



(19) 대한민국특허청(KR)
(12) 공개특허공보(A)

(11) 공개번호 10-2024-0128811
(43) 공개일자 2024년08월27일

- (51) 국제특허분류(Int. Cl.)
H01B 3/44 (2006.01) C08L 23/10 (2006.01)
C08L 25/04 (2006.01) H01B 1/24 (2006.01)
H01B 7/02 (2006.01) H01B 9/02 (2006.01)
- (52) CPC특허분류
H01B 3/44 (2013.01)
C08L 23/10 (2013.01)
- (21) 출원번호 10-2024-7003186
- (22) 출원일자(국제) 2022년12월15일
심사청구일자 없음
- (85) 번역문제출일자 2024년01월26일
- (86) 국제출원번호 PCT/JP2022/046229
- (87) 국제공개번호 WO 2023/120374
국제공개일자 2023년06월29일
- (30) 우선권주장
JP-P-2021-209527 2021년12월23일 일본(JP)

- (71) 출원인
후루카와 덴키 고교 가부시키키가이샤
일본국 도쿄도 치요다쿠 오테마치 2초메 6반 4고
- (72) 발명자
미즈기 신고
일본국 도쿄도 1008322 치요다쿠 오테마치 2초메 6반 4고 후루카와 덴키 고교 가부시키키가이샤 내
미에다 테츠야
일본국 도쿄도 1008322 치요다쿠 오테마치 2초메 6반 4고 후루카와 덴키 고교 가부시키키가이샤 내
- (74) 대리인
특허법인(유한) 대아

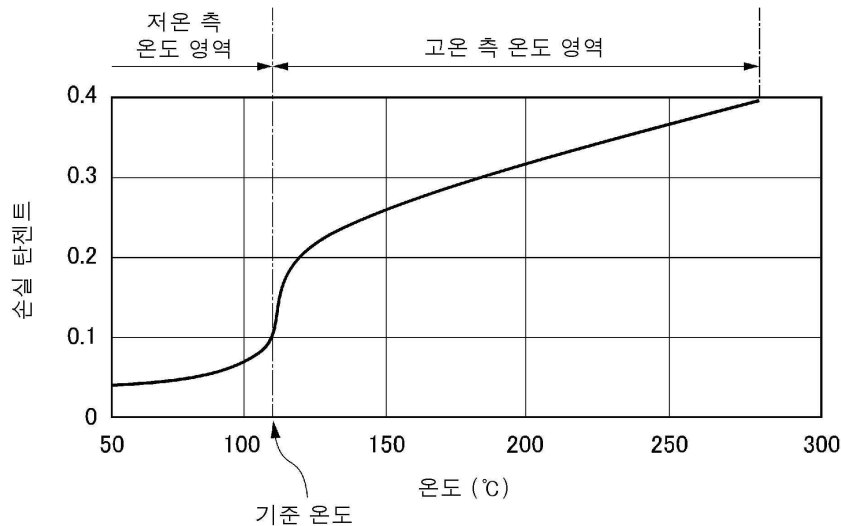
전체 청구항 수 : 총 17 항

(54) 발명의 명칭 전력 케이블용 절연성 수지 조성물, 전력 케이블 및 전력 케이블 접속부

(57) 요약

전력 케이블용 절연성 수지 조성물은 프로필렌계 중합체인 폴리프로필렌 수지 (A)와, 스티렌계 열가소성 엘라스토머 (B)를 함유하고, 주파수 100rad/s의 동적 점탄성 측정으로 얻어지는 손실 탄젠트($\tan \delta$)의 온도 특성 곡선은 손실 탄젠트($\tan \delta$)가 0.1 이상 0.4 이하인 고온 측 온도 영역과, 손실 탄젠트($\tan \delta$)가 0.1 미만인 저온 측 온도 영역을 가지며, 상기 고온 측 온도 영역의 최고 온도는 240°C 이상이다.

