



(12) 发明专利申请

(10) 申请公布号 CN 118302116 A

(43) 申请公布日 2024.07.05

(21) 申请号 202280076910.0

(74) 专利代理机构 北京银龙知识产权代理有限

(22) 申请日 2022.11.21

公司 11243

(30) 优先权数据

2021-191463 2021.11.25 JP

专利代理人 曾贤伟 李平

(85) PCT国际申请进入国家阶段日

(51) Int.CI.

2024.05.20

A61B 8/12 (2006.01)

(86) PCT国际申请的申请数据

A61B 17/3205 (2006.01)

PCT/JP2022/043006 2022.11.21

F16C 1/02 (2006.01)

(87) PCT国际申请的公布数据

W02023/095743 JA 2023.06.01

(71) 申请人 朝日英达科株式会社

权利要求书1页 说明书7页 附图2页

地址 日本

(72) 发明人 桥本贵弥

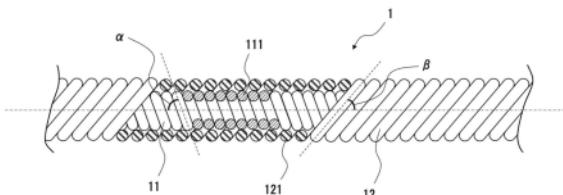
旋转阻力引起的扭折的发生。

(54) 发明名称

双层线圈结构体

(57) 摘要

本发明的扭矩线圈、即双层线圈结构体(10)具备:内侧线圈(11),其通过将金属线材(111)卷绕成螺旋状而形成;以及外侧线圈(12),其紧贴配置于内侧线圈(11)的外周,通过将金属线材(121)卷绕成螺旋状而形成。在扭矩线圈(10)中,内侧线圈(11)的卷绕方向与外侧线圈(12)的卷绕方向为相反方向,在将扭矩线圈(10)向其周向且内侧线圈(11)的直径扩大的方向扭转的情况下,外侧线圈(12)的直径的变化量大于内侧线圈(11)的直径的变化量。在各个内侧线圈(11)以及外侧线圈(12)中,以长度1596mm为1个单位,相对于该1个单位的长度,将内侧线圈(11)向其周向且内侧线圈(11)的直径扩大的方向扭转360°时的内侧线圈(11)的直径的变化量d₁和将外侧线圈(12)向其周向且外侧线圈(12)的直径缩小的方向扭转360°时的外侧线圈(12)的直径的变化量d₂满足-4.5< d₁/d₂ <-1.6的关系。如果是这样的双层线圈结构体,则扭转刚性高,能够抑制由



1. 一种双层线圈结构体,其具备:

内侧线圈,其通过将金属线材卷绕成螺旋状而形成;以及

外侧线圈,其紧贴配置于所述内侧线圈的外周,且通过将金属线材卷绕成螺旋状而形成,

该双层线圈结构体的特征在于,

所述内侧线圈的卷绕方向与所述外侧线圈的卷绕方向为相反方向,

在将所述双层线圈结构体向其周向且所述内侧线圈的直径扩大的方向扭转的情况下,所述内侧线圈的直径的变化量小于所述外侧线圈的直径的变化量,

在各个所述内侧线圈以及所述外侧线圈中,以长度1596mm为1个单位,相对于所述1个单位的长度,将所述内侧线圈向其周向且所述内侧线圈的直径扩大的方向扭转360°时的所述内侧线圈的直径的变化量 d_1 和将所述外侧线圈向其周向且所述外侧线圈的直径缩小的方向扭转360°时的所述外侧线圈的直径的变化量 d_2 满足 $-4.5 < d_1/d_2 < -1.6$ 的关系。

2. 根据权利要求1所述的双层线圈结构体,其特征在于,

所述内侧线圈通过将2根以上且18根以下的金属线材卷绕成螺旋状而形成。

双层线圈结构体

技术领域

[0001] 本发明涉及一种双层线圈结构体。

背景技术

[0002] 以往,已知一种多层线圈结构体,其配设在医疗用导管等的内部,用于将手持操作部的旋转运动传递到前端部,被称为扭矩线圈或驱动轴。例如,在专利文献1中公开了一种驱动轴10,其可旋转地内置于超声波导管1的导管护套2的内部,并由包括不锈钢等金属线的多层密绕线圈等构成。另外,在专利文献2中公开了一种中空的驱动轴16,其配置在声型图像形成(超声波图像形成)导管10的导管护套18内,具备卷绕苯胺而形成的内侧线圈40以及外侧线圈42。

