



(12) 发明专利申请

(10) 申请公布号 CN 118633130 A

(43) 申请公布日 2024. 09. 10

(21) 申请号 202280090260.5

(22) 申请日 2022.10.17

(30) 优先权数据

2022-014109 2022.02.01 JP

(85) PCT国际申请进入国家阶段日

2024.07.26

(86) PCT国际申请的申请数据

PCT/JP2022/038626 2022.10.17

(87) PCT国际申请的公布数据

W02023/149021 JA 2023.08.10

(71) 申请人 住友电气工业株式会社

地址 日本大阪府

(72) 发明人 饭冢慎一 奥村宗一郎 金泽进一

坂元佑辅 中岛新之助 杉原直树

池田一秋 中林诚

(74) 专利代理机构 北京柏杉松知识产权代理事

务所(普通合伙) 11413

专利代理师 杨卫萍 袁波

(51) Int.Cl.

H01B 7/02 (2006.01)

H02K 3/30 (2006.01)

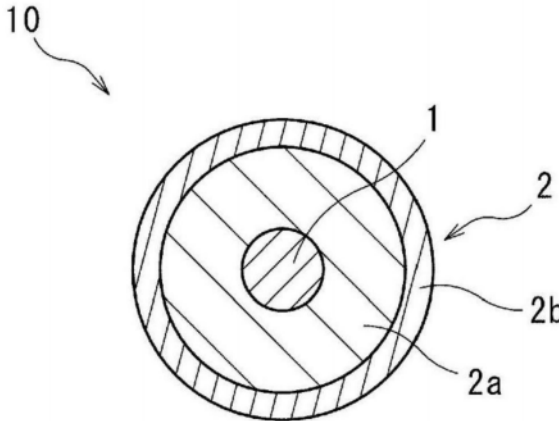
权利要求书1页 说明书7页 附图1页

(54) 发明名称

电磁线

(57) 摘要

本发明的一个方式的电磁线具有导体和被覆上述导体的多个绝缘层,上述绝缘层具有最内层和最外层,上述最内层的主成分为氟树脂,上述最外层的杨氏模量E1与上述最内层的杨氏模量E2的比E1/E2为1.1以上。



1. 一种电磁线,其具有导体和被覆所述导体的多个绝缘层,
所述绝缘层具有最内层和最外层,
所述最内层的主成分为氟树脂,
所述最外层的杨氏模量 E_1 与所述最内层的杨氏模量 E_2 的比 E_1/E_2 为1.1以上。
2. 根据权利要求1所述的电磁线,其中,所述最外层的相对介电常数 ϵ_1 与所述绝缘层整体的相对介电常数 ϵ 的比 ϵ_1/ϵ 为1.1以上且2.0以下。
3. 根据权利要求1或权利要求2所述的电磁线,其中,所述最外层的主成分为聚酰亚胺、聚酰胺酰亚胺、聚醚醚酮、聚苯硫醚或它们的组合。
4. 根据权利要求1至权利要求3中任一项所述的电磁线,其中,所述最内层和所述最外层中的至少一者含有二氧化硅。
5. 根据权利要求1至权利要求4中任一项所述的电磁线,其中,所述绝缘层在所述最外层与所述最内层之间还具有中间层。
6. 根据权利要求5所述的电磁线,其中,所述中间层含有二氧化硅。
7. 根据权利要求1至权利要求6中任一项所述的电磁线,其中,所述电磁线为扁线。

电磁线

技术领域

[0001] 本发明涉及电磁线。

[0002] 本申请要求基于在2022年2月1日提交的日本申请第2022-014109号的优先权,引用上述日本申请所记载的全部记载内容。

背景技术

[0003] 专利文献1中记载了一种绝缘电线,其特征在于,在导体上设置将熔融性氟树脂组合物交联处理后的被覆层,在其外侧设置耐热性绝缘涂料的烧结皮膜层,作为在线圈用绕组中使用的绝缘电线(电磁线)。