대표도 - 도1



(52) CPC특허분류

C08L 25/04 (2013.01)

H01B 1/24 (2013.01)

H01B 7/0291 (2013.01)

H01B 9/02 (2013.01)

명세서

청구범위

청구항 1

프로필렌계 중합체인 폴리프로필렌 수지 (A)와, 스티렌계 열가소성 엘라스토머 (B)를 함유하고, 주파수 100rad/s의 동적 점탄성 측정으로 얻어지는 손실 탄젠트($\tan \delta$)의 온도 특성 곡선은 손실 탄젠트($\tan \delta$)가 0.1 이상 0.4 이하인 고온 측 온도 영역과, 손실 탄젠트($\tan \delta$)가 0.1 미만인 저온 측 온도 영역을 가지며, 상기 고온 측 온도 영역의 최고 온도는 240℃ 이상인, 전력 케이블용 절연성 수지 조성물.

청구항 2

제1항에 있어서, 상기 고온 측 온도 영역의 최저 온도는 90℃ 이상 175℃ 이하인, 전력 케이블용 절연성 수지 조성물.

청구항 3

제1항 또는 제2항에 있어서, 상기 고온 측 온도 영역의 최저 온도는 90℃ 이상 150℃ 이하인, 전력 케이블용 절연성 수지 조성물.

청구항 4

제1항 내지 제3항 중 어느 한 항에 있어서, 상기 고온 측 온도 영역에 있어서, 손실 탄젠트($\tan \delta$)가 0.1 이상 0.3 이하인 범위에서의 최고 온도는 160℃ 이상인, 전력 케이블용 절연성 수지 조성물.

청구항 5

제1항 내지 제4항 중 어느 한 항에 있어서, 상기 손실 탄젠트($\tan \delta$)의 온도 특성 곡선에 있어서, 90℃에서의 손실 탄젠트($\tan \delta$)는 0.1 미만인, 전력 케이블용 절연성 수지 조성물.

청구항 6

제1항 내지 제5항 중 어느 한 항에 있어서, 상기 폴리프로필렌 수지 (A) 및 상기 스티렌계 열가소성 엘라스토머 (B)의 함유비는 상기 폴리프로필렌 수지 (A):상기 스티렌계 열가소성 엘라스토머 (B)의 질량%로, 20.0 이상 55.0 이하:45.0 이상 80.0 이하인, 전력 케이블용 절연성 수지 조성물.

청구항 7

제1항 내지 제6항 중 어느 한 항에 있어서, 상기 전력 케이블용 절연성 수지 조성물에 포함되는 스티렌의 함유 비율은 10질량% 이상 30질량% 이하인, 전력 케이블용 절연성 수지 조성물.

청구항 8

제1항 내지 제7항 중 어느 한 항에 있어서, 상기 스티렌계 열가소성 엘라스토머 (B)는 스티렌에서 유래하는 구성 단위를 포함하고, 또한, 에틸렌에서 유래하는 구성 단위 및 탄소수 3 이상 30 이하의 α -올레핀에서 유래하는 구성 단위 중 적어도 한쪽 구성 단위를 포함하는, 전력 케이블용 절연성 수지 조성물.

청구항 9

제1항 내지 제8항 중 어느 한 항에 있어서,

상기 스티렌계 열가소성 엘라스토머 (B)를 구성하는, 스티렌에서 유래하는 구성 단위, 에틸렌에서 유래하는 구성 단위 및 탄소수 3 이상 30 이하의 α -올레핀에서 유래하는 구성 단위의 합계를 100질량%로 하였을 때, 상기 스티렌에서 유래하는 구성 단위는 10.0질량% 이상 60.0질량% 이하이고, 상기 에틸렌에서 유래하는 구성 단위는 20.0질량% 이상 70.0질량% 이하인, 전력 케이블용 절연성 수지 조성물.

청구항 10

제1항 내지 제9항 중 어느 한 항에 있어서,

상기 폴리프로필렌 수지 (A)는 호모 폴리프로필렌인, 전력 케이블용 절연성 수지 조성물.

청구항 11

제1항 내지 제9항 중 어느 한 항에 있어서,

상기 폴리프로필렌 수지 (A)는 에틸렌에서 유래하는 구성 단위와 탄소수 3 이상 30 이하의 α -올레핀에서 유래하는 구성 단위를 포함하는 랜덤 폴리프로필렌인, 전력 케이블용 절연성 수지 조성물.

청구항 12

제1항 내지 제9항 중 어느 한 항에 있어서,

상기 폴리프로필렌 수지 (A)는 호모 폴리프로필렌과 에틸렌에서 유래하는 구성 단위와, 탄소수 3 이상 30 이하의 α -올레핀에서 유래하는 구성 단위를 포함하는 블록 폴리프로필렌인, 전력 케이블용 절연성 수지 조성물.

