



(12) 发明专利申请

(10) 申请公布号 CN 104170025 A

(43) 申请公布日 2014. 11. 26

(21) 申请号 201380015300. 0

申请人 古河电磁线株式会社

(22) 申请日 2013. 11. 20

(72) 发明人 福田秀雄 武藤大介 藤原大
富泽惠一 青井恒夫

(30) 优先权数据

2012-263749 2012. 11. 30 JP

(74) 专利代理机构 北京三友知识产权代理有限公司 11127

(85) PCT国际申请进入国家阶段日

2014. 09. 19

代理人 丁香兰 庞东成

(86) PCT国际申请的申请数据

PCT/JP2013/081300 2013. 11. 20

(51) Int. Cl.

H01B 7/02 (2006. 01)

H01B 13/00 (2006. 01)

(87) PCT国际申请的公布数据

W02014/084101 JA 2014. 06. 05

(71) 申请人 古河电气工业株式会社

地址 日本东京都

权利要求书1页 说明书20页

(54) 发明名称

抗变频器浪涌绝缘电线及其制造方法

(57) 摘要

本发明涉及一种抗变频器浪涌绝缘电线,其中,在具有矩形截面的导体的外周具有至少1层漆包烧结层、和在其外侧的至少1层挤出被覆树脂层,该漆包烧结层与该挤出被覆树脂层之间具有厚度为 $2\mu\text{m}\sim 20\mu\text{m}$ 的粘接层,该粘接层上的挤出被覆层均由相同树脂构成,抗变频器浪涌绝缘电线的截面中所述漆包烧结层与所述挤出被覆树脂层的截面形状为矩形,截面图中,包围所述导体的该漆包烧结层与该挤出被覆树脂层形成的所述矩形的截面形状中,相对于该导体以上下或者左右相向的2对的2个边中,至少1对的2个边均是该漆包烧结层与该挤出被覆树脂层的总厚度为 $80\mu\text{m}$ 以上,所述漆包烧结层的厚度为 $60\mu\text{m}$ 以下,所述挤出被覆树脂层的厚度为 $200\mu\text{m}$ 以下,挤出被覆树脂层的树脂的熔点为 300°C 以上且 370°C 以下;本发明还涉及一种抗变频器浪涌绝缘电线的制造方法,其中,在漆包烧结层的外周形成粘接层,将形成挤出被覆树脂层的热塑性树脂挤出至粘接层而使它们接触,所述热塑性树脂在高于粘接层使用的树脂的玻璃化转变温度的温度处于熔融状态。

1. 一种抗变频器浪涌绝缘电线,其中,在具有矩形截面的导体的外周具有至少 1 层漆包烧结层、和在其外侧的至少 1 层挤出被覆树脂层,该漆包烧结层与该挤出被覆树脂层之间具有厚度为 $2\mu\text{m} \sim 20\mu\text{m}$ 的粘接层,该粘接层上的挤出被覆层均由相同树脂构成,抗变频器浪涌绝缘电线的截面中所述漆包烧结层与所述挤出被覆树脂层的截面形状为矩形,截面图中,包围所述导体的该漆包烧结层与该挤出被覆树脂层形成的所述矩形的截面形状中,相对于该导体以上下或者左右相向的 2 对的 2 个边中,至少 1 对的 2 个边均是该漆包烧结层与该挤出被覆树脂层的总厚度为 $80\mu\text{m}$ 以上,所述漆包烧结层的厚度为 $60\mu\text{m}$ 以下,所述挤出被覆树脂层的厚度为 $200\mu\text{m}$ 以下,该挤出被覆树脂层的树脂的熔点为 300°C 以上且 370°C 以下。

2. 如权利要求 1 所述的抗变频器浪涌绝缘电线,其中,所述挤出被覆层为 1 层。

3. 如权利要求 1 或 2 所述的抗变频器浪涌绝缘电线,其中,所述抗变频器浪涌绝缘电线在 300°C 、168 小时热处理后的绝缘击穿电压与热处理前的绝缘击穿电压相比较为 90% 以上。

4. 如权利要求 1 ~ 3 任一项所述的抗变频器浪涌绝缘电线,其中,所述抗变频器浪涌绝缘电线的皮膜层间的粘接强度为 100g 以上且小于 400g。

5. 如权利要求 1 ~ 4 任一项所述的抗变频器浪涌绝缘电线,其中,所述挤出被覆树脂层为选自由聚醚醚酮、改性聚醚醚酮、热塑性聚酰亚胺和芳香族聚酰胺组成的组中的至少 1 种热塑性树脂的层。

6. 如权利要求 1 ~ 5 任一项所述的抗变频器浪涌绝缘电线,其中,所述粘接层为选自由聚醚酰亚胺、聚苯砜和聚醚砜组成的组中的至少 1 种热塑性树脂的层。

7. 如权利要求 1 ~ 6 任一项所述的抗变频器浪涌绝缘电线,其中,所述抗变频器浪涌绝缘电线的局部放电起始电压的峰值电压为 1200Vp 以上且 3200Vp 以下。

8. 一种抗变频器浪涌绝缘电线的制造方法,其用于制造权利要求 1 ~ 7 任一项所述的抗变频器浪涌绝缘电线,其中,在所述漆包烧结层的外周对经清漆化的树脂进行烧结而形成所述粘接层,然后,将形成挤出被覆树脂层的热塑性树脂挤出至该粘接层而使它们接触,使该挤出被覆树脂隔着该粘接层热粘于该漆包烧结层而形成该挤出被覆树脂层,所述热塑性树脂在高于该粘接层使用的树脂的玻璃化转变温度的温度处于熔融状态。

抗变频器浪涌绝缘电线及其制造方法

技术领域

[0001] 本发明涉及一种抗变频器浪涌绝缘电线及其制造方法。

背景技术

[0002] 变频器 (inverter) 作为有效的可变速控制装置被安装在许多电气设备上。变频器以数 kHz ~ 数十 kHz 进行转换, 对应这些脉冲会产生浪涌电压。变频器浪涌 (inverter surge) 为如下现象: 在其传输体系内的阻抗的不连续点、例如所连接的配线的始端或终端等发生反射, 结果为, 施加有最大为变频器输出电压的 2 倍的电压。尤其是利用 IGBT 等高速转换元件产生的输出脉冲的电压陡度高, 从而即使连接电缆变短, 浪涌电压也高, 进而由该连接电缆所引起的电压衰减也小, 其结果, 产生变频器输出电压近 2 倍的电压。

[0003] 在变频器相关设备、例如高速转换元件、变频器马达、变压器等的电气设备线圈中, 作为磁导线主要使用为漆包线的绝缘电线。而且, 如上所述, 在变频器相关设备中, 由于施加有该变频器输出电压近 2 倍的电压, 因此要求使作为构成这些电气设备线圈的材料之一的漆包线的变频器浪涌劣化为最小限度。

[0004] 然而, 局部放电劣化通常为电气绝缘材料复杂地产生下述劣化的现象: 由该局部放电而产生的带电粒子的碰撞所引起的分子链切断劣化、溅射劣化、局部温度上升所引起的热熔融或者热分解劣化、由放电所产生的臭氧所引起的化学劣化等。因此, 因实际的局部放电劣化的电气绝缘材料有时厚度会减少。

[0005] 据认为, 绝缘电线的变频器浪涌劣化也是按照与通常的局部放电劣化相同的机理而进行的。即, 漆包线的变频器浪涌劣化是因变频器中产生的峰值较高的浪涌电压在绝缘电线产生局部放电、因该局部放电引起绝缘电线的涂膜劣化的现象, 即高频局部放电劣化。

[0006] 最近的电气设备, 为了防止变频器浪涌劣化, 开始要求可耐受数百 V 的浪涌电压的绝缘电线。即, 绝缘电线局部放电起始电压必须为 500V 以上。此处, 所谓局部放电起始电压是指利用市售的被称为局部放电试验器的装置进行测定得到的值。测定温度、使用的交流电压的频率、测定感度等根据需要进行变更, 但上述的值为在 25°C、50Hz、10pC 进行测定而发生局部放电的电压。

[0007] 测定局部放电起始电压时使用下述方法: 假定用作磁导线的情况时的最严苛的状况, 并制作能够对密接的两根绝缘电线之间进行观测这样的试样形状。例如, 对于截面圆形的绝缘电线, 通过将两根绝缘电线拧成螺旋状而使线接触, 在两根绝缘电线之间施加电压。另外, 对于截面形状为方形的绝缘电线, 为下述方法: 使两根绝缘电线的作为长边的面彼此面接触、在两根绝缘电线之间施加电压。

