



(12)发明专利

(10)授权公告号 CN 103765204 B

(45)授权公告日 2016.12.28

(21)申请号 201380001511.9

(22)申请日 2013.01.11

(65)同一申请的已公布的文献号
申请公布号 CN 103765204 A

(43)申请公布日 2014.04.30

(30)优先权数据
102012202800.5 2012.02.23 DE
12195748.4 2012.12.05 EP

(85)PCT国际申请进入国家阶段日
2013.11.29

(86)PCT国际申请的申请数据
PCT/EP2013/050470 2013.01.11

(87)PCT国际申请的公布数据
W02013/124087 DE 2013.08.29

(73)专利权人 霍释特博士有限两合公司
地址 德国里德林根

(72)发明人 M.贝克 F.哈迪奇 S.科赫

(74)专利代理机构 中国专利代理(香港)有限公司
72001

代理人 陈浩然 何逵游

(51)Int.Cl.
G01N 27/90(2006.01)

(56)对比文件
DE 8012257 U1,1980.10.02,
DE 4438171 A1,1996.05.02,
DE 10135660 C1,2002.11.28,
US 2007205764 A1,2007.09.06,
AT 502976 A1,2007.06.15,

审查员 王彦婧

权利要求书2页 说明书12页 附图6页

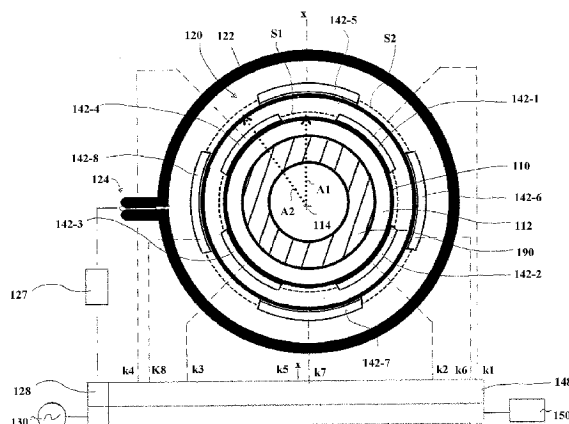
(54)发明名称

馈通线圈组件、带有馈通线圈组件的测试装置和测试方法

(57)摘要

一种用于应用在用于借助于涡流以馈通方法测试长形产品的测试装置中的馈通线圈组件(100)具有带有激励线圈(122)的激励线圈组件(其包围用于沿着馈通方向(192)引导长形产品(190)穿过的通过口(112))和围绕通过口布置的接收线圈组件。接收线圈组件具有分布在通过口(112)的周缘上的两个或更多个部段线圈组件(142-1至142-8),其中,每个部段线圈组件具有检测区域,其仅覆盖长形产品的表面的周缘的一周缘截段。部段线圈组件(142-1至142-8)以与馈通线圈组件的参考轴线(114)的不同的距离(A1, A2)分布在包围通过口的至少两个壳上(S1, S2)。在此,第一部段线圈组件(142-1至142-4)无相互重叠地布置在第一壳(S1)上并且第二部段线圈组件(142-5至142-8)无相互重叠地布置在第二壳(S2)上。第一和第二部段线圈组件在周向上彼

此在周缘上错位地布置成使得第二部段线圈组件检测不被第一部段线圈组件覆盖的周缘截段。



1. 一种用于应用在用于借助于涡流以馈通方法测试长形产品的测试装置中的馈通线圈组件(100),其包括:

带有激励线圈(122)的激励线圈组件,其包围用于沿着馈通方向(192)引导长形产品(190)穿过的通过口(112),其中,所述激励线圈组件具有用于所述激励线圈联接到交变电压源(130)处的联接装置;和

围绕所述通过口布置的接收线圈组件,其具有用于所述接收线圈组件联接到所述测试装置的评估装置(150)处的联接装置(148),

其中,所述接收线圈组件具有分布在所述通过口(112)的周缘上的两个或更多个部段线圈组件(142-1至142-8, 742-1至742-8),其中,每个部段线圈组件具有检测区域,其仅覆盖所述长形产品的表面的周缘的一周缘截段,

其特征在于,

所述部段线圈组件(142-1至142-8, 742-1至742-8)以与所述馈通线圈组件的参考轴线(114)的不同的距离(A1, A2)分布在包围所述通过口的至少两个壳上(S1, S2),

其中,第一部段线圈组件(142-1至142-4, 742-1至742-4)无相互重叠地布置在第一壳(S1)上并且,

第二部段线圈组件(142-5至142-8, 742-5至742-8)无相互重叠地布置在第二壳(S2)上,并且

第一和第二部段线圈组件在周向上彼此在周缘上错位地布置成使得所述第二部段线圈组件检测不被所述第一部段线圈组件覆盖的周缘截段。

2. 根据权利要求1所述的馈通线圈组件,其特征在于,第一部段线圈组件(142-1至142-4)以与中央的参考轴线的的第一径向距离(A1)布置在圆柱状的第一壳(S1)上而所述第二部段线圈组件(142-5至142-8)以不同于所述第一径向距离的与中央的所述参考轴线的的第二径向距离(A2)布置在圆柱状的第二壳(S2)上。

3. 根据权利要求1所述的馈通线圈组件,其特征在于,所述壳(S1, S2)具有不同于圆形的横截面形状。

4. 根据权利要求3所述的馈通线圈组件,其特征在于,所述壳(S1, S2)具有椭圆的横截面形状、卵形的横截面形状或多边形的横截面形状。

5. 根据权利要求3所述的馈通线圈组件,其特征在于,所述壳(S1, S2)具有带有倒圆的角区域的方形的横截面形状。

6. 根据权利要求1至5中任一项所述的馈通线圈组件,其特征在于,在一个壳上(S1, S2)上布置有偶数个部段线圈组件并且/或者在一个壳、多个壳或所有壳上设置有至少一对在直径上相对而置的部段线圈组件。

7. 根据权利要求1至5中任一项所述的馈通线圈组件,其特征在于,在每个壳(S1, S2)上布置有偶数个部段线圈组件并且/或者在一个壳、多个壳或所有壳上设置有至少一对在直径上相对而置的部段线圈组件。

8. 根据权利要求1至5中任一项所述的馈通线圈组件,其特征在于,所有部段线圈组件(142-1至142-8, 742-1至742-8)分别具有差动线圈组件。

9. 根据权利要求8所述的馈通线圈组件,其特征在于,所述差动线圈组件布置成使得能够在长形产品的整个周缘处检测差动信号。

10. 根据权利要求1至5中任一项所述的馈通线圈组件,其特征在于,部段线圈组件(542)具有差动线圈组件(520)和绝对线圈组件(530)。

11. 根据权利要求1至5中任一项所述的馈通线圈组件,其特征在于,所有部段线圈组件具有差动线圈组件和绝对线圈组件。

12. 根据权利要求10所述的馈通线圈组件,其特征在于,所述差动线圈组件(520)和所述绝对线圈组件(530)布置在共同的承载元件(510)处。

13. 根据权利要求10所述的馈通线圈组件,其特征在于,所述承载元件(510)具有内表面和外表面,其中,差动线圈组件(520)和绝对线圈组件(530)布置在所述承载元件的相同的表面处。

14. 根据权利要求1至5中任一项所述的馈通线圈组件,其特征在于,在部段线圈组件(542)中所述差动线圈组件(520)对称于所述激励线圈组件(122)的线圈平面来布置而所述绝对线圈组件(530)不对称于所述线圈平面地至少部分地布置在由所述激励线圈组件所产生的场的不均匀的场区域(FI)中,所述线圈平面垂直于馈通线圈组件的中心轴线(114)伸延。

15. 根据权利要求1至5中任一项所述的馈通线圈组件,其特征在于,绝对线圈组件(530)对称于所述激励线圈组件(122)的线圈平面地在所述线圈平面之前的不均匀的第一场区域中具有第一子线圈组件(530-1)而在所述线圈平面之后的不均匀的第二场区域中具有第二子线圈组件(530-2),其中,所述第一线圈组件和所述第二子线圈组件反向地接通并且所述线圈平面垂直于馈通线圈组件的中心轴线(114)伸延。

16. 根据权利要求1至5中任一项所述的馈通线圈组件,其特征在于,在周缘上错位的多个绝对线圈组件联接到用于处理在绝对线圈组件处产生的距离信号的距离评估装置(152)处。

17. 根据权利要求1至5中任一项所述的馈通线圈组件,其特征在于,所有绝对线圈组件联接到用于处理在绝对线圈组件处产生的距离信号的距离评估装置(152)处。

18. 根据权利要求1至5中任一项所述的馈通线圈组件,其特征在于,所述激励线圈(122, 722)是平带线圈,其具有唯一的绕组。

19. 一种用于测试长形产品的测试方法,在其中使长形产品沿着馈通方向移动通过馈通线圈组件,其特征在于,应用根据上述权利要求中任一项所述的馈通线圈组件。

20. 根据权利要求19所述的测试方法,其特征在于成对地在直径上相对而置的部段线圈组件的绝对信号的共同评估。

21. 根据权利要求20所述的测试方法,其特征在于,所述共同评估包括求得成对地在直径上相对而置的所述部段线圈组件的绝对信号和/或差动信号的和信号。

22. 根据权利要求19至21中任一项所述的测试方法,其特征在于,将围绕周缘分布的多个绝对线圈组件的绝对信号用于距离补偿并且/或者从围绕周缘分布的多个绝对线圈组件的绝对信号求得关于直径、测试部件几何结构、不圆度和/或在所述馈通线圈组件与测试对象之间的轴偏距的信息。