[0004] 现有技术文献

[0005] 专利文献

[0006] 专利文献1:日本实开昭63-168923号公报。

发明内容

[0007] 本发明的一个方式的电磁线具有导体和被覆上述导体的多个绝缘层,上述绝缘层具有最内层和最外层,上述最内层的主成分为氟树脂,上述最外层的杨氏模量E1与上述最内层的杨氏模量E2的比E1/E2为1.1以上。

附图说明

[0008] 图1是示出本发明的第一实施方式的电磁线的示意性截面图。

[0009] 图2是示出本发明的第二实施方式的电磁线的示意性截面图。

具体实施方式

[0010] [本发明要解决的问题]

[0011] 本发明要解决的问题是提供一种耐加工性优异的电磁线。

[0012] [本发明的效果]

[0013] 本发明的一个方式的电磁线的耐加工性优异。

[0014] [本发明的实施方式的说明]

[0015] 首先,列举本发明的实施方式进行说明。

[0016] 本发明的一个方式的电磁线具有导体和被覆上述导体的多个绝缘层,上述绝缘层具有最内层和最外层,上述最内层的主成分为氟树脂,上述最外层的杨氏模量E1与上述最内层的杨氏模量E2的比E1/E2为1.1以上。

[0017] 该电磁线由于上述最内层的主成分为氟树脂,上述比E1/E2为1.1以上,所以耐加工性优异。

[0018] 上述最外层的相对介电常数 ϵ_1 与上述绝缘层整体的相对介电常数 ϵ 的比 ϵ_1/ϵ 优选为1.1以上且2.0以下。在这种情况下,能够进一步提高该电磁线的耐加工性。

[0019] 上述最外层的主成分优选为聚酰亚胺、聚酰胺酰亚胺、聚醚醚酮、聚苯硫醚或它们的组合。在这种情况下,能够提高与浸渍清漆、模制树脂等线圈固定材料的黏合性。

[0020] 上述最内层和上述最外层中的至少一者可以含有二氧化硅。在这种情况下,能够提高杨氏模量。

[0021] 优选上述绝缘层在上述最外层与上述最内层之间还具有中间层。在这种情况下,能够缓和最外层与最内层的热膨胀系数差,能够提高通过涂覆清漆而形成最外层时的涂覆性等。

[0022] 上述中间层可以含有二氧化硅。在这种情况下,耐加工性和绝缘性的平衡优异。

[0023] 该电磁线优选为扁线。在这种情况下,能够以高密度缠绕该电磁线。

[0024] [本发明的实施方式的详细]

[0025] 以下,一边参考附图一边详细说明本发明的实施方式的电磁线。

[0026] <第一实施方式>

[0027] 图1的该电磁线10具有导体1和被覆上述导体1的多个绝缘层2。上述绝缘层2具有最内层2a和最外层2b。

[0028] 作为该电磁线10的截面形状,没有特别限制,可举出例如圆形(圆线)、椭圆形、正方形(方线)、长方形(扁线)。优选该电磁线10的截面形状为长方形,换言之,优选该电磁线10为扁线。在这种情况下,在进行线圈加工时,能够以高密度缠绕该电磁线10。此外,优选该电磁线10的截面形状与后述的导体1的截面形状为同种形状。

[0029] 该电磁线10能够优选用作线圈用绕组。

[0030] 以下,对该电磁线10所具有的结构进行说明。

[0031] [导体]

[0032] 作为导体1,能够使用线状的导体。作为线状的导体,可举出例如铜线、镀锡铜线、铝线、铝合金线、钢芯铝线、先镀铜后拉的钢丝、镀镍铜线、镀银铜线、铜包铝线等金属线。

