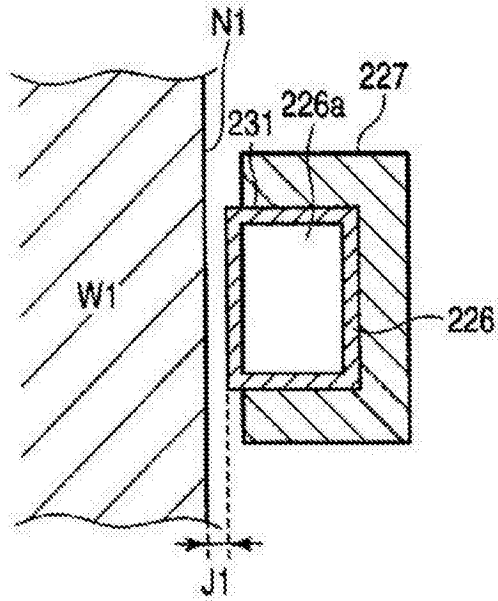


图26

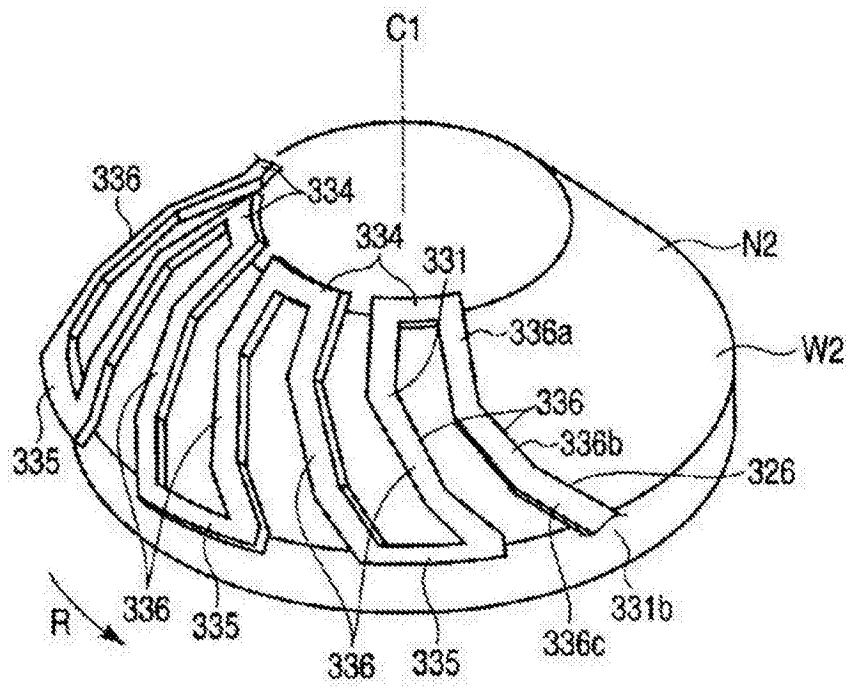