[0003] 现有技术文献

[0004] 专利文献

[0005] 专利文献1:日本特开2003-062072号公报

[0006] 专利文献2:日本特表平09-504214号公报

发明内容

[0007] 发明所要解决的课题

[0008] 这样的双层线圈结构体由连结在手边侧的马达等驱动源旋转驱动,但在操作导管过程中,在导管内部双层线圈结构体堆叠等而对线圈部分的旋转阻力增加时,存在在该线圈部分容易发生扭折的问题。发生了扭折的双层线圈结构体可能无法很好地传递旋转,另外,由于扭折的发生,在双层线圈结构体的内部穿过的引线断线,导管自身可能无法发挥作用。

[0009] 本发明是鉴于这样的问题而完成的,其目的在于提供一种双层线圈结构体,其扭转刚性高,能够抑制由旋转阻力引起的扭折的发生。

[0010] 用于解决课题的方案

[0011] 为了实现上述目的,本发明提供一种双层线圈结构体,具备:内侧线圈,其通过将金属线材卷绕成螺旋状而形成;以及外侧线圈,其紧贴配置于所述内侧线圈的外周,且通过将金属线材卷绕成螺旋状而形成,所述内侧线圈的卷绕方向与所述外侧线圈的卷绕方向为相反方向,在将所述双层线圈结构体向其周向且所述内侧线圈的直径扩大的方向扭转的情况下,所述内侧线圈的直径的变化量小于所述外侧线圈的直径的变化量,在各个所述内侧线圈以及所述外侧线圈中,以长度1596mm为1个单位,相对于所述1个单位的长度,将所述内侧线圈向其周向且所述内侧线圈的直径扩大的方向扭转360°时的所述内侧线圈的直径的变化量d₁和将所述外侧线圈向其周向且所述外侧线圈的直径缩小的方向扭转360°时的所述外侧线圈的直径的变化量d₂满足-4.5< d₁/d₂ < -1.6的关系(发明1)。

[0012] 根据上述发明(发明1),由于内侧线圈的卷绕方向与外侧线圈的卷绕方向为相反方向,因此若将双层线圈结构体向其周向且内侧线圈的直径扩大的方向扭转,则内侧线圈

的直径扩大而外侧线圈的直径缩小,结果,外侧线圈与内侧线圈相互挤压。此时,若内侧线圈的直径的变化量比外侧线圈的直径的变化量小,则外侧线圈强力地紧固内侧线圈,外侧线圈与内侧线圈的层间牢固地紧贴,因此双层线圈结构体的扭转刚性提高,能够抑制由旋转阻力引起的扭折的发生。特别是,在各个内侧线圈以及外侧线圈中,以长度1596mm为1个单位,相对于该1个单位的长度,将内侧线圈向其周向且内侧线圈的直径扩大的方向扭转360°时的内侧线圈的直径的变化量d₁和将外侧线圈向其周向且外侧线圈的直径缩小的方向扭转360°时的外侧线圈的直径的变化量d₂满足-4.5< d₁/d₂ < -1.6的关系,则双层线圈结构体的最大扭矩力提高,能够实现具有更优异的扭转刚性的双层线圈结构体。

[0013] 在上述发明(发明1)中,优选所述内侧线圈通过将2根以上且18根以下的金属线材卷绕成螺旋状而形成(发明2)。

[0014] 发明效果

[0015] 根据本发明,能够提供一种双层线圈结构体,其扭转刚性高,能够抑制由旋转阻力引起的扭折的发生。

附图说明

[0016] 图1是表示本发明的一个实施方式的扭矩线圈的结构的说明图。

[0017] 图2是表示本实施方式的轴主体的结构的说明图。

[0018] 图3是表示实施例以及比较例的扭矩线圈中的内侧线圈和外侧线圈的径向的变化量的比例与扭矩线圈的最大扭矩力以及扭转刚性的关系的曲线图。

具体实施方式

[0019] 以下,基于附图对本发明的实施方式进行说明。图1是表示本实施方式的扭矩线圈10的整体结构的说明图,图2是表示扭矩线圈10中的轴主体1的结构的说明图。此外,本发明并不仅限于以下说明的实施方式,实施方式只不过是为了说明本发明的技术特征而记载的例示。另外,各附图所示的形状、尺寸只不过是为了容易理解本发明的内容而示出的,并不正确地反映实际的形状、尺寸。