[0033] 作为导体1的截面形状,可举出例如圆形(圆线)、椭圆形、正方形、长方形。在使该电磁线10为扁线的情况下,优选导体1的截面形状为长方形。

[0034] 作为导体1的平均截面积的下限,优选为 0.01mm^2 ,更优选为 0.1mm^2 。作为上述平均截面积的上限,优选为 15mm^2 ,更优选为 10mm^2 。

[0035] [绝缘层]

[0036] 绝缘层2由多个层构成。“多个绝缘层”是指存在杨氏模量不同的多个绝缘层。例如,在用后述的方法(多次反复进行清漆的涂覆和烧结的方法)形成该电磁线10的绝缘层2的情况下,将使用同种清漆形成的绝缘层视为相同的绝缘层。

[0037] 绝缘层2以被覆导体1的方式层叠在导体1的周面上。绝缘层2具有层叠在导体1的周面上的最内层2a和层叠在最内层2a的外侧的最外层2b。在多个绝缘层中,导体侧称为“内”侧,与“内”侧相对的一侧称为“外”侧。在多个绝缘层中,层叠在最内侧的层称为最内层,层叠在距导体最外侧的层称为最外层,存在于最内层与最外层之间的任意的层称为中间层。

[0038] 该电磁线10的上述最内层的主成分为氟树脂,上述最外层的杨氏模量E1与上述最内层的杨氏模量E2的比 $E1/E2$ 为1.1以上。该电磁线10通过具有上述结构,耐加工性优异。其理由未必明确,可推测为例如如下所述。在加工电磁线时,当发生绝缘层的膜损失(绝缘层

的切削、剥离)时,则有可能引起电击穿。认为绝缘层的膜损失能够通过降低绝缘层的摩擦阻力来抑制。着眼于绝缘层的最外层和最内层的杨氏模量,认为通过使最外层的杨氏模量比最内层的杨氏模量大一定以上,例如绝缘层在与加工夹具的接触部位受到力时,杨氏模量小的最内层优先弹性变形,由此抑制杨氏模量大的最外层与加工夹具的接触部位附近的皮膜变形所引起的接触面积增加或黏着,摩擦阻力降低。“杨氏模量”是从该电磁线中除去导体、根据JIS K7161-1:2014的方法测定的20℃时的杨氏模量。

[0039] 作为上述比E1/E2的下限,优选为1.8,更优选为3.0,进一步优选为3.5,更进一步优选为4.0,特别优选为5.0,最优选为5.5。通过上述比E1/E2为上述下限以上,能够进一步提高耐加工性。另外,只要没有特别说明,对于本说明书中的关于数值范围的上限和下限的记载,上限可以是“以下”也可以是“小于”,下限可以是“以上”也可以是“大于”。

[0040] 作为上述比E1/E2的上限,例如为100。

[0041] 作为绝缘层整体的相对介电常数 ϵ 的上限,优选为3.0,更优选为2.8,进一步优选为2.6。在这种情况下,能够进一步提高该电磁线的绝缘性。作为相对介电常数 ϵ 的下限,例如为1.0,优选为1.5,更优选为2.0。“相对介电常数”为根据JIS K2935-2:1999在60Hz和室温(25℃)的条件下测定的值。

[0042] 作为绝缘层2整体的平均厚度T,没有特别限制,能够为例如20 μm 以上且200 μm 以下。

[0043] (最内层)

[0044] 最内层2a是上述多个绝缘层中层叠在最内侧的层。换言之,最内层2a是层叠在上述多个绝缘层中最靠近导体1侧的层。最内层2a优选直接被覆导体1。

[0045] 作为最内层2a的杨氏模量E2,只要满足上述比E1/E2的范围则没有特别限制。作为杨氏模量E2的下限,优选为100MPa,更优选为200MPa,进一步优选为300MPa。作为杨氏模量E2的上限,优选为1500MPa,更优选为1400MPa,进一步优选为1300MPa。通过杨氏模量E2在上述范围,例如在绝缘层与线圈加工夹具的接触部位受到力时,最内层2a能够更优先地弹性变形,结果绝缘层的摩擦阻力降低,由此能够发挥更优异的耐加工性。