청구항 13

제1항 내지 제12항 중 어느 한 항에 있어서,

상기 전력 케이블용 절연성 수지 조성물은 상기 폴리프로필렌 수지 (A)와 상기 스티렌계 열가소성 엘라스토머 (B)로 이루어지는, 전력 케이블용 절연성 수지 조성물.

청구항 14

제1항 내지 제13항 중 어느 한 항에 있어서,

90℃에서 30kV/mm의 교류 전계를 인가하였을 때의 유전 탄젠트는 0.15% 이하인, 전력 케이블용 절연성 수지 조성물.

청구항 15

제1항 내지 제14항 중 어느 한 항에 있어서,

초기 전하량(Q0)에 대한, 90℃에서 30kV/mm의 직류 전계를 인가하였을 때의, 5분 후의 전하량(Q300)의 비 (Q300/Q0)는 2.00 이하인, 전력 케이블용 절연성 수지 조성물.

청구항 16

도체와,

상기 도체의 외주를 피복하는 내부 반도체층과,

상기 내부 반도체층의 외주를 피복하는 제1항 내지 제15항 중 어느 하나에 기재된 전력 케이블용 절연성 수지 조성물로 이루어지는 절연층과,

상기 절연층의 외주를 피복하는 외부 반도체층

을 구비하는, 전력 케이블.

청구항 17

한쪽 전력 케이블의 도체와 다른 한쪽 전력 케이블의 도체를 접속하는 접속부, 상기 한쪽 전력 케이블의 도체의 노출 부분 및 상기 다른 한쪽 전력 케이블의 도체의 노출 부분을 피복하는 접속부 내부 반도체층과,
 상기 접속부 내부 반도체층의 외주를 피복하는, 제1항 내지 제15항 중 어느 하나에 기재된 전력 케이블용 절연성 수지 조성물로 이루어지는 접속부 절연층과,
 상기 접속부 절연층의 외주를 피복하는 접속부 외부 반도체층을 구비하는, 전력 케이블 접속부.

발명의 설명

기술 분야

[0001] 본 개시는 전력 케이블용 절연성 수지 조성물, 전력 케이블 및 전력 케이블 접속부에 관한 것이다.

배경 기술

[0002] 종래, 직류 전력 케이블 및 교류 전력 케이블(이하, 특별히 명기하지 않는 한, 직류 전력 케이블 및 교류 전력 케이블을 모두 전력 케이블이라 함)의 절연층에는 가교 폴리에틸렌으로 이루어진 조성을 갖는 재료가 사용되어 왔다.

[0003] 폴리에틸렌을 전력 케이블의 절연층에 사용할 경우, 전력 케이블의 도체로부터 발하는 열에 의해 절연층이 파괴되는 경우가 있다. 이러한 열에 의한 파괴를 억제하기 위하여, 폴리에틸렌을 가교하는 것이 실시되고 있다. 한편, 폴리에틸렌을 가교하면, 절연층의 리사이클성 저하, 가교 프로세스를 추가함에 따른 제조 시간의 대폭적 증가, 가교 잔사에 의한 절연층의 전기 절연성 저하 등의 문제가 일어나는 경우가 있다.

[0004] 이러한 문제에 대처하기 위하여, 가교 폴리에틸렌 대신 폴리프로필렌을 이용한 조성 개발이 검토중이다. 폴리에틸렌에 비하여, 폴리프로필렌의 용점은 높기 때문에, 폴리프로필렌을 가교시키지 않아도, 전력 케이블의 도체로부터 발하는 열에 의한 절연층 파괴는 억제된다.

[0005] 그러나, 폴리프로필렌은 수지 중에서는 비교적 부드럽기는 하지만, 폴리에틸렌보다 딱딱하다. 폴리프로필렌을 절연층에 이용한 전력 케이블은 용이하게 굽히는 것이 어려워지기 때문에, 가교 폴리에틸렌에 비하여, 전력 케이블의 시공성이나 수송성 등의 특성이 떨어지는 경우가 있다. 또한, 가교 폴리에틸렌과 마찬가지로, 폴리프로필렌의 고온에서의 전기 절연성은 낮다. 폴리프로필렌의 전기 절연성을 향상시키기 위하여, 첨가제를 더하는 것이나 폴리프로필렌을 변성시키는 것 등의 조성 개발이 검토중이다. 이러한 상황에서, 폴리프로필렌에 대해서 유연성 및 전기 절연성을 향상시키기 위한 조성 개발이 활발하게 실시되고 있다.