23. 一种用于测试长形产品的测试装置,所述长形产品沿着馈通方向被移动通过馈通线圈组件,其特征在于,所述测试装置具有根据权利要求1至18中任一项所述的馈通线圈组件并且/或者构造用于执行根据权利要求19至22中任一项所述的测试方法。

馈通线圈组件、带有馈通线圈组件的测试装置和测试方法

技术领域

[0001] 本发明涉及一种用于应用在用于借助于涡流(Wirbelstrom)以馈通方法(Durchlaufverfahren)测试长形产品(Langprodukt)的测试装置(Prüfvorrichtung)中的馈通线圈组件(Durchlaufspulenanordnung)、涉及一种用于借助于涡流测试长形产品的测试方法以及涉及一种带有这样的馈通线圈组件的测试装置。

背景技术

[0002] 长形产品是长形伸延的金属物品,例如金属线(Draht)、棒、杆或管等。这样的长形产品可用作用于高品质的最终产品的原材料并且经常受到最高的质量要求。对材料缺陷、例如对接近表面的裂缝、缩孔(Lunker)、疤或其它材料不均匀性(以下也称缺陷或瑕疵)的测试形成该产品的质量控制的重要部分。在此,通常追求带有较高分辨率(Auflösung)的材料表面的尽可能无隙的测试,其根据在制造地点处的可能性应能够有节奏地且以制造过程的速度执行。目前常常在利用电磁方法、尤其涡流技术的情况下以馈通方法来执行这样的测试。在以馈通方法的测试中,使待测试的对象(测试对象、测试件(Prüfling))以可预设的、必要时相对高的通过速度移动通过测试装置的装备有相应的传感机构(Sensorik)的测试截段并且在此被测试。

[0003] 在以涡流方法的无破坏的材料测试中,通过以交变电流运行的激励线圈(Erregerspule)在待测试的材料中感应出合适的方向、大小和频率的交变电流(涡流)并且借助于传感器、例如线圈组件来检测和评估产生的涡流的不规则性。

[0004] 在涡流测试中利用该效果,即在能导电的材料中的大多数污物或缺陷具有与测试材料本身不同的导电能力和/或不同的导磁性(Permeabilität)。待评估的测量信号尤其由测试件材料的传导能力和导磁性且由在涡流传感器与材料表面之间的距离来确定,其中,随着传感器与材料表面的距离增加,缺陷信号(Fehlersignal)的绝对强度以及在有效信号与干扰信号之间的比例(有效/干扰比,S/N比率)减小。

[0005] 在用于馈通方法的测试装置的类别中使用包围测试对象的馈通线圈组件,待测试的对象(长形产品)被引导穿过其。馈通线圈组件具有带有激励线圈的激励线圈组件,其包围用于沿着馈通方向(Durchlaufrichtung)引导长形延伸的对象穿过的通过口(Durchlassöffnung)。激励线圈组件具有用于激励线圈联接到交变电压源处的联接装置。此外,设置有围绕通过口布置的接收线圈组件(Empfängerspulenanordnung),其具有用于接收线圈组件联接到测试装置的评估装置处的联接装置。激励线圈组件和接收线圈组件经由联接装置被联接到测试装置的电气或电子元件处。这样的围绕的馈通线圈组件通常可相对成本有利地制造并且由于其坚固性也能可靠地且经济地使用在艰苦的环境条件下。

[0006] 在文件DE 101 35 660 C1中说明了一个这种类型的馈通线圈组件,利用其应能以经济的方式可靠地找到轨道式的(bahnartig)缺陷、确保清楚的缺陷分辨率并且保证测试结果的良好可重复性。馈通线圈组件具有在外侧包围待测试的对象的测量元件,其以由在差动或多差动电路(Multidifferenzschaltung)中的导体条(Streifenleiter)构成的以

平均的径向距离圆环形地围绕该对象的至少三个部段-测量线圈的形式。这些部段-测量线圈在周向上以其彼此相邻的端部截段相叠并且与多通道评估电子装置(Mehrkanalauswerteelektronik)相联结。此外,部段-测量线圈被绝对线圈(Absolutspule)围绕,其在其方面又被与所有测量线圈相关联的激励线圈围绕。绝对线圈可在结构匹配部段-测量线圈的情况下同样来分段,其中,那么部段-绝对线圈以其端部截段相叠。因为部段-测量线圈的线圈有效面积在周向上相叠,应以相同的灵敏性获得待测试的对象的表面的真正100%的覆盖。

发明内容

[0007] 本发明的目的是提供一个这种类型的用于应用在用于以馈通方法测试长形产品的测试装置中的馈通线圈组件,其在成本有利且结构坚固的情况下可提供关于在通过的测试对象中的缺陷和其它不规则性的有说服力的测试结果。另一目的是提供一种测试方法以及一种测试装置,其利用这样的馈通线圈组件工作。

[0008] 为了实现该目的,提供一种用于应用在用于借助于涡流以馈通方法测试长形产品的测试装置中的馈通线圈组件,其包括:

[0009] 带有激励线圈的激励线圈组件,其包围用于沿着馈通方向引导长形产品穿过的通过口,其中,所述激励线圈组件具有用于所述激励线圈联接到交变电压源处的联接装置;和

[0010] 围绕所述通过口布置的接收线圈组件,其具有用于所述接收线圈组件联接到所述测试装置的评估装置处的联接装置,

[0011] 其中,所述接收线圈组件具有分布在所述通过口(112)的周缘上的两个或更多个部段线圈组件,其中,每个部段线圈组件具有检测区域,其仅覆盖所述长形产品的表面的周缘的一周缘截段,其特征在于,所述部段线圈组件以与所述馈通线圈组件的参考轴线的不同的距离分布在包围所述通过口的至少两个壳上,

[0012] 其中,第一部段线圈组件无相互重叠地布置在第一壳上并且,

[0013] 第二部段线圈组件无相互重叠地布置在第二壳上,并且

[0014] 第一和第二部段线圈组件在周向上彼此在周缘上错位地布置成使得所述第二部段线圈组件检测不被所述第一部段线圈组件覆盖的周缘截段。

[0015] 此外,提供一种用于测试长形产品的测试方法,在其中使长形产品沿着馈通方向移动通过馈通线圈组件,其特征在于,应用根据本发明所述的馈通线圈组件。还提供一种用于测试长形产品的测试装置,所述长形产品沿着馈通方向被移动通过馈通线圈组件,其特征在于,所述测试装置具有按照本发明的馈通线圈组件并且/或者构造用于执行按照本发明的测试方法。

[0016] 本发明还给出了有利的改进方案。全部有利的改进方案通过参考说明书的内容来做出。

[0017] 接收线圈组件具有分布在通过口的周缘上的两个或更多个部段线圈组件。部段线圈组件的每个具有检测区域,其仅覆盖长形产品的表面的整个周缘的一部分、即一周缘部段。这样的馈通线圈组件具有对两个或更多个部段线圈组件(其仅分别覆盖测试件的周缘的一部分或一部段)的共同激励。由各个部段线圈组件提供的所有信号即基于共同的激励并且就此而言直接彼此可比。同时使接收线圈组件能够分段或划分成多个部段线圈组件,

即可使出现的缺陷信号与对象表面的一定的周缘截段相关联。因此,缺陷的定位不仅如在传统的馈通线圈组件中那样在对象的纵向中可能而且在周向上可能。传统的馈通线圈组件在坚固性和可靠性方面的优点在此可保留。

[0018] 在所要求保护的本发明中设置成,部段线圈组件以与馈通线圈组件的参考轴线的不同距离分布在包围通过口的至少两个壳上。在此,第一部段线圈组件在周向上无相互重叠地布置在第一壳上。而第二部段线圈组件在周向上无相互重叠地布置在第二壳上。因为在壳之间在径向上存在与参考轴线的距离,第一部段线圈组件具有不同于第二部段线圈组件的与参考轴线的距离。概念“壳”在此表示在周向上围绕参考轴线伸延的面,其面部段平行于参考轴线取向并且在周向上逐段地或连续地弯曲。

[0019] 面与参考轴线的径向距离跟随预设的距离函数。因为壳的所有部段线圈组件位于该壳上,与参考轴线的径向距离在壳的每个部段线圈组件的任何部位处经由距离函数精确地来定义。壳的部段线圈组件无相互重叠地布置在其相应的壳上。其可在周向上直接彼此邻接。然而通常在周向上在相邻的部段线圈组件的彼此面对的端部之间存在距离。

[0020] 对于第一和第二壳彼此的限定的距离,存在第一和第二部段线圈组件的信号的直接的可比性,因为所产生的缺陷信号通常示出独特的距离特性并且因此可根据已知的距离函数来相互比较。

[0021] 布置于在馈通方向上相叠的两个或更多个壳上在此允许出现的缺陷信号与沿着所测试的长形产品的轴向位置的精确的关联。

[0022] 避免在周向上的相互重叠被视为有利。根据发明人的观察,在部段线圈组件的重叠区域(其应与参考轴线处于名义相同的距离中)中产生信号的线圈组件与测试件表面的对于测试决定性的距离偏离于在重叠区域之外的距离,从而可产生测量不精确性(Messungenauigkeit)。其在避免相互重叠时被避免。