[0008] 为了防止由上述局部放电所引起的绝缘电线的漆包层的劣化, 并且为获得不产生局部放电、即局部放电起始电压高的绝缘电线, 考虑有在漆包层使用相对介电常数低的树脂的方法、增加漆包层的厚度的方法。然而, 对于通常使用的树脂清漆的树脂而言, 大部分树脂的相对介电常数为 3 ~ 5 之间, 并没有相对介电常数特别低的树脂。另外, 在考虑漆包层所要求的其它特性 (耐热性、耐溶剂性、可挠性等) 的情况下, 实际情况是未必能够选择

相对介电常数低的树脂。因此,为获得较高的局部放电起始电压,增加漆包层的厚度不可缺少。在将这些相对介电常数 3 ~ 5 的树脂用于漆包层的情况,为了使局部放电起始电压为目标的 500V 以上,基于经验,需要使漆包层的厚度为 60 μm 以上。

[0009] 然而,为了增加漆包层的厚度,在制造工序中,增加通过烧结炉的次数,作为导体的铜表面的由氧化铜所构成的覆膜的厚度增长,由此会引起导体与漆包层的粘接力降低。例如,在获得厚度 60 μm 以上的漆包层的情况下,通过烧结炉的次数超过 12 次。可知,若通过烧结炉超过 12 次,则导体与漆包层的粘接力极端降低。

[0010] 另一方面,为了不增加通过烧结炉的次数,也有增加利用 1 次烧结所能够涂布的厚度的方法,但该方法存在清漆的溶剂未完全蒸发而以气泡的形式残留在漆包层中的缺点。

[0011] 如此,以往尝试过在漆包线的外侧设置被覆树脂而提高特性(局部放电起始电压以外的特性)。作为在漆包层设置挤出被覆层的现有技术,可以举出例如专利文献 1、2 等。对于这种设有被覆树脂的绝缘电线,也要求漆包层与被覆树脂的密接性。然而,专利文献 1 和 2 的技术中,从兼顾局部放电起始电压和导体与漆包层的密接性的观点出发,在漆包层或挤出被覆的厚度等方面未必能够满足。

[0012] 另一方面,作为根据局部放电起始电压和导体与漆包层的密接性的观点而组合的技术,可以举出专利文献 3。

[0013] 另外,与以往的电气设备相比,对于近年的电气设备要求更进一步提高各种性能,例如耐热性、机械特性、化学特性、电气特性、可靠性等。其中,对于用作宇宙用电气设备、飞机用电气设备、原子能用电气设备、能源用电气设备、汽车用电气设备用的磁导线的漆包线等绝缘电线,要求优异的耐磨耗性、耐热老化特性、耐溶剂性。例如,在近年的电气设备中,有时要求能够长时间维持优异的耐热老化特性。

[0014] 另一方面,近年来,马达或变压器代表的电气设备正在发展这些设备的小型化和高性能化,开始见到大量将绝缘电线塞入非常狭窄的部分来使用的使用方法。具体而言,即使说该马达等的旋转机的性能由能够在定子槽中装入几根电线来决定也不为过。其结果为,导体的截面积相对于定子槽截面积的比率(占空系数)变得非常高。

[0015] 例如,在定子槽的内部致密地充填有圆截面的电线的情况下,变成无效空间(デッドスペース)的空隙与绝缘皮膜的截面积成为问题。因此,使用者以圆截面的电线发生变形的程度将电线塞入定子槽,从而尽可能多地寻求占空系数的提高。然而,减少绝缘皮膜的截面积时,会牺牲其电性能(绝缘击穿等),因此无法说是期望的。

[0016] 基于以上理由,作为提高占空系数的手段,最新尝试有使用导体的截面形状类似于四边型(正方形或长方形)的扁平线。扁平线的使用对于提高占空系数显示出戏剧性的效果,但在扁平导体上难以均匀地涂布绝缘皮膜,尤其是截面积小的绝缘电线,难以控制其绝缘皮膜的厚度,因此不太普及。

[0017] 作为进行马达或变压器的线圈加工的情况所需的绝缘皮膜的特性,具有线圈加工前后的电绝缘性维持的特性(以下称为加工前后的电绝缘性维持特性)。因线圈加工工序而电线皮膜产生损伤时,电绝缘性能降低,结果会失去制品的可靠性。

[0018] 关于向电线皮膜赋予该加工前后的电绝缘性维持特性的方法,考虑有各种方法。例如,向皮膜赋予润滑性来降低摩擦系数而减少线圈加工时的外伤的方法;提高皮膜与导

电体间的密接性来防止该皮膜从导体剥离而保持电绝缘性能的方法等。

[0019] 作为前者的赋予润滑性能的方法,以往采用在电线表面涂布蜡等润滑剂的方法;在绝缘皮膜中添加润滑剂并在电线制造时使该润滑剂渗出至电线表面而赋予润滑性能的方法等,这种实施例多。然而,向皮膜赋予润滑性能的方法并非提高电线皮膜本身的强度,因此虽然看起来对于外伤因素有效,但实际上线圈加工时的效果有限。

[0020] 作为向皮膜赋予润滑性的其它的一直使用的手段、即减小上述绝缘皮膜表面的摩擦系数的方法,可以举出专利文献 4 等中记载的在绝缘电线表面涂布蜡、油、表面活性剂、固体润滑剂等的方法。另外,可以举出专利文献 5 等中记载的涂布由可在水中乳化的蜡与可在水中乳化且因加热而固化的树脂构成的减摩剂,并进行烧结而使用的方法。进一步可以举出专利文献 6 等中记载的在绝缘涂料本身添加聚乙烯微粉末而谋求润滑化的方法。以上的方法可认为是提高绝缘电线的表面润滑性,其结果,通过电线表面光滑而保护绝缘层不受外伤。

[0021] 然而,添加这些微粉末的方法中,微粉末的添加手法复杂,分散困难,因此大多采用将分散在溶剂的这些微粉末添加在绝缘涂料中的方法。

[0022] 这些自我润滑成分是通过该润滑成分而示出自润滑性能(摩擦系数)提高,但相对于加工前后的电绝缘性维持特性的降低,未见到往复磨耗等特性提高,无法维持电绝缘性。另外,聚乙烯或聚四氟乙烯等多种自我润滑成分因与绝缘涂料的比重的差而在绝缘涂料中分离,使用这些涂料的方法在实施上存在问题。

[0023] 现有技术文献

[0024] 专利文献

[0025] 专利文献 1:日本特公平 7-031944 号公报

[0026] 专利文献 2:日本特开昭 63-195913 号公报

[0027] 专利文献 3:日本特开 2005-203334 号公报

[0028] 专利文献 4:日本特开昭 61-269808 号公报

[0029] 专利文献 5:日本特开昭 62-200605 号公报

[0030] 专利文献 6:日本特开昭 63-29412 号公报

发明内容

[0031] 发明要解决的问题

[0032] 本发明的课题在于提供一种抗变频器浪涌绝缘电线及其制造方法,该抗变频器浪涌绝缘电线的导体与被覆其的树脂层的粘接强度、漆包层与挤出被覆树脂层等皮膜层间的粘接强度、耐磨耗性、耐溶剂性和加工前后的电绝缘性维持特性均优异,局部放电起始电压也高,进一步可持续长时间维持优异的耐热老化特性。

[0033] 用于解决问题的手段

[0034] 本发明人为了解决上述现有技术存在的课题进行了深入研究,结果发现,对于在漆包层的外侧设置有挤出被覆树脂层、且在该漆包层与挤出被覆层之间设置有粘接层的绝缘电线而言,构成挤出被覆树脂层的树脂的特性、粘接层的厚度、以及漆包层和挤出被覆树脂层各自的厚度和总厚度对于解决课题是重要的。本发明是基于该见解而完成的。

[0035] 即,上述课题是通过以下手段而解决的。

[0036] (1) 一种抗变频器浪涌绝缘电线,其中,在具有矩形截面的导体的外周具有至少 1 层漆包烧结层、和在其外侧的至少 1 层挤出被覆树脂层,该漆包烧结层与该挤出被覆树脂层之间具有厚度为 $2\mu\text{m} \sim 20\mu\text{m}$ 的粘接层,该粘接层上的挤出被覆层均由相同树脂构成,抗变频器浪涌绝缘电线的截面中上述漆包烧结层与上述挤出被覆树脂层的截面形状为矩形,截面图中包围上述导体的该漆包烧结层与该挤出被覆树脂层形成的上述矩形截面形状中,相对于该导体以上下或者左右相向的 2 对的 2 个边中,至少 1 对的 2 边均是该漆包烧结层与该挤出被覆树脂层的总厚度为 $80\mu\text{m}$ 以上,上述漆包烧结层的厚度为 $60\mu\text{m}$ 以下,上述挤出被覆树脂层的厚度为 $200\mu\text{m}$ 以下,该挤出被覆树脂层的树脂的熔点为 300°C 以上且 370°C 以下。