[0006] 예를 들면, 자동차 용도 등, 일반적으로 실시되고 있는 것은 폴리프로필렌에 대해서, 연화제로서 에틸렌프로필렌 고무(EPR) 또는 에틸렌과 α -올레핀과의 공중합체인 올레핀계 엘라스토머(TPO)를 더하는 수법이다. 그러나, 폴리프로필렌과 EPR 또는 TPO와는 매우 섞이기 어렵기 때문에, 2축 압출 혼련과 같이 충분히 혼련 해도, 나노 오더에서의 입자간 계면에 의해 전기 절연 성능 악화가 발생하는 경우가 있다.

[0007] 또한, 폴리프로필렌과 EPR 또는 TPO를 섞이기 쉽게 하기 위하여, 미량의 에폭시 수지, 방향족 화합물을 함유하는 절연유, 파라핀 등의 첨가제를 더하는 수법이 이루어지고 있다. 그러나, 첨가제의 수지 성분과 대한 함침 시간이 짧지 않은 것, 유분(油分) 첨가에 의해 블리드 아웃이 발생하여, 장기적으로도 충분한 특성을 얻지 못하는 것 등, 새로운 문제가 발생하는 경우가 있다. 또한, 힌더드페놀 산화 방지제나 아릴아민형 산화 방지제 등, 유향을 포함하지 않는 산화 방지제를 첨가하는 수법도 있다. 그러나, 이러한 산화 방지제는 액상 또는 분상(粉狀)이기 때문에, 분산성이 나쁘므로, 수지 성분과 충분히 섞이지 않는 경우가 있다.

[0008] 또한, EPR 및 TPO는 90℃ 이상에서 연화한다. 폴리프로필렌은 135~175℃에서 용융하기 때문에, 전력 케이블의 압출 성형 후에, 수지가 자체 무게로 처지는 이른바 새그(sag)가 생기고, 나아가서는 탈락할 가능성이 높다.

[0009] 나아가서는, EPR 및 TPO를 혼련한 폴리프로필렌 조성은 열이 가해지는 등, 분자 변동에 의한 열 변형을 일으키기 쉽다. 그 때문에, 전력 케이블의 사용 환경 온도에 따라서는, 장기 경과 후에 전력 케이블이 변형되어, 갑자기 전기 절연성 저하를 일으킬 가능성이 높다.

[0010] 또한, 특허문헌 1에는, 스티렌에서 유래하는 구성 단위를 포함하는 스티렌 블록과, 에틸렌에서 유래하는 구성 단위를 포함하는 에틸렌 블록을 포함한 공중합체를 갖는 수지 성분을 함유하고, 수지 성분을 구성하는 전체 구성 단위에 대한 스티렌에서 유래하는 구성 단위의 함유 비율이 1.1몰% 이상 40몰% 이하인 전선·케이블용 수지 조성물이 기재되어 있다. 공중합체로는, 스티렌/에틸렌·프로필렌/스티렌 블록 공중합체나 스티렌/에틸렌·에틸렌·프로필렌·스티렌 블록 공중합체 등을 들 수 있다. 또한, 공중합체는 스티렌 블록 및 에틸렌 블록 이외에, 프로필렌 등의 올레핀을 가질 수 있다.

[0011] 그러나, 스티렌에서 유래하는 구성 단위의 함유 비율을 규정하고 있는 특허문헌 1의 전선·케이블용 수지 조성물에서는, 가요성이 불충분하기 때문에, 전력 케이블의 유연성이 부족한 경우가 있다. 나아가서는, 특허문헌 1의 전선·케이블용 수지 조성물에서는, 전력 케이블에 새그 등의 불편을 발생시키는 경우가 있다.

선행기술문헌

특허문헌

[0012] (특허문헌 0001) 일본 공개특허공보 특개2018-035237호

발명의 내용

해결하려는 과제

[0013] 본 개시의 목적은 가교 공정을 실시하지 않아도, 가요성 및 전기 절연성이 뛰어나, 열 변형 및 새그를 억제할 수 있는 전력 케이블용 절연성 수지 조성물, 전력 케이블 및 전력 케이블 접속부를 제공하는 것이다.