[0023] 为了尽管如此还使在周向上无隙的测试成为可能,第一和第二部段线圈组件在周向上彼此错位地布置成使得第二部段线圈组件的处在第一部段线圈组件之间的周缘截段可部分地或完全地检测。换言之:第一和第二部段线圈组件在周向上彼此在周缘上错位地(umfangsversetzt)布置成使得第二部段线圈组件检测不被第一部段线圈组件覆盖的周缘截段。第一和第二部段线圈组件即覆盖待测试的长形产品的不同周缘截段,其中,检测区域总体上互补并且必要时部分地相叠成使得在周向上无隙的测试是可能的。

[0024] 根据另一表达,相应的部段线圈组件无相互重叠地布置在其所属的壳上并且相应的部段线圈组件在不同的壳上在周向上在周缘上彼此错位地布置成使得整个周缘被所有壳的部段线圈组件覆盖。

[0025] 优选地,部段线圈组件分布到刚好两个壳上、也就是到一个第一壳和刚好一个第二壳上。由此,在结构方面得到带有较小复杂度的构造并且其足以将由部段线圈组件产生的信号分配给仅仅两个距离函数。然而也可能将部段线圈组件分布到多于两个壳上,例如到三个、四个、五个或六个壳上,在它们之间在径向上分别存在距离。在此可以是,通过三个或更多个壳的部段线圈组件的组合才实现周缘的完整覆盖。

[0026] 在一些实施形式中,第一部段线圈组件布置以与参考轴线的的第一径向距离布置在圆柱状的第一壳上而第二部段线圈组件以不同于第一径向距离的与参考轴线的第二径向距离布置在圆柱状的第二壳上。如果横截面形状具有相对于对称中心的中心对称性,通过

对称中心的轴线可被称为中心参考轴线或中心轴线。在这样的实施形式中,壳同轴于馈通线圈组件的中心轴线地分别形成圆柱侧面。带有环形的横截面的实施形式例如对于圆形材料(Rundmaterial)(带有环形横截面的长形产品,实心或者作为管)的测试为有利,但是在合适的信号评估中也可被用于带有多边形横截面的长形产品的测试。

[0027] 在备选的实施形式中,壳可具有不同于圆形的横截面形状。例如,带有椭圆的横截面或卵形的横截面的壳是可能的。也可能的是,壳具有多边形横截面、例如带有倒圆的角区域的大致方形的横截面。在壳之间及与参考轴线的径向距离不必是均匀的,而是可在周向上变化。

[0028] 为了避免在不同的壳的部段线圈组件之间的较大的敏感性差别,在第一壳和第二壳之间或在相邻的壳之间的径向距离最高应为一厘米,其中,该距离优选地应为1mm或在其之下、尤其在0.1mm与1mm之间。更大的距离是可能的,然后可电子地或计算地来平衡或考虑信号强度差别。

[0029] 每个壳部段线圈组件的数目可与测试任务相匹配。可能的是,在每个壳上的部段线圈组件的数目相同。在壳上也可设置不同数目的部段线圈组件。

[0030] 当在壳上布置偶数个部段线圈组件、例如两个、四个、六个或八个部段线圈组件时,常常是有利的。备选地或附加地,可在壳上设置一对或多对在直径上相对而置的部段线圈组件。这可适用于单个、多个或所有壳。

[0031] 通常,接收线圈组件可具有多对在直径上相对而置的部段线圈组件。由此,可在信号评估中产生优点。该措施在带有壳结构的馈通线圈组件(根据所要求保护的发明)中或在不带壳结构的这种类型的馈通线圈组件中可以有利的。

[0032] 匹配于相应的应用目的,部段线圈组件的不同的设计方案是可能的。部段线圈组件可具有仅仅一个或多个差动线圈组件(Differenzspulenanordnung)、仅仅一个或多个绝对线圈组件(Absolutspulenanordnung)或者由至少一个差动线圈组件和至少一个绝对线圈组件构成的组合。

[0033] 概念“差动线圈组件”在此应不仅包括单倍差动线圈组件而且包括多倍差动线圈组件。由差动线圈组件产生的电信号典型地被称为差动信号(Differenzsignal)。

[0034] 绝对线圈组件提供绝对信号。其可在相应的评估中被用于缺陷探测(Fehlerdetektion)。因为绝对信号的幅度强烈地且以独特的方式取决于在绝对线圈组件与测试件表面之间的距离,当绝对线圈组件为了运行被联接到距离评估装置处并且绝对信号相应地作为距离信号被评估时,绝对线圈组件可在绝对信号的相应的评估中用作距离传感器(参见例如文件DE 44 38 171 A1)。

[0035] 优选地,所有部段线圈组件分别具有至少一个差动线圈组件。概念“差动线圈组件”在此表示具有两个或更多个反向地起作用的子线圈组件(Teilspulenanordnung)的线圈组件。由此,仅当在反向地起作用的子线圈组件中的场强变化不同时,贯穿差动线圈组件的磁场的变化那么才产生信号。而如果不存在场变化或在反向地起作用的子线圈组件中的场变化一样强地起作用,则不产生输出信号。借助于差动线圈组件,即使在缺陷尺寸较小时也可能进行特别灵敏的缺陷探测。差动线圈组件优选地布置成使得可在测试件的整个周缘处来检测差动信号,使得借助于差动线圈组件可能进行在周向上无隙的测试。

[0036] 优选地,除了差动线圈组件之外,部段线圈组件还具有绝对线圈组件。这可设置用

于所有部段线圈组件或仅用于部段线圈组件的一部分。概念“绝对线圈组件”在此表示在贯穿的磁场变化时提供输出信号(绝对信号)的线圈组件。绝对线圈组件可具有多个子线圈组件。然而与差动线圈组件相比,其关于贯穿的磁场同向地接通,使得在多个子线圈组件中的场变化也分别产生信号,其中,这些信号在绝对线圈组件的输出处相加。

[0037] 该措施在带有壳结构的馈通线圈组件(根据所要求保护的发明)中和在不带有壳结构的这种类型的馈通线圈组件中可以是有利的。

[0038] 利用差动线圈组件可以以高的灵敏度来检测例如孔缺陷和横向缺陷(Querfehler)。此外,纵向缺陷可相应于其深度梯度(Tiefengradient)来评判。借助于绝对线圈组件此外可能检测在其整个长度中的均匀的纵向缺陷。差动信号和绝对信号的同时检测允许更可靠地鉴定缺陷类型。

[0039] 利用绝对线圈组件此外还可检测距离信号,从而可从绝对线圈组件的信号分量来导出关于在部段线圈组件与测试件表面之间的距离、也就是测试距离的信息。这些距离信号例如可在电子侧或软件侧被用于距离补偿,以便例如在偏心的测试部件位置中改善在不同的部段处所检测的缺陷信号的可比性。

[0040] 优选地,差动线圈组件和绝对线圈组件布置在共同的承载元件处。由此,可机械地精确地来确定这些线圈组件彼此的相对位置。在一些实施形式中,承载元件具有(面向通过的测试品的)内表面和外表面,其中,差动线圈组件和绝对线圈组件至少部分地布置在承载元件的相同的表面处。线圈组件的布置在相同的表面处的部分具有由壳的形状所规定的与馈通线圈组件的参考轴线的相同的距离,使得信号的共同评估容易地是可能的。

[0041] 该措施在带有壳结构的馈通线圈组件(根据所要求保护的发明)中和在不带壳结构的这种类型的馈通线圈组件中可以是有利的。

[0042] 在一些馈通线圈组件中设置成,在部段线圈组件中差动线圈组件大致对称于激励线圈组件的线圈平面(典型地中间平面)来布置而绝对线圈组件不对称于线圈平面地部分地或完全地布置在由激励线圈组件所产生的场的不均匀的场区域中。由此,借助于绝对线圈组件可能进行特别灵敏的距离探测。在此应考虑的是,绝对线圈组件的卷圈(Wicklung)处在典型地弯曲的面(其垂直于激励线圈的线圈平面)中。在不对称的布置中,产生信号的卷圈的至少一部分处在不均匀的场区域中,在那里在绝对线圈组件的位置处出现的磁场具有径向分量(y分量),其贯穿绝对线圈组件。该分量的强度显著地根据在绝对线圈组件与长形产品的表面之间的距离(其影响在绝对线圈组件的位置处的场线分布)改变。因此得到绝对卷圈(Absolutwicklung)在梯度场中的由于长形产品在通过时的径向位置变化而变化的布置。在长形产品的非中央的或者偏心的位置中产生通过绝对线圈组件的绕组(Windung)的磁通的改变,其可由用作距离传感器的绝对线圈组件来记录。

[0043] 特别强的且稳定的距离信号在一些实施形式中由此来实现,即绝对线圈组件对称于激励线圈组件的线圈平面或中间平面地在线圈平面之前的不均匀的第一场区域中具有第一子线圈组件而在线圈平面之后的不均匀的第二场区域中具有第二子线圈组件,其中,第一和第二子线圈组件反向地接通。子线圈组件在不同的场线方向上被不均匀的场贯穿。通过反向接通来实现,在子线圈组件中感应的电压相加,从而产生较强的距离信号。