[0037] (2) 如 (1) 所述的抗变频器浪涌绝缘电线,其中,上述挤出被覆层为 1 层。

[0038] (3) 如 (1) 或 (2) 所述的抗变频器浪涌绝缘电线,其中,上述抗变频器浪涌绝缘电线在 300°C 、168 小时热处理后的绝缘击穿电压与热处理前的绝缘击穿电压相比较为 90% 以上。

[0039] (4) 如 (1) ~ (3) 中任一项所述的抗变频器浪涌绝缘电线,其中,上述抗变频器浪涌绝缘电线的皮膜层间的粘接强度为 100g 以上且小于 400g。

[0040] (5) 如 (1) ~ (4) 中任一项所述的抗变频器浪涌绝缘电线,其中,上述挤出被覆树脂层为选自由聚醚醚酮、改性聚醚醚酮、热塑性聚酰亚胺和芳香族聚酰胺组成的组中的至少 1 种热塑性树脂的层。

[0041] (6) 如 (1) ~ (5) 中任一项所述的抗变频器浪涌绝缘电线,其中,上述粘接层为选自由聚醚酰亚胺、聚苯砜和聚醚砜组成的组中的至少 1 种热塑性树脂的层。

[0042] (7) 如 (1) ~ (6) 中任一项所述的抗变频器浪涌绝缘电线,其中,上述抗变频器浪涌绝缘电线的局部放电起始电压的峰值电压为 1200Vp 以上且 3200Vp 以下。

[0043] (8) 一种抗变频器浪涌绝缘电线的制造方法,其用于制造 (1) ~ (7) 中任一项所述的抗变频器浪涌绝缘电线,其中,在上述漆包烧结层的外周对经清漆化的树脂进行烧结而形成上述粘接层,然后,将形成挤出被覆树脂层的热塑性树脂挤出至该粘接层而使它们接触,使该挤出被覆树脂隔着该粘接层热粘于该漆包烧结层而形成该挤出被覆树脂层,上述热塑性树脂在高于该粘接层使用的树脂的玻璃化转变温度的温度处于熔融状态。

[0044] 发明效果

[0045] 本发明的抗变频器浪涌绝缘电线的导体与被覆导体的树脂层的粘接强度、漆包层与挤出被覆树脂层等皮膜层间的粘接强度、耐磨耗性、耐溶剂性和加工前后的电绝缘性维持特性均优异,局部放电起始电压也高,进一步可持续长时间维持优异的耐热老化特性。

具体实施方式

[0046] 本发明为一种抗变频器浪涌绝缘电线,其中,在导体的外周具有至少 1 层漆包烧结层、和在其外侧的至少 1 层挤出被覆树脂层,且该漆包层与该挤出被覆树脂层之间具有粘接层;粘接层的厚度为 $2\mu\text{m} \sim 20\mu\text{m}$,漆包烧结层与挤出被覆树脂层的总厚度为 $80\mu\text{m}$ 以上,漆包烧结层的厚度为 $60\mu\text{m}$ 以下,挤出被覆树脂层的厚度为 $200\mu\text{m}$ 以下,且挤出被覆树脂层的树脂的熔点为 300°C 以上且 370°C 以下。通过形成这种构成,本发明的抗变频器浪涌绝缘电线的导体与被覆导体的树脂层的粘接强度、漆包层与挤出被覆树脂层等皮膜层间

的粘接强度、耐磨耗性、耐溶剂性和加工前后的电绝缘性维持特性均优异,局部放电起始电压也高,进一步可持续长时间维持优异的耐热老化特性。

[0047] 因此,本发明的抗变频器浪涌绝缘电线(以下简称为“绝缘电线”)适合作耐热绕线用,例如可用于变频器相关设备、高速转换元件、变频马达、变压器等电气设备线圈,或宇宙用电气设备、飞行器用电气设备、核能用电气设备、能源用电气设备、汽车用电气设备用的电磁线等。

[0048] 本发明中,导体具有矩形的截面,漆包烧结层与挤出被覆树脂层的总厚度是指,在该截面中设置在相对向的一组的2个边和另一组的2个边的挤出被覆树脂层及漆包层烧结层的总厚度中的至少一者。即,一种具有矩形截面的抗变频器浪涌绝缘电线,其中,在具有矩形截面的导体的外周,具有至少1层漆包烧结层、和在其外侧的至少1层挤出被覆树脂层,在该截面中设置在相对向的一组的2个边和另一组的2个边的挤出被覆树脂层和漆包层烧结层的总厚度中,至少一组的总厚度为 $80\mu\text{m}$ 以上,漆包烧结层的厚度为 $60\mu\text{m}$ 以下,挤出被覆树脂层的厚度为 $200\mu\text{m}$ 以下,且挤出被覆树脂层的树脂的熔点为 300°C 以上且 370°C 以下。

[0049] 若在发生放电的一组的2个边形成的挤出被覆树脂层和漆包层烧结层的总厚度为特定厚度,则形成在另一组的2个边的总厚度即便薄于特定厚度,也可维持局部放电起始电压,且也可提高导体的合计截面积相对于马达的槽内总截面积的比率(占空系数)。因此,对于设置在一组的2个边和另一组的2个边的挤出被覆树脂层和漆包层烧结层的总厚度而言,只要发生放电的一组的2个边、即至少一组为 $80\mu\text{m}$ 以上即可,优选的是,一组的2个边和另一组的2个边均为 $80\mu\text{m}$ 以上。

[0050] 对于该总厚度,2个边可相同也可不同,从相对于定子槽的占有率观点出发,优选如下不同。即,在马达等的定子槽内产生的局部放电具有下述两种情况:在槽与电线之间发生的情况、和在电线与电线之间发生的情况。因此,关于绝缘电线,通过使用设置在平直面的挤出被覆树脂层的厚度与设置在端面的挤出被覆树脂层的厚度不同的绝缘电线,可维持局部放电起始电压的值,并且提高导体的合计截面积相对于马达的槽内总截面积的比率(占空系数)。

[0051] 此处,所谓平直面是指扁平线的截面为矩形的对向的2个边中的长边对,所谓端面是指对向的2个边中的短边对。

[0052] 在槽内将端面与平直面的厚度不同的电线排成1列时,槽与电线之间发生放电的情况下,以厚膜面与槽接触的方式排列,并且相邻电线间以膜厚较薄的方式排列。膜厚薄,因此可插入更多根数,占空系数提高。另外,此时,可维持局部放电起始电压的值。同样地,电线与电线之间容易发生放电的情况下,若以膜厚较厚的面作为与电线接触的面、使面向槽的面为膜厚较薄的面,则不会过度增大槽的尺寸,因此占空系数得以提高。另外,此时,可维持局部放电起始电压的值。

[0053] 在挤出被覆树脂层的厚度在该截面的一对相对的2个边与另一对相对的2个边不同的情况下,将一对相对的2个边的厚度设为1时,另一对相对的2个边的厚度优选为 $1.01\sim 5$ 的范围,更优选为 $1.01\sim 3$ 的范围。

[0054] (导体)

[0055] 作为本发明的绝缘电线中的导体,可使用以往在绝缘电线中使用的导体,优选为

含氧量为 30ppm 以下的低氧铜,进一步优选为含氧量为 20ppm 以下的低氧铜或者无氧铜的导体。若含氧量为 30ppm 以下,则在为了熔接导体而利用热使其熔融的情况下,在熔接部分不会产生起因于含有氧的孔隙,可防止熔接部分的电阻恶化,并且保持熔接部分的强度。

[0056] 另外,导体可使用其横截面为所需形状的导体,从相对于定子槽的占有率方面考虑,优选具有圆形以外的形状,特别优选为扁平形状。进而,从抑制来自角部的局部放电方面考虑,期望为在 4 角设置有倒角(半径 r) 的形状。

[0057] (漆包烧结层)

[0058] 本发明的绝缘电线中的漆包烧结层(以下也简称为“漆包层”)由漆包树脂形成至少 1 层,可为 1 层也可为多层。

[0059] 需要说明的是,在本发明中,所谓 1 层,是将层积有构成层的树脂和所含有的添加物完全相同的层的情况视为同一层,而对于即使由相同树脂构成、但添加物的种类或混配量不同等构成层的组成物不同的情况进行计数,由此得到层的数量。