과제의 해결 수단

[0014] [1] 프로필렌계 중합체인 폴리프로필렌 수지 (A)와, 스티렌계 열가소성 엘라스토머 (B)를 함유하고, 주파수 100rad/s의 동적 점탄성 측정으로 얻어지는 손실 탄젠트($\tan \delta$)의 온도 특성 곡선은 손실 탄젠트($\tan \delta$)가 0.1 이상 0.4 이하인 고온 측 온도 영역과, 손실 탄젠트($\tan \delta$)가 0.1 미만인 저온 측 온도 영역을 가지며, 상기 고온 측 온도 영역의 최고 온도는 240℃ 이상인, 전력 케이블용 절연성 수지 조성물.

[0015] [2] 상기 고온 측 온도 영역의 최저 온도는 90℃ 이상 175℃ 이하인, 상기 [1]에 기재된 전력 케이블용 절연성 수지 조성물.

[0016] [3] 상기 고온 측 온도 영역의 최저 온도는 90℃ 이상 150℃ 이하인, 상기 [1] 또는 [2]에 기재된 전력 케이블용 절연성 수지 조성물.

[0017] [4] 상기 고온 측 온도 영역에 있어서, 손실 탄젠트($\tan \delta$)가 0.1 이상 0.3 이하인 범위에서의 최고 온도는 160℃ 이상인, 상기 [1]~[3] 중 어느 하나에 기재된 전력 케이블용 절연성 수지 조성물.

[0018] [5] 상기 손실 탄젠트($\tan \delta$)의 온도 특성 곡선에 있어서, 90℃에서의 손실 탄젠트($\tan \delta$)는 0.1 미만인, 상기 [1]~[4] 중 어느 하나에 기재된 전력 케이블용 절연성 수지 조성물.

[0019] [6] 상기 폴리프로필렌 수지 (A) 및 상기 스티렌계 열가소성 엘라스토머 (B)의 함유비는 상기 폴리프로필렌 수지 (A):상기 스티렌계 열가소성 엘라스토머 (B)의 질량%, 20.0 이상 55.0 이하:45.0 이상 80.0 이하인, 상기 [1]~[5] 중 어느 하나에 기재된 전력 케이블용 절연성 수지 조성물.

[0020] [7] 상기 전력 케이블용 절연성 수지 조성물에 포함되는 스티렌의 함유 비율은 10질량% 이상 30질량% 이하인, 상기 [1]~[6] 중 어느 하나에 기재된 전력 케이블용 절연성 수지 조성물.

[0021] [8] 상기 스티렌계 열가소성 엘라스토머 (B)는 스티렌에서 유래하는 구성 단위를 포함하고, 또한, 에틸렌에서 유래하는 구성 단위 및 탄소수 3 이상 30 이하의 α -올레핀에서 유래하는 구성 단위 중 적어도 한쪽 구성 단위를 포함하는, 상기 [1]~[7] 중 어느 하나에 기재된 전력 케이블용 절연성 수지 조성물.

[0022] [9] 상기 스티렌계 열가소성 엘라스토머 (B)를 구성하는, 스티렌에서 유래하는 구성 단위, 에틸렌에서 유래하는 구성 단위 및 탄소수 3 이상 30 이하의 α -올레핀에서 유래하는 구성 단위의 합계를 100질량% 하였을 때, 상기 스티렌에서 유래하는 구성 단위는 10.0질량% 이상 60.0질량% 이하이고, 상기 에틸렌에서 유래하는 구성 단

위는 20.0질량% 이상 70.0질량% 이하인, 상기 [1]~[8] 중 어느 하나에 기재된 전력 케이블용 절연성 수지 조성물.