[0020] 在本说明书中,“前端侧”是指沿着构成扭矩线圈10的轴主体1的轴向的方向,是扭矩线圈10朝向治疗部位行进的方向。“基端侧”是指沿着构成扭矩线圈10的轴主体1的轴向的方向,是与上述前端侧相反的方向。另外,“前端”表示任意部件或部位的前端侧的端部,“基端”表示任意部件或部位的基端侧的端部。进而,“前端部”是指在任意的部件或部位中包含其前端且从上述前端朝向基端侧延伸至上述部件等的中途的部位,“基端部”是指在任意的部件或部位中包含其基端且从该基端朝向前端侧延伸至上述部件等的中途的部位。此外,在图1以及图2中,图示左侧是在插通于超声波导管等的状态下向体内插入的“前端侧”,图示右侧是与马达等驱动源连接的“基端侧”。

[0021] 如图1所示,扭矩线圈10具备长条的轴主体1、安装于轴主体1的前端侧的壳体2、以及安装于轴主体1的基端侧的连接器3。如图2所示,本实施方式中的轴主体1成为中空的双层线圈结构,其具备:内侧线圈11,其通过将金属线材111卷绕成螺旋状而形成;以及外侧线圈12,其紧贴配置于内侧线圈11的外周,通过将金属线材121卷绕成螺旋状而形成。

[0022] 在扭矩线圈10的轴主体1的前端安装有壳体2。在扭矩线圈10用于超声波图像形成

导管的情况下,在壳体2内置有用于形成超声波图像的转换器(未图示),通过环氧树脂、粘接剂等公知的固定技术将壳体2安装于轴主体1的前端部。另外,根据扭矩线圈10的用途,也可以代替壳体2而接合材质与轴主体1不同的线圈部件,或者接合用于与医疗用夹子等操作对象物连接的连接部件,也可以利用钎料对轴主体1的前端部进行钎焊,并对该前端部实施切削加工而形成为所希望的形状。

[0023] 在扭矩线圈10的轴主体1的基端,通过环氧树脂、粘接剂等公知的固定技术安装有用于与用于旋转驱动扭矩线圈10的马达等驱动源4连接的连接器3。

[0024] 另外,本发明还提供一种利用连接器连接扭矩线圈和驱动源的医疗设备用轴以及具有该轴的医疗设备。上述轴特别适合于具备马达的医疗设备,例如,能够适合用作在前端具备超声波振子的血管内超声波(IVUS)法中使用的轴、为了从患者的体内管腔除去物质而使用的体内回收机构用轴。本发明的扭矩线圈在以1000rpm以上、更优选以1500rpm以上旋转的血管内超声波(IVUS)法中使用的轴中特别发挥其效果。

[0025] 在本实施方式中,内侧线圈11的外径设定在0.24~0.79mm的范围,特别优选在0.3~0.5mm的范围。内侧线圈11的内径设定在0.17~0.57mm的范围,特别优选在0.2~0.4mm的范围。另外,内侧线圈11的轴向的长度设定在1.0~3.0m的范围。形成内侧线圈11的金属线材111的材料没有特别限定,例如使用SUS304、SUS316等奥氏体系不锈钢等。

[0026] 内侧线圈11是将多根金属线材111卷绕成螺旋状而形成的,形成为在内侧线圈11的轴线方向上相邻的金属线材111之间不产生间隙。在本实施方式中,内侧线圈11是将2根以上18根以下的金属线材卷绕成螺旋状而形成的,金属线材111的直径分别设定在0.03~0.11mm的范围。金属线材111的直径特别优选分别处于0.04~0.08mm的范围。若将内侧线圈11设为单条线圈,则扭矩线圈10的旋转性能有可能降低。

[0027] 在本实施方式中,外侧线圈12的外径设定在0.3~1.0mm的范围,特别优选在0.4~0.6mm的范围。外侧线圈12的内径设定在0.24~0.79mm的范围,特别优选在0.3~0.5mm的范围。外侧线圈12紧贴配置于内侧线圈11的外周,因此外侧线圈12的内径设定为与内侧线圈11的外径大致相等。另外,外侧线圈12的轴向的长度与内侧线圈11相同,例如设定为1.0~3.0m的范围。形成外侧线圈12的金属线材121的材料没有特别限定,例如使用SUS304、SUS316等奥氏体系不锈钢等。形成内侧线圈11的金属线材111和形成外侧线圈12的金属线材121优选由相同的材料形成。

[0028] 外侧线圈12是将多根金属线材121卷绕成螺旋状而形成的,形成为在外侧线圈12的轴线方向上相邻的金属线材121之间不产生间隙。在本实施方式中,外侧线圈12是将2根以上18根以下的金属线材卷绕成螺旋状而形成的,金属线材121的直径分别设定在0.03~0.50mm的范围。金属线材121的直径特别优选分别处于0.03~0.08mm的范围。