图27

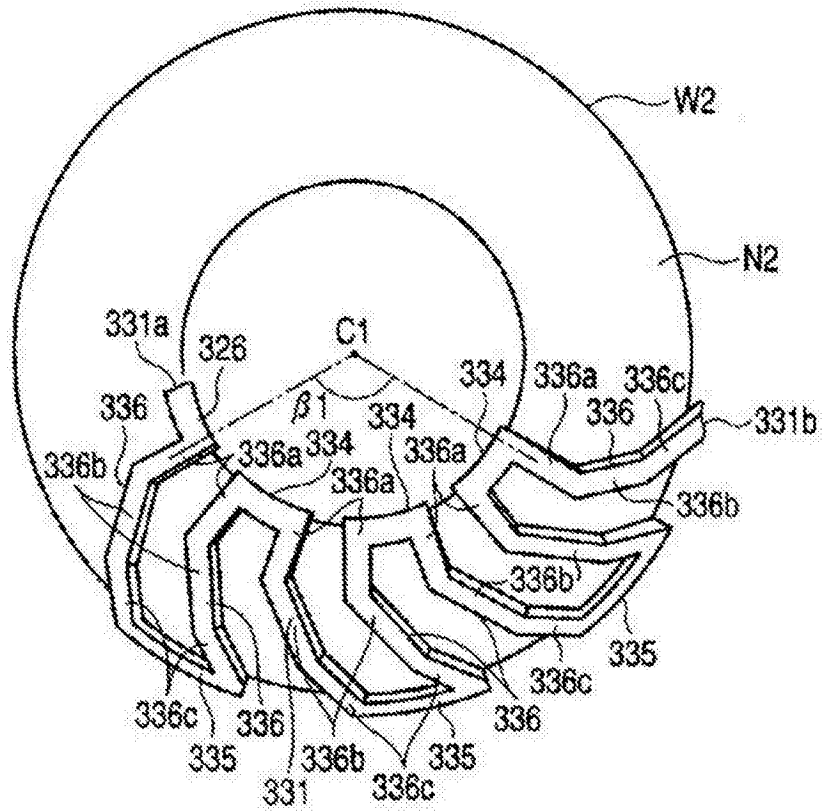


图28

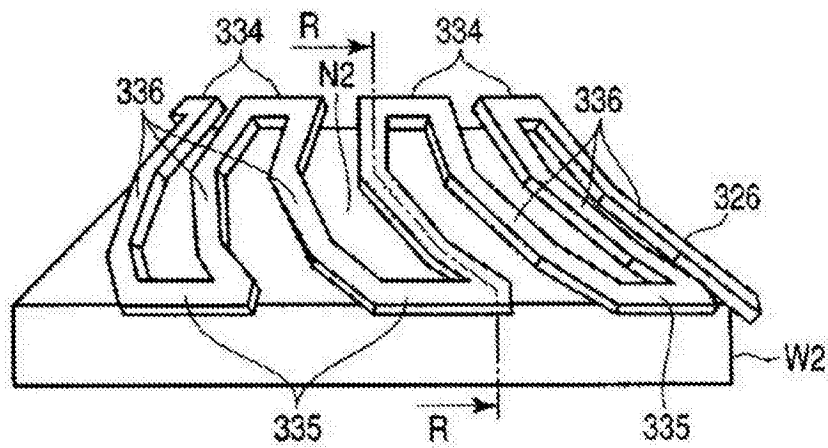