- [0023] [10] 상기 폴리프로필렌 수지 (A)는 호모 폴리프로필렌인, 상기 [1]~[9] 중 어느 하나에 기재된 전력 케이블용 절연성 수지 조성물.
- [0024] [11] 상기 폴리프로필렌 수지 (A)는 에틸렌에서 유래하는 구성 단위와, 탄소수 3 이상 30 이하의 α -올레핀에서 유래하는 구성 단위를 포함하는 랜덤 폴리프로필렌인, 상기 [1]~[9] 중 어느 하나에 기재된 전력 케이블용 절연성 수지 조성물.
- [0025] [12] 상기 폴리프로필렌 수지 (A)는 호모 폴리프로필렌과 에틸렌에서 유래하는 구성 단위와, 탄소수 3 이상 30 이하의 α -올레핀에서 유래하는 구성 단위를 포함하는 블록 폴리프로필렌인, 상기 [1]~[9] 중 어느 하나에 기재된 전력 케이블용 절연성 수지 조성물.
- [0026] [13] 상기 전력 케이블용 절연성 수지 조성물은 상기 폴리프로필렌 수지 (A)와 상기 스티렌계 열가소성 엘라스토머 (B)로 이루어지는, 상기 [1]~[12] 중 어느 하나에 기재된 전력 케이블용 절연성 수지 조성물.
- [0027] [14] 90℃에서 30kV/mm의 교류 전계를 인가하였을 때의 유전 탄젠트는 0.15% 이하인, 상기 [1]~[13] 중 어느 하나에 기재된 전력 케이블용 절연성 수지 조성물.
- [0028] [15] 초기 전하량(Q0)에 대한, 90℃에서 30kV/mm의 직류 전계를 인가하였을 때의, 5분 후의 전하량(Q300)의 비(Q300/Q0)는 2.00 이하인, 상기 [1]~[14] 중 어느 하나에 기재된 전력 케이블용 절연성 수지 조성물.
- [0029] [16] 도체와, 상기 도체의 외주를 피복하는 내부 반도체층과, 상기 내부 반도체층의 외주를 피복하는 상기 [1]~[15] 중 어느 하나에 기재된 전력 케이블용 절연성 수지 조성물로 이루어지는 절연층과, 상기 절연층의 외주를 피복하는 외부 반도체층을 구비하는, 전력 케이블.
- [0030] [17] 한쪽 전력 케이블의 도체와, 다른 한쪽 전력 케이블의 도체를 접속하는 접속부, 상기 한쪽 전력 케이블의 도체의 노출 부분 및 상기 다른 한쪽 전력 케이블의 도체의 노출 부분을 피복하는 접속부 내부 반도체층과, 상기 접속부 내부 반도체층의 외주를 피복하는, 상기 [1]~[15] 중 어느 하나에 기재된 전력 케이블용 절연성 수지 조성물로 이루어지는 접속부 절연층과, 상기 접속부 절연층의 외주를 피복하는 접속부 외부 반도체층을 구비하는, 전력 케이블 접속부.

발명의 효과

- [0031] 본 개시에 따르면, 가교 공정을 실시하지 않아도, 가요성 및 전기 절연성이 뛰어나, 열 변형 및 새그를 억제할 수 있는 전력 케이블용 절연성 수지 조성물, 전력 케이블 및 전력 케이블 접속부를 제공할 수 있다.

도면의 간단한 설명

- [0032] 도 1은 실시형태의 전력 케이블용 절연성 수지 조성물에 대한 주파수 100rad/s의 동적 점탄성 측정으로 얻어지는 손실 탄젠트($\tan \delta$)의 온도 특성 곡선의 일 예이다.
- 도 2는 실시형태의 전력 케이블용 절연성 수지 조성물에 대한 주파수 100rad/s의 동적 점탄성 측정으로 얻어지는 손실 탄젠트($\tan \delta$)의 온도 특성 곡선의 다른 예이다.
- 도 3은 실시형태의 전력 케이블용 절연성 수지 조성물을 구비하는 전력 케이블의 일 예를 도시하는 횡단면도이다.
- 도 4는 실시형태의 전력 케이블용 절연성 수지 조성물을 구비하는 전력 케이블 접속부의 일 예를 도시하는 종단면도이다.

발명을 실시하기 위한 구체적인 내용

- [0033] 이하, 실시형태에 근거하여 자세하게 설명한다.
- [0034] 본 발명자들은 열심히 연구를 거듭한 결과, 가교나 유전(oil-extended)을 실시하지 않고, 폴리프로필렌 수지에 대한 상용성이 뛰어난 열가소성 엘라스토머를 이용하여, 전력 케이블용 절연성 수지 조성물의 동적 점탄성 측정으로 얻어지는 손실 탄젠트($\tan \delta$)의 온도 특성 곡선에 착안함으로써, 가교 공정을 실시하지 않고 제조하여, 가요성 및 전기 절연성이 뛰어나, 열이 가해지는 등, 분자 변동에 의한 열 변형 및 새그를 억제할 수 있다는 것을

찾아내어, 이러한 지견에 근거하여 본 개시를 완성시키기에 이르렀다.