[0029] 在本实施方式中,形成内侧线圈11的金属线材111以及形成外侧线圈12的金属线材121均是截面为大致圆形的圆线,但并不特别限定于此,既可以是其截面为椭圆形的圆线,也可以是其截面为大致矩形的扁平线。

[0030] 在轴主体1中,如图2所示,外侧线圈12以内侧线圈11的卷绕方向与外侧线圈12的卷绕方向成为相反方向的方式配置在内侧线圈11的外周上。由此,当轴主体1向其周向且内侧线圈11的直径扩大的方向扭转时,内侧线圈11的直径扩大,外侧线圈12的直径缩小。

[0031] 其中,扭矩线圈10构成为,在将轴主体1向其周向且内侧线圈11的直径扩大的方向

扭转的情况下,外侧线圈12的直径的变化量大于内侧线圈11的直径的变化量。具体而言,如图2所示,内侧线圈11的纵截面方向上的卷绕角度 α 与外侧线圈12的纵截面方向上的卷绕角度 β 互不相同,内侧线圈11的纵截面方向上的卷绕角度 α 设定为大于外侧线圈12的纵截面方向上的卷绕角度 β 。这样,通过使内侧线圈11的卷绕角度 α 大于外侧线圈12的卷绕角度 β (即,内侧线圈11的扭转角大于外侧线圈12的扭转角),如上所述,在将轴主体1向其周向且内侧线圈11的直径扩大的方向扭转的情况下,外侧线圈12的直径的变化量大于内侧线圈11的直径的变化量。

[0032] 内侧线圈11的纵截面方向上的卷绕角度 α 与外侧线圈12的纵截面方向上的卷绕角度 β 的关系由分别形成内侧线圈11和外侧线圈12的金属线材111、121的线材直径、条数的设定的组合决定。例如,若形成线圈的线材的直径固定,则线圈的条数越增加则线圈的纵截面方向上的卷绕角度越小,线圈的条数越减少则线圈的纵截面方向上的卷绕角度越大。另外,若线圈的条数固定,则形成线圈的线材的直径越大,则线圈的纵截面方向上的卷绕角度越小,形成线圈的线材的直径越小,则线圈的纵截面方向上的卷绕角度越大。

[0033] 根据以上说明的扭矩线圈10,内侧线圈11的卷绕方向与外侧线圈12的卷绕方向为相反方向,因此若将扭矩线圈10向其周向且内侧线圈11的直径扩大的方向扭转,则内侧线圈11的直径扩大而外侧线圈12的直径缩小,结果,外侧线圈12与内侧线圈11相互挤压。此时,若外侧线圈12的直径的变化量大于内侧线圈11的直径的变化量,则外侧线圈12强力地紧固内侧线圈11,外侧线圈12与内侧线圈11的层间牢固地紧贴,因此扭矩线圈1的扭转刚性提高,能够抑制由旋转阻力引起的扭折的发生。

[0034] 以上,基于附图对本发明的扭矩线圈(双层线圈结构体)进行了说明,但本发明并不限定于上述实施方式,能够实施各种变更。例如,构成扭矩线圈1的内侧线圈11以及外侧线圈12的形状、长度、直径等可以根据使用目的、使用位置等适当设计。另外,也可以在轴主体1的内部插通引线等,也可以在轴主体1设置内侧线圈11以及外侧线圈12以外的部件,例如加强体、X射线不透过性的标记等。

[0035] 实施例

[0036] 以下,通过实施例等更具体地说明本发明,但本发明的范围并不限定于这些实施例等。

[0037] 为了验证本发明的扭矩线圈具有优异的扭转刚性,制作多个试验用扭矩线圈,使用马达以及扭矩传感器测量最大扭矩力以及扭转刚性,上述试验用扭矩线圈具备:内侧线圈,其是通过将多个金属线材卷绕成螺旋状而形成的多条线圈;以及外侧线圈,其是紧贴地配置于该内侧线圈的外周,且将多个金属线材卷绕成螺旋状而形成的多条线圈。

[0038] 通过变更内侧线圈以及外侧线圈的线材直径、条数制作多个试验用扭矩线圈。以内径为0.32mm、长度为1606mm的方式制作全部试验用扭矩线圈。将制作的试验用扭矩线圈的内侧线圈以及外侧线圈的结构示于表1。

[0039] [表1]

[0040]