[0060] 这在漆包层以外的其它层中也是相同的。

[0061] 作为形成漆包层的漆包树脂,可使用以往所使用的树脂,可以举出例如:聚酰亚胺、聚酰胺酰亚胺、聚酯酰亚胺、聚醚酰亚胺、聚酰亚胺乙内酰脲改性聚酯、聚酰胺、甲缩醛、聚胺酯、聚酯、聚乙烯醇缩甲醛、环氧树脂、聚乙内酰脲。漆包树脂优选为耐热性优异的聚酰亚胺、聚酰胺酰亚胺、聚酯酰亚胺、聚醚酰亚胺、聚酰亚胺乙内酰脲改性聚酯等聚酰亚胺系树脂,其中优选为聚酰胺酰亚胺、聚酰亚胺,特别优选为聚酰胺酰亚胺。关于漆包树脂,可将这些树脂单独使用 1 种,另外,也可混合 2 种以上而使用。

[0062] 本发明中,在漆包树脂层以多层层积的情况下,优选在这些层间使用相同树脂,优选为各层均由 1 种树脂构成。本发明中,特别优选漆包层为 1 层的情况。

[0063] 关于漆包层的厚度,从即使进行厚壁化为可实现高局部放电起始电压的程度,也可减少形成漆包层时的通过烧结炉的次数而防止导体与漆包层的粘接力极端降低的方面考虑,为 $60\mu\text{m}$ 以下,优选为 $50\mu\text{m}$ 以下。另外,为了无损作为绝缘电线的漆包线所需的特性、即耐电压特性、耐热特性,优选漆包层具有一定程度的厚度。关于漆包层的厚度,只要为不产生针孔的程度的厚度则并无特别限制,优选为 $3\mu\text{m}$ 以上,更优选为 $6\mu\text{m}$ 以上,进一步更优选为 $30\mu\text{m}$ 以上。在该适宜的实施方式中,设置在二组的 2 个边和另一组的 2 个边的漆包层的厚度分别为 $60\mu\text{m}$ 以下。

[0064] 该漆包层可以通过将含有上述漆包树脂的树脂清漆优选为多次涂布在导体上并烧结而形成。涂布树脂清漆的方法可为常用方法,可以举出例如下述方法:使用形状与导体形状相似的清漆涂布用模具的方法;若导体截面形状为四边形则使用形成为井字状的被称为“通用模具”的模具的方法。这些涂布有树脂清漆的导体是利用常用方法在烧结炉中烧结得到的。具体的烧结条件受其使用的炉的形状等影响,若为大约 5m 的自然对流式竖型炉,则可基于在 $400^{\circ}\text{C}\sim 500^{\circ}\text{C}$ 、将通过时间设定为 10 秒~90 秒而达成。

[0065] (挤出被覆树脂层)

[0066] 为了获得局部放电起始电压高的绝缘电线,本发明的绝缘电线中的挤出被覆树脂层在漆包层的外侧至少设置 1 层,可为 1 层也可为多层。需要说明的是,在本发明中,具有多层挤出被覆树脂层的情况下,各层间使用相同树脂。即,层积有由与最接近漆包层侧的挤出被覆树脂层中所含的树脂相同的树脂形成的层。此处,只要树脂相同,则各层间除树脂以

外的添加物的有无、种类、混配量也可不同。本发明中,挤出被覆树脂层优选为 1 层或 2 层,特别优选为 1 层。

[0067] 挤出被覆树脂层为热塑性树脂的层,形成挤出被覆树脂层的热塑性树脂为能够挤出成型的热塑性树脂,并且从耐热老化特性以及加工前后的电绝缘性维持特性、漆包层与挤出被覆树脂层的粘接强度和耐溶剂性优异的方面考虑,使用熔点为 310℃ 以上且 370℃ 以下的热塑性树脂。熔点的下限优选为 330℃ 以上,熔点的上限优选为 360℃ 以下。热塑性树脂的熔点可利用差示扫描热量分析 (DSC) 通过后述方法进行测定。

[0068] 关于该热塑性树脂,从可进一步提高局部放电起始电压的方面考虑,相对介电常数优选为 4.5 以下、进一步优选为 4.0 以下。此处,所谓相对介电常数可利用市售的介电常数测定装置进行测定。测定温度、频率可根据需要进行变更,但在本发明中,只要无特别记载,则意味着在 25℃、50Hz 测定得到的值。

[0069] 作为形成挤出被覆树脂层的热塑性树脂,可以举出例如:聚醚醚酮 (PEEK)、改性聚醚醚酮 (改性 PEEK)、热塑性聚酰亚胺 (PI)、具有芳香环的聚酰胺 (称为芳香族聚酰胺)、具有芳香环的聚酯 (称为芳香族聚酯)、聚酮 (PK) 等。这些之中,优选为选自聚醚醚酮、改性聚醚醚酮、热塑性聚酰亚胺和芳香族聚酰胺组成的组中的至少 1 种热塑性树脂,特别优选为聚醚醚酮树脂、改性聚醚醚酮树脂。从这些热塑性树脂之中,使用熔点为 300℃ 以上、且相对介电常数优选为 4.5 以下的热塑性树脂。热塑性树脂可单独使用 1 种,也可使用 2 种以上。需要说明的是,只要为至少熔点不偏离上述范围的程度,则热塑性树脂也可混合有其它树脂或弹性体等。

[0070] 本发明中,优选为聚醚醚酮树脂、改性聚醚醚酮树脂,可将这些树脂单独使用也可混合使用,优选单独使用。

[0071] 挤出被覆树脂层的厚度为 200 μm 以下,在实现发明效果方面,优选为 180 μm 以下。若挤出被覆树脂层的厚度过厚,则具有如下情况:无论后述的挤出被覆树脂层的皮膜结晶度的比例如何,将绝缘电线卷绕在铁芯并进行加热时,绝缘电线表面会产生白色化的部位。如此,若挤出被覆树脂层过厚,则挤出被覆树脂层本身具有刚性,因此缺乏作为绝缘电线的可挠性,有时会影响加工前后的电绝缘性维持特性的变化。另一方面,从可防止绝缘不良的方面考虑,挤出被覆树脂层的厚度优选为 5 μm 以上,更优选为 15 μm 以上,进一步优选为 40 μm。在该优选的实施方式中,设置在一组的 2 个边和另一组的 2 个边的挤出被覆树脂层的厚度分别为 200 μm 以下。

[0072] 此处,在挤出被覆树脂层的结晶化的比例 (也称为皮膜结晶度) 为 50% 以上的情况,未观察到绝缘性能之一的加工前后的电绝缘性维持特性的降低,尤其是卷绕在铁芯并进行加热后也可维持绝缘击穿电压。因此,从绝缘性能、尤其是可维持进行卷绕并加热后的绝缘击穿电压的方面考虑,挤出被覆树脂层的皮膜结晶度优选为 50% 以上,更优选为 60% 以上,特别优选为 65% 以上。挤出被覆树脂层的皮膜结晶度可使用差示扫描热量分析 (DSC) [例如热分析装置“DSC-60” (岛津制作所制)] 进行测定。

[0073] 具体而言,采取 10mg 挤出被覆树脂层的皮膜,以 5℃/min 的速度进行升温。此时,算出起因于在超过 300℃ 的区域可见的溶解的热量 (溶解热量)、和起因于在 150℃ 周边可见的结晶化的热量 (结晶化热量),并将自溶解热量减去结晶化热量而得到的热量差值相对于溶解热量作为皮膜结晶度。以下示出其计算式。

[0074] 式：皮膜结晶度(%) = [(溶解热量 - 结晶化热量)/(溶解热量)] × 100

[0075] 挤出被覆树脂层可通过在导体上所形成的漆包层上对上述热塑性树脂进行挤出成型而形成。挤出成型时的条件、例如挤出温度条件可根据所使用的热塑性树脂而适当设定。若举出优选的挤出温度的一例，则具体而言，为了形成适于挤出被覆的熔融粘度，以高于熔点约 40℃ ~ 60℃ 的温度设定挤出温度。如此，若通过挤出成型而形成挤出被覆树脂层，则具有如下优点：在制造工序中形成被覆树脂层时无需通过烧结炉，因此不会使导体的氧化覆膜层的厚度增加，而可增加绝缘层、即挤出被覆树脂层的厚度。

[0076] 在通过挤出成型而形成挤出被覆树脂层的情况，若在将热塑性树脂在漆包层上挤出成型后，以间隔 10 秒以上的时间的方式进行冷却、例如进行水冷，或将热塑性树脂在漆包层上挤出成型后进行例如水冷直至约 250℃、接着暴露于外部气温 2 秒以上，则可使挤出被覆树脂层的皮膜结晶度为 50% 以上，可维持所需的绝缘击穿电压。