- [0035] 실시형태의 전력 케이블용 절연성 수지 조성물(이하, 간단히 절연성 수지 조성물이라고도 함)은 프로필렌계 중합체인 폴리프로필렌 수지 (A)와, 스티렌계 열가소성 엘라스토머 (B)를 함유하고, 주파수 100rad/s의 동적 점탄성 측정으로 얻어지는 손실 탄젠트($\tan \delta$)의 온도 특성 곡선은 손실 탄젠트($\tan \delta$)가 0.1 이상 0.4 이하인 고온 측 온도 영역과, 손실 탄젠트($\tan \delta$)가 0.1 미만인 저온 측 온도 영역을 가지며, 상기 고온 측 온도 영역의 최고 온도는 240℃ 이상이다.
- [0036] 도 1은 실시형태의 전력 케이블용 절연성 수지 조성물에 대한 주파수 100rad/s의 동적 점탄성 측정으로 얻어지는 손실 탄젠트($\tan \delta$)의 온도 특성 곡선의 일 예이다. 또한, 도 1 및 후술하는 도 2는 편의상, 손실 탄젠트($\tan \delta$)가 0.4까지의 손실 탄젠트($\tan \delta$)의 온도 특성 곡선을 도시하고 있다.
- [0037] 도 1에 도시하는 바와 같이, 실시형태의 전력 케이블용 절연성 수지 조성물에 대해서, 주파수 100rad/s의 동적 점탄성 측정으로 얻어지는 손실 탄젠트($\tan \delta$)의 온도 특성 곡선(이하, 간단히 손실 탄젠트($\tan \delta$)의 온도 특성 곡선이라고도 함)은 손실 탄젠트($\tan \delta$)가 0.1 이상 0.4 이하인 고온 측 온도 영역과, 손실 탄젠트($\tan \delta$)가 0.1 미만인 저온 측 온도 영역을 갖는다.
- [0038] 고온 측 온도 영역 및 저온 측 온도 영역에 대해서, 손실 탄젠트($\tan \delta$)의 온도 특성 곡선에서의 손실 탄젠트($\tan \delta$)가 0.1일 때의 온도를 기준 온도로 하여, 기준 온도 이상을 고온 측 온도 영역으로 하고, 기준 온도 미만을 저온 측 온도 영역으로 한다. 이와 같이, 손실 탄젠트($\tan \delta$)의 온도 특성 곡선은 기준 온도, 고온 측 온도 영역 및 저온 측 온도 영역을 갖는다. 또한, 손실 탄젠트($\tan \delta$)의 온도 특성 곡선은 고온 측 온도 영역 및 저온 측 온도 영역을 연속시키고 있다.
- [0039] 또한, 도 2는 실시형태의 전력 케이블용 절연성 수지 조성물에 대한 주파수 100rad/s의 동적 점탄성 측정으로 얻어지는 손실 탄젠트($\tan \delta$)의 온도 특성 곡선의 다른 예이다. 도 2에 도시하는 바와 같이, 손실 탄젠트($\tan \delta$)의 온도 특성 곡선에서의 손실 탄젠트($\tan \delta$)가 0.1일 때의 온도가 복수 존재하는 경우, 손실 탄젠트($\tan \delta$)가 0.1이 되는 복수의 온도 중, 최고 온도를 기준 온도로 한다.
- [0040] 손실 탄젠트($\tan \delta$)가 0.1 미만이 되는 온도 영역인 저온 측 온도 영역에 대해서, 도 1에 도시하는 손실 탄젠트($\tan \delta$)의 온도 특성 곡선에서는, 기준 온도보다 낮은 온도 영역이고, 도 2에 도시하는 손실 탄젠트($\tan \delta$)의 온도 특성 곡선에서는, 손실 탄젠트($\tan \delta$)가 0.1이 되는 저온 측 온도보다 높고, 또한, 기준 온도보다 낮은 온도 영역이다. 손실 탄젠트($\tan \delta$)가 0.1이 되는 저온 측 온도는 기준 온도보다 낮다.