[0044] 用作距离传感器的绝对线圈组件的分段结合在磁场的不均匀的部分中的布置得到分段的距离确定传感器,其不同于传统的绝对线圈组件不利用近似在待测试的长形产品

的馈通方向上伸延的场线、而利用磁场线的垂直于此的分量。基于这些磁场线,根据待测试的长形产品的位置来检测梯度场的变化。

[0045] 这些措施在带有壳结构的馈通线圈组件(根据所要求保护的发明)中和在不带壳结构的这种类型的馈通线圈组件中可以有利的。

[0046] 由分段所提供的借助于绝对线圈组件分别在长形产品的不同的周缘截段处产生距离信号的可能性允许根据距离信号获得关于长形产品在馈通线圈组件内的位置的位置信息。

[0047] 成对地在直径上相对而置的部段线圈组件的绝对信号的共同评估使能够例如以特别简单的方式在相应的对角方向上确定测试件直径且必要时还确定直径波动和/或偏心。

[0048] 这些措施在带有壳结构的馈通线圈组件(根据所要求保护的发明)中和在不带壳结构的这种类型的馈通线圈组件中可以有利的。

[0049] 本发明还涉及一种用于测试长形产品的测试方法,在其中使用沿着馈通方向通过在本申请中所说明的类型的馈通线圈组件的长形产品。

[0050] 这样的馈通线圈组件使利用传统的馈通线圈组件不可能的评估方法成为可能。

[0051] 在一些实施形式中例如发生成对地在直径上相对而置的部段线圈组件的信号的共同评估。

[0052] 在一变体中,共同的评估包括求得成对地在直径上相对而置的部段线圈组件的距离信号或绝对信号的和信号(Summensignal)和/或差动信号。通过该评估不仅可确定直径而且可确定偏心率。

[0053] 通过多个(例如三个、四个、五个或六个)在周缘上错位的绝对线圈组件的距离信号的评估,此外可能确定测试件相对于馈通线圈组件的直径值、直径波动和/或偏心。

[0054] 在一些实施形式中,从围绕周缘分布的多个绝对线圈组件的绝对信号来求得关于直径、测试部件几何结构、不圆度和/或在馈通线圈组件与测试对象之间的轴偏距(Achsversatz)的信息。

[0055] 利用本发明的另一优点在于,可产生缺陷记录报告(Fehlerprotokoll),其包含缺陷信号与测试对象的对应的周缘截段之间的关联。该信息允许缺陷的显著改善的且准确的评估。如果例如原则上可再加工的缺陷位于在之后的应用中可预见地不以关键的方式受载的周缘截段中,可省去后处理。如果后处理是必需的,则基于缺陷记录报告有缺陷的区域已限制到相对小的周缘截段上,使得能够更容易地找到缺陷。对于不可后处理的错误,可基于缺陷记录报告来决定,其是否位于关键的周缘截段中或必要时在非关键的周缘截段中,使得关于测试件的进一步的应用可比迄今更精确地来决定。其例如可在焊接的管中对于缝和壁缺陷的不同评估且在多边形的轮廓中对于棱边和面缺陷的适当评估是有意义的。区别及其权重特别重要,以便能够及时干预制造过程,以便无缺陷地生产还待制造的材料。

[0056] 缺陷记录报告也可作为在纵向中的位置的函数包含关于测试对象的直径、测试部件几何结构和/或不圆度的数据。

[0057] 结合馈通线圈组件的壳结构,可获得特别精确的测试结果。原则上,这些措施可有利地利用于带有壳结构的馈通线圈组件(根据所要求保护的发明)中且部分地还利用于不带壳结构的这种类型的馈通线圈组件中。

[0058] 这些及其它的特征除了从权利要求中之外也从说明书和附图中得出,其中,各个特征可相应本身单独地或多个以子组合(Unterkombination)的形式在本发明的实施形式中和在其它领域中来实现并且表示有利的以及本身可保护的实施方案。本发明的实施例在附图中示出并且接下来详细地来阐述。

附图说明

[0059] 图1显示了带有穿过通过口的测试对象的根据本发明的馈通线圈组件的实施形式的斜透视性视图,

[0060] 图2显示了图1中的馈通线圈组件的示意性的轴向视图,

[0061] 图3显示了通过带有用于磁场线的走向的符号的圆柱状地成形的激励线圈的纵剖面,

[0062] 图4显示了对围绕激励线圈的场走向的细节,

[0063] 图5显示了部段线圈组件的实施形式的斜透视性视图,

[0064] 图6显示了带有差动和绝对线圈组件的壳组件的不同变体,以及

[0065] 图7显示了带有近似方形的横截面形状的馈通线圈组件的实施形式。

具体实施方式

[0066] 图1中的示意性的斜透视性示图显示了用于以馈通方法无破坏地涡流测试长形延伸的导电对象或长形产品的测试装置的部件。在所示的示例中,待测试的对象(测试对象、测试件)是金属管190,其以直到几m/s的数量级的通过速度沿着馈通方向192被输送通过测试装置的测试截段。测试装置在此可集成到生产线、例如管焊接线中。也可能的是,测试装置安置在单独的测试线中,其包含确保测试材料最佳地运输通过测试截段的测试区段(Prüfstrecke)。测试区段此外包含引导装置和定位装置,以保证测试对象的中心纵轴线尽可能在中心通过测试截段。

[0067] 在测试截段中布置有固定的馈通线圈组件100。其包括在图2中示出的线圈支架110,它主要通过由不或仅略微导电的材料、例如由纤维强化的塑料材料构成的柱状套筒来制造。在周向上封闭的线圈支架包围用于引导待测试的对象190通过的圆形的通过口112。馈通线圈组件的中心轴线114(其用作参考轴线)在通过口的中心伸延。线圈支架的内径比最大的待引导穿过的测试对象的外径大几个百分比,使得在带有不同直径的待利用该馈通线圈组件测试的所有测试对象中避免在测试对象与馈通线圈组件之间的接触(Berührungskontakt)。

[0068] 在线圈支架的外侧处安装馈通线圈组件的电气部件、即激励线圈组件和接收线圈组件。激励线圈组件120具有以平带线圈(Flachbandspule)122的形式的唯一的激励线圈。其通过由能良好地导电的材料(例如铜)构成的平的金属带(其环形地围绕线圈支架或通过口弯曲且在联接区域中具有在径向上向外弯曲的两个联接截段124,在它们之间布置有由电绝缘的材料构成的绝缘层)来形成。平带线圈形成唯一的卷圈,其实际上在其整个周缘上(除了绝缘层的区域)封闭。激励线圈的线圈平面垂直于中心轴线114伸延。平带的在弯曲的平带的径向上测量的厚度例如可处在0.5mm与1mm之间并且比平带的平行于馈通线圈组件的中心轴线114所测量的宽度(其根据直径可为几个毫米或几个厘米)小多倍。该宽度例如

可多于平带线圈的自由内径的10%并且在示例情况中为该自由直径的大约15%。平带线圈的两个端部经由以点划线示出的导线与联接装置128(经由其可将激励线圈组件与测试装置的交变电压源130相连接)相连接。为了匹配激励元件122和交变电压源130的阻抗,可置入变换器(Übertrager)127。激励线圈组件可以以唯一的激励频率或以多个不同的激励频率来运行。

[0069] 此外,在激励线圈组件内与其同轴地设置有围绕通过口112布置的接收线圈组件,用于将接收线圈组件联接到测试装置的评估装置150处的联接装置148属于该接收线圈组件。

[0070] 接收线圈组件在示例情况中具有分布在通过口的周缘上的八个部段线圈组件142-1至142-8,其划分成分别带有四个部段线圈组件的两个组。四个第一部段线圈组件142-1至142-4以与馈通线圈组件的中心轴线114的第一径向距离A1无相互重叠地处于圆柱状的第一壳S1上。四个第二部段线圈组件142-5至142-8以比第一径向距离A1更大的第二径向距离A2无相互重叠地处于在第一壳S1与激励线圈122之间的第二壳S2上。

[0071] 距离A1与A2的差或者说在壳之间的径向距离应尽可能小,由此在不同的壳上所检测的信号可具有尽可能类似的信号强度。在壳之间的径向距离应根据可能性最高为一厘米、优选地为1mm或者在其之下,例如在0.1mm与1mm之间。距离的下限首先受生产限制。

[0072] 均匀地分布在第一壳上的第一部段线圈组件中的每个具有检测区域,其仅覆盖待测试的对象的表面的周缘的大约50°的周缘截段。在周向上在第一部段线圈组件之间留有缝隙。进一步处在外面的第二部段线圈组件也仅分别覆盖测试件周缘的大约50°的周缘截段并且在周向上彼此具有相互间的距离。第二部段线圈组件关于第一部段线圈组件在周缘上错位地布置成使得第二部段线圈组件142-5至142-8分别完全覆盖在第一部段线圈组件之间存在的缝隙并且以两个端部截段还在所属的第一部段线圈组件142-1至142-4的最近的端部截段上相叠。由此,分布在两个壳上的部段线圈组件共同形成围绕通过口112的在周向上封闭的环。