[0046] 最内层2a的主成分为氟树脂。该电磁线10通过最内层2a的主成分为氟树脂,能够发挥优异的绝缘性。“主成分”是指以质量换算计含量最多的成分。“氟树脂”是指与构成高分子链的重复单元的碳原子键合的至少一个氢原子被氟原子或具有氟原子的有机基团(以下也称为“含氟原子基团”)取代的树脂。含氟原子基团是直链状或支链状的有机基团中的至少一个氢原子被氟原子取代的基团,能够举出例如氟烷基、氟烷氧基、氟聚醚基。

[0047] 作为氟树脂,可举出例如聚四氟乙烯(PTFE)、四氟乙烯-全氟烷基乙烯基醚共聚物(PFA)、四氟乙烯-六氟丙烯共聚物(FEP)、聚三氟氯乙烯(PCTFE)、四氟乙烯-乙烯共聚物(ETFE)、三氟氯乙烯-乙烯共聚物(ECTFE)等。氟树脂可以单独一种,也可以组合两种以上。

[0048] 氟树脂通常被分类为结晶性树脂,但作为氟树脂,不仅可以使使用结晶性氟树脂,也可以使用非晶性氟树脂。

[0049] 作为氟树脂,优选为PTFE、PFA或FEP,更优选为PTFE。在这种情况下,能够进一步提高该电磁线10的绝缘性。此外,在为PTFE的情况下,吸水率低,能够提高耐湿热性。

[0050] 作为PTFE,可举出例如通过国际公开第2017/043372号中记载的方法得到的交联PTFE。在上述文献中,记载了通过对380℃时的熔融黏度为 $1 \times 10^5 \text{Pa} \cdot \text{s}$ 以上且 $7 \times 10^5 \text{Pa} \cdot \text{s}$

以下的PTFE照射电离辐射来制造数均分子量为60万以下的交联PTFE的方法。

[0051] 最内层2a也可以含有除上述主成分以外的其它成分。作为上述其它成分,可举出例如二氧化硅、氧化铝、氧化镁、氧化铍、碳化硅、碳化钛、碳化硼、碳化钨、氮化硼、氮化硅等填充剂。在最内层2a含有二氧化硅的情况下,能够提高杨氏模量E2。

[0052] 作为最内层2a的平均厚度T2的下限,优选为20 μm 。作为最内层2a的平均厚度T2的上限,优选为150 μm 。“平均厚度”是指任意10个点的厚度的平均值。

[0053] 最内层2a优选为低介电常数。在这种情况下,即使在高电压设备中使用,也能够优选地使用,而不必超过需要地增加皮膜厚度。此外,最内层2a的相对介电常数 ϵ_2 优选小于后述的最外层2b的相对介电常数 ϵ_1 。作为最内层2a的相对介电常数 ϵ_2 的上限,优选为2.8,更优选为2.6,进一步优选为2.4。在这种情况下,能够进一步提高该电磁线10的绝缘性。作为最内层2a的相对介电常数的下限,优选为1.8。

[0054] (最外层)

[0055] 最外层2b是上述多个绝缘层2中层叠在最外侧的层。换言之,最外层2b是层叠在上述多个绝缘层2中与导体1侧最相对的一侧的层。最外层2b是与最内层2a不同的层。

[0056] 作为最外层2b的杨氏模量E1,只要满足上述比E1/E2的范围则没有特别限制,能够根据与杨氏模量E2的关系适当确定。作为杨氏模量E1的下限,优选为550MPa,更优选为600MPa,进一步优选为1000MPa,有时也优选为2000MPa、2500MPa。作为杨氏模量E1的上限,优选为10000MPa,更优选为4500MPa。通过杨氏模量E1在上述范围,能够降低绝缘层与线圈加工夹具的摩擦阻力。

