



(19)中華民國智慧財產局

(12)發明說明書公開本

(11)公開編號：TW 201435928 A

(43)公開日：中華民國 103 (2014) 年 09 月 16 日

(21)申請案號：102142608

(22)申請日：中華民國 102 (2013) 年 11 月 22 日

(51)Int. Cl.：

H01B7/02 (2006.01)

H01B13/14 (2006.01)

(30)優先權：2012/11/30 日本

JP2012-263749

(71)申請人：古河電氣工業股份有限公司 (日本) FURUKAWA ELECTRIC CO., LTD. (JP)

日本

古河電磁線股份有限公司 (日本) FURUKAWA MAGNET WIRE CO., LTD. (JP)

日本

(72)發明人：福田秀雄 FUKUDA, HIDEO (JP)；武藤大介 MUTO, DAISUKE (JP)；藤原大
FUJIWARA, DAI (JP)；富澤惠一 TOMIZAWA, KEIICHI (JP)；青井恒夫 AOI,
TSUNEO (JP)

(74)代理人：閻啟泰；林景郁

申請實體審查：有 申請專利範圍項數：8 項 圖式數：0 共 37 頁

(54)名稱

抗變頻突波絕緣電線及其製造方法

(57)摘要

本發明係一種抗變頻突波絕緣電線，其於具有矩形剖面之導體的外緣具有至少 1 層漆包燒附層、及該外側之至少 1 層擠出被覆樹脂層，該漆包燒附層與該擠出被覆樹脂層之間具有厚度 2~20 μ m 之接著層，該接著層上之擠出被覆層均由相同樹脂構成，抗變頻突波絕緣電線之剖面中，上述漆包燒附層與上述擠出被覆樹脂層之剖面形狀為矩形，剖面圖中包圍上述導體之該漆包燒附層與該擠出被覆樹脂層形成的上述矩形之剖面形狀中，相對於該導體而上下或者左右對向之 2 對 2 邊中，至少 1 對之 2 邊均為該漆包燒附層與該擠出被覆樹脂層之合計厚度為 80 μ m 以上，上述漆包燒附層之厚度為 60 μ m 以下，上述擠出被覆樹脂層之厚度為 200 μ m 以下，擠出被覆樹脂層之樹脂之熔點為 300 $^{\circ}$ C 以上且 370 $^{\circ}$ C 以下；及抗變頻突波絕緣電線之製造方法，其係於漆包燒附層之外緣形成接著層，將形成擠出被覆樹脂層的熱塑性樹脂擠出至接著層而使該等接觸，其中該熱塑性樹脂在高於該接著層使用之樹脂的玻璃轉移溫度之溫度下會成為熔融狀態。



(19)中華民國智慧財產局

(12)發明說明書公開本

(11)公開編號：TW 201435928 A

(43)公開日：中華民國 103 (2014) 年 09 月 16 日

(21)申請案號：102142608

(22)申請日：中華民國 102 (2013) 年 11 月 22 日

(51)Int. Cl.：

H01B7/02 (2006.01)

H01B13/14 (2006.01)

(30)優先權：2012/11/30 日本

JP2012-263749

(71)申請人：古河電氣工業股份有限公司 (日本) FURUKAWA ELECTRIC CO., LTD. (JP)

日本

古河電磁線股份有限公司 (日本) FURUKAWA MAGNET WIRE CO., LTD. (JP)

日本

(72)發明人：福田秀雄 FUKUDA, HIDEO (JP)；武藤大介 MUTO, DAISUKE (JP)；藤原大
FUJIWARA, DAI (JP)；富澤惠一 TOMIZAWA, KEIICHI (JP)；青井恒夫 AOI,
TSUNEO (JP)

(74)代理人：閻啟泰；林景郁

申請實體審查：有 申請專利範圍項數：8 項 圖式數：0 共 37 頁

(54)名稱

抗變頻突波絕緣電線及其製造方法

(57)摘要

本發明係一種抗變頻突波絕緣電線，其於具有矩形剖面之導體的外緣具有至少 1 層漆包燒附層、及該外側之至少 1 層擠出被覆樹脂層，該漆包燒附層與該擠出被覆樹脂層之間具有厚度 2~20 μ m 之接著層，該接著層上之擠出被覆層均由相同樹脂構成，抗變頻突波絕緣電線之剖面中，上述漆包燒附層與上述擠出被覆樹脂層之剖面形狀為矩形，剖面圖中包圍上述導體之該漆包燒附層與該擠出被覆樹脂層形成的上述矩形之剖面形狀中，相對於該導體而上下或者左右對向之 2 對 2 邊中，至少 1 對之 2 邊均為該漆包燒附層與該擠出被覆樹脂層之合計厚度為 80 μ m 以上，上述漆包燒附層之厚度為 60 μ m 以下，上述擠出被覆樹脂層之厚度為 200 μ m 以下，擠出被覆樹脂層之樹脂之熔點為 300 $^{\circ}$ C 以上且 370 $^{\circ}$ C 以下；及抗變頻突波絕緣電線之製造方法，其係於漆包燒附層之外緣形成接著層，將形成擠出被覆樹脂層的熱塑性樹脂擠出至接著層而使該等接觸，其中該熱塑性樹脂在高於該接著層使用之樹脂的玻璃轉移溫度之溫度下會成為熔融狀態。

發明摘要

※ 申請案號：102142608

※ 申請日：102.11.22

※ IPC 分類：H01B 7/02 (2006.01)

H01B 13/14 (2006.01)

【發明名稱】(中文/英文)

抗變頻突波絕緣電線及其製造方法

【中文】

本發明係一種抗變頻突波絕緣電線，其於具有矩形剖面之導體的外緣具有至少 1 層漆包燒附層、及該外側之至少 1 層擠出被覆樹脂層，該漆包燒附層與該擠出被覆樹脂層之間具有厚度 $2\sim 20\mu\text{m}$ 之接著層，該接著層上之擠出被覆層均由相同樹脂構成，抗變頻突波絕緣電線之剖面中，上述漆包燒附層與上述擠出被覆樹脂層之剖面形狀為矩形，剖面圖中包圍上述導體之該漆包燒附層與該擠出被覆樹脂層形成的上述矩形之剖面形狀中，相對於該導體而上下或者左右對向之 2 對 2 邊中，至少 1 對之 2 邊均為該漆包燒附層與該擠出被覆樹脂層之合計厚度為 $80\mu\text{m}$ 以上，上述漆包燒附層之厚度為 $60\mu\text{m}$ 以下，上述擠出被覆樹脂層之厚度為 $200\mu\text{m}$ 以下，擠出被覆樹脂層之樹脂之熔點為 300°C 以上且 370°C 以下；及抗變頻突波絕緣電線之製造方法，其係於漆包燒附層之外緣形成接著層，將形成擠出被覆樹脂層的熱塑性樹脂擠出至接著層而使該等接觸，其中該熱塑性樹脂在高於該接著層使用之樹脂的玻璃轉移溫度之溫度下會成為熔融狀態。

【英文】

無

【代表圖】

【本案指定代表圖】：第（ 無 ）圖。

【本代表圖之符號簡單說明】：

無

【本案若有化學式時，請揭示最能顯示發明特徵的化學式】：

無

發明專利說明書

(本說明書格式、順序，請勿任意更動)

【發明名稱】(中文/英文)

抗變頻突波絕緣電線及其製造方法

【技術領域】

【0001】 本發明係關於一種抗變頻突波絕緣電線及其製造方法。

【先前技術】

【0002】 變頻器(inverter)係作為有效之可變速控制裝置而被安裝於大量電氣設備。變頻器係於數 kHz~數十 kHz 進行切換，該等脈衝每次都產生突波電壓。變頻突波為其傳輸體系內在阻抗之不連續點、例如連接之配線之始端、終端等發生反射，其結果為施加最大為變頻輸出電壓之 2 倍之電壓的現象。尤其是，由 IGBT 等高速切換元件產生之輸出脈衝，其電壓斜度高，因此即便連接纜線短，突波電壓亦高，進而由該連接纜線引起之電壓衰減亦小，其結果為，產生接近變頻輸出電壓之 2 倍之電壓。

【0003】 變頻器相關設備、例如高速切換元件、變頻馬達、變壓器等電氣設備線圈係主要使用漆包線即絕緣電線作為電磁線。而且如前所述般，變頻器相關設備施加接近其變頻輸出電壓之 2 倍的電壓，因此一直要求使構成該等電氣設備線圈之材料之一，即漆包線的變頻突波劣化為最小限。

【0004】 且說，部分放電劣化通常係電絕緣材料複雜地發生由其部分放電中產生之帶電粒子之碰撞而引起之分子鏈切斷劣化、濺鍍劣化、由局部溫度上升而引起之熱熔融或熱分解劣化、由放電中產生之臭氧而引起之化學劣化等的現象。因此，實際之因部分放電而劣化之電絕緣材料具有厚度減少的情況。