[0073] 部段线圈组件中的每个经由各自的通道K1至K8和多通道的联接装置148联接到评估装置150处,使得所有部段线圈组件的测试信号能够单独评估。

[0074] 在该“壳模型”中,处于共同的壳上的部段线圈组件的绕组或卷圈总是精确地且完全地与中心轴线处于相同的径向距离中、即在相同的半径上。在具有不同位置的部段线圈组件中,有效区域的径向中心处于相同的半径上。同一壳的部段线圈组件的所有卷圈区域(Wicklungsbereich)因此由于几何布置具有相同的灵敏性,由此实现传感器信号的直接的可比性。壳模型在此排除了迄今未注意到的可在这样的解决方案(在其中处于共同的半径上的部段线圈组件以其端部区域相互重叠)中出现的问题。对于在缺陷分析中每毫米距离几dB的距离特性,在带有相互重叠的传统的解决方案中可出现超过1dB的差别。由此使测量信号的可演绎性(Interpretierbarkeit)变差。避免这样关键的重叠。

[0075] 在壳模型中,不同的壳的部段线圈组件由于距离差A2-A1具有敏感性差别。但是在壳内由于避免相互重叠不产生敏感性差别。通过了解部段线圈组件的敏感性的距离特性,可电子地或借助于合适的评估软件来消除这些敏感性差别。

[0076] 部段线圈组件在该意义中分别构造为平面线圈组件(Flachspulenanordnung),即线圈组件在柱状弯曲的面中的横向膨胀明显大于垂直于该面所测量的膨胀。线圈在此通过

以电路板技术产生的导体电路(Leiterbahn)144来形成,其被施加在柔性的、不导电的支架材料上(参见图5)。在制造馈通线圈组件时,将内部的(第一)部段线圈组件的设有导体电路的支架直接置于线圈支架110的柱状弯曲的外侧上并且在那里例如借助于胶粘剂来固定。外部的(第二)部段线圈组件可以以其支架直接施加在其上,以实现壳的尽可能小的径向距离。也可能彼此有径向距离地布置线圈支架。

[0077] 导体电路的联接端分别相互绝缘地在狭窄地模制的联接条(Anschlussstreifen)(其可经由合适的缆线被与联接装置148相连接)上伸延。在部段线圈组件142-1至142-8的线圈与联接装置148之间可插入增强器单元(Verstaerkereinheit),其增强信号并且/或者引起电感性的线圈阻抗与主要电容性的缆线阻抗的脱耦(Entkopplung)。

[0078] 在组装的馈通线圈组件中部段线圈组件处在线圈支架110与处于外面的激励线圈122之间。在测试对象的外侧与相应的部段线圈组件之间存在径向的测试距离,如果测试对象在中心伸延通过馈通线圈组件该测试距离在圆柱状的测试对象的示例情况中对于壳的所有部段线圈组件是相同的。

[0079] 每个部段线圈组件142-1至142-8具有差动线圈组件以及绝对线圈组件。由此,可对每个周缘截段单独地来检测不仅差动信号而且绝对信号并且与相应的周缘截段相关联。借助于差动线圈组件,也能够和其它方面均匀的可导电的基本材料中可靠地探测较小的缺陷或其它不均匀性,因为通过线圈截段的轴向差动可很大程度上来补偿不追溯于缺陷的信号分量。由于分段,在此在周向上的位置分辨(Ortsauflösung)是可能的。例如在管190的周缘处的裂纹式的缺陷F1仅在第二壳S2的部段线圈组件142-6中产生缺陷信号,因为在测试对象通过时该缺陷的运动轨迹仅经过这个部段线圈组件的检测区域。而在周向上和在轴向上错位的第二缺陷F2在稍后的时刻在内部的第一壳的在周缘上错位地布置的部段线圈组件142-1中产生缺陷信号。这两个缺陷因此不仅在轴向上而且在周向上可定位。相应的缺陷信号通过彼此分离的通道被导引至评估装置150并且可在那里被与相应的周缘截段相关联。

[0080] 借助于部段线圈组件的绝对线圈组件,尤其在纵向上伸延的严重的缺陷可识别为缺陷信号。然而这里特别重要的是用作距离传感器的可行性。绝对信号的信号强度灵敏地取决于绝对线圈组件与材料表面之间的距离,其中,随着绝对线圈组件与材料表面的距离增加,信号的绝对强度和有效信号与干扰信号之间的比例减小。在一定的距离区域上,该关系是大致线性的或可良好地标定成使得绝对线圈组件也可被用作距离传感器。

[0081] 由绝对线圈组件形成的距离传感器垂直于馈通方向布置在与差动线圈组件(利用其来检测缺陷信号)相同的平面中。评估装置150包括距离评估装置并且构造成使得可由绝对线圈组件的信号导出的距离信息可被进一步处理用于不同的评估目的。

[0082] 在实施例中,各个部段线圈组件的绝对线圈组件的绝对信号或距离信号可一对一地与相应的部段线圈组件的差动线圈组件的差动信号相关联。但是这不是强制性的。例如可能仅从较小数目的所选择的绝对线圈组件在距离信息方面评估绝对信号。例如,如果从四个不同的(例如成对地相对而置的)绝对线圈组件来求得仅四个距离信号(其那么受软件控制地在所有八个差动线圈组件的差动信号的处理中被考虑)就可足够。

[0083] 根据图3至6来阐述可如何在本发明的实施形式中来利用分段的绝对线圈组件以产生距离信号。对此,图3显示了平行于待测试的长形产品的馈通方向或平行于中心轴线

144通过圆柱状地成形的激励线圈122的纵剖面。激励线圈形成在周向上流过有交变电流的导体,它产生电磁的交变场,其磁场线(箭头)大致垂直于电流方向围绕激励线圈伸延。在此,围绕激励线圈的轴向的中间平面M对称地或者说对称于中心的线圈平面产生大致均匀的场区域FH,在其中磁场线尽可能平行于馈通方向或者说垂直于激励线圈的线圈平面延伸。朝向两个轴向的端部,有不均匀的场区域FI联接到均匀的场区域FH处,在不均匀的场区域FI中磁场线的场以该方式不均匀,即场线不彼此平行地和平行于中心轴线地伸延。

[0084] 在激励线圈的轴向的端部附近以及在场线在激励线圈外的返回区域(Rücklaufbereich)中,磁场B不仅具有平行于激励线圈的中心轴线的x分量,而且具有在相对于中心轴线的径向上的有限的y分量。图4示意性地显示了磁场的分量 B_x 和 B_y 。在图3中,不均匀的场区域(其部分地伸至激励线圈的内部中并且包括外面的回流区域)以虚线来强调。均匀的场区域不具有阴影线。不均匀的场区域对于绝对线圈组件的定位可考虑用于距离补偿。

[0085] 在本发明的实施形式中,分段的绝对线圈组件被用作距离传感器,其不以传统的方式利用平行于待测试的长形产品的通过方向(Durchgangsrichtung)伸延的场线,而是利用磁场线的垂直于此的分量、即y分量。在此充分利用,即根据待测试的长形产品的位置产生绝对场和梯度场的变化,其可在不均匀的场区域中来检测。在此主要来检测、测量由激励线圈所产生的初级磁场,其然而被在长形产品中所产生的涡流磁场干扰且由此被减小。测量不在近似均匀的区域FH中、而在不均匀的回流区域中(在那里不存在均匀的场、而存在梯度场,其由于待测试的长形产品的偏心率会改变)实现。对此的原因是邻近效应(Proximity-Effekt),其根据在长形产品中的偏心率产生不同的涡流并且因此还影响在回流区域中的磁场线。

[0086] 在传统的包围的绝对线圈(其包围待测试的长形产品)中,这些效应在线圈内基本上抹去,使得可能产生的信号不允许对通过的长形产品的可能的偏心率的任何可使用的结论。而在本发明的实施形式中,在梯度场中的变化可被检测用于距离探测且以距离信号的形式来处理。

[0087] 图5对此显示了部段线圈组件542的实施形式的斜地透视性的示意性的视图,其布置在馈通线圈组件壳中的一个上。在柱状弯曲的、电绝缘的承载元件510上,彼此电绝缘地布置有差动线圈组件520和绝对线圈组件530。绝对线圈组件在差动线圈组件的轴向侧面上具有第一子线圈组件530-1而在相对而置的轴向侧面上具有第二子线圈组件530-2。这两个子线圈组件的卷圈彼此反向地接通。

[0088] 在图3中显示部段线圈组件542在激励线圈122内的安装情况。可辨识的是,部段线圈组件关于激励线圈的线圈平面(中间平面M)在安装状态中布置成使得差动线圈组件520对称于线圈平面地处在激励线圈的均匀的场区域FH中。而绝对线圈组件的联接至轴向端部的子线圈组件已处在不均匀的场区域FI中,使得由于子线圈组件的卷圈所限定的线圈平面被磁场线的径向于中心轴线延伸的y分量穿透。

[0089] 现在对于绝对线圈组件作为距离传感器的功能决定性的是,这两个子线圈组件530-1和530-2被不均匀的场在不同的场线方向上贯穿(参见图5中的圆形的场符号)。B场的y分量在此感应电压。在子线圈组件串联时在线圈中所感应的电压将部分地或完全地消除(Auslöschung)。而通过在此所设置的反向接通来实现,在这两个子线圈组件中所感应的电