[0057] 作为最外层2b的主成分,只要是具有绝缘性的合成树脂且满足上述比E1/E2的范围,则没有特别限制,能够根据与最内层2a的关系适当确定。作为最外层2b的主成分,可举出上述的氟树脂、聚酰亚胺(PI)、聚酰胺酰亚胺(PAI)、聚醚醚酮(PEEK)、聚苯硫醚(PPS)等。此外,作为上述最外层2b的主成分,优选为聚酰亚胺、聚酰胺酰亚胺、聚醚醚酮、聚苯硫醚或它们的组合。通常,在使用电磁线制造线圈的情况下,将电磁线卷绕在磁芯后,在电磁线彼此的间隙和电磁线与磁芯的间隙中使用浸渍清漆使电磁线间、电磁线-磁芯间黏着。在最外层2b的主成分为上述成分的情况下,能够提高与浸渍清漆的黏合力。

[0058] 最外层2b也可以含有除上述主成分以外的其它成分。作为上述其它成分,可举出例如二氧化硅、氧化铝、氧化镁、氧化铍、碳化硅、碳化钛、碳化硼、碳化钨、氮化硼、氮化硅等填充剂。在最外层2b含有二氧化硅的情况下,能够提高杨氏模量E1。

[0059] 作为最外层2b的算术平均高度Sa的下限,优选为4 μm ,更优选为4.1 μm ,进一步优选为4.2 μm ,特别优选为4.3 μm 。作为最外层2b的算术平均高度Sa的上限,优选为6 μm ,更优选为5.8 μm ,进一步优选为5.7 μm ,特别优选为5.6 μm 。通过最外层2b的算术平均高度Sa在上述范围内,能够进一步提高该电磁线10的耐加工性。算术平均高度Sa表示各点相对于表面的平均面的高度的差的绝对值的平均,是通过根据JIS B0681-2:2018的方法测定的值。

[0060] 作为最外层2b的三次方平均高度Ssk,优选为0.2以上且0.4以下。三次方平均高度Ssk表示高度分布的对称性,是通过根据JIS B0681-2:2018的方法测定的值。

[0061] 作为最外层2b的界面扩展面积比Sdr,优选为0.27以上且0.30以下。界面扩展面积比Sdr表示定义区域的扩展面积(表面积)相对于定义区域的面积增大了多少,是通过根据JIS B0681-2:2018的方法测定的值。

[0062] 作为最外层2b的峰顶点的算术平均曲率 S_{pc} 的下限,优选为150,更优选为160,进一步优选为170。作为最外层2b的峰顶点的算术平均曲率 S_{pc} 的上限,优选为250,更优选为220,进一步优选为200。通过最外层2b的峰顶点的算术平均曲率 S_{pc} 在上述范围内,能够进一步提高该电磁线10的耐加工性。峰顶点的算术平均曲率 S_{pc} 表示表面的峰顶点的主曲率的平均,是通过根据ISO 25178-2:2012的方法测定的值。

[0063] 作为最外层2b的平均厚度 T_1 的下限,优选为 $1\mu m$ 。作为最外层2b的平均厚度 T_1 的上限,优选为 $10\mu m$ 。

[0064] 最外层2b的平均厚度 T_1 优选小于最内层2a的平均厚度 T_2 。在这种情况下,能够不损害最内层2a所具有的功能而发挥最外层2b所具有的功能。作为最外层2b的平均厚度 T_1 与最内层2a的平均厚度 T_2 的比 T_1/T_2 ,优选为0.1以下。

[0065] 作为最外层2b的平均厚度 T_1 与绝缘层2的平均厚度 T 的比 T_1/T ,优选为0.1以上且0.2以下。

[0066] 最外层2b优选为低介电常数。作为最外层2b的相对介电常数 ϵ_1 的上限,优选为4.5,更优选为4.2。在这种情况下,能够进一步提高该电磁线10的绝缘性。作为最外层2b的相对介电常数 ϵ_1 的下限,优选为2.0。