[0077] (粘接层)

[0078] 粘接层为热塑性树脂的层，热塑性树脂只要为可将挤出被覆树脂层热粘在漆包层的树脂则可使用任一树脂。作为这种树脂，由于有清漆化的必要性，因此优选易溶于溶剂的非结晶性树脂。进而，为了不使作为绝缘电线的耐热性降低，优选耐热性优异的树脂。若考虑这些情况，则作为优选的热塑性树脂，可以举出例如：聚砜 (PSU)、聚醚砜 (PES)、聚醚酰亚胺 (PEI)、聚苯砜 (PPSU) 等。这些之中，优选为玻璃化转变温度 (Tg) 超过 200℃、耐热性优异的非结晶性树脂，即选自自由聚醚酰亚胺、聚苯砜和聚醚砜组成的组中的至少 1 种热塑性树脂，进一步优选为与挤出被覆树脂相容性高的聚醚酰亚胺。

[0079] 粘接层的厚度为 2 μm ~ 20 μm、更优选为 3 μm ~ 15 μm、进一步优选为 3 μm ~ 12 μm、特别优选为 3 μm ~ 10 μm。

[0080] 另外，粘接层也可作为 2 层以上的层积结构，该情况时，各层的树脂优选为相互相同的树脂。在本发明中，粘接层优选为 1 层。

[0081] 在挤出被覆树脂层与漆包层之间的粘接力不充分的情况下，在严苛的加工条件、例如弯曲加工成小半径的情况下，有时在弯曲的圆弧内侧产生挤出被覆树脂层的皱褶。若产生如上所述的皱褶，则漆包层与挤出被覆树脂层之间产生空间，因此有时会导致局部放电起始电压降低的现象。为了防止该局部放电起始电压的降低，需要使弯曲的圆弧内侧不产生皱褶，而在漆包层与挤出被覆树脂层之间导入具有粘接功能的层而进一步提高粘接强度，由此可高度地防止如上所述的皱褶的产生。即，本发明的绝缘电线由于漆包层与挤出被覆树脂层的粘接强度高，因而发挥高局部放电起始电压，并且通过在漆包层与挤出被覆树脂层之间设置粘接层，可发挥更高的局部放电起始电压，能够有效地防止变频器浪涌劣化。另外，通过进一步提高漆包层与挤出被覆树脂层的粘接强度，可解决加工时的层间剥离等问题。

[0082] 粘接层可通过在形成于导体上的漆包层上对上述热塑性树脂进行烧结而形成。对于具有这种粘接层的本发明的另一优选实施方式的绝缘电线而言，适宜通过下述方式制造得到：在漆包层的外周对经清漆化的热塑性树脂进行烧结而形成粘接层，然后，在挤出被覆工序中，将形成挤出被覆树脂层的热塑性树脂挤出至粘接层上而使它们接触，由此使漆包层与挤出被覆树脂层热粘，上述热塑性树脂在高于粘接层使用的树脂的玻璃化转变温度的温度处于熔融状态。

[0083] 在该制造方法中,为了使粘接层与挤出被覆树脂层充分地热粘、即为了使漆包层与挤出被覆树脂层充分地热粘,挤出被覆工序中的形成挤出被覆树脂层的热塑性树脂的加热温度优选为形成粘接层的热塑性树脂的玻璃化转变温度(T_g)以上,进一步优选为比 T_g 高 30°C 以上的温度,特别优选为比 T_g 高 50°C 以上的温度。此处,形成挤出被覆树脂层的热塑性树脂的加热温度为模具部的温度。

[0084] 对于将形成粘接层的热塑性树脂清漆化的溶剂,只要为可溶解所选择的热塑性树脂的溶剂则可为任意溶剂。

[0085] 在该优选的实施方式中,漆包层与挤出被覆树脂层的总厚度为 $80\ \mu\text{m}$ 以上。若总厚度为 $50\ \mu\text{m}$ 以上,则绝缘电线的局部放电起始电压(V)的峰值电压(V_p)为 $1000V_p$ 以上,若总厚度为 $80\ \mu\text{m}$ 以上,则绝缘电线的局部放电起始电压(V)的峰值电压(V_p)为 $1200V_p$ 以上,从防止变频器浪涌劣化的观点考虑是优选的。从表现更高的局部放电起始电压、可高度防止变频器浪涌劣化的方面考虑,该总厚度特别优选为 $100\ \mu\text{m}$ 以上。在该优选的实施方式中,优选的是,至少一组的2个边的漆包层与挤出被覆树脂层的总厚度为 $80\ \mu\text{m}$ 以上,另一组的2个边的漆包层与挤出被覆树脂层的总厚度为 $50\ \mu\text{m}$ 以上,其中优选为设置在两组的2个边的漆包层与挤出被覆树脂层的总厚度均为 $80\ \mu\text{m}$ 以上的情况,更优选为至少一组的2个边的上述总厚度为 $100\ \mu\text{m}$ 以上的情况,特别优选为两组的2个边的上述总厚度均为 $100\ \mu\text{m}$ 以上的情况。

[0086] 需要说明的是,本发明中,绝缘电线的局部放电起始电压(V)的峰值电压(V_p)优选为 $1200V_p \sim 3200V_p$ 。

[0087] (局部放电起始电压的测定)

[0088] 绝缘电线的局部放电起始电压的测定使用局部放电试验机(例如菊水电子工业制造的局部放电试验机“KPD2050”)如下进行测定。

[0089] 首先,对于截面形状为方形的绝缘电线,按照整个 150mm 的长度无间隙的方式将作为2根绝缘电线的长边的面彼此密接,制作得到试样。在这2根导体间连接电极,在温度 25°C ,一面施加 50Hz 的交流电压一面连续地升压,读取产生 10pC 的局部放电时的电压(V)作为峰值电压(V_p)。

[0090] 如此,若使漆包层的厚度为 $60\ \mu\text{m}$ 以下、使挤出被覆树脂层的厚度为 $200\ \mu\text{m}$ 以下、且使漆包层与挤出被覆树脂层的总厚度为 $80\ \mu\text{m}$ 以上,则至少可满足绝缘电线的局部放电起始电压即变频器浪涌劣化的防止、导体与被覆其的树脂层的粘接强度、漆包层与挤出被覆树脂层等皮膜层间的粘接强度。需要说明的是,漆包层与挤出被覆树脂层的总厚度优选为 $260\ \mu\text{m}$ 以下,考虑到加工前后的电绝缘性维持特性,为了可顺利地进行加工,更优选为 $235\ \mu\text{m}$ 以下。

[0091] 因此,该适宜的实施方式中的绝缘电线中,导体与漆包层等被覆层的粘接强度和皮膜层间的粘接强度均较高。这些粘接强度例如如下进行评价:按与JIS C3003漆包线试验方法、8.密接性、8.1b)扭转法相同的要领进行,根据直至产生漆包层的隆起为止的转数进行评价。对于截面方形的扁平线也可同样地进行。在本发明中,将直至漆包层的隆起、或皮膜层间产生上层皮膜层的隆起为止的转数为15圈以上的情况记作密接性良好,该优选的实施方式中的绝缘电线为15圈以上的转数。

[0092] 关于导体与被覆层(皮膜层)的粘接强度和皮膜层间的粘接强度,具体而言,以如

下方式进行测定,这些优选的粘接强度如下所述。

[0093] (与导体的粘接强度)

[0094] 仅将最接近绝缘电线的导体的绝缘被覆层部分剥离,对于该电线试样,将其安装在拉伸试验机(例如岛津制作所制造的拉伸试验机“Autograph AG-X”),并以4mm/min的速度将挤出被覆树脂层向上方剥离(180℃剥离)时,产生隆起的拉伸负荷即为粘接强度。

[0095] 产生隆起的拉伸负荷为20g以上且小于40g的情况为优选,40g以上且小于100g的情况为更优选。

[0096] (皮膜层间的粘接强度)

[0097] 仅将绝缘电线的挤出被覆树脂层部分剥离,对于该电线试样,将其安装在拉伸试验机(例如岛津制作所制造的拉伸试验机“Autograph AG-X”),并以4mm/min的速度将挤出被覆树脂层向上方剥离(180℃剥离)时,产生隆起的拉伸负荷即为粘接强度。

[0098] 产生隆起的拉伸负荷为100g以上且小于400g的情况为优选。

[0099] 在皮膜层间的粘接强度为400g以上的情况下,粘接强度过强,因此具有如下情况:在2层中的一层发生氧化劣化或热劣化而在皮膜产生龟裂的情况下,另一层即便不发生劣化也会与成为龟裂产生的原因的层一起出现龟裂。