压相加,使得基于梯度场的变化得到较强的绝对信号ABS。对称于激励线圈的中间平面M的绝对线圈组件的该结构的附加的优点在于,不负面地影响缺陷探测。

[0090] 绝对线圈组件530在装配完成的测试装置中联接到集成到评估装置150中的距离评估单元152处。

[0091] 在差动线圈组件520的联接端部处存在差动信号DIFF。其同样在评估装置150中被评估。

[0092] 在引入长形产品并且由于在长形产品中存在的涡流而与此相联系地产生次级磁场时场线分布改变。在长形产品的相对于馈通线圈组件的中心轴线在中心的位置中,场线移动在任何部位处将相同。而在长形产品的非中心的位置中引起非对称的场线分布,其可由用作距离传感器的绝对线圈组件来探测。

[0093] 在该实施形式中,绝对线圈组件由卷圈()形成,其初看好像具有差动传感器特性。然而由于所利用的场线的不同的穿通方向(Durchstoßrichtung)产生绝对线圈特性,由此实现距离传感器的新式类型。

[0094] 作为对于绝对线圈组件的带有对称于线圈平面布置的两个子线圈组件的图解地示出的布置的备选方案,也可能仅在差动线圈组件的一侧(馈通线圈组件的入口侧或出口侧)处安装绝对线圈组件,其利用磁场线的在径向中伸延的分量用于信号产生。

[0095] 绝对线圈组件也可处于激励线圈的场的外部的回流区域(参见阴影线)中。

[0096] 绝对线圈组件的绕组可处在共同的柱状面上、即在相同的半径上。也可能的是,绝对线圈组件的部分处在与中心轴线的不同的径向距离上。回环或卷圈的形状可根据运用情况来选择。除了示意性示出的椭圆的形状之外,例如绕组的圆形或多边形也是可能的。可使绝对线圈组件的尺寸、即其在周向上的横向膨胀与使用情况相匹配。如在图5中所示,绝对线圈组件在周向上的膨胀可明显小于差动线圈组件(其总和应在多个壳上在周向上补充成完整的重叠或成检测测试件的整个周缘)的膨胀。这在绝对线圈组件中不是必需的并且通常也不是期望的。为了在不被材料表面中的缺陷妨碍的情况下精确地确定距离,在周向上非常短的长度、必要时甚至近似点状的距离传感器可以是有利的。然而期望一定的物理膨胀,以此在回环中所感应的电压对于可靠的评估变得足够大。

[0097] 在一典型的实施形式中,存在在周向上分段的绝对线圈组件,其中,每个绝对线圈组件仅覆盖测试件的周缘的一部分。绝对线圈组件在此通常在周向上不相叠。绝对线圈组件用作距离传感器。在此,未设置有单独的、包围长形产品的绝对线圈用于缺陷检测。

[0098] 可选地,借助于激励线圈122可在馈通线圈组件的整个周缘上设置有标准绝对信号在的参数探测。激励线圈在此作为参数绝对线圈起作用,其中,利用相同的部件实现激励和检测并且评估阻抗变化。

[0099] 在其它实施形式中,可设置有与部段线圈组件和激励线圈组件分离的、包围长形产品的绝对线圈。

[0100] 除了这里详细地讨论的实施例之外,在本发明的范围中大量变体是可能的。例如,馈通线圈组件可具有多于两个带有差动线圈组件的壳。可能的是,不带绝对线圈组件的馈通线圈组件仅利用差动线圈组件工作。不带绝对线圈组件的部段线圈组件可与带有绝对线圈组件的部段线圈组件相结合。

[0101] 如果仅期望确定在馈通时测试件的位置的偏心率和/或直径波动、直径、直径形

状,馈通线圈组件也可无差动线圈组件地、也就是说仅以分段的绝对线圈组件来构建和/或利用。完整的或针对一定的缺陷类型优化的缺陷测试那么必要时可利用单独的测试仪来执行。

[0102] 在此,除了缺陷信号的评定之外,根据获得的数据还可来进行或仅进行长形产品的位置的机械校正。

[0103] 图6示例性地显示了一系列变体,在其中四个带有差动线圈组件的壳分别与一个或多个带有绝对线圈组件的壳相结合。绝对线圈组件的利用在此在需要时允许距离补偿。实线在此表示仅具有差动线圈组件的壳。虚线表示仅具有绝对线圈组件用于距离探测的壳。如结合图5已阐述的那样,绝对线圈组件和差动线圈组件不必处在不同的壳上,而是也可处在与中心轴线带有相同距离的同一壳上。通过了解不仅差动通道而且距离通道的独特的距离特性,借助于合适的硬件部件和/或借助于合适的评估软件可能在缺陷识别中实现基于长形产品的偏心率的不同的敏感特性的补偿。

[0104] 本发明不限于带有圆形横截面的馈通线圈组件。图7显示了非圆的、形状匹配的馈通线圈组件700的一实施例,其设计用于测试带有矩形横截面、尤其带有正方形横截面的长形产品。与在图2中类似的或相同的功能的部件和特征具有相同的附图标记,提高600。

[0105] 激励线圈722以及壳S1和S2分别具有带有倒圆的角的近似方形的形状。外面的第二壳S2的四个平的部段线圈组件742-5至742-8测试长形产品直到纵棱边附近的平的侧面。棱边区域由里面的第一壳S1的第一部段线圈组件742-1至742-4来检测。其设计成有角的,其中,在彼此成90°的平的边腿之间存在圆弧形弯曲的中间截段。电气联接和评估可能性类似于第一实施例。

[0106] 如已提及的那样,方形的和其它的多边形的横截面(例如六角条(Sechskantstab))在一些情况中也可利用分段的线圈的环形组件(参见例如图1、2)来测试。