[0067] 作为最外层2b的相对介电常数 ϵ_1 与上述绝缘层2整体的相对介电常数 ϵ 的比 ϵ_1/ϵ ,优选为1.1以上且2.0以下。在这种情况下,能够进一步提高该电磁线10的耐加工性。作为上述比 ϵ_1/ϵ 的上限,更优选为1.8,进一步优选为1.6,更进一步优选为1.4。

[0068] <第二实施方式>

[0069] 图2的该电磁线20具有导体1和多个被覆上述导体1的绝缘层2。上述绝缘层2具有最内层2a、最外层2b以及中间层2c。另外,导体1、最内层2a以及最外层2b的结构与上述第一实施方式相同,因此标注相同的符号并省略说明。

[0070] (中间层)

[0071] 中间层2c是存在于最内层2a与最外层2b之间的层。该电磁线20通过具有中间层2c,能够缓和最内层2a与最外层2b的热膨胀系数差,因此能够在热循环等中抑制绝缘层2的破裂等。

[0072] 作为中间层2c的杨氏模量 E_3 ,没有特别限制,优选为 E_2 以上且 E_1 以下,更优选为大于 E_2 且小于 E_1 。在这种情况下,能够进一步提高耐加工性。

[0073] 作为中间层2c的主成分,没有特别限制,可以仅包含最内层2a和最外层2b中的任一者的主成分,也可以包含最内层2a和最外层2b两者的主成分。作为中间层2c的主成分,优选包含最内层2a和最外层2b两者的主成分。在这种情况下,能够作为提高最内层2a与最外层2b的密合性的底涂层发挥功能。特别是,由于最内层2a的主成分的氟树脂的拒水性高,所以通过涂覆清漆而形成最外层2b时的涂覆性提高,因此是有利的。

[0074] 中间层2c也可以含有除上述主成分以外的其它成分。作为上述其它成分,可举出例如二氧化硅、氧化铝、氧化镁、氧化铍、碳化硅、碳化钛、碳化硼、碳化钨、氮化硼、氮化硅等填充剂。在中间层2c含有二氧化硅的情况下,耐加工性和绝缘性的平衡优异。

[0075] 作为中间层2c的平均厚度 T_3 的下限,优选为 $5\mu m$ 。作为中间层2c的平均厚度 T_3 的上限,优选为 $20\mu m$,更优选为 $10\mu m$ 。

[0076] 优选中间层2c的平均厚度 T_3 为最外层2b的平均厚度 T_1 以上且小于最内层2a的平

均厚度T2。在这种情况下,能够兼顾耐加工性的提高和低介电常数化。

[0077] 中间层2c优选为低介电常数。此外,优选中间层2c的相对介电常数 ϵ_3 大于最内层2a的相对介电常数 ϵ_2 且小于最外层2b的相对介电常数 ϵ_1 。在这种情况下,能够实现绝缘层2整体的低介电常数化。作为中间层2c的相对介电常数 ϵ_3 的上限,优选为4.2。作为中间层的相对介电常数 ϵ_3 的下限,优选为2.1。

[0078] 在该电磁线20具有两层以上的中间层2c的情况下,两层以上的中间层2c优选为相对介电常数从最内层2a侧到最外层2b侧变大的结构。

[0079] [电磁线的制造方法]

[0080] 作为该电磁线20的制造方法,没有特别限制,可举出例如分别对最内层2a、中间层2c以及最外层2b反复进行清漆的涂覆和烧结的方法。

[0081] 实施例

[0082] 以下,通过实施例更详细地说明本发明,但本发明并不限定于这些实施例。

[0083] <电磁线的制作>

[0084] [导体]

[0085] 作为导体,使用下述导体:准备根据JIS C3102:1984的电气用软铜线的直径2.0mm的导体,清洗导体表面,在氮环境中退火。

[0086] [清漆的制备]