【0005】 一般認為，絕緣電線之變頻突波劣化亦以與通常之部分放電

劣化同樣的機制而進行。即，漆包線之變頻突波劣化，係由變頻器產生之峰值高的突波電壓引起於絕緣電線發生部分放電，並由該部分放電引起絕緣電線之塗膜發生劣化的現象，即高頻部分放電劣化。

【0006】 最近之電氣設備，爲了防止變頻突波劣化，開始要求可耐受數百 V 之突波電壓的絕緣電線。即，絕緣電線部分放電起始電壓必須爲 500V 以上。此處，所謂部分放電起始電壓，係指利用市售之稱爲部分放電試驗器之裝置進行測定的值。測定溫度、使用之交流電壓之頻率、測定感度等係根據需要進行變更，但上述之值爲於 25℃、50Hz、10pC 進行測定而發生部分放電之電壓。

測定部分放電起始電壓時使用如下方法：假定用作電磁線之情形中最嚴苛狀況，針對密接之兩根絕緣電線之間製作可進行觀察的試樣形狀。例如，如下方法：對於剖面圓形之絕緣電線，藉由將兩根絕緣電線擰成螺旋狀而使其等接觸，並對兩根絕緣電線之間施加電壓。又，對於剖面形狀爲方形之絕緣電線，使兩根絕緣電線之長邊的面彼此進行面接觸，並對兩根絕緣電線之間施加電壓。

【0007】 爲了防止由上述之部分放電引起的絕緣電線漆包層之劣化，獲得不發生部分放電即部分放電起始電壓高之絕緣電線時，可考慮漆包層使用相對介電常數低之樹脂的方法、增加漆包層厚度的方法。然而，通常使用之樹脂清漆的樹脂大部分相對介電常數爲 3~5 之間，並無相對介電常數特別低者。又，於考慮漆包層要求之其他特性（耐熱性、耐溶劑性、可撓性等）之情形時，現實中未必可選擇相對介電常數低之樹脂。因此，爲了獲得高部分放電起始電壓，必不可缺的是增加漆包層之厚度。於將該等相對介電常數 3~5 之樹脂用於漆包層之情形，使部分放電起始電壓設爲目標之 500V 以上時，就經驗而言必需使漆包層之厚度爲 60 μ m 以上。

【0008】 然而，爲了增厚漆包層，而於製造步驟中通過燒附爐之次數

增多，由導體即銅表面之氧化銅構成之被膜的厚度增厚，由此導致導體與漆包層之接著力降低。例如，於獲得厚度 $60\mu\text{m}$ 以上之漆包層的情形，通過燒附爐之次數超過 12 次。可知，若通過燒附爐超過 12 次，則導體與漆包層之接著力極端降低。

另一方面，亦有爲了不增加通過燒附爐之次數而增加以 1 次燒附可塗佈之厚度的方法，但該方法存在清漆之溶劑蒸發不完全，而以氣泡之形式殘存於漆包層中的缺點。

【0009】 且說，以往嘗試過於漆包線之外側設置有被覆樹脂而提高特性（部分放電起始電壓以外之特性）。作爲於漆包層設置擠出被覆層之習知技術，例如可列舉專利文獻 1、2 等。於此種設有被覆樹脂之絕緣電線，亦要求漆包層與被覆樹脂之密接性。然而，關於專利文獻 1 及 2 之技術，就兼顧部分放電起始電壓及導體與漆包層之密接性的觀點而言，自漆包層或擠出被覆之厚度等方面來看未必可滿足。

另一方面，作爲根據部分放電起始電壓及導體與漆包層之密接性的觀點而互相組合之技術，可列舉專利文獻 3。

【0010】 又，近年來電氣設備方面要求使各種性能，例如耐熱性、機械特性、化學特性、電特性、可靠性等與習知者相比更爲提高。其中，對用作宇宙用電氣設備、飛行器用電氣設備、核能用電氣設備、能源用電氣設備、汽車用電氣設備用之電磁線的漆包線等絕緣電線要求優異之耐磨耗性、耐熱老化特性、耐溶劑性。例如，於近年之電氣設備中，有時要求將優異之耐熱老化特性維持更長時間。

【0011】 另一方面，近年來，馬達或變壓器代表之電氣設備係發展該等設備之小型化及高性能化，開始可見大量將絕緣電線塞入非常狹窄之部分來使用之使用方法。具體而言，要說由可在定子槽（stator slot）中裝入幾根電線決定該馬達等旋轉機之性能亦不爲過。其結果爲，導體之剖面積相

對於定子槽剖面積之比率（槽滿率）變得非常高。

例如，於在定子槽之內部緻密地充填有圓剖面之電線的情形，變成無效空間（dead space）之空隙與絕緣皮膜之剖面積成為問題。因此，使用者方面，以圓剖面之電線變形的程度，對定子槽塞入電線，而儘可能多地尋求槽滿率之提高。然而，減少絕緣皮膜之剖面積時會犧牲其電性能（絕緣破壞等），故不可謂理想。

出於以上理由，作為提高槽滿率之手段，最新嘗試有使用導體之剖面形狀類似於四角型（正方形或長方形）的扁平線。扁平線之使用對於提高槽滿率顯示戲劇性效果，但於扁平導體上均勻地塗佈絕緣皮膜較為困難，尤其是剖面積較小之絕緣電線，其絕緣皮膜之厚度難以控制，因此不太普及。

【0012】 作為進行馬達或變壓器之線圈加工之情形必需的絕緣皮膜之特性，具有線圈加工前後之電絕緣性維持之特性（以下，稱為加工前後之電絕緣性維持特性）。因線圈加工步驟而電線皮膜產生損傷時，電絕緣性能降低，結果失去製品之可靠性。

【0013】 關於對電線皮膜賦予該加工前後之電絕緣性維持之特性的方法，考慮有各種方法。例如，對皮膜賦予潤滑性來降低摩擦係數而減少線圈加工時之外傷的方法；提高皮膜與導電體間之密接性來防止該皮膜自導體剝離而保持電絕緣性能的方法等。

作為前者之賦予潤滑性能之方法，以往採用在電線表面塗佈蠟等潤滑劑之方法；於絕緣皮膜中添加潤滑劑並於電線製造時使該潤滑劑滲出（bleed）至電線表面而賦予潤滑性能的方法等，此種實施例多。然而，對皮膜賦予潤滑性能之方法並非提高電線皮膜本身之強度，因此雖然看起來對於外傷因素有效，但實際上線圈加工時之效果有限。

【0014】 作為對皮膜賦予潤滑性之其他一直使用的手段，即減小上述

絕緣皮膜表面之摩擦係數之方法，可列舉專利文獻 4 等中記載之在絕緣電線表面塗佈蠟、油、界面活性劑、固體潤滑劑等的方法。又，可列舉專利文獻 5 等中記載之塗佈由可於水中乳化之蠟與可於水中乳化且因加熱而固化之樹脂構成的減磨劑，並進行燒附而使用的方法。進一步可列舉專利文獻 6 等中記載之對絕緣塗料本身添加聚乙烯微粉末而謀求潤滑化的方法。以上之方法係可認為是提高絕緣電線之表面潤滑性，結果而言，藉由電線表面光滑而保護絕緣層不受外傷。

然而，添加該等微粉末之方法中，微粉末之添加手法複雜，分散困難，因此大多採用將分散於溶劑之該等微粉末添加於絕緣塗料中之方法。

該等自我潤滑成分係藉由該潤滑成分而可見自我潤滑性能（摩擦係數）提高，但相對於加工前後之電絕緣性維持特性之降低，未見往復磨耗等特性提高，無法維持電絕緣性。又，聚乙烯或聚四氟乙烯等多種自我潤滑成分，因與絕緣塗料之比重的差而於絕緣塗料中分離，使用該等塗料之方法於實施上存在問題。

【0015】

[專利文獻 1]日本特公平 7-031944 號公報

[專利文獻 2]日本特開昭 63-195913 號公報

[專利文獻 3]日本特開 2005-203334 號公報

[專利文獻 4]日本特開昭 61-269808 號公報

[專利文獻 5]日本特開昭 62-200605 號公報

[專利文獻 6]日本特開昭 63-29412 號公報

【發明內容】

【0016】 本發明之課題在於提供一種抗變頻突波絕緣電線及其製造方法，該抗變頻突波絕緣電線係導體與被覆其之樹脂層的接著強度、漆包層與擠出被覆樹脂層等皮膜層間之接著強度、耐磨耗性、耐溶劑性及加工

前後之電絕緣性維持特性均優異，部分放電起始電壓亦高，進一步可持續長時間維持優異之耐熱老化特性。

【0017】 本發明人等爲了解決上述習知技術存在之課題進行潛心研究，結果發現，於在漆包層之外側設置有擠出被覆樹脂層、且在該漆包層與擠出被覆層之間設置有接著層的絕緣電線中，構成擠出被覆樹脂層之樹脂的特性、接著層之厚度、以及漆包層及擠出被覆樹脂層各自之厚度及合計厚度對於解決課題是重要的。本發明係基於該見解而完成。