No.	内侧线圈				外侧线圈			
	线材直径 [mm]	条数	间距 [mm]	扭转角 [°]	线材直径 [mm]	条数	间距 [mm]	扭转角 [°]
实施例1	0.03	8	0.264	76.5	0.09	8	0.880	58.8
实施例2	0.04	8	0.358	72.4	0.08	8	0.762	63.0
实施例3	0.05	8	0.457	68.5	0.07	8	0.652	67.0
比较例1	0.06	8	0.565	64.7	0.06	8	0.549	70.7
比较例2	0.07	8	0.684	61.0	0.05	8	0.450	74.3
比较例3	0.08	8	0.819	57.4	0.04	8	0.356	77.7
实施例4	0.06	8	0.565	64.7	0.06	16	1.320	50.0
实施例5	0.06	8	0.565	64.7	0.06	14	1.082	55.4
实施例6	0.06	8	0.565	64.7	0.06	12	0.882	60.7
实施例7	0.06	8	0.565	64.7	0.06	10	0.707	65.8
比较例4	0.06	8	0.565	64.7	0.06	8	0.549	70.7
比较例5	0.06	10	0.748	57.9	0.06	8	0.549	70.7
比较例6	0.06	12	0.973	50.8	0.06	8	0.549	70.7
比较例7	0.06	14	1.275	43.1	0.06	8	0.549	70.7

[0041] 表1中的实施例1～3以及比较例1～3在将内侧线圈以及外侧线圈的条数固定为8条后,使内侧线圈以及外侧线圈的线材直径变化。另一方面,表1中的实施例4～7以及比较例4～7在将内侧线圈以及外侧线圈的线材直径固定为0.06mm的基础上,使内侧线圈以及外侧线圈的条数变化。此外,表1中的间距是指在卷绕有线材的朝向线圈轴向的一个周期的长度。

[0042] 接着,假定将制作的实施例以及比较例的试验用扭矩线圈的一端固定,将另一端扭转360°的情况,通过计算算出将长度1596mm的内侧线圈向其周向且该内侧线圈的直径扩大的方向扭转360°时的内侧线圈的直径的变化量 d_1 和将长度1596mm的外侧线圈向其周向且外侧线圈的直径缩小的方向扭转360°时的外侧线圈的直径的变化量 d_2 。将算出的结果示于表2。

[0043] 此外,尽管实际制作的试验用扭矩线圈的长度为1606mm,但以各线圈的长度为1596mm为前提进行理论上的内侧线圈的直径的变化量 d_1 以及外侧线圈的直径的变化量 d_2 的计算是因为,如后所述,在进行制作的实施例以及比较例的试验用扭矩线圈的最大扭矩力以及扭转刚性的测量时,将试验用扭矩线圈的两端安装于马达以及扭矩传感器,但由于将两端分别5mm夹在用于安装于马达以及扭矩传感器的连接器,因此成为进行最大扭矩力以及扭转刚性的测量的对象的试验用扭矩线圈的长度成为1596mm。

[0044] [表2]

No.	内侧线圈						外侧线圈						d_1/d_2
	PCD* π	间距数	扭转角度/P	扭转后的PCD* π	扭转后的PCD	径向变形量 d_1 [mm]	PCD* π	间距数	扭转角度/P	扭转后的PCD* π	扭转后的PCD	径向变形量 d_2 [mm]	
实施例1	1.0996	6,055	0.06	1.0997	0.3501	0.00006	1.4765	1,814	0.20	1.4774	0.4703	-0.00026	-4.48094
实施例2	1.1310	4,463	0.08	1.1312	0.3601	0.00008	1.5080	2,096	0.17	1.5087	0.4802	-0.00023	-2.83898
实施例3	1.1624	3,489	0.10	1.1627	0.3701	0.00011	1.5384	2,449	0.15	1.5400	0.4902	-0.00020	-1.88690
比较例1	1.1938	2,823	0.13	1.1942	0.3801	0.00013	1.5708	2,909	0.12	1.5713	0.5002	-0.00017	-1.27689
比较例2	1.2252	2,332	0.15	1.2257	0.3902	0.00017	1.6022	3,543	0.10	1.6027	0.5101	-0.00014	-0.85609
比较例3	1.2566	1,949	0.18	1.2573	0.4002	0.00021	1.6336	4,480	0.08	1.6340	0.5201	-0.00012	-0.56561
实施例4	1.1938	2,823	0.13	1.1942	0.3801	0.00013	1.5708	1,209	0.30	1.5721	0.5004	-0.00041	-3.0/214
实施例5	1.1938	2,823	0.13	1.1942	0.3801	0.00013	1.5708	1,475	0.24	1.5719	0.5003	-0.00034	-2.51795
实施例6	1.1938	2,823	0.13	1.1942	0.3801	0.00013	1.5708	1,810	0.20	1.5717	0.5003	-0.00028	-2.05198
实施例7	1.1938	2,823	0.13	1.1942	0.3801	0.00013	1.5708	2,259	0.16	1.5715	0.5002	-0.00022	-1.54446
比较例4	1.1938	2,823	0.13	1.1942	0.3801	0.00013	1.5708	2,909	0.12	1.5713	0.5002	-0.00017	-1.27689
比较例5	1.1938	2,133	0.17	1.1944	0.3802	0.00018	1.5708	2,909	0.12	1.5713	0.5002	-0.00017	-0.96452
比较例6	1.1938	1,640	0.22	1.1945	0.3802	0.00023	1.5708	2,909	0.12	1.5713	0.5002	-0.00017	-0.74160
比较例7	1.1938	1,252	0.29	1.1948	0.3803	0.00030	1.5708	2,909	0.12	1.5713	0.5002	-0.00017	-0.56625