[0087] 制备用于形成下述表1所示的绝缘层的清漆。另外,材料的简称如下所示。

[0088] PTFE:聚四氟乙烯

[0089] PFA:四氟乙烯-全氟烷基乙烯基醚共聚物

[0090] PI:聚酰亚胺

[0091] PAI:聚酰胺酰亚胺

[0092] (PTFE1)

[0093] 在非晶性PTFE的粉体(科慕·三井氟产品株式会社的“AF2400X”)中添加增稠剂(信越化学工业株式会社的“METOLOSE”),使其分散于水中,由此制备“PTFE1”。

[0094] (PTFE2)

[0095] 在结晶性PTFE的粉体(大金工业株式会社的“Lubron L5”)中添加上述增稠剂,使其分散于水中,由此制备“PTFE2”。

[0096] (PFA二氧化硅1~4)

[0097] 在PFA的分散液(大金工业株式会社的“AD2-CRER”)中添加亲水性二氧化硅的微粒粉体(日本艾罗西尔股份有限公司(NIPPON AEROSIL CO.,LTD)的“AEROSIL300”)并搅拌,制备“PFA二氧化硅1~4”。另外,在PFA二氧化硅1~4中,分别调节二氧化硅相对于100质量份的PFA的质量份数,对于二氧化硅相对于100质量份的PFA的质量份数而言,PFA二氧化硅1中为10质量份,PFA二氧化硅2中为20质量份,PFA二氧化硅3中为30质量份,PFA二氧化硅4中为40质量份。

[0098] (PI)

[0099] 作为“PI”,使用聚酰亚胺清漆(株式会社I.S.T的“Pyre-ML”)。

[0100] (PTFE+PI)

[0101] 以聚酰亚胺树脂相对于100质量份的氟树脂为50质量份的方式将上述制备的

PTFE2和上述PI混合并搅拌,制备“PTFE+PI”。

[0102] (PTFE+黏结剂)

[0103] 作为“PTFE+黏结剂”,使用PTFE和黏结剂树脂的分散液(大金工业株式会社的“EK-1959S21R”)。

[0104] [绝缘层的形成]

[0105] 使用上述制备的清漆,以成为下述表1所示的层结构的方式进行清漆的涂覆和烧结,由此形成绝缘层,制作No.1~8的电磁线。

[0106] <评价>

[0107] 对于上述制作的电磁线,通过以下的方法评价绝缘性和耐加工性。结果示于下述表1。

[0108] [绝缘性]

[0109] 将两根上述制作的电磁线以1.5kg的负荷绞合而形成绞线,在绞线的两端施加交流电压,以10V/秒进行升压,测定50pC以上的放电持续3秒时的电压(局部放电起始电压(PDIV))。关于绝缘性,将PDIV为800V以上的情况评价为“良好”,将小于800V的情况评价为“不良”。

[0110] [耐加工性]

[0111] 将两根上述制作的电磁线以10kg的负荷绞合,除此以外,与上述[绝缘性]项目同样地测定PDIV。另外,该试验模拟了对电磁线施加大负荷的情况。关于耐加工性,将PDIV大于750V的情况判定为“良好”,将小于750V的情况判定为“不良”。

[0112] [表1]

[0113]