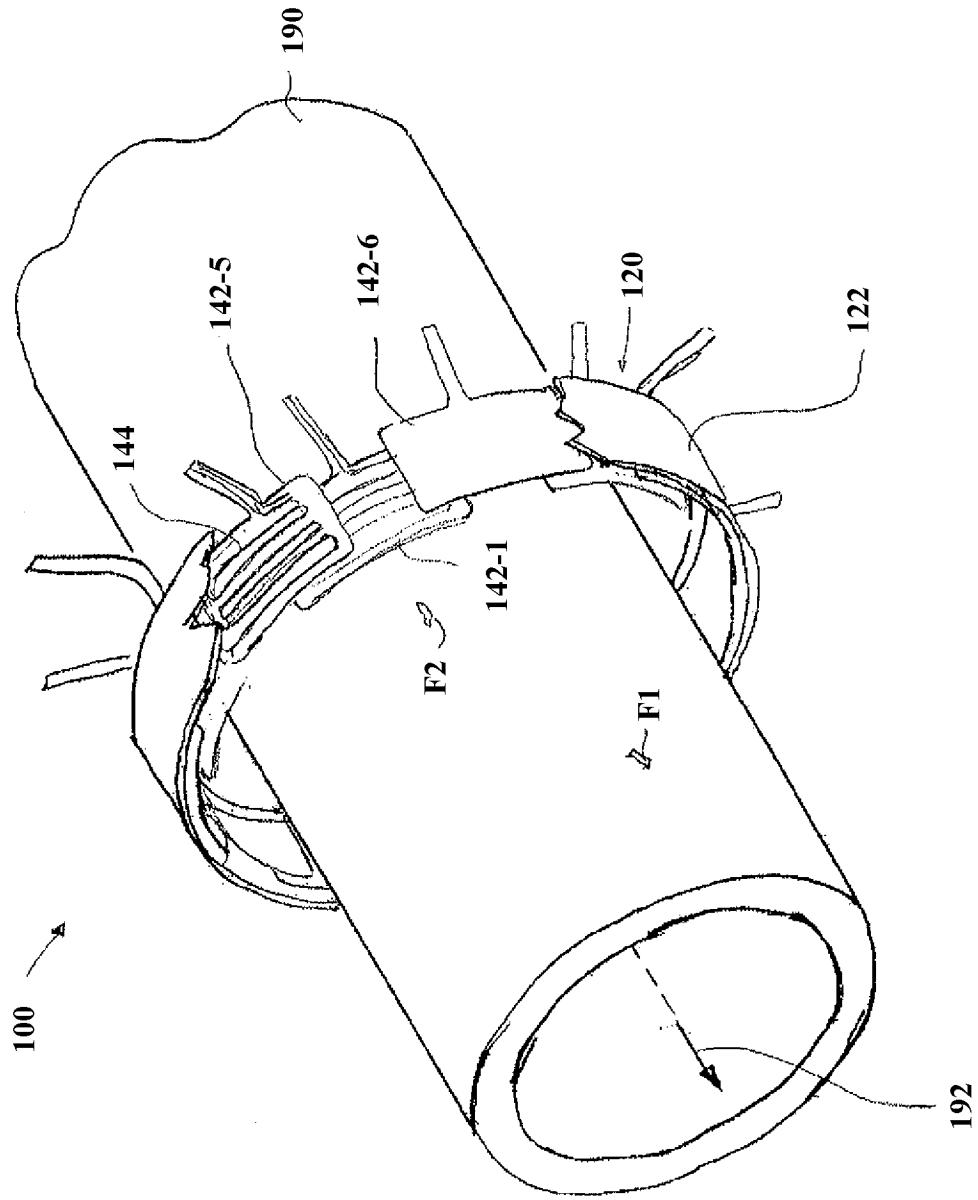


图 1

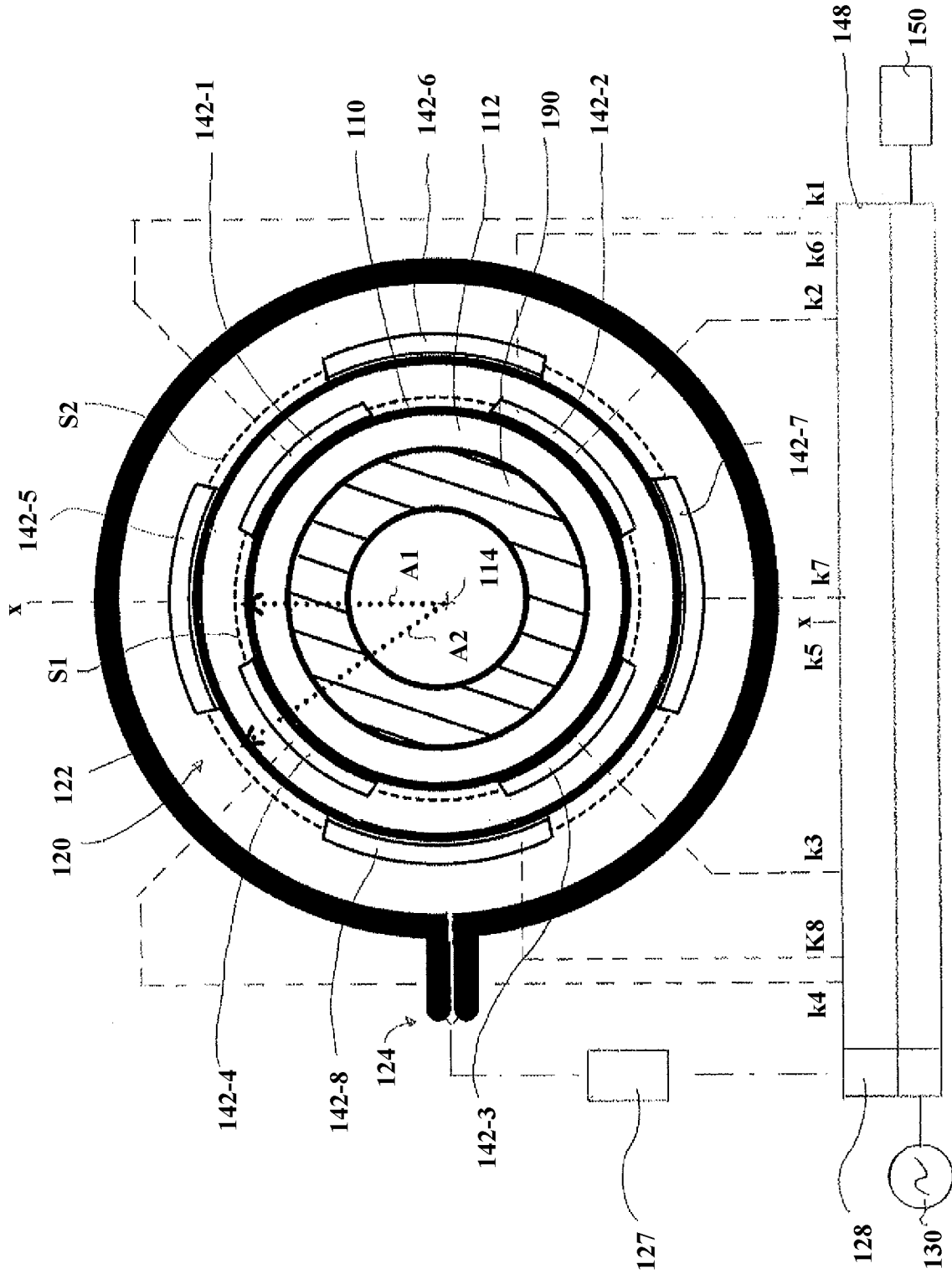


图 2

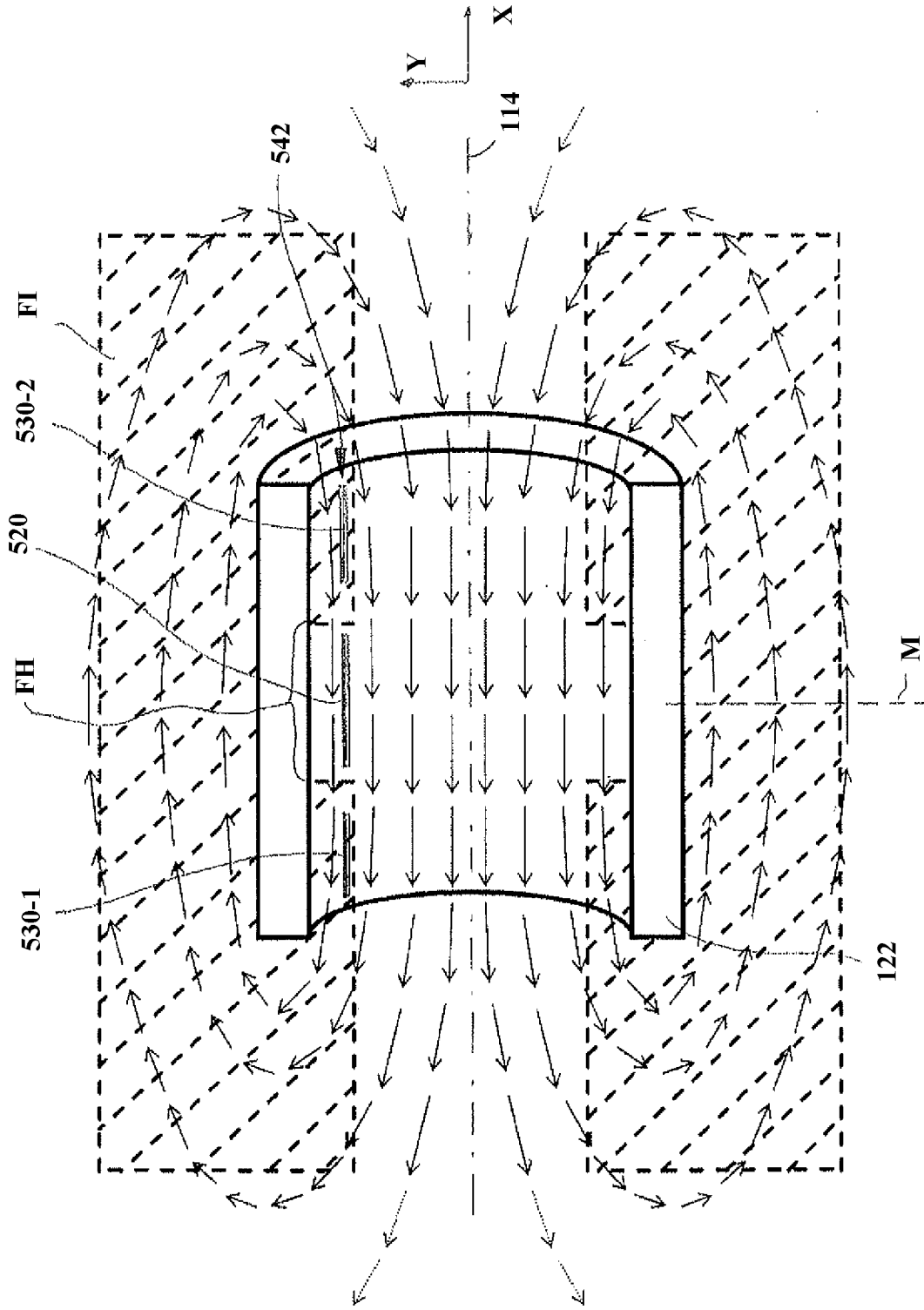


图 3

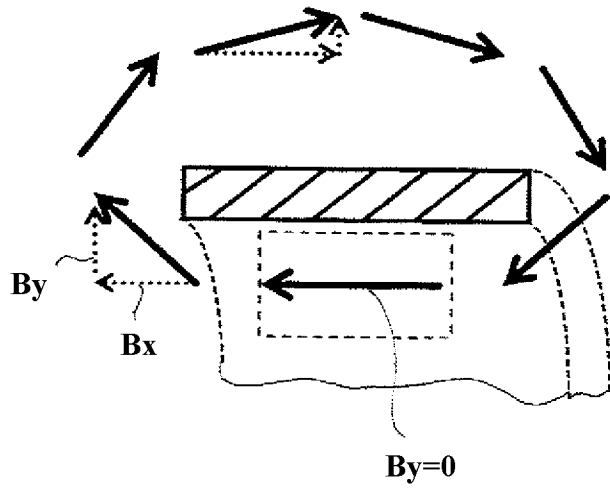