【0018】 即，上述課題係藉由以下手段而解決。

(1) 一種抗變頻突波絕緣電線，其於具有矩形剖面之導體的外緣具有至少 1 層漆包燒附層、及該外側之至少 1 層擠出被覆樹脂層，該漆包燒附層與該擠出被覆樹脂層之間具有厚度 $2\sim 20\mu\text{m}$ 之接著層，該接著層上之擠出被覆層均由相同樹脂構成，抗變頻突波絕緣電線之剖面中上述漆包燒附層與上述擠出被覆樹脂層的剖面形狀爲矩形，剖面圖中包圍上述導體之該漆包燒附層與該擠出被覆樹脂層形成之上述矩形剖面形狀中，相對於該導體而上下或者左右對向之 2 對 2 邊中，至少 1 對之 2 邊均爲該漆包燒附層與該擠出被覆樹脂層的合計厚度爲 $80\mu\text{m}$ 以上，上述漆包燒附層之厚度爲 $60\mu\text{m}$ 以下，上述擠出被覆樹脂層之厚度爲 $200\mu\text{m}$ 以下，該擠出被覆樹脂層之樹脂的熔點爲 300°C 以上且 370°C 以下。

(2) 如 (1) 之抗變頻突波絕緣電線，其中，上述擠出被覆層爲 1 層。

(3) 如 (1) 或 (2) 之抗變頻突波絕緣電線，其中，上述抗變頻突波絕緣電線於 300°C 、168 小時熱處理後之絕緣破壞電壓與熱處理前之絕緣破壞電壓相比較爲 90% 以上。

(4) 如 (1) 至 (3) 中任一項之抗變頻突波絕緣電線，其中，上述抗變頻突波絕緣電線之皮膜層間的接著強度爲 100g 以上且未達 400g。

(5) 如 (1) 至 (4) 中任一項之抗變頻突波絕緣電線，其中，上述擠

出被覆樹脂層為選自由聚醚醚酮、改質聚醚醚酮、熱塑性聚醯亞胺及芳香族聚醯胺組成之群中之至少 1 種熱塑性樹脂的層。

(6) 如(1)至(5)中任一項之抗變頻突波絕緣電線，其中，上述接著層為選自由聚醚醯亞胺、聚苯砒及聚醚砒組成之群中之至少 1 種熱塑性樹脂的層。

(7) 如(1)至(6)中任一項之抗變頻突波絕緣電線，其中，上述抗變頻突波絕緣電線之部分放電起始電壓的峰值電壓為 1200V_p 以上且 3200V_p 以下。

(8) 一種抗變頻突波絕緣電線之製造方法，用以製造(1)至(7)中任一項之抗變頻突波絕緣電線，該方法係於上述漆包燒附層之外緣燒附經清漆化之樹脂而形成上述接著層，然後，將形成擠出被覆樹脂層的熱塑性樹脂擠出至該接著層而使該等接觸，使該擠出被覆樹脂隔著該接著層熱熔合於該漆包燒附層而形成該擠出被覆樹脂層，其中該熱塑性樹脂在高於該接著層使用之樹脂的玻璃轉移溫度之溫度下會成為熔融狀態。

【0019】 本發明之抗變頻突波絕緣電線係導體與被覆導體之樹脂層的接著強度、漆包層與擠出被覆樹脂層等皮膜層間之接著強度、耐磨耗性、耐溶劑性及加工前後之電絕緣性維持特性均優異，部分放電起始電壓亦高，進一步可持續長時間維持優異之耐熱老化特性。

【圖式簡單說明】

無。

【實施方式】

【0020】 本發明係一種抗變頻突波絕緣電線，其於導體之外緣具有至少 1 層漆包燒附層、及該外側之至少 1 層擠出被覆樹脂層，且該漆包層與該擠出被覆樹脂層之間具有接著層；接著層之厚度為 2~20 μm ，漆包燒附層與擠出被覆樹脂層之合計厚度為 80 μm 以上，漆包燒附層之厚度為 60 μm

以下，擠出被覆樹脂層之厚度為 $200\ \mu\text{m}$ 以下，且擠出被覆樹脂層之樹脂的熔點為 300°C 以上且 370°C 以下。藉由形成此種構成，本發明之抗變頻突波絕緣電線係導體與被覆導體之樹脂層的接著強度、漆包層與擠出被覆樹脂層等皮膜層間之接著強度、耐磨耗性、耐溶劑性及加工前後之電絕緣性維持特性均優異，部分放電起始電壓亦高，進一步可持續長時間維持優異之耐熱老化特性。

因此，本發明之抗變頻突波絕緣電線（以下簡稱為「絕緣電線」）適合作耐熱繞線用，例如，可用於變頻器相關設備、高速切換元件、變頻馬達、變壓器等電氣設備線圈，或宇宙用電氣設備、飛行器用電氣設備、核能用電氣設備、能源用電氣設備、汽車用電氣設備用之電磁線等。

【0021】 本發明中，導體具有矩形之剖面，漆包燒附層與擠出被覆樹脂層之合計厚度，係指於該剖面中設置在對向之一組 2 邊及另一組 2 邊之擠出被覆樹脂層及漆包層燒附層之合計厚度的至少一組。即，一種具有矩形剖面之抗變頻突波絕緣電線，於具有矩形剖面之導體之外緣，具有至少 1 層漆包燒附層、及該外側之至少 1 層擠出被覆樹脂層，於該剖面中設置在對向之一組 2 邊及另一組 2 邊之擠出被覆樹脂層及漆包層燒附層之合計厚度中，至少一組之合計厚度為 $80\ \mu\text{m}$ 以上，漆包燒附層之厚度為 $60\ \mu\text{m}$ 以下，擠出被覆樹脂層之厚度為 $200\ \mu\text{m}$ 以下，且擠出被覆樹脂層之樹脂的熔點為 300°C 以上且 370°C 以下。

【0022】 若於發生放電之一組 2 邊形成之擠出被覆樹脂層及漆包層燒附層的合計厚度為特定厚度，則形成於另一組 2 邊之合計厚度即便較特定厚度薄，亦可維持部分放電起始電壓，且亦可提高導體之總計剖面面積相對於馬達之槽內總剖面面積的比率（槽滿率）。因此，設置於一組 2 邊及另一組 2 邊之擠出被覆樹脂層及漆包層燒附層的合計厚度，發生放電之一組 2 邊、即至少一組為 $80\ \mu\text{m}$ 以上即可，較佳為一組 2 邊及另一組 2 邊均為 $80\ \mu\text{m}$

以上。

該合計厚度 2 邊可相同亦可不同，就相對於定子槽之佔有率的觀點而言，較佳為如下述般不同。即，於馬達等之定子槽內產生之部分放電，具有在槽與電線之間發生的情形、及在電線與電線之間發生的情形 2 種。因此，關於絕緣電線，藉由使用設置於平直面之擠出被覆樹脂層之厚度與設置於邊面之擠出被覆樹脂層之厚度不同的絕緣電線，可維持部分放電起始電壓之值，並且提高導體之總計剖面面積相對於馬達之槽內總剖面面積的比率（槽滿率）。

此處，所謂平直面，係指扁平線之剖面為矩形的對向之 2 邊中之長邊對，所謂邊面，係指對向之 2 邊中之短邊對。

【0023】 於槽內將邊面與平直面之厚度不同之電線排成 1 行時，槽與電線之間發生放電之情形，係以厚膜面對槽接觸之方式排列，相鄰電線間之膜厚係以薄者排列。膜厚薄之部分可插入更多根數，而槽滿率提高。又，此時，可維持部分放電起始電壓之值。同樣地，電線與電線之間容易發生放電之情形，係以膜厚之厚面作為與電線接觸之面，若使面向槽者薄，則不會超出必要地增大槽之大小，故而槽滿率提高。又，此時，可維持部分放電起始電壓之值。

於擠出被覆樹脂層之厚度為該剖面之一對對向之 2 邊與另一對對向之 2 邊不同的情形，將一對對向之 2 邊之厚度設為 1 時，另一對對向之 2 邊之厚度較佳為設為 1.01~5 之範圍，更佳為 1.01~3 之範圍。

【0024】 （導體）

作為本發明之絕緣電線中之導體，可使用習知絕緣電線中使用者，較佳為含氧量為 30ppm 以下之低氧銅，更佳為含氧量為 20ppm 以下之低氧銅或者無氧銅的導體。若含氧量為 30ppm 以下，則於為了焊接導體而以熱使之熔融的情形，焊接部分並不產生由於含氧而引起之孔隙，而可防止焊接

部分之電阻惡化，並且保持焊接部分之強度。

又，導體可使用其橫剖面為所需形狀者，就相對於定子槽之佔有率方面而言，較佳為具有圓形以外之形狀者，尤佳為扁平形狀者。進而，就抑制來自角部之部分放電方面而言，較理想為於 4 角設置有倒角（半徑 r ）之形狀。