[0046] 表2所示的各实施例以及比较例的理论上的内侧线圈的直径的变化量 d_1 以及外侧线圈的直径的变化量 d_2 与内侧线圈的直径的变化量 d_1 以及外侧线圈的直径的变化量 d_2 的比例(d_1/d_2)如下算出。

[0047] (1) 求出内侧线圈、外侧线圈各自的PCD。其中,PCD是指在观察线圈的横截面时,以线圈的中心为中心的假想圆且通过形成线圈的各线材的径向的中心的假想圆的直径,是根据“线圈内径+线材的径向长度”计算出的值。

[0048] (2) 对于内侧线圈、外侧线圈,分别通过“ $PCD \times \pi$ ”求出以PCD为直径的圆的圆周。

[0049] (3) 对于内侧线圈、外侧线圈,分别通过“扭转角度(本实施例中为360°)/间距数”求出扭转度。此外,间距数由“线圈的长度/1间距的长度”求出。实测10个间距,将其平均而算出1间距的长度。

[0050] (4) 对于内侧线圈,通过“ $PCD\pi + (\{\text{扭转度}/360^\circ\} \times PCD\pi)$ ”求出以向扩径方向扭转后的PCD为直径的圆的圆周,将此圆周除以 π ,由此算出向扩径方向扭转后的PCD。

[0051] (5) 对于外侧线圈,通过“ $PCD\pi - (\{\text{扭转度}/360^\circ\} \times PCD\pi)$ ”求出以在缩径方向上扭转后的PCD为直径的圆的圆周,将此圆周除以 π ,由此算出在缩径方向上扭转后的PCD。

[0052] (6) 从“将内侧线圈向扩径方向扭转后的PCD”减去“内侧线圈扭转前的PCD”求出“内侧线圈的直径的变化量 d_1 ”,另一方面,从“外侧线圈向缩径方向扭转后的PCD”减去“外侧线圈扭转前的PCD”求出“外侧线圈的直径的变化量 d_2 ”。

[0053] (7) 使用它们求出内侧线圈的直径的变化量 d_1 和外侧线圈的直径的变化量 d_2 的比例(d_1/d_2)。

[0054] 此外,在本实施例中,将扭转角度设为360°来实施,但在内侧线圈以及外侧线圈的长度比1596mm短的情况下,上述 d_1/d_2 能够将扭转角度作为“ $360^\circ \times \{(\text{内侧线圈以及外侧线圈的长度}[mm]) / 1596 [mm]\}$ ”来求出。

[0055] 接着,将制作的各实施例以及比较例的试验用扭矩线圈安装于具备马达以及扭矩传感器的导丝传递特性测定器PT-1950GHS(普罗泰克公司制造),通过马达使其向正方向旋转而施加扭转,进行各实施例以及比较例的试验用扭矩线圈的最大扭矩力以及扭转刚性的测量。对各实施例以及比较例进行多次测量,计算其平均值作为测量结果。将测量的结果示于表3。

[0056] [表3]

No.	d_1/d_2	最大扭矩力 [mN · m]	扭转刚性 [mN · m/deg]
[0057]	实施例1	2.995	0.001198
	实施例2	4.168	0.001502
	实施例3	2.409	0.001416
	比较例1	0.944	0.000772
	比较例2	0.872	0.000633
	比较例3	0.907	0.000665
	实施例4	12.874	0.001813
	实施例5	7.941	0.001584
	实施例6	5.029	0.001919
	实施例7	2.269	0.001500
	比较例4	0.944	0.000772
	比较例5	0.970	0.000794
	比较例6	0.630	0.000650
	比较例7	0.494	0.000386