		No.1	No.2	No.3	No.4	No.5	No.6	No.7	No.8
最内层	材料	PTFE1	PTFE2	PFA二氟化硅4	PTFE2	PTFE2	PTFE2	PTFE2	PI
	杨氏模量E2[MPa]	500	500	680	500	500	500	500	2800
	相对介电常数 ϵ_2 (25°C)	1.9	2.1	2.6	2.1	2.1	2.1	2.1	3.0
	厚度T2[μm]	40	40	45	40	40	40	50	50
中间层	材料	—	PFA二氟化硅3	—	—	PTFE+PI	PTFE+黏结剂	—	—
	杨氏模量E3[MPa]	—	640	—	—	1600	1500	—	—
	相对介电常数 ϵ_3 (25°C)	—	2.6	—	—	2.4	2.5	—	—
	厚度T3[μm]	—	5	—	—	5	5	—	—
最外层	材料	PFA二氟化硅1	PFA二氟化硅2	PI	PFA二氟化硅3	PI	PAI	—	—
	杨氏模量E1[MPa]	550	590	2800	640	2800	2800	—	—
	相对介电常数 ϵ_1 (25°C)	2.2	2.4	3.0	2.5	3.0	4.2	—	—
	厚度T1[μm]	10	5	5	10	5	5	—	—
	相对介电常数 ϵ (25°C)	2.0	2.1	2.6	2.2	2.2	2.3	2.1	3.0
	杨氏模量比E1/E2	1.1	1.2	4.1	1.3	5.6	5.6	1.0	1.0
	介电常数比 ϵ_1/ϵ_2	1.1	1.1	1.2	1.1	1.4	1.8	1.0	1.0
	厚度比T1/(T1+T2+T3)	0.1	0.1	0.2	0.2	0.1	0.1	—	—
	绝缘性(PDIV[V])	950	910	820	900	890	860	910	770
	耐加工性(PDIV[V])	850	860	800	860	830	760	750	750

[0114] 由上述表1可知,No.1~6的电磁线的绝缘性优异。可知,尤其是No.1~5的电磁线的耐加工性更优异。

[0115] 附图标记说明

[0116] 1:导体

[0117] 2:绝缘层

[0118] 2a:最内层

[0119] 2b:最外层

[0120] 2c:中间层

[0121] 10、20:电磁线

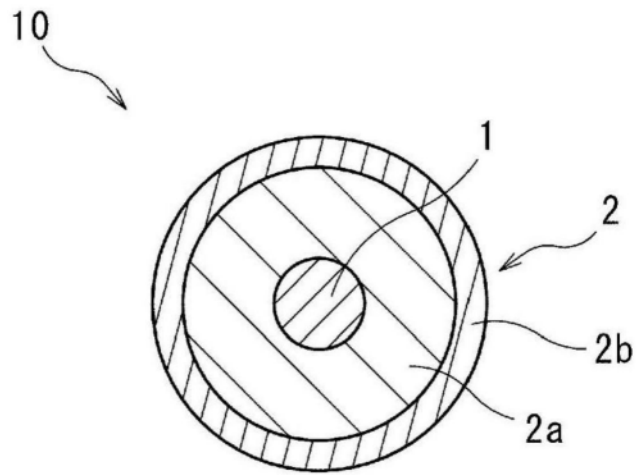


图1

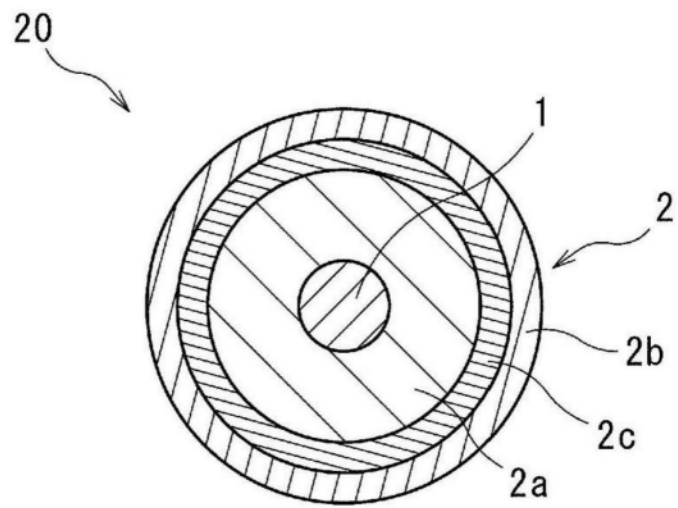


图2