【0025】 （漆包燒附層）

本發明之絕緣電線中之漆包燒附層（以下亦簡稱為「漆包層」）係由漆包樹脂形成至少 1 層，可為 1 層亦可為複數層。

再者，於本發明中，所謂 1 層，於將構成層之樹脂及含有之添加物完全相同之層積層的情形記為同一層，而對即便由相同樹脂構成，但添加物之種類或摻含量不同等構成層之組成物不同的情形進行計數作為層之數。

上述情況於漆包層以外之其他層中亦相同。

【0026】 作為形成漆包層之漆包樹脂，可使用習知使用者，例如可列舉：聚醯亞胺、聚醯胺醯亞胺、聚酯醯亞胺、聚醚醯亞胺、聚醯亞胺乙內醯脲改質聚酯、聚醯胺、縮甲醛、聚胺酯（urethane）、聚酯、聚乙烯縮甲醛、環氧樹脂、聚乙內醯脲。漆包樹脂較佳為耐熱性優異之聚醯亞胺、聚醯胺醯亞胺、聚酯醯亞胺、聚醚醯亞胺、聚醯亞胺乙內醯脲改質聚酯等聚醯亞胺系樹脂，其中較佳為聚醯胺醯亞胺、聚醯亞胺，尤佳為聚醯胺醯亞胺。關於漆包樹脂，可將該等單獨使用 1 種，又，可混合 2 種以上而使用。

本發明中，於漆包樹脂層以複數層積層之情形，較佳為於該等之層間使用相同樹脂，較佳為各層均由 1 種樹脂構成。本發明中，漆包層為 1 層之情形尤佳。

【0027】 關於漆包層之厚度，就即便進行厚壁化至可實現高部分放電起始電壓的程度，亦可減少形成漆包層時通過燒附爐之次數、以防止導體與漆包層之接著力極端降低的方面而言，為 $60\mu\text{m}$ 以下，較佳為 $50\mu\text{m}$ 以

下。又，爲了無損作爲絕緣電線之漆包線必要之特性、即耐電壓特性、耐熱特性，較佳爲漆包層具有某種程度之厚度。關於漆包層之厚度，只要爲不產生針孔（pinhole）之程度之厚度則並無特別限制，較佳爲 $3\mu\text{m}$ 以上，更佳爲 $6\mu\text{m}$ 以上，進而更佳爲 $30\mu\text{m}$ 以上。於該較佳實施態樣中，設置於一組 2 邊及另一組 2 邊之漆包層的厚度分別爲 $60\mu\text{m}$ 以下。

【0028】 關於該漆包層，可將含有上述漆包樹脂之樹脂清漆於導體上較佳爲複數次塗佈、燒附而形成。塗佈樹脂清漆之方法可爲常用方法，例如可列舉：使用設爲導體形狀之相似形之清漆塗佈用模嘴的方法，若導體剖面形狀爲四角形則使用形成爲井字形之稱爲「通用模嘴」之模嘴的方法。該等塗佈有樹脂清漆之導體係利用常用方法以燒附爐進行燒附。具體之燒附條件受其使用之爐之形狀等影響，若爲大約 5m 之自然對流式豎型爐，則可藉由在 $400\sim 500^{\circ}\text{C}$ 將通過時間設定爲 10~90 秒而達成。

【0029】 （擠出被覆樹脂層）

本發明之絕緣電線中之擠出被覆樹脂層係爲了獲得部分放電起始電壓高之絕緣電線，而於漆包層之外側設置至少 1 層，可爲 1 層亦可爲複數層。再者，於本發明中，具有複數層擠出被覆樹脂層之情形，各層間使用相同樹脂。即，由與最靠近漆包層側之擠出被覆樹脂層所含之樹脂相同的樹脂形成之層積層。此處，只要樹脂相同，則各層間樹脂以外之添加物之有無、種類、摻合量亦可不同。本發明中，擠出被覆樹脂層較佳爲 1 層或者 2 層，尤佳爲 1 層。

【0030】 擠出被覆樹脂層爲熱塑性樹脂之層，形成擠出被覆樹脂層之熱塑性樹脂爲可擠出成形之熱塑性樹脂，且就耐熱老化特性以及加工前後之電絕緣性維持特性、漆包層與擠出被覆樹脂層之接著強度及耐溶劑性優異方面而言，使用熔點爲 310°C 以上且 370°C 以下之熱塑性樹脂。熔點之下限較佳爲 330°C 以上，熔點之上限較佳爲 360°C 以下。熱塑性樹脂之熔點係

可利用示差掃描熱量分析（DSC）以後述方法進行測定。

關於該熱塑性樹脂，就可進一步提高部分放電起始電壓方面而言，相對介電常數較佳為 4.5 以下、更佳為 4.0 以下。此處，所謂相對介電常數，可利用市售之介電常數測定裝置進行測定。測定溫度、頻率係根據需要進行變更，但於本發明中，只要並無特別記載，則指於 25℃、50Hz 測定之值。

【0031】 作為形成擠出被覆樹脂層之熱塑性樹脂，例如可列舉：聚醚醚酮（PEEK）、改質聚醚醚酮（改質 PEEK）、熱塑性聚醯亞胺（PI）、具有芳香環之聚醯胺（稱為芳香族聚醯胺）、具有芳香環之聚酯（稱為芳香族聚酯）、聚酮（PK）等。該等之中，較佳為選自由聚醚醚酮、改質聚醚醚酮、熱塑性聚醯亞胺及芳香族聚醯胺組成之群中之至少 1 種熱塑性樹脂，尤佳為聚醚醚酮樹脂、改質聚醚醚酮樹脂。自該等熱塑性樹脂之中，使用熔點為 300℃ 以上、較佳為相對介電常數為 4.5 以下之熱塑性樹脂。熱塑性樹脂可單獨使用 1 種，亦可使用 2 種以上。再者，只要為至少熔點不偏離上述範圍之程度，則熱塑性樹脂亦可為摻雜有其他樹脂或彈性體等者。

本發明中，較佳為聚醚醚酮樹脂、改質聚醚醚酮樹脂，可將該等單獨使用亦可摻雜使用，較佳為單獨使用。

【0032】 擠出被覆樹脂層之厚度為 200 μm 以下，於實現發明效果方面，較佳為 180 μm 以下。若擠出被覆樹脂層之厚度過厚，則具有如下情況：無論後述之擠出被覆樹脂層之皮膜結晶化度的比率如何，將絕緣電線捲繞於鐵芯並進行加熱時，絕緣電線表面產生白色化之部位。如此，若擠出被覆樹脂層過厚，則由於擠出被覆樹脂層本身具有剛性，故而缺乏作為絕緣電線之可撓性，具有影響加工前後之電絕緣性維持特性之變化的情況。另一方面，就可防止絕緣不良方面而言，擠出被覆樹脂層之厚度較佳為 5 μm 以上，更佳為 15 μm 以上，進而更佳為 40 μm 。於該較佳之實施態樣中，設置於一組 2 邊及另一組 2 邊之擠出被覆樹脂層的厚度分別為 200 μm 以下。

【0033】 此處，於擠出被覆樹脂層之結晶化之比率（亦稱為皮膜結晶化度）為 50%以上的情形，未見絕緣性能之一即加工前後之電絕緣性維持特性的降低，尤其是捲繞於鐵芯進行加熱後亦可維持絕緣破壞電壓。因此，擠出被覆樹脂層就絕緣性能、尤其是可維持捲繞並加熱後之絕緣破壞電壓方面而言，皮膜結晶化度較佳為 50%以上，更佳為 60%以上，尤佳為 65%以上。擠出被覆樹脂層之皮膜結晶化度可使用示差掃描熱量分析（DSC）[例如，熱分析裝置「DSC-60」（島津製作所製造）]進行測定。

具體而言，採取 10mg 擠出被覆樹脂層之皮膜，以 5℃/min 之速度使之升溫。此時，算出由在超過 300℃之區域可見之熔解帶來之熱量（熔解熱量）、及由在 150℃周邊可見之結晶化帶來之熱量（結晶化熱量），並將相對於熔解熱量之自熔解熱量減去結晶化熱量而得之熱量差量作為皮膜結晶化度。將其計算式示於以下。

【0034】 式：皮膜結晶化度（%）=[（熔解熱量－結晶化熱量）／（熔解熱量）]×100

【0035】 擠出被覆樹脂層係可於形成於導體之漆包層，將上述熱塑性樹脂擠出成形而形成。擠出成形時之條件，例如擠出溫度條件係根據使用之熱塑性樹脂而適當設定。若要列舉一例較佳之擠出溫度，具體而言，為了形成適於擠出被覆之熔融黏度，而以較熔點高約 40℃～60℃之溫度設定擠出溫度。如此，若藉由擠出成形而形成擠出被覆樹脂層，則無需於製造步驟中，於形成被覆樹脂層時通過燒附爐，因此具有如下優點：不使導體之氧化被膜層之厚度增加，而可增加絕緣層即擠出被覆樹脂層之厚度。

於藉由擠出成形而形成擠出被覆樹脂層之情形，若將熱塑性樹脂於漆包層上擠出成形後空出 10 秒以上時間進行冷卻、例如進行水冷，或將熱塑性樹脂於漆包層上擠出成形後進行例如水冷直至約 250℃，繼而暴露於外部氣溫 2 秒以上，則可使擠出被覆樹脂層之皮膜結晶化度成為 50%以上，可