[0058] 图3是基于表3所示的测量结果,将实施例1~7以及比较例1~7的扭矩线圈中的内侧线圈和外侧线圈的径向的变化量的比例与扭矩线圈的最大扭矩力以及扭转刚性的关系图表化的图。图3(a)是关于实施例1~3以及比较例1~3的图表,图3(b)是关于实施例4~7以及比较例4~7的图表。

[0059] 由图3可知,实施例1~7的扭矩线圈与比较例1~7的扭矩线圈相比,具有优异的扭转刚性。特别是,在将长度1596mm的内侧线圈向其周向且该内侧线圈的直径扩大的方向扭转360°时的该内侧线圈的直径的变化量 d_1 和将长度1596mm的外侧线圈向其周向且该外侧线圈的直径缩小的方向扭转360°时的该外侧线圈的直径的变化量 d_2 满足 $-4.5 < d_1/d_2 < -1.6$ 的关系的情况下,成为扭矩线圈(双层线圈结构体)的最大扭矩力提高且具有更优异的扭转刚性的扭矩线圈。

[0060] 可以理解的是,特别是如实施例4~7的扭矩线圈那样,内侧线圈以及外侧线圈的线材直径相同,外侧线圈的条数比内侧线圈的条数多的扭矩线圈呈现极其优异的扭转刚性,最大扭矩力也飞跃性地提高。