图29

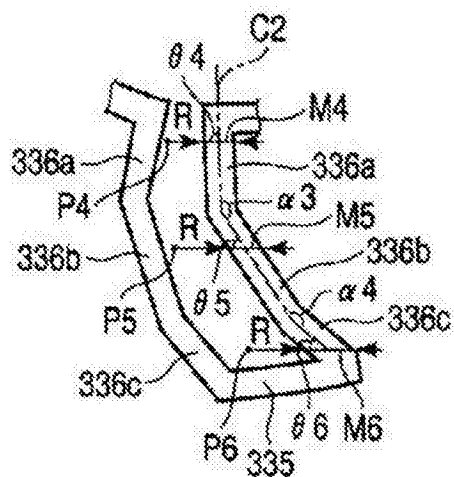


图30

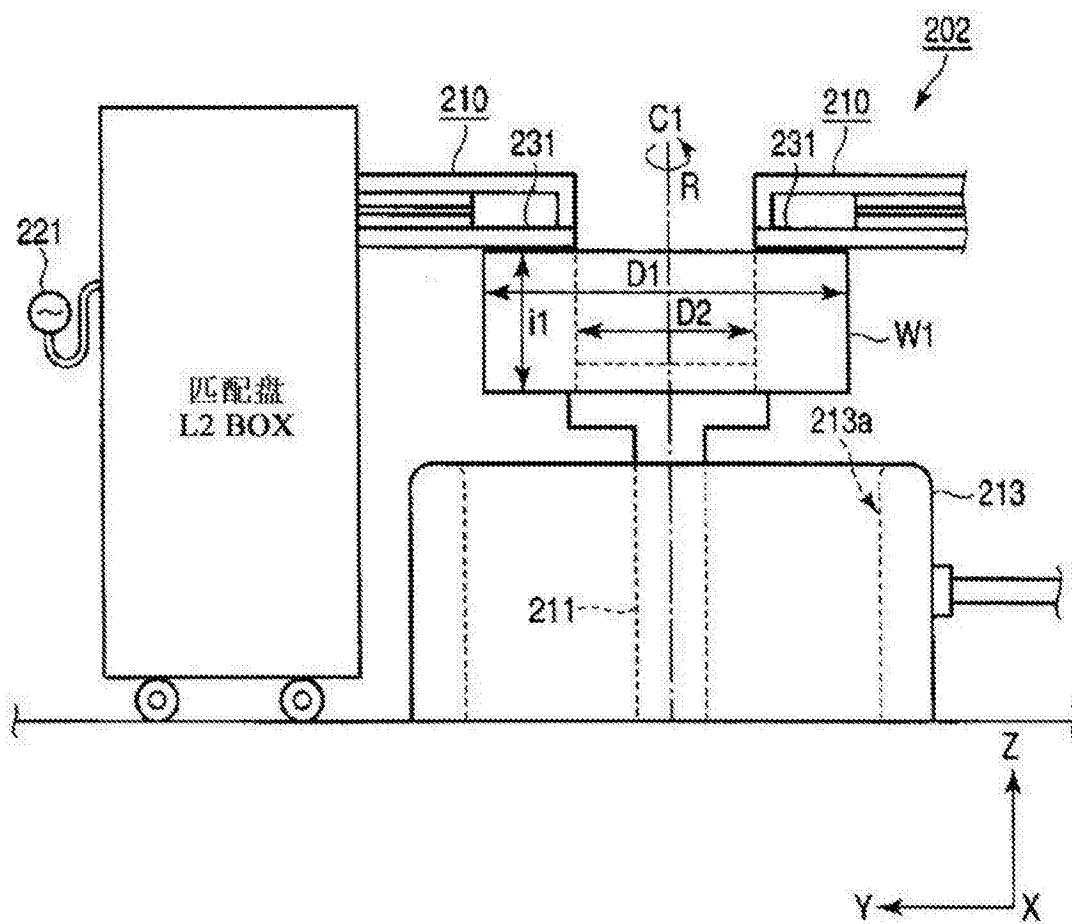


图31

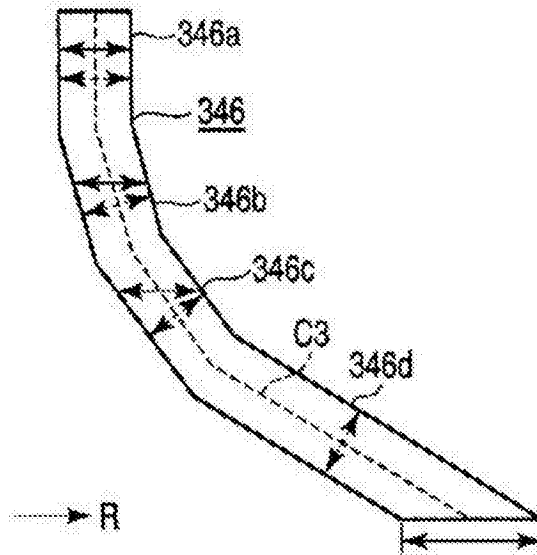


图32