維持所需之絕緣破壞電壓。

【0036】（接著層）

接著層為熱塑性樹脂之層，熱塑性樹脂係只要為可使擠出被覆樹脂層熱熔合於漆包層之樹脂，則可使用任一樹脂。作為此種樹脂，具有清漆化之必要性，因此較佳為容易溶解於溶劑之非結晶性樹脂。進而，為了不降低作為絕緣電線之耐熱性，亦較佳為耐熱性優異之樹脂。若考慮該等情況，則作為較佳之熱塑性樹脂，例如可列舉：聚砒（PSU）、聚醚砒（PES）、聚醚醯亞胺（PEI）、聚苯砒（PPSU）等。該等之中，較佳為玻璃轉移溫度（ T_g ）超過 200°C 、耐熱性優異之非結晶性樹脂，即選自由聚醚醯亞胺、聚苯砒及聚醚砒組成之群中之至少 1 種熱塑性樹脂，更佳為與擠出被覆樹脂相溶性高之聚醚醯亞胺。

【0037】 接著層之厚度為 $2\sim 20\mu\text{m}$ ，更佳為 $3\sim 15\mu\text{m}$ ，更佳為 $3\sim 12\mu\text{m}$ ，尤佳為 $3\sim 10\mu\text{m}$ 。

又，接著層亦可為 2 層以上之積層構造，該情形時，各層之樹脂較佳為相互相同之樹脂。於本發明中，接著層較佳為 1 層。

【0038】 於擠出被覆樹脂層與漆包層之間之接著力不充分的情形，嚴苛之加工條件例如彎曲加工成小半徑之情形，具有於彎曲之圓弧內側產生擠出被覆樹脂層之皺褶的情形。若產生如上所述之皺褶，則漆包層與擠出被覆樹脂層之間產生空間，因此具有引起部分放電起始電壓降低之現象的情形。為了防止該部分放電起始電壓之降低，必需使彎曲之圓弧內側不產生皺褶，而於漆包層與擠出被覆樹脂層之間導入具有接著功能之層而進一步提高接著強度，藉此可高度地防止如上所述之皺褶產生。即，本發明之絕緣電線漆包層與擠出被覆樹脂層之接著强度高，因而發揮高部分放電起始電壓，藉由在漆包層與擠出被覆樹脂層之間設置接著層，可發揮更高之部分放電起始電壓，而有效地防止變頻突波劣化。又，藉由進一步提高漆

包層與擠出被覆樹脂層之接著強度，可解決加工時之層間剝離等問題。

【0039】 接著層係可將上述熱塑性樹脂燒附於形成於導體上之漆包層而形成。具有此種接著層之本發明之另一較佳實施態樣之絕緣電線，較佳可以下述方式製造：於漆包層之外緣燒附經清漆化之熱塑性樹脂而形成接著層，然後，於擠出被覆步驟中，將形成擠出被覆樹脂層的熱塑性樹脂擠出至接著層上使該等接觸，藉此，使漆包層與擠出被覆樹脂層熱熔合，其中，該熱塑性樹脂在高於接著層使用之樹脂的玻璃轉移溫度之溫度下會成為熔融狀態。

於該製造方法中，接著層、即為了使漆包層與擠出被覆樹脂層充分地熱熔合，擠出被覆步驟中之形成擠出被覆樹脂層之熱塑性樹脂的加熱溫度較佳為形成接著層之熱塑性樹脂之玻璃轉移溫度（ T_g ）以上，更佳為比 T_g 高 30°C 以上之溫度，尤佳為比 T_g 高 50°C 以上之溫度。此處，形成擠出被覆樹脂層之熱塑性樹脂的加熱溫度為模嘴部之溫度。

將形成接著層之熱塑性樹脂清漆化的溶劑，只要為可溶解選擇之熱塑性樹脂的溶劑，則可任意。

【0040】 於該較佳之實施態樣中，漆包層與擠出被覆樹脂層之合計厚度為 $80\mu\text{m}$ 以上。若合計厚度為 $50\mu\text{m}$ 以上，則絕緣電線之部分放電起始電壓（ V ）之峰值電壓（ V_p ）為 $1000V_p$ 以上，若合計厚度為 $80\mu\text{m}$ 以上，則絕緣電線之部分放電起始電壓（ V ）之峰值電壓（ V_p ）為 $1200V_p$ 以上，就防止變頻突波劣化之觀點而言較佳。該合計厚度就表現更高之部分放電起始電壓、可高度防止變頻突波劣化方面而言，尤佳為 $100\mu\text{m}$ 以上。於該較佳之實施態樣中，較佳為至少一組 2 邊之漆包層與擠出被覆樹脂層之合計厚度為 $80\mu\text{m}$ 以上，另一組 2 邊之漆包層與擠出被覆樹脂層之合計厚度為 $50\mu\text{m}$ 以上，其中較佳為設置於兩組 2 邊之漆包層與擠出被覆樹脂層之合計厚度均為 $80\mu\text{m}$ 以上的情形，更佳為至少一組 2 邊之上述合計厚度為

100 μm 以上之情形，尤佳為兩組 2 邊之上述合計厚度均為 100 μm 以上之情形。

再者，本發明中，絕緣電線之部分放電起始電壓 (V) 之峰值電壓 (V_p) 較佳為 1200~3200V_p。

【0041】 (部分放電起始電壓之測定)

絕緣電線之部分放電起始電壓之測定係使用部分放電試驗機 (例如菊水電子工業製造之部分放電試驗機「KPD2050」)，以下述方式進行測定。

首先，將剖面形狀為方形之絕緣電線製作使 2 根絕緣電線之為長邊之面彼此跨及長度 150mm 無間隙地密接而成的試樣。對該 2 根導體間連接電極，於溫度 25℃，一面施加 50Hz 之交流電壓一面連續地升壓，讀取產生 10pC 之部分放電時之電壓 (V) 作為峰值電壓 (V_p)。

【0042】 如此，若使漆包層之厚度為 60 μm 以下、使擠出被覆樹脂層之厚度為 200 μm 以下、且使漆包層與擠出被覆樹脂層之合計厚度為 80 μm 以上，則至少可滿足絕緣電線之部分放電起始電壓即變頻突波劣化之防止、導體與被覆其之樹脂層的接著強度、漆包層與擠出被覆樹脂層等皮膜層間之接著強度。再者，漆包層與擠出被覆樹脂層之合計厚度較佳為 260 μm 以下，考慮加工前後之電絕緣性維持特性，為了可順利地進行加工，更佳為 235 μm 以下。

【0043】 因此，該較佳之實施態樣中之絕緣電線係導體與漆包層等被覆層之接著強度及皮膜層間之接著強度均高。該等接著強度係例如可按與 JIS C 3003 漆包線試驗方法、8.密接性、8.1 b) 扭轉法相同之要領進行，並以直至產生漆包層之隆起為止之轉數進行評價。對剖面方形之扁平線亦可同樣地進行。於本發明中，將直至漆包層之隆起、或皮膜層間產生上層皮膜層之隆起為止之轉數為 15 圈以上者記作密接性良好者，該較佳之實施態樣中之絕緣電線為 15 圈以上之轉數。

【0044】 關於導體與被覆層（皮膜層）之接著強度及皮膜層間之接著強度，具體而言，以如下方式進行測定，該等之較佳接著強度如下所述。

【0045】 （與導體之接著強度）

將僅最靠近絕緣電線之導體之絕緣被覆層被部分剝離之電線試樣設置於拉伸試驗機（例如，島津製作所製造之拉伸試驗機「Autograph AG-X」），並以 4mm/min 之速度將擠出被覆樹脂層向上方剝離（180℃剝離）時，產生隆起之拉伸荷重即為接著強度。

產生隆起之拉伸荷重為 20g 以上且未達 40g 之情形較佳，40g 以上且未達 100g 之情形尤佳。

【0046】 （皮膜層間之接著強度）

將僅絕緣電線之擠出被覆樹脂層被部分剝離之電線試樣設置於拉伸試驗機（例如，島津製作所製造之拉伸試驗機「Autograph AG-X」），並以 4mm/min 之速度將擠出被覆樹脂層向上方剝離（180℃剝離）時，產生隆起之拉伸荷重即為接著強度。

產生隆起之拉伸荷重為 100g 以上且未達 400g 之情形較佳。

【0047】 於皮膜層間之接著強度為 400g 以上之情形，接著強度過強，因此具有如下情況：於 2 層中之一層發生氧化劣化或熱劣化而於皮膜產生龜裂之情形，另一層即便不發生劣化亦會與成為龜裂產生之原因之層一起出現龜裂。

【0048】 本發明之絕緣電線之耐熱老化特性優異。該耐熱老化特性係成為用以確保即便於高溫之環境下使用絕緣性能亦長時間不降低之可靠性的指標。尤佳為，300℃、168 小時熱處理後之絕緣破壞電壓與熱處理前之絕緣破壞電壓相比較而為 90%以上。