[0100] 本发明的绝缘电线的耐热老化特性优异。该耐热老化特性是用以确保即便在高温环境下使用绝缘性能也长时间不降低的可靠性的指标。特别优选为,300℃、168小时热处理后的绝缘击穿电压与热处理前的绝缘击穿电压相比较为90%以上。

[0101] 300℃热处理后的绝缘击穿电压可以如下进行测定。

[0102] (300℃热处理后绝缘击穿电压测定)

[0103] 将笔直状片的绝缘电线切下300mm,进行300℃、168小时加热处理。加热处理后,在中央部卷绕铝箔,将300mm的一个末端的被覆层剥离,并在末端剥离部位与铝箔部之间通电。以500V/min进行升压,将发生绝缘击穿的电压作为“加热后绝缘击穿电压”,并以(“加热后绝缘击穿电压”/“加热前绝缘击穿电压”)×100算出。

[0104] 需要说明的是,对于绝缘电线的耐热老化特性有下述评价方法:对于依据JIS C3003漆包线试验方法、7.可挠性卷绕而成的试样,将其在190℃高温槽静置1000小时,此后利用目视对漆包层或挤出被覆树脂层有无产生龟裂进行评价,本发明的绝缘电线即便在此评价中也未产生龟裂。

[0105] 在本发明中,加工前后的电绝缘性维持特性也优异。

[0106] 加工前后的电绝缘性维持特性以如下方式进行评价,其中,卷绕在铁芯并对加热前后的绝缘击穿电压进行测定,由此评价加工前后的电绝缘性维持特性。

[0107] (铁芯卷绕、加热后绝缘击穿电压测定)

[0108] 将加热前后的电绝缘性维持特性以如下方式进行评价。

[0109] 将绝缘电线卷绕在直径30mm的铁芯并在恒温槽内升温至280℃,保持30分钟。自恒温槽取出后,直接以卷绕在铁芯的状态将铁芯插入铜粒,将被卷绕的一端与电极连接,优选在10kV的电压不发生绝缘击穿而可保持1分钟的通电。

[0110] 如上所述,本发明的绝缘电线选择形成挤出被覆树脂层的热塑性树脂,导体与被覆层或皮膜层间的粘接强度高,因而近来绝缘电线所要求的耐磨耗性和耐溶剂性也优异。耐磨耗性为将绝缘电线加工成马达等的情况时受损伤程度的指标,静摩擦系数为插入定子

槽中的容易程度。由于使用环境或组装工序的多样化,因此绝缘电线需要耐溶剂性。

[0111] 耐磨耗性例如可在 25℃按照与 JIS C3003 漆包线试验方法、9. 耐磨耗(圆线)相同的要领进行评价。在截面方形的扁平线的情况下,对四个角的角进行。具体而言,使用 JIS C3003 规定的磨耗试验机,在一定负荷下使其向一个方向滑动直至皮膜剥离。读取皮膜剥离的刻度,若该刻度值与使用的负荷的积为 2000g 以上,则可评价为非常优异。对于本发明的绝缘电线而言,上述刻度值与使用的负荷的积为 2000g 以上。

[0112] 耐溶剂性例如可将依据 JIS C3003 漆包线试验方法、7. 可挠性卷绕而成的试样在溶剂中浸渍 10 秒钟后,以目视对漆包层或挤出被覆树脂层的表面进行确认而进行。在本发明中,使用丙酮、二甲苯和苯乙烯这 3 种溶剂进行,温度是以常温和 150℃(将试样加热 150℃×30 分钟后以热的状态浸渍于溶剂)2 个等级进行的,若漆包层或者挤出被覆树脂层的表面均无异常,则可评价为非常优异。无论在丙酮、二甲苯或者苯乙烯中的任一溶剂中,另外无论常温还是 150℃,本发明的绝缘电线的漆包层和挤出被覆树脂层的表面均未见异常。

[0113] (绝缘电线的制造方法)

[0114] 绝缘电线的制造方法如在各层所说明的那样。

[0115] 即,在上述漆包烧结层的外周对经清漆化的树脂进行烧结而形成上述粘接层,然后将形成挤出被覆树脂层的热塑性树脂挤出在该粘接层而使它们接触,使该挤出被覆树脂隔着该粘接层热粘在该漆包烧结层而形成该挤出被覆树脂层,上述热塑性树脂在高于该粘接层使用的树脂的玻璃化转变温度的温度处于熔融状态。

[0116] 此处,本发明中,粘接层并非通过挤出加工进行被覆的,而是以涂布经清漆化的树脂的方式设置的。

[0117] 实施例

[0118] 以下,基于实施例进一步详细地说明本发明,但本发明并不限于此。

[0119] (实施例 1)

[0120] 准备 1.8×3.4mm(厚度×宽)且四个角的倒角半径 $r = 0.3\text{mm}$ 的扁平导体(含氧量 15ppm 的铜)。形成漆包层时,使用与导体形状相似形的模具,将聚酰胺酰亚胺树脂(PAI)清漆(日立化成株式会社制、商品名:HI406)涂布在导体,并以烧结时间为 15 秒的速度使其通过设定为 450℃的炉长 8m 的烧结炉内,在该 1 次烧结工序形成厚度 5 μm 的漆层。将该工序重复进行 8 次,由此形成厚度为 40 μm 的漆包层而获得漆包线。

[0121] 接着,使聚醚酰亚胺树脂(PEI)(萨比克创新塑料制、商品名:ULTEM1010)溶解在 N-甲基-2-吡咯烷酮(NMP)中制成 20 质量%溶液而获得树脂清漆,使用与导体形状相似形的模具涂布在上述漆包线,以烧结时间为 15 秒的速度使其在设定为 450℃的炉长 8m 的烧结炉内通过,通过将该工序重复进行 1 次而形成厚度 5 μm 的粘接层(以 1 次烧结工序形成的厚度为 5 μm),获得具有厚度为 45 μm 的粘接层的漆包线。

[0122] 以所获得的附有粘接层的漆包线作为芯线,挤出机的螺杆使用 30mm 全螺纹、L/D = 20、压缩比 3。材料使用聚醚醚酮(PEEK)(SOLVAY SPECIALTY POLYMERS 制、商品名:KetaSpire KT-820、相对介电常数 3.1),挤出温度条件根据表 1 进行。C1、C2、C3 表示挤出机内的料筒温度,自树脂投入侧依序分别显示 3 个区域的温度。H 表示模头部的温度,D 表示模具部的温度。需要说明的是,此时形成挤出被覆树脂层的热塑性树脂的挤出温度比在

D 地点 (400℃) 形成粘接层的 PEI 的玻璃化转变温度 (217℃) 高 183℃。使用挤出模嘴进行 PEEK 的挤出被覆后, 隔 10 秒的时间进行水冷, 从而在漆包层的外侧形成厚度为 40 μm 的挤出被覆树脂层。以此方式, 获得总厚度 (漆包层与挤出被覆树脂层的厚度的合计) 80 μm 的由 PEEK 挤出被覆漆包线构成的绝缘电线。

[0123] (实施例 2 ~ 18、和比较例 1 ~ 10 和 13)

[0124] 将漆包层的树脂、粘接层的树脂、挤出被覆树脂层的树脂的种类和厚度按照如下表 2 ~ 6 所示那样进行变更, 除此以外, 与实施例 1 同样地获得各绝缘电线。需要说明的是, 挤出温度条件是依据表 1 进行。需要说明的是, 在表 2 ~ 表 6, 将挤出树脂被覆层表示为“挤出被覆层”。

[0125] 此处, 在表 2 ~ 6 中, 实施例 13 的漆包层使用聚酰亚胺树脂 (PI) 清漆 (Unitika 制、商品名: U Imide), 实施例 9、10 和比较例 2 的粘接层使用聚苯砜树脂 (PPSU) (SOLVAY SPECIALTY POLYMERS 制、商品名: Radel R5800、玻璃化转变温度 220℃)。另外, 挤出被覆树脂层在实施例 14 使用改性聚醚醚酮树脂 (改性 PEEK) (SOLVAY SPECIALTY POLYMERS 制、商品名: AvaSpire AV-650、相对介电常数 3.1), 在比较例 10 使用聚苯硫醚树脂 (PPS) (DIC 制、商品名: FZ-2100、相对介电常数 3.4)。

[0126] (挤出温度条件)