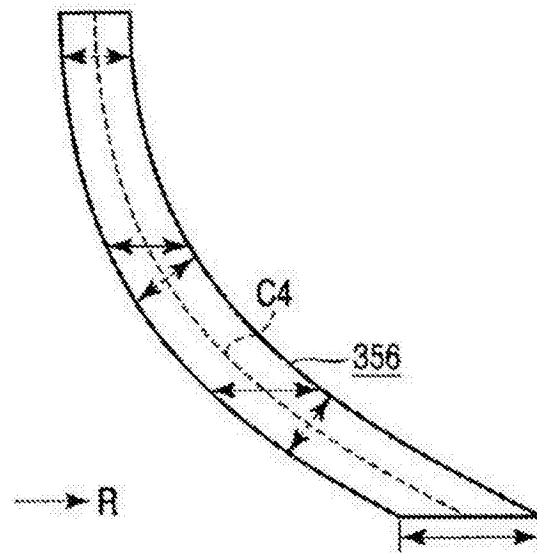


图33

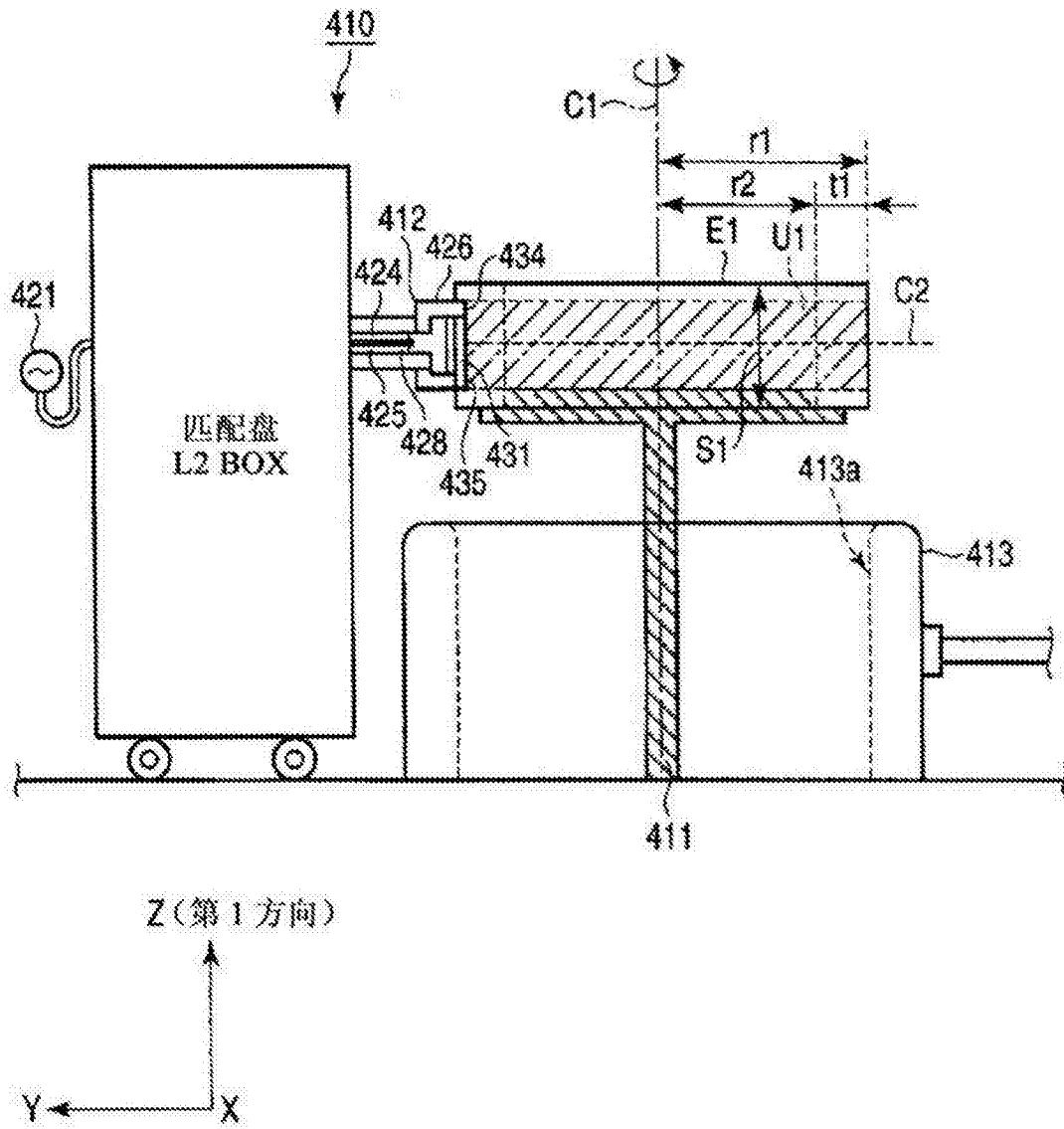