300℃熱處理後之絕緣破壞電壓可以如下方式測定。

【0049】 （300℃熱處理後絕緣破壞電壓測定）

將筆直狀片之絕緣電線切下 300mm，進行 300℃、168 小時加熱處理。加熱處理後，於中央部捲繞鋁箔，將 300mm 之一末端之被覆層剝離，並對末端剝離部位與鋁箔部之間通電。以 500V/min 進行升壓，將發生絕緣破壞之電壓作為「加熱後絕緣破壞電壓」，並以（「加熱後絕緣破壞電壓」／「加熱前絕緣破壞電壓」）×100 算出。

【0050】 再者，絕緣電線之耐熱老化特性方面，有將依據 JIS C 3003 漆包線試驗方法、7.可撓性捲繞而成者於 190℃ 高溫槽靜置 1000 小時，此後利用目視對漆包層或擠出被覆樹脂層有無產生龜裂進行評價的方法，本發明之絕緣電線即便於此評價中亦未產生龜裂。

【0051】 於本發明中，加工前後之電絕緣性維持特性亦優異。

加工前後之電絕緣性維持特性係以如下方式捲繞於鐵芯而測定加熱前後之絕緣破壞電壓並進行評價。

【0052】 （鐵芯捲繞、加熱後絕緣破壞電壓測定）

將加熱前後之電絕緣性維持特性以如下方式進行評價。

將絕緣電線捲繞於直徑 30mm 之鐵芯並於恆溫槽內使之升溫至 280℃，保持 30 分鐘。自恆溫槽取出後，直接以捲繞於鐵芯之狀態將鐵芯插入銅粒將被捲繞之一端接於電極，於 10kV 之電壓不發生絕緣破壞而可保持 1 分鐘之通電為較佳。

【0053】 本發明之絕緣電線係如上所述，選擇形成擠出被覆樹脂層之熱塑性樹脂，導體與被覆層或皮膜層間之接著強度高，因而近來絕緣電線要求之耐磨耗性及耐溶劑性亦優異。耐磨耗性為將絕緣電線加工成馬達等之情形時受損傷程度之指標，靜摩擦係數為插入定子槽中之容易程度。耐溶劑性係由於使用環境或組裝步驟之多樣化而被認為對絕緣電線是為必要。

【0054】 耐磨耗性係例如可於 25℃ 以與 JIS C 3003 漆包線試驗方法、

9.耐磨耗（圓線）相同之要領進行評價。於剖面方形之扁平線之情形係對四角的角進行。具體而言，使用 JIS C 3003 規定之磨耗試驗機，於一定荷重下使之向一個方向滑動直至皮膜剝離。讀取皮膜剝離之刻度，若該刻度值與使用之荷重之積為 2000g 以上，則可評價為非常優異。本發明之絕緣電線係上述刻度值與使用之荷重之積為 2000g 以上。

【0055】 耐溶劑性係例如可將依據 JIS C 3003 漆包線試驗方法、7.可撓性捲繞而成者於溶劑中浸漬 10 秒鐘後，以目視對漆包層或擠出被覆樹脂層之表面進行確認而進行。於本發明中，使用丙酮、二甲苯及苯乙烯之 3 種溶劑進行，溫度係以常溫及 150℃（將試樣加熱 150℃×30 分鐘後以熱之狀態浸漬於溶劑）2 個等級進行，若漆包層或者擠出被覆樹脂層之表面均無異常，則可評價為非常優異。本發明之絕緣電線係無論於丙酮、二甲苯或者苯乙烯中之任一溶劑，又，無論常溫及 150℃，漆包層及擠出被覆樹脂層之表面均未見異常。

【0056】（絕緣電線之製造方法）

絕緣電線之製造方法係如於各層說明。

即，於上述漆包燒附層之外周燒附經清漆化之樹脂而形成上述接著層，然後，將形成擠出被覆樹脂層的熱塑性樹脂擠出於該接著層而使該等接觸，使該擠出被覆樹脂隔著該接著層熱熔合於該漆包燒附層而形成該擠出被覆樹脂層，其中，該熱塑性樹脂在高於該接著層使用之樹脂的玻璃轉移溫度之溫度下會成為熔融狀態。

此處，本發明中，接著層並非藉由擠出加工進行被覆，而為塗佈經清漆化之樹脂而設置者。

[實施例]

【0057】 以下，基於實施例進而詳細地說明本發明，但本發明並不限定於該等。

【0058】（實施例 1）

準備 1.8×3.4mm(厚度×寬)且四角之倒角半徑 $r=0.3\text{mm}$ 之扁平導體(含氧量 15ppm 之銅)。形成漆包層時，使用與導體形狀相似形之模嘴，將聚醯胺醯亞胺樹脂 (PAI) 清漆 (日立化成股份有限公司製造、商品名：HI406) 塗佈於導體，並以燒附時間成為 15 秒之速度通過設定為 450°C 之爐長 8m 之燒附爐內，於該 1 次燒附步驟形成厚度 $5\mu\text{m}$ 之漆包。將此步驟重複進行 8 次，藉此形成厚度 $40\mu\text{m}$ 之漆包層而獲得漆包線。

繼而，使聚醚醯亞胺樹脂 (PEI) (薩比克創新塑膠有限公司製造、商品名：ULTEM 1010) 溶解於 N-甲基-2-吡咯烷酮 (NMP) 中製成 20 質量%溶液而獲得樹脂清漆，使用與導體形狀相似形之模嘴塗佈於上述漆包線，以燒附時間成為 15 秒之速度使之於設定為 450°C 之爐長 8m 的燒附爐內通過，藉由將其重複進行 1 次而形成厚度 $5\mu\text{m}$ 之接著層 (以 1 次燒附步驟形成之厚度為 $5\mu\text{m}$)，獲得厚度 $45\mu\text{m}$ 之附有接著層之漆包線。

【0059】 以獲得之附有接著層之漆包線作為心線，擠出機之螺桿係使用 30mm 全螺紋 (full flight)、 $L/D=20$ 、壓縮比 3。材料係使用聚醚醚酮 (PEEK) (首威專業聚合物製造、商品名：KetaSpire KT-820、相對介電常數 3.1)，擠出溫度條件係依據表 1 進行。C1、C2、C3 表示擠出機內之汽缸溫度，自樹脂投入側依序分別顯示 3 個區域之溫度。H 表示模頭部之溫度，D 表示模嘴部之溫度。再者，此時形成擠出被覆樹脂層之熱塑性樹脂之擠出溫度比於 D 地點 (400°C) 形成接著層的 PEI 之玻璃轉移溫度 (217°C) 高 183°C 。使用擠出模嘴進行 PEEK 之擠出被覆後，空出 10 秒之時間進行水冷，而於漆包層之外側形成厚度 $40\mu\text{m}$ 之擠出被覆樹脂層。以此方式，獲得合計厚度 (漆包層與擠出被覆樹脂層之厚度之合計) $80\mu\text{m}$ 之由 PEEK 擠出被覆漆包線構成之絕緣電線。

【0060】（實施例 2~18、及比較例 1~10 及 13）

將漆包層之樹脂、接著層之樹脂、擠出被覆樹脂層之樹脂的種類及厚度以如下表 2~6 所示般進行變更，除此以外，以與實施例 1 同樣之方式獲得各絕緣電線。再者，擠出溫度條件係依據表 1 進行。再者，於表 2~6，將擠出樹脂被覆層表示為「擠出被覆層」。

此處，於表 2~6 中，實施例 13 之漆包層係使用聚醯亞胺樹脂 (PI) 清漆 (由尼帝佳製造、商品名：U Imide)，實施例 9、10 及比較例 2 之接著層係使用聚苯砜樹脂 (PPSU) (首威專業聚合物製造、商品名：Radel R5800、玻璃轉移溫度 220℃)。又，擠出被覆樹脂層於實施例 14 使用改質聚醚醚酮樹脂 (改質 PEEK) (首威專業聚合物製造、商品名：AvaSpire AV-650、相對介電常數 3.1)，於比較例 10 使用聚苯硫醚樹脂 (PPS) (DIC 製造、商品名：FZ-2100、相對介電常數 3.4)。

【0061】 (擠出溫度條件)

將實施例及比較例中之擠出溫度條件示於下表 1。

於表 1 中，C1、C2、C3 係自材料投入側依序表示分開進行擠出機之汽缸部分之溫度控制的 3 區域。又，H 表示位於擠出機之汽缸背後之模頭。又，D 表示位於模頭頂端之模嘴。

【0062】 [表 1]

形成擠出被覆樹脂層之熱塑性樹脂		PEEK	改質 PEEK	PPS
擠出溫度條件	C1 (℃)	300	300	260
	C2 (℃)	380	380	300
	C3 (℃)	380	380	310
	H (℃)	390	390	320
	D (℃)	400	400	330

【0063】 (比較例 11 及 12)