图 4

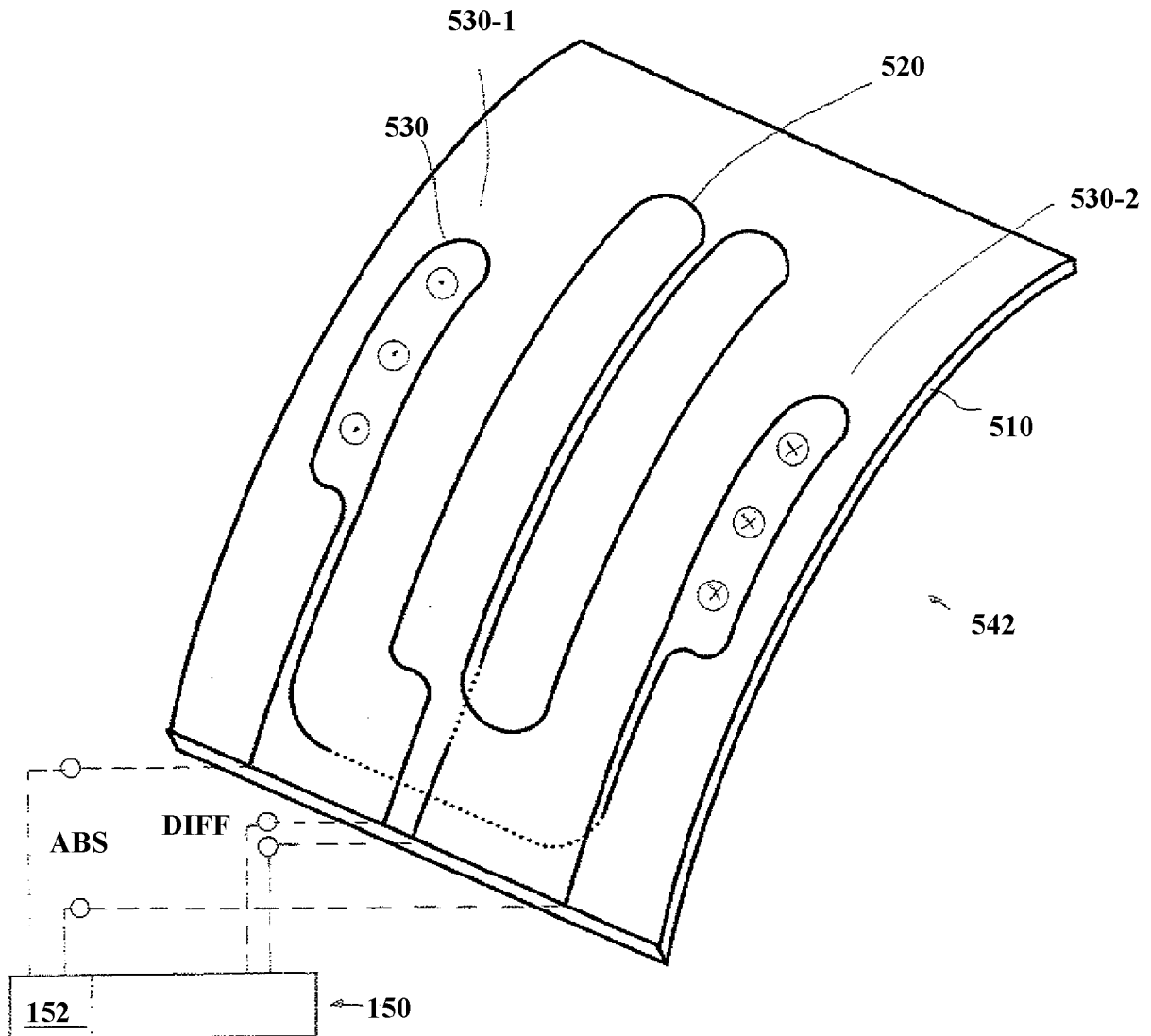


图 5

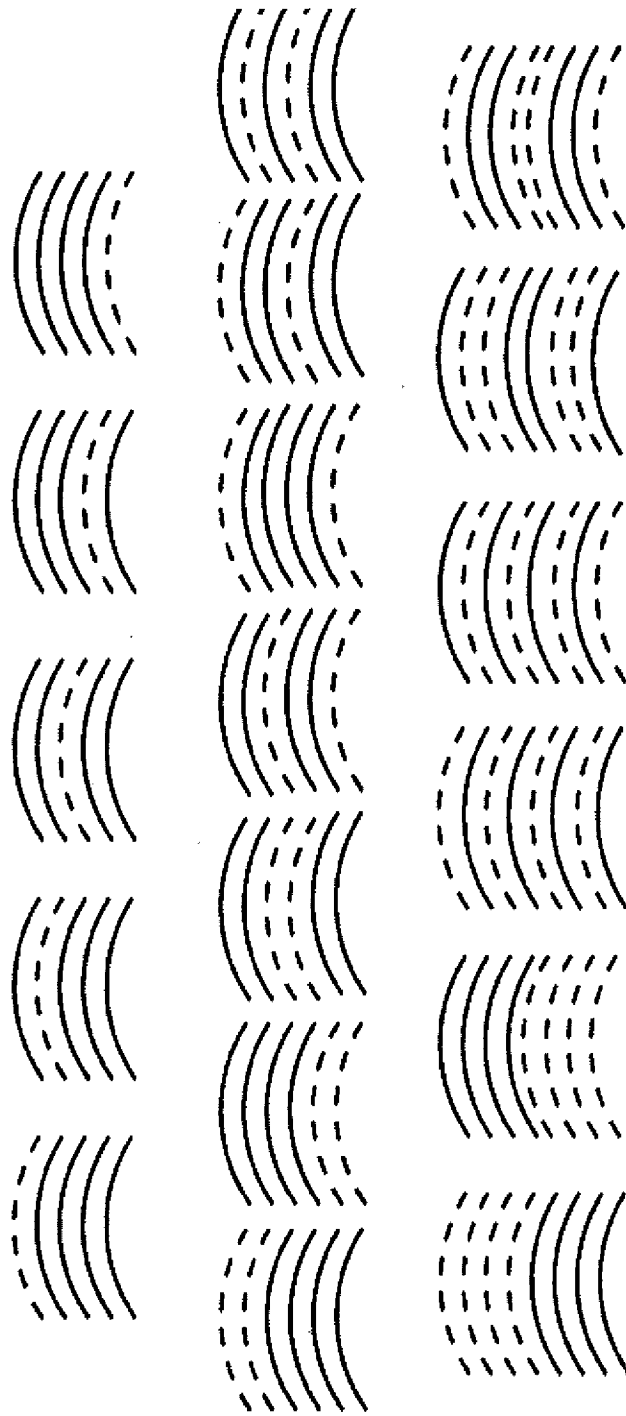


图 6

700

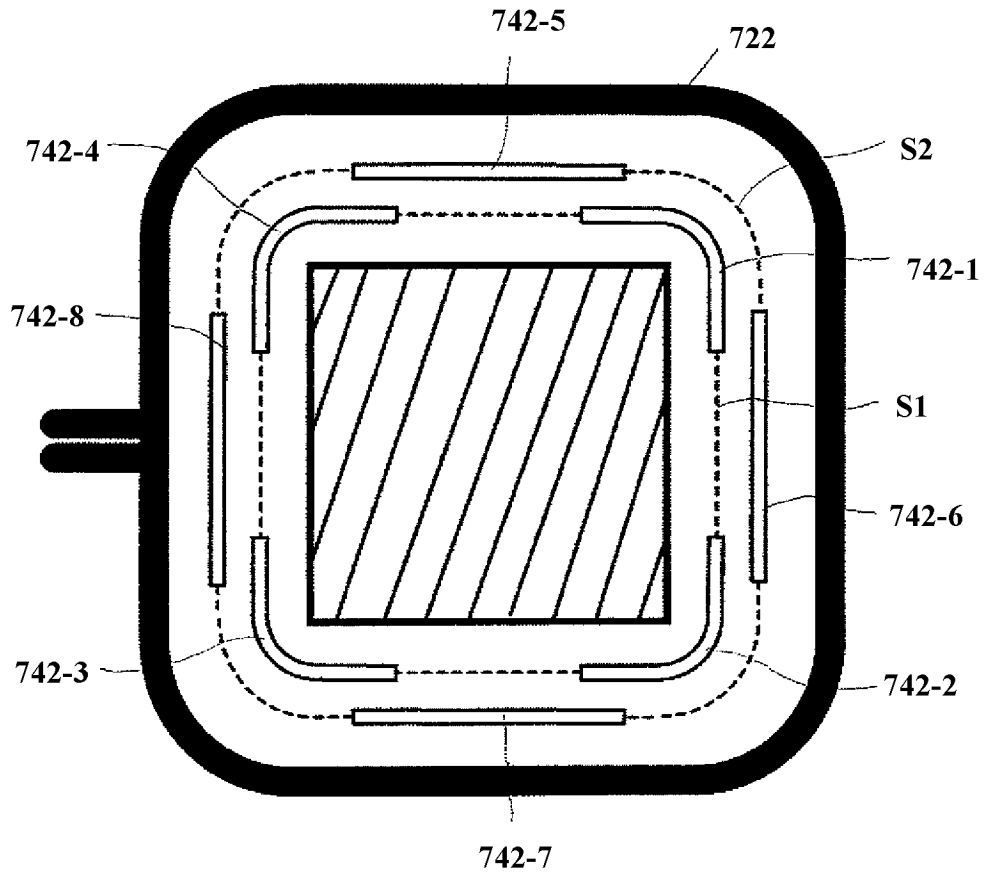


图 7