[0061] 符号说明

[0062] 10—扭矩线圈(双层线圈结构体),1—轴主体,11—内侧线圈,12—外侧线圈,2—壳体,3—连接器,4—马达。

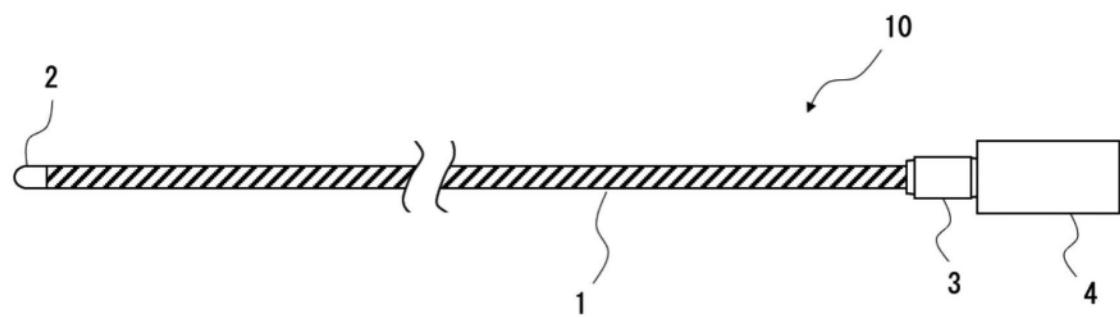


图1

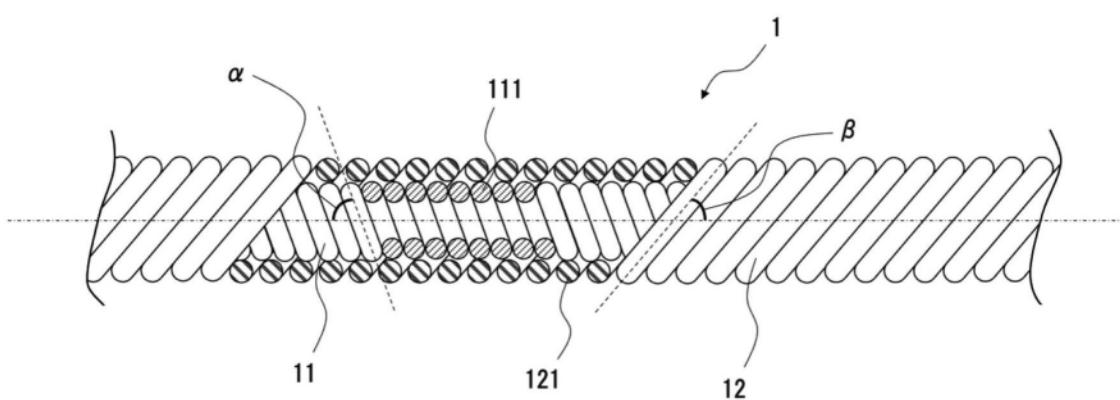
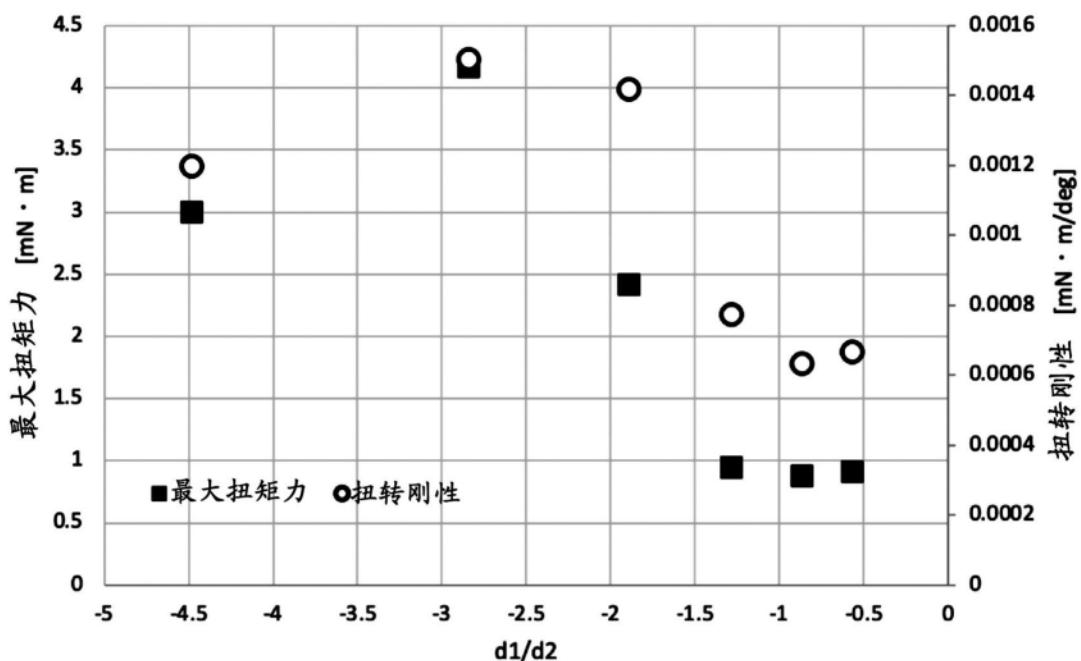
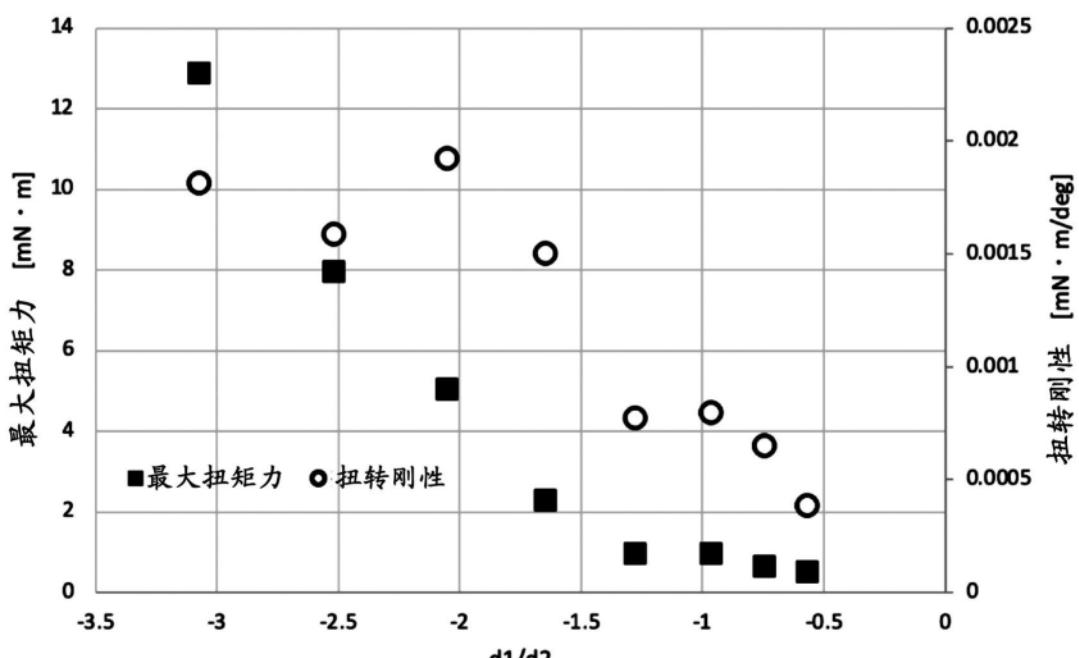


图2



(a)



(b)

图3