漆包層之樹脂係使用實施例 1 中使用之聚醯胺醯亞胺樹脂 (PAI)，接著層之樹脂係使用苯氧樹脂，以與實施例 1 同樣之方式，獲得附有以下表 6 所示之厚度之接著層的漆包線。對擠出被覆樹脂層使用如下表 6 所示般不

同之樹脂，以接著層側為聚醚砜樹脂（PES）（住友化成股份有限公司製造、商品名：Sumikaexcel 4800G）、與接著層相反側為實施例 14 中使用之改質聚醚醚酮樹脂（改質 PEEK）或者比較例 10 中使用之聚苯硫醚樹脂（PPS）之方式形成擠出被覆樹脂層。再者，與實施例 1 有所不同，不進行使用擠出模嘴進行擠出被覆後之水冷。

【0064】 對以上述方式製造之實施例 1～18 及比較例 1～13 之絕緣電線進行以下評價。

【0065】 （熔點）

使用熱分析裝置「DSC-60」（島津製作所製造）使擠出被覆樹脂層 10mg 以 5℃/min 之速度升溫，讀取此時由在超過 250℃ 之區域可見之熔解帶來之熱量的峰值溫度作為熔點。再者，於存在複數個峰值溫度之情形，以更高溫之峰值溫度作為熔點。

【0066】 （鐵芯捲繞、加熱後絕緣破壞電壓測定）

以如下方式對加熱前後之電絕緣性維持特性進行評價。即，將絕緣電線捲繞於直徑 30mm 之鐵芯並於恆溫槽內使之升溫至 280℃，保持 30 分鐘。自恆溫槽取出後，直接以捲繞於鐵芯之狀態將鐵芯插入銅粒將被捲繞之一端接於電極，若於 10kV 之電壓不發生絕緣破壞而可保持 1 分鐘之通電，則記為合格。於表 2～6 中，以「○」表示合格，以「×」表示不合格。再者，將無法保持 1 分鐘 10kV 電壓之通電而發生絕緣破壞之情形記為不合格。於發生絕緣破壞之情形，電線缺乏可撓性或電線表面產生白化等變化，甚至亦有產生龜裂之情況。

【0067】 （與導體之接著強度）

首先，將僅最靠近絕緣電線之導體之絕緣被覆層被部分剝離的電線試樣設置於島津製作所製造之拉伸試驗機「Autograph AG-X」，以 4mm/min 之速度將擠出被覆樹脂層向上方剝離（180℃剝離）。

將此時讀取之拉伸荷重為 40g 以上且未達 100g 之情形，於表 2~6 中以「◎」表示，將 20g 以上且未達 40g 之情形以「○」表示，且將未達 20g 之情形以「x」表示。

【0068】（皮膜層間之接著強度）

首先，將僅絕緣電線之擠出被覆樹脂層被部分剝離的電線試樣設置於島津製作所製造之拉伸試驗機「Autograph AG-X」，以 4mm/min 之速度將擠出被覆樹脂層向上方剝離（180℃剝離）。

將此時讀取之拉伸荷重為 100g 以上且未達 400g 之情形，於表 2~6 中以「◎」表示，將 40g 以上且未達 100g 之情形以「○」表示，將未達 40g 之情形以「x」表示。

【0069】（部分放電起始電壓之測定）

測定絕緣電線之部分放電起始電壓時，使用菊水電子工業製造之部分放電試驗機「KPD2050」。將剖面形狀為方形之絕緣電線以使 2 根絕緣電線之成為長邊的面彼此跨及長度 150mm 無間隙地密接而成的試樣。對該 2 根導體間連接電極，於溫度 25℃，一面施加 50Hz 交流電壓一面連續升壓，對發生 10pC 之部分放電時之電壓（V）以峰值電壓（Vp）進行讀取。1200~3200Vp 為合格等級。

【0070】（300℃熱處理後絕緣破壞電壓測定）

將筆直狀片之絕緣電線切下 300mm，進行 300℃、168 小時加熱處理。加熱處理後，於中央部捲繞鋁箔，並將 300mm 之一末端之被覆層剝離，對末端剝離部位與鋁箔部之間通電。以 500V/min 進行升壓，並將發生絕緣破壞之電壓作為「加熱後絕緣破壞電壓」。以（「加熱後絕緣破壞電壓」／「加熱前絕緣破壞電壓」）×100 算出。將獲得之值為 90%以上且 100%以下之情形於表 2~6 中以「◎」表示，將 70%以上且未達 90%之情形以「○」表示，將 30%以上且未達 70%之情形以「△」表示，將未達 30%之情形以「x」

表示。

【0071】（綜合評價）

綜合評價係以是否可應用於要求可持續更長時間維持優異之耐熱老化特性的近年之電氣設備為基準。即，鐵芯捲繞、加熱後絕緣破壞電壓、與導體之接著強度及皮膜間之接著強度均為「○」，且 300℃耐熱特性之評價為「◎」之情形，綜合評價為「○」，此外之情形之綜合評價為「×」。

將該等之結果匯總示於下表 2~6。

【0072】 [表 2]

	要求值	實施例 1	實施例 2	實施例 3	實施例 4	實施例 5	實施例 6
漆包層 接著層 擠出被覆層 漆包層 + 擠出被覆層 合計厚度 總厚度	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)
	2~20μm	PEI (厚度 5μm)	PEI (厚度 6μm)	PEI (厚度 5μm)	PEI (厚度 5μm)	PEI (厚度 6μm)	PEI (厚度 9μm)
	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)
	80μm 以上	80μm	85μm	92μm	105μm	120μm	128μm
		85μm	91μm	97μm	110μm	126μm	137μm
擠出被覆樹脂層之樹脂之熔點 鐵芯捲繞、加熱後 絕緣破壞電壓評價 電線與導體之接著強度 特性皮膜間之接著強度 部分放電起始電壓 300℃耐熱特性	300~370℃	343℃	343℃	343℃	343℃	343℃	343℃
	○	○	○	○	○	○	○
	○	◎	◎	◎	◎	◎	◎
	○	◎	◎	◎	◎	◎	◎
	1200~3200Vp	1350Vp	1400Vp	1420Vp	1600Vp	1750Vp	1870Vp
綜合評價	◎	◎	◎	◎	◎	◎	◎
	○	○	○	○	○	○	○

【0073】 [表 3]

		要求值	實施例 7	實施例 8	實施例 9	實施例 10	實施例 11	實施例 12
	漆包層	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)
	接著層	2~20μm	PEI (厚度 7μm)	PEI (厚度 8μm)	PPSU (厚度 9μm)	PPSU (厚度 10μm)	PEI (厚度 6μm)	PEI (厚度 11μm)
	擠出被覆層	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)
	漆包層 + 擠出被覆層 合計厚度	80μm 以上	136μm	133μm	156μm	182μm	187μm	184μm
	總厚度		143μm	141μm	165μm	192μm	193μm	195μm
擠出被覆樹脂層之樹脂之熔點			343℃	343℃	343℃	343℃	343℃	343℃
電 線 特 性	鐵芯捲繞、加熱後 絕緣破壞電壓評價	○	○	○	○	○	○	○
	與導體之接著強度	○	◎	◎	◎	◎	◎	◎
	皮膜間之接著強度	○	◎	◎	◎	◎	◎	◎
	部分放電起始電壓	1200~3200Vp	1910Vp	1900Vp	2150Vp	2520Vp	2500Vp	2450Vp
	300℃耐熱特性	◎	◎	◎	◎	◎	◎	◎
綜合評價			○	○	○	○	○	○

【0074】 [表 4]

		要求值	實施例 13	實施例 14	實施例 15	實施例 16	實施例 17	實施例 18
電線特性	漆包層	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)
	接著層	2~20μm	PEI (厚度 9μm)	PEI (厚度 7μm)	PEI (厚度 10μm)	PEI (厚度 6μm)	PEI (厚度 7μm)	PEI (厚度 6μm)
	擠出被覆層	200μm 以下	PEEK (厚度 154μm)	改質 PEEK (厚度 149μm)	PEEK (厚度 171μm)	PEEK (厚度 198μm)	PEEK (厚度 198μm)	PEEK (厚度 181μm)
	漆包層 + 擠出被覆層 合計厚度	80μm 以上	186μm	184μm	201μm	208μm	233μm	241μm
	總厚度		195μm	191μm	211μm	214μm	240μm	247μm
擠出被覆樹脂層之樹脂之熔點			343℃	343℃	343℃	343℃	343℃	343℃
電線特性	鐵芯捲繞、加熱後 絕緣破壞電壓評價	○	○	○	○	○	○	○
	與導體之接著強度	○	◎	◎	◎	◎	◎	◎
	皮膜間之接著強度	○	◎	◎	◎	◎	◎	◎
	部分放電起始電壓	1200~3200Vp	2500Vp	2400Vp	2620Vp	2400Vp	3050Vp	3120Vp
	300℃ 耐熱特性	◎	◎	◎	◎	◎	◎	◎
綜合評價			○	○	○	○	○	○

【0075】 [表 5]