图34

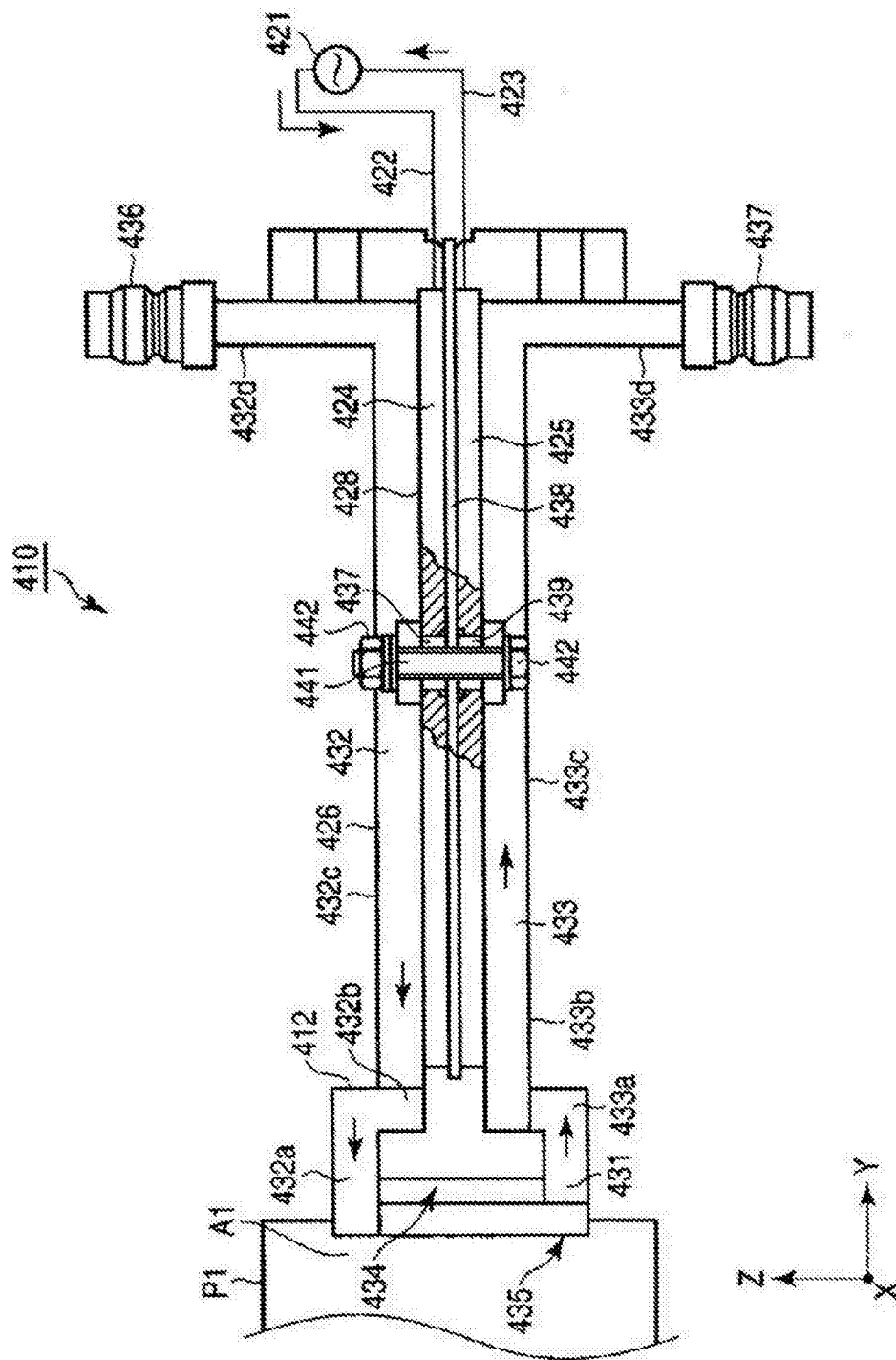


图36

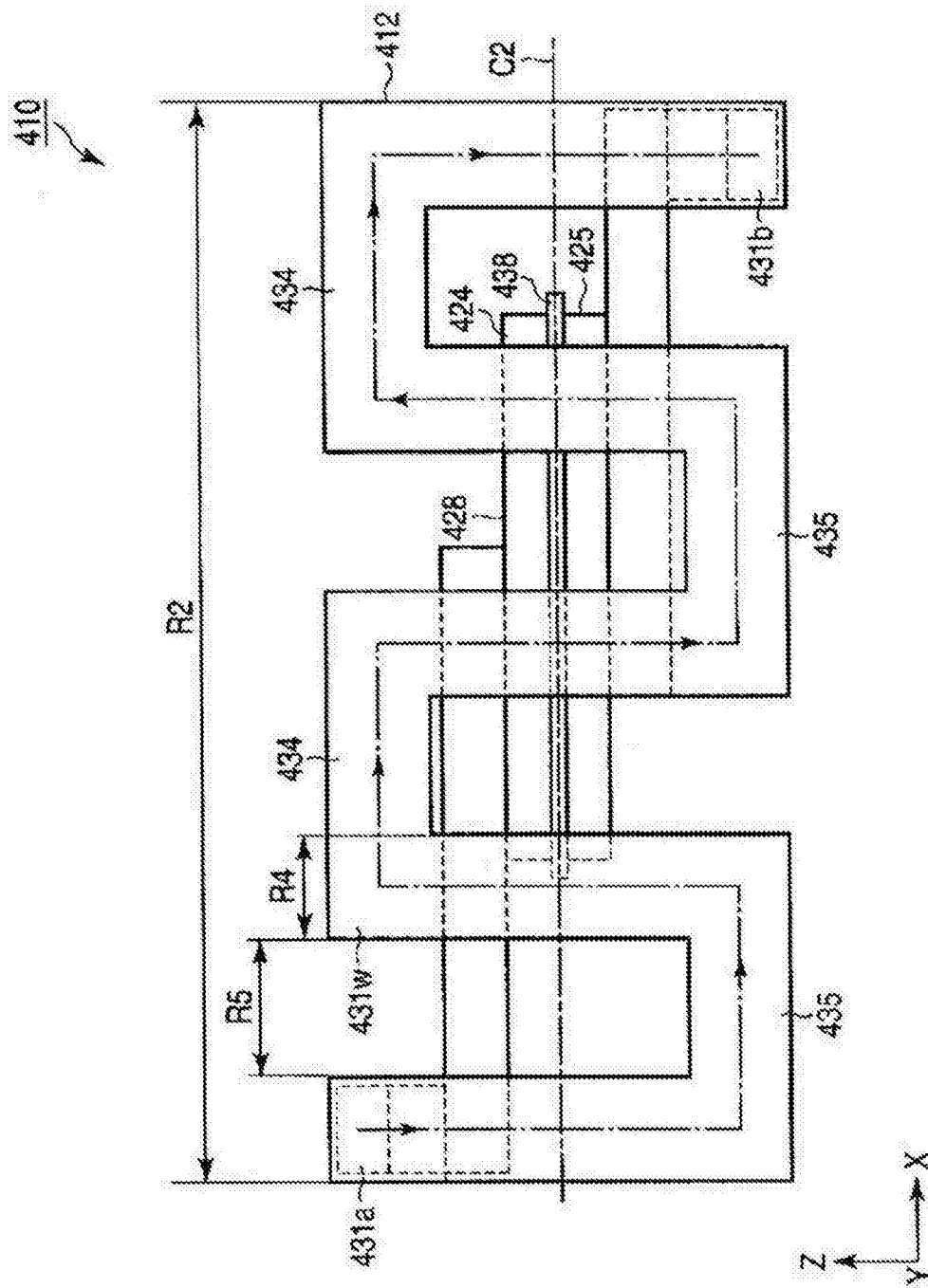