[0127] 将实施例和比较例中的挤出温度条件示于下述表 1。

[0128] 在表 1 中, C1、C2、C3 是自材料投入侧依序表示分别进行挤出机的料筒部分的温度控制的 3 区域。另外, H 表示位在挤出机的汽缸背后的模头。另外, D 表示位于模头顶端的模嘴。

[0129] [表 1]

[0130]

形成挤出被覆树脂层的热塑性树脂	PEEK	改性 PEEK	PPS	
挤出温度条件	C1(°C)	300	300	260
	C2(°C)	380	380	300
	C3(°C)	380	380	310
	H(°C)	390	390	320
	D(°C)	400	400	330

[0131] (比较例 11 和 12)

[0132] 漆包层的树脂使用实施例 1 中使用的聚酰胺酰亚胺树脂 (PAI), 粘接层的树脂使用苯氧基树脂, 与实施例 1 同样地获得具有下述表 6 所示的厚度的粘接层的漆包线。对挤出被覆树脂层使用如下述表 6 所示那样不同的树脂, 按照粘接层侧为聚醚砜树脂 (PES) (住友化成株式会社制、商品名: Sumikaexcel4800G)、与粘接层相反侧为实施例 14 中使用的改性聚醚醚酮树脂 (改性 PEEK) 或者比较例 10 中使用的聚苯硫醚树脂 (PPS) 的方式形成挤出被覆树脂层。需要说明的是, 与实施例 1 有所不同, 在使用挤出模嘴进行挤出被覆后不进行水冷。

[0133] 对如此制造的实施例 1 ~ 18 和比较例 1 ~ 13 的绝缘电线进行以下评价。

[0134] (熔点)

[0135] 使用热分析装置“DSC-60”(岛津制作所制) 使挤出被覆树脂层 10mg 以 5℃/min

的速度升温,读取此时起因于在超过 250℃的区域可见的熔解的热量的峰值温度作为熔点。需要说明的是,在存在 2 个以上峰值温度的情况下,以更高温的峰值温度作为熔点。

[0136] (铁芯卷绕、加热后绝缘击穿电压测定)

[0137] 如下对加热前后的电绝缘性维持特性进行评价。即,将绝缘电线卷绕在直径 30mm 的铁芯并在恒温槽内使其升温至 280℃,保持 30 分钟。自恒温槽取出后,直接以卷绕在铁芯的状态将铁芯插入铜粒,将被卷绕的一端与电极连接,若在 10kV 的电压不发生绝缘击穿而可保持 1 分钟的通电,则记为合格。在表 2 ~ 表 6 中,以“○”表示合格,以“×”表示不合格。需要说明的是,将无法保持 1 分钟 10kV 电压的通电而发生绝缘击穿的情况记为不合格。在发生绝缘击穿的情况下,电线缺乏可挠性,电线表面产生白化等变化,甚至也有产生龟裂的情况。

[0138] (与导体的粘接强度)

[0139] 首先,仅将最靠近绝缘电线的导体的绝缘被覆层部分剥离,对于该电线试样,将其安装在岛津制作所制造的拉伸试验机“Autograph AG-X”,以 4mm/min 的速度将挤出被覆树脂层向上方剥离(180℃剥离)。

[0140] 将此时读取的拉伸负荷为 40g 以上且小于 100g 的情况,在表 2 ~ 6 中以“◎”表示,将 20g 以上且小于 40g 的情况以“○”表示,且将小于 20g 的情况以“×”表示。

[0141] (皮膜层间的粘接强度)

[0142] 首先,仅将绝缘电线的挤出被覆树脂层部分剥离,对于该电线试样,将其安装在岛津制作所制造的拉伸试验机“Autograph AG-X”,以 4mm/min 的速度将挤出被覆树脂层向上方剥离(180℃剥离)。

[0143] 将此时读取的拉伸负荷为 100g 以上且小于 400g 的情况,在表 2 ~ 6 中以“◎”表示,将 40g 以上且小于 100g 的情况以“○”表示,将小于 40g 的情况以“×”表示。

[0144] (局部放电起始电压的测定)

[0145] 测定绝缘电线的局部放电起始电压时,使用菊水电子工业制造的局部放电试验机“KPD2050”。对于截面形状为方形的绝缘电线,按照整个 150mm 的长度无间隙的方式将作为 2 根绝缘电线的长边的面彼此密接,制作得到试样。在这 2 根导体间连接电极,在温度 25℃,一面施加 50Hz 交流电压一面连续升压,对发生 10pC 的局部放电时的电压(V)以峰值电压(Vp)进行读取。1200Vp ~ 3200Vp 为合格等级。

[0146] (300℃热处理后绝缘击穿电压测定)

[0147] 将笔直状片的绝缘电线切下 300mm,进行 300℃、168 小时加热处理。加热处理后,在中央部卷绕铝箔,并将 300mm 的一个末端的被覆层剥离,在末端剥离部位与铝箔部之间通电。以 500V/min 进行升压,并将发生绝缘击穿的电压作为“加热后绝缘击穿电压”。以(“加热后绝缘击穿电压”/“加热前绝缘击穿电压”)×100 算出。将获得的值为 90%以上且 100%以下的情况在表 2 ~ 6 中以“◎”表示,将 70%以上且小于 90%的情况以“○”表示,将 30%以上且小于 70%的情况以“△”表示,将小于 30%的情况以“×”表示。

[0148] (综合评价)

[0149] 综合评价是以是否可应用于近年的电气设备为基准,该电气设备要求可持续更长时间维持优异的耐热老化特性。即,铁芯卷绕、加热后绝缘击穿电压、与导体的粘接强度和皮膜间的粘接强度均为“○”,且 300℃耐热特性的评价为“◎”的情况,综合评价为“○”,此

外的情况的综合评价为“×”。

[0150] 将这些结果汇总,示于下述表 2 ~ 表 6。

[0151]

[表 2]

	要求值	实施例 1	实施例 2	实施例 3	实施例 4	实施例 5	实施例 6
漆包层	60μm 以下	PAI (厚度 40μm)	PAI (厚度 55μm)	PAI (厚度 20μm)	PAI (厚度 35μm)	PAI (厚度 15μm)	PAI (厚度 31μm)
粘接层	2μm~20μm	PEI (厚度 5μm)	PEI (厚度 6μm)	PEI (厚度 5μm)	PEI (厚度 5μm)	PEI (厚度 6μm)	PEI (厚度 9μm)
挤出被覆层	200μm 以下	PEEK (厚度 40μm)	PEEK (厚度 30μm)	PEEK (厚度 72μm)	PEEK (厚度 70μm)	PEEK (105μm)	PEEK (厚度 97μm)
漆包层+挤出被覆层 总厚度	80μm 以上	80μm	85μm	92μm	105μm	120μm	128μm
挤出被覆树脂层的树脂的熔点	300℃~370℃	85μm 343℃	91μm 343℃	97μm 343℃	110μm 343℃	126μm 343℃	137μm 343℃
电 线 特 性	铁芯卷绕、加热后 绝缘击穿电压评价	○	○	○	○	○	○
	与导体的粘接强度	◎	◎	◎	◎	◎	◎
	皮膜间的粘接强度	◎	◎	◎	◎	◎	◎
	局部放电起始电压	1350Vp	1400Vp	1420Vp	1600Vp	1750Vp	1870Vp
300℃耐热特性	◎	◎	◎	◎	◎	◎	◎
综合评价	○	○	○	○	○	○	○

[0152]

[表 3]

	要求值	实施例 7	实施例 8	实施例 9	实施例 10	实施例 11	实施例 12
漆包层	60μm 以下	PAI (厚度 45μm)	PAI (厚度 60μm)	PAI (厚度 30μm)	PAI (厚度 31μm)	PAI (厚度 15μm)	PAI (厚度 31μm)
粘接层	2μm~20μm	PEI (厚度 7μm)	PEI (厚度 8μm)	PPSU (厚度 9μm)	PPSU (厚度 10μm)	PEI (厚度 6μm)	PEI (厚度 11μm)
挤出被覆层	200μm 以下	PEEK (厚度 91μm)	PEEK (厚度 73μm)	PEEK (厚度 126μm)	PEEK (厚度 151μm)	PEEK (厚度 172μm)	PEEK (厚度 153μm)
漆包层+挤出被覆层 总厚度	80μm 以上	136μm	133μm	156μm	182μm	187μm	184μm
总厚度		143μm	141μm	165μm	192μm	193μm	195μm
挤出被覆树脂层的树脂的熔点	300°C~370°C	343°C	343°C	343°C	343°C	343°C	343°C
铁芯卷绕、加热后 绝缘击穿电压评价	○	○	○	○	○	○	○
与导体的粘接强度	○	◎	◎	◎	◎	◎	◎
皮膜间的粘接强度	○	◎	◎	◎	◎	◎	◎
局部放电起始电压	1200Vp~ 3200Vp	1910Vp	1900Vp	2150Vp	2520Vp	2500Vp	2450Vp
300°C耐热特性	◎	◎	◎	◎	◎	◎	◎
综合评价	○	○	○	○	○	○	○