	要求值	比較例 1	比較例 2	比較例 3	比較例 4	比較例 5	比較例 6	比較例 7
漆包層	60μm 以下	PAI (厚度 45μm)	—	—	PAI (厚度 38μm)	PAI (厚度 15μm)	PAI (厚度 40μm)	PAI (厚度 65μm)
接著層	2~20μm	—	PPSU (厚度 10μm)	—	PEI (厚度 10μm)	PEI (厚度 6μm)	PEI (厚度 6μm)	PEI (厚度 10μm)
擠出被覆層	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)
漆包層 + 擠出被覆層 合計厚度	80μm 以上	147μm	145μm	171μm	38μm	57μm	60μm	156μm
總厚度		147μm	155μm	171μm	48μm	63μm	66μm	166μm
擠出被覆樹脂層之樹脂之熔點	300~370℃	343℃	343℃	343℃	—	343℃	343℃	343℃
電 線	○	○	×	○	○	○	○	○
絕緣破壞電壓評價	○	◎	×	◎	◎	◎	◎	×
與導體之接著強度	○	×	◎	—	◎	◎	◎	◎
皮膜間之接著強度	1200~3200Vp	1950Vp	2050Vp	2220Vp	950Vp	1000Vp	1020Vp	2140Vp
部分放電起始電壓	◎	◎	◎	×	×	◎	◎	◎
300℃耐熱特性	○	×	×	×	×	×	×	×
綜合評價								

【0076】 [表 6]

	要求值	比較例 8	比較例 9	比較例 10	比較例 11	比較例 12	比較例 13
漆包層 接著層 擠出被覆層 漆包層 + 擠出被覆層 合計厚度 總厚度	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)
	2~20μm	PEI (厚度 5μm)	PEI (厚度 7μm)	PEI (厚度 10μm)	苯氧樹脂 (厚度 5μm)	苯氧樹脂 (厚度 5μm)	—
	200μm 以下	PEEK (厚度 173μm)	PEEK (厚度 220μm)	PPS (厚度 121μm)	PES (50μm) + 改質 PEEK (50μm)	PES (50μm) + PPS (50μm)	PEEK (厚度 75μm)
	80μm 以上	243μm	255μm	156μm	140μm	140μm	100μm
		248μm	262μm	166μm	145μm	145μm	100μm
擠出被覆樹脂層之樹脂之熔點 鐵芯捲繞、加熱後 絕緣破壞電壓評價 電線 與導體之接著強度 特性 皮膜間之接著強度 部分放電起始電壓 300℃耐熱特性	300~370℃	343℃	343℃	278℃	340℃	278℃	343℃
	○	○	×	○	○	○	○
	○	×	◎	◎	◎	◎	◎
	○	◎	◎	○	×	×	×
	1200~3200Vp	3100Vp	3180Vp	2150Vp	1800Vp	1800Vp	1540Vp
綜合評價	◎	◎	◎	×	◎	×	◎
	○	×	×	×	×	×	×

【0077】 根據上述表 2~6 可明確，若具有厚度 $2\sim 20\mu\text{m}$ 之接著層，且漆包燒附層與擠出被覆樹脂層之合計厚度為 $80\mu\text{m}$ 以上，漆包燒附層之厚度為 $60\mu\text{m}$ 以下，上述擠出被覆樹脂層之厚度為 $200\mu\text{m}$ 以下，擠出被覆樹脂層之樹脂之熔點為 300°C 以上且 370°C 以下，則加工前後之電絕緣性維持特性即加熱前後之絕緣破壞電壓評價優異，導體與被覆層之接著強度及皮膜層間之接著強度強，部分放電起始電壓亦高，進而耐磨耗性及耐溶劑性均優異，此外，因 300°C 耐熱特性而可持續長時間維持優異之耐熱老化特性。

【0078】 具體而言，根據實施例 1~18 與比較例 1~4、13 之比較，可知漆包燒附層、接著層及擠出被覆樹脂層均必需具有。尤其於如比較例 3 般僅為擠出被覆樹脂層、或如比較例 4 般未設置擠出被覆樹脂層之情形， 300°C 耐熱特性差，如比較例 1、13 般無接著層之情形，皮膜層間之接著強度差。又，若如比較例 2 般無漆包層、或如比較例 8 般漆包層之厚度厚，則與導體之接著強度差。相反地，如比較例 9 般若擠出被覆樹脂層超過 $200\mu\text{m}$ ，則鐵芯捲繞、加熱後絕緣破壞電壓評價差，如比較例 7 般若漆包層之厚度厚，則導體與被覆層之接著強度差。

進而，如比較例 5、6 般，若漆包層與擠出被覆樹脂層之合計厚度未達 $80\mu\text{m}$ ，則部分放電起始電壓降低。

又，若形成擠出被覆樹脂層之樹脂使用熔點為 300°C 以上之熱塑性樹脂，則可持續長時間滿足耐熱老化特性，另一方面，若使用熔點未達 300°C 之熱塑性樹脂，則如比較例 10 及 12 般 300°C 之耐熱特性較差。又，比較例 11 及 12 中，皮膜層間之接著強度差。可認為其原因主要在於：由於擠出被覆樹脂層為由不同樹脂形成之 2 層之積層構造，故而尤其是該擠出被覆樹脂層間之接著強度差。

【0079】 再者，利用實施例 1~18 中之擠出被覆樹脂層的上述測定方

法獲得之皮膜結晶化度均為 50%以上。實施例中，實施例 10 為 62%，實施例 12 為 65%，實施例 13 為 71%。又，確認實施例 1～18 之各絕緣電線滿足上述之耐磨耗性及耐溶劑性。

【0080】 已將本發明與其實施態樣一併加以說明，但只要本發明未特別指定，則即使在說明本發明之任一細部中，皆非用以限定本發明，只要在不違反本案申請專利範圍所示之發明其精神與範圍下，應作最大範圍的解釋。

【0081】 本申請案係主張基於 2012 年 11 月 30 日在日本提出專利申請之特願 2012-263749 之優先權者，本案係參照此申請案並將其內容加入作為本說明書記載之一部分。

【符號說明】

無。

申請專利範圍

1. 一種抗變頻突波絕緣電線，其於具有矩形剖面之導體的外緣具有至少 1 層漆包燒附層、及該外側之至少 1 層擠出被覆樹脂層，該漆包燒附層與該擠出被覆樹脂層之間具有厚度 $2\sim 20\mu\text{m}$ 之接著層，該接著層上之擠出被覆層均由相同樹脂構成，抗變頻突波絕緣電線之剖面中該漆包燒附層與該擠出被覆樹脂層的剖面形狀為矩形，剖面圖中包圍該導體之該漆包燒附層與該擠出被覆樹脂層形成之該矩形之剖面形狀中，相對於該導體而上下或者左右對向之 2 對 2 邊中，至少 1 對之 2 邊均為該漆包燒附層與該擠出被覆樹脂層的合計厚度為 $80\mu\text{m}$ 以上，該漆包燒附層之厚度為 $60\mu\text{m}$ 以下，該擠出被覆樹脂層之厚度為 $200\mu\text{m}$ 以下，該擠出被覆樹脂層之樹脂的熔點為 300°C 以上且 370°C 以下。
2. 如申請專利範圍第 1 項之抗變頻突波絕緣電線，其中，該擠出被覆層為 1 層。
3. 如申請專利範圍第 1 或 2 項之抗變頻突波絕緣電線，其中，該抗變頻突波絕緣電線於 300°C 、168 小時熱處理後之絕緣破壞電壓與熱處理前之絕緣破壞電壓相比較而為 90% 以上。
4. 如申請專利範圍第 1 或 2 項之抗變頻突波絕緣電線，其中，該抗變頻突波絕緣電線之皮膜層間的接著強度為 100g 以上且未達 400g。
5. 如申請專利範圍第 1 或 2 項之抗變頻突波絕緣電線，其中，該擠出被覆樹脂層為選自由聚醚醚酮、改質聚醚醚酮、熱塑性聚醯亞胺及芳香族聚醯胺組成之群中之至少 1 種熱塑性樹脂的層。
6. 如申請專利範圍第 1 或 2 項之抗變頻突波絕緣電線，其中，該接著層為選自由聚醚醯亞胺、聚苯砜及聚醚砜組成之群中之至少 1 種熱塑性樹脂的層。
7. 如申請專利範圍第 1 或 2 項之抗變頻突波絕緣電線，其中，該抗變頻

突波絕緣電線之部分放電起始電壓的峰值電壓為 1200V_p 以上且 3200V_p 以下。

8. 一種抗變頻突波絕緣電線之製造方法，用以製造申請專利範圍第 1 至 7 項中任一項之抗變頻突波絕緣電線，該方法係於該漆包燒附層之外緣燒附經清漆化之樹脂而形成該接著層，然後，將形成擠出被覆樹脂層的熱塑性樹脂擠出至該接著層而使該等接觸，使該擠出被覆樹脂隔著該接著層熱熔合於該漆包燒附層而形成該擠出被覆樹脂層，其中該熱塑性樹脂在高於該接著層使用之樹脂的玻璃轉移溫度之溫度下會成為熔融狀態。