图37

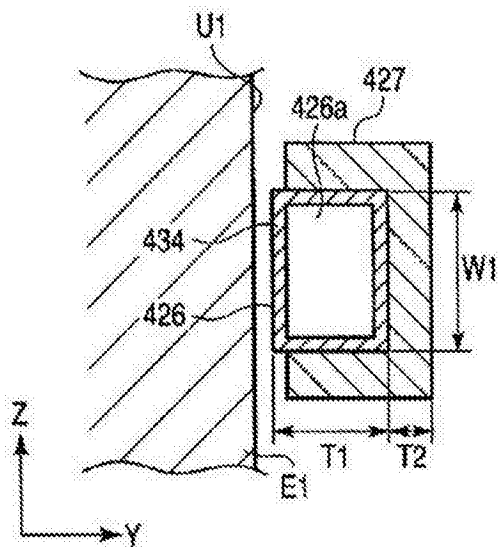


图38

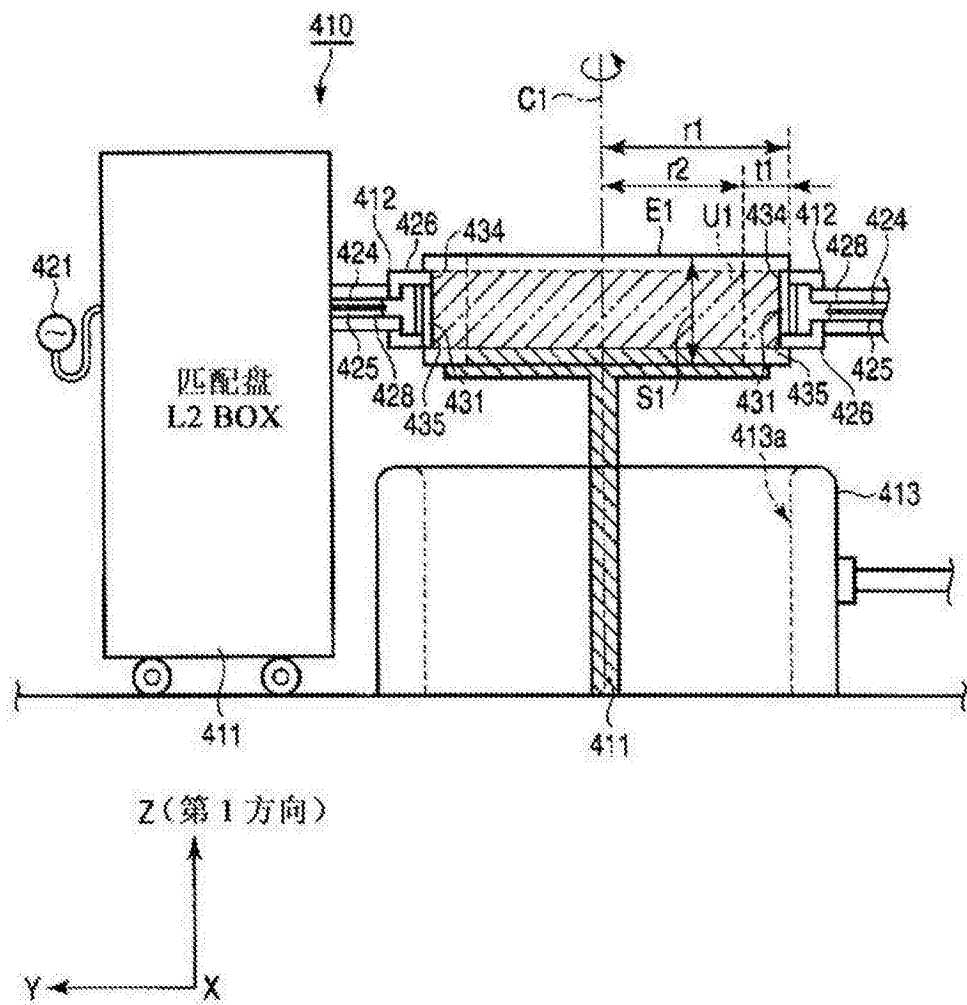


图39

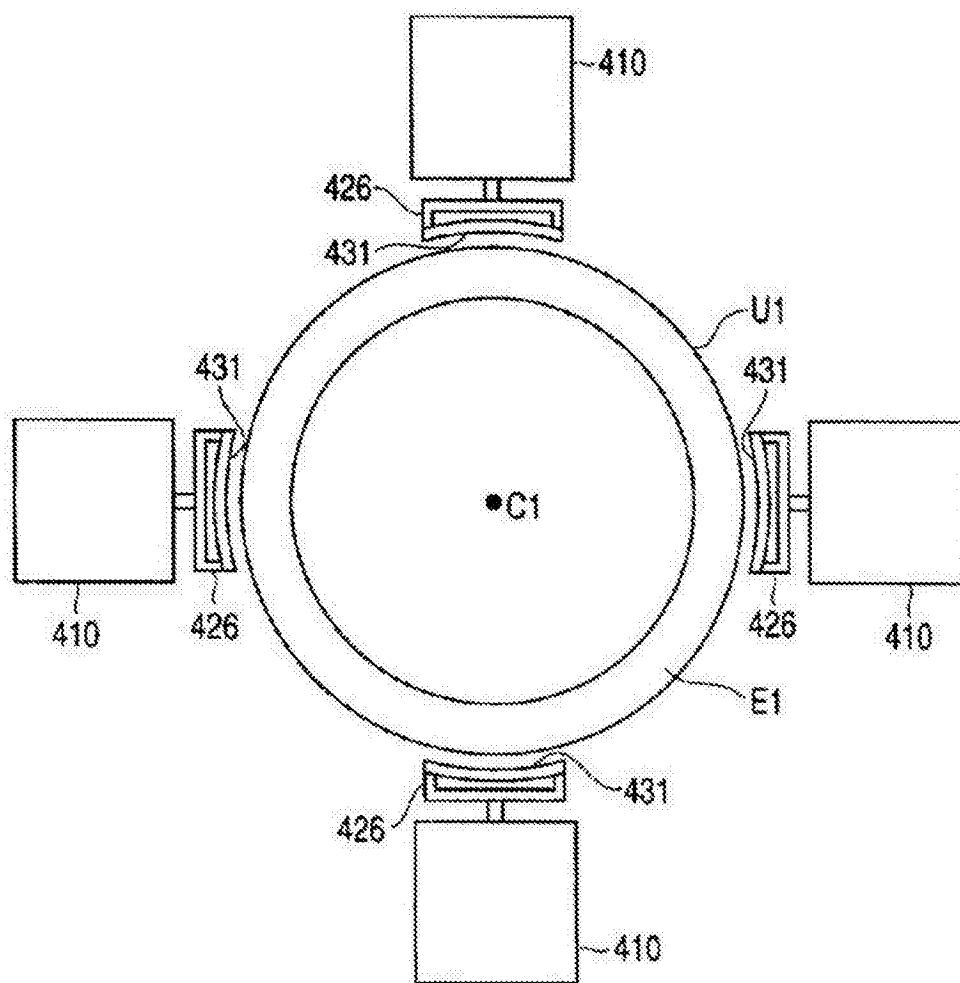


图43