[0153]

[表 4]

	要求值	实施例 13	实施例 14	实施例 15	实施例 16	实施例 17	实施例 18
漆包层	60μm 以下	PI (厚度 32μm)	PAI (厚度 35μm)	PAI (厚度 30μm)	PAI (厚度 10μm)	PAI (厚度 35μm)	PAI (厚度 60μm)
粘接层	2μm~20μm	PEI (厚度 9μm)	PEI (厚度 7μm)	PEI (厚度 10μm)	PEI (厚度 6μm)	PEI (厚度 7μm)	PEI (厚度 6μm)
挤出被覆层	200μm 以下	PEEK (厚度 154μm)	改性 PEEK (厚度 149μm)	PEEK (厚度 171μm)	PEEK (厚度 198μm)	PEEK (厚度 198μm)	PEEK (厚度 181μm)
漆包层+挤出被覆层 总厚度	80μm 以上	186μm	184μm	201μm	208μm	233μm	241μm
总厚度		195μm	191μm	211μm	214μm	240μm	247μm
挤出被覆树脂层的树脂的熔点	300℃~370℃	343℃	343℃	343℃	343℃	343℃	343℃
铁芯卷绕、加热后 绝缘击穿电压评价	○	○	○	○	○	○	○
与导体的粘接强度	○	◎	◎	◎	◎	◎	◎
皮膜间的粘接强度	○	◎	◎	◎	◎	◎	◎
局部放电起始电压	1200Vp~ 3200Vp	2500Vp	2400Vp	2620Vp	2400Vp	3050Vp	3120Vp
300℃耐热特性	◎	◎	◎	◎	◎	◎	◎
综合评价	○	○	○	○	○	○	○

[0154]

[表 5]

	要求值	比较例 1	比较例 2	比较例 3	比较例 4	比较例 5	比较例 6	比较例 7
漆包层	60μm 以下	PAI (厚度 45μm)	-	-	PAI (厚度 38μm)	PAI (厚度 15μm)	PAI (厚度 40μm)	PAI (厚度 65μm)
粘接层	2μm~20μm	-	PPSU (厚度 10μm)	-	PEI (厚度 10μm)	PEI (厚度 6μm)	PEI (厚度 6μm)	PEI (厚度 10μm)
挤出被覆层	200μm 以下	PEEK (厚度 102μm)	PEEK (厚度 145μm)	PEEK (厚度 171μm)	-	PEEK (厚度 42μm)	PEEK (厚度 20μm)	PEEK (厚度 91μm)
漆包层+挤出被覆层 总厚度	80μm 以上	147μm	145μm	171μm	38μm	57μm	60μm	156μm
总厚度		147μm	155μm	171μm	48μm	63μm	66μm	166μm
挤出被覆树脂层的树脂的熔点	300°C~ 370°C	343°C	343°C	343°C	-	343°C	343°C	343°C
铁芯卷绕、加热后 绝缘击穿电压评价	○	○	×	○	○	○	○	○
与导体的粘接强度	○	◎	×	◎	◎	◎	◎	×
皮膜间的粘接强度	○	×	◎	-	◎	◎	◎	◎
局部放电起始电压	1200Vp~ 3200Vp	1950Vp	2050Vp	2220Vp	950Vp	1000Vp	1020Vp	2140Vp
300°C耐热特性	◎	◎	◎	×	×	◎	◎	◎
综合评价	○	×	×	×	×	×	×	×

[0155]

[表 6]

	要求值	比较例 8	比较例 9	比较例 10	比较例 11	比较例 12	比较例 13
漆包层	60μm 以下	PAI (厚度 70μm)	PAI (厚度 35μm)	PAI (厚度 35μm)	PAI (厚度 40μm)	PAI (厚度 40μm)	PAI (厚度 25μm)
粘接层	2μm~20μm	PEI (厚度 5μm)	PEI (厚度 7μm)	PEI (厚度 10μm)	苯氧基树脂 (厚度 5μm)	苯氧基树脂 (厚度 5μm)	-
挤出被覆层	200μm 以下	PEEK (厚度 173μm)	PEEK (厚度 220μm)	PPS (厚度 121μm)	PES(50μm)+ 改性 PEEK(50μm)	PES(50μm)+ PPS(50μm)	PEEK (厚度 75μm)
漆包层+挤出被覆层 总厚度	80μm 以上	243μm	255μm	156μm	140μm	140μm	100μm
总厚度		248μm	262μm	166μm	145μm	145μm	100μm
挤出被覆树脂层的树脂的熔点	300°C~370°C	343°C	343°C	278°C	340°C	278°C	343°C
铁芯卷绕、加热后 绝缘击穿电压评价	○	○	×	○	○	○	○
与导体的粘接强度	○	×	◎	◎	◎	◎	◎
皮膜间的粘接强度	○	◎	◎	○	×	×	×
局部放电起始电压	1200Vp~ 3200Vp	3100Vp	3180Vp	2150Vp	1800Vp	1800Vp	1540Vp
300°C耐热特性	◎	◎	◎	×	◎	×	◎
综合评价	○	×	×	×	×	×	×

[0156] 根据上述表 2~表 6 可明确,若具有厚度为 2 μ m ~ 20 μ m 的粘接层,且漆包烧层与挤出被覆树脂层的总厚度为 80 μ m 以上,漆包烧层的厚度为 60 μ m 以下,上述挤出被

覆树脂层的厚度为 200 μm 以下,挤出被覆树脂层的树脂的熔点为 300 $^{\circ}\text{C}$ 以上且 370 $^{\circ}\text{C}$ 以下,则加工前后的电绝缘性维持特性、即加热前后的绝缘击穿电压评价优异,导体与被覆层的粘接强度和皮膜层间的粘接强度高,局部放电起始电压也高,进而耐磨耗性和耐溶剂性均优异,此外,因 300 $^{\circ}\text{C}$ 耐热特性而可长时间维持优异的耐热老化特性。

[0157] 具体而言,根据实施例 1~18 与比较例 1~4、13 的比较可知,漆包烧结层、粘接层和挤出被覆树脂层均必需具有。尤其在如比较例 3 那样仅为挤出被覆树脂层、或如比较例 4 那样未设置挤出被覆树脂层的情况下,300 $^{\circ}\text{C}$ 耐热特性差;如比较例 1、13 那样无粘接层的情况下,皮膜层间的粘接强度差。另外,若如比较例 2 那样无漆包层、或如比较例 8 那样漆包层的厚度厚,则与导体的粘接强度差。相反地,若如比较例 9 那样挤出被覆树脂层超过 200 μm ,则铁芯卷绕、加热后绝缘击穿电压评价差;若如比较例 7 那样漆包层的厚度厚,则导体与被覆层的粘接强度差。

[0158] 进一步,如比较例 5、6 那样,若漆包层与挤出被覆树脂层的总厚度小于 80 μm ,则局部放电起始电压降低。

[0159] 另外,若形成挤出被覆树脂层的树脂使用熔点为 300 $^{\circ}\text{C}$ 以上的热塑性树脂,则可长时间满足耐热老化特性;另一方面,若使用熔点小于 300 $^{\circ}\text{C}$ 的热塑性树脂,则如比较例 10 和 12 那样,300 $^{\circ}\text{C}$ 的耐热特性较差。另外,比较例 11 和 12 中,皮膜层间的粘接强度差。据认为,其原因主要在于:挤出被覆树脂层为由不同树脂形成的 2 层的层积结构,因此尤其是该挤出被覆树脂层间的粘接强度变差。

[0160] 需要说明的是,利用实施例 1~18 中的挤出被覆树脂层的上述测定方法获得的皮膜结晶度均为 50% 以上。实施例中,实施例 10 为 62%,实施例 12 为 65%,实施例 13 为 71%。另外,确认到实施例 1~18 的各绝缘电线满足上述的耐磨耗性和耐溶剂性。

[0161] 将本发明与其实施方式一同进行了说明,但发明人认为,只要未特别限定,则在说明的任一细微处均不是对本申请发明进行限定,应在不违反所附权利要求中所示的发明精神和范围的情况下做出宽泛的解释。

[0162] 本申请主张基于 2012 年 11 月 30 日在日本提出专利申请的日本特愿 2012-263749 的优先权,以参照的方式将其内容作为本说明书记载的一部分并入到本说明书中。