- [0041] 저온 측 온도 영역보다 고온 측 고온 측 온도 영역의 손실 탄젠트($\tan \delta$)는 0.1 이상 0.4 이하이다. 고온 측 온도 영역의 손실 탄젠트($\tan \delta$)가 0.1 이상이면, 절연성 수지 조성물의 압출 성형 시의 토크가 저하되기 때문에, 절연성 수지 조성물의 압출 성형이 용이해진다. 또한, 고온 측 온도 영역의 손실 탄젠트($\tan \delta$)가 0.4 이하이면, 압출 성형으로 얻어진 절연성 수지 조성물의 새그를 억제할 수 있기 때문에, 절연성 수지 조성물의 형상을 장기간에 걸쳐 안정되게 유지할 수 있다. 절연성 수지 조성물을 전력 케이블이나 전력 케이블 접속부에 이용하면, 전력 케이블이나 전력 케이블 접속부의 횡단면의 진원도가 작은 상태를 장기간에 걸쳐 유지할 수 있다.
- [0042] 손실 탄젠트($\tan \delta$)가 0.1 이상 0.4 이하가 되는 온도 영역인 고온 측 온도 영역에 대해서, 최고 온도는 240℃ 이상이다. 예를 들면, 도 1에 도시하는 손실 탄젠트($\tan \delta$)의 온도 특성 곡선에서는, 고온 측 온도 영역의 최고 온도는 270℃ 정도이다.
- [0043] 고온 측 온도 영역의 최고 온도가 240℃ 이상이면, 예를 들면, 성형 시 용융함으로써 수지의 자체 무게로 새그가 발생하는 일이 없으므로, 케이블의 진원성을 유지함으로써 유효하다. 케이블의 진원성 관점에서, 고온 측 온도 영역의 최고 온도는 240℃ 이상이며, 바람직하게는 300℃ 이하이다. 고온 측 온도 영역의 최고 온도가 300℃보다 높은 조성이 되면, 절연성 수지 조성물은 300℃ 부근까지 가열해도 손실 탄젠트($\tan \delta$)가 낮아지게 되므로, 절연성 수지 조성물은 매우 딱딱한 재료인 것이 된다. 이러한 조성의 절연성 수지 조성물을 압출 성형하게 되면, 예를 들면, 압출 성형 온도 180~240℃에서 매우 큰 토크가 걸려버려, 압출 성형이 용이하지 않다. 압출 성형 온도를 더욱 올리면, 이러한 토크 문제를 해결할 수 있지만, 온도가 높으면, 절연성 수지 조성물의 열 열화가 진행하기 쉬워지는 경우가 있다. 또한, 이 열 열화 대책으로서, 다량의 산화 방지제를 절연성 수지 조성물에 첨가할 때에는, 절연성 저하나 블리드 아웃 발생 등을 고려하는 경우가 있다.
- [0044] 고온 측 온도 영역의 최고 온도는 스티렌계 열가소성 엘라스토머 (B)의 함유량을 늘림으로써 상승할 수 있다. 예를 들면, 스티렌계 열가소성 엘라스토머 (B)의 함유 비율을 80%까지 늘림으로써(질량%, 폴리프로필렌 수지

(A):스티렌계 열가소성 엘라스토머 (B)=20:80), 고온 측 온도 영역의 최고 온도를 300℃ 정도까지 올릴 수 있다.

[0045] 또한, 손실 탄젠트($\tan\delta$)의 온도 특성 곡선에 있어서, 고온 측 온도 영역의 최저 온도는 90℃ 이상 175℃ 이하인 것이 바람직하고, 90℃ 이상 150℃ 이하인 것이 보다 바람직하다. 고온 측 온도 영역의 최저 온도란 기준 온도이다. 고온 측 온도 영역의 최저 온도가 90℃ 이상이면, 통전 시 케이블 내에서 발생하는 열로 용해하는 등의 분자 구조 변화가 없어지고, 또한, 고온 측 온도 영역의 최저 온도가 175℃ 이하이면, 압출 성형 온도를 너무 높이지 않아도 되기 때문에, 압출 성형 시의 새그 대책이나 열 열화 대책 등에 유효하다.

[0046] 고온 측 온도 영역의 최저 온도는 폴리프로필렌 수지 (A)의 조성에 의해 바꿀 수 있다. 폴리프로필렌 수지 (A)가 호모 폴리프로필렌 또는 블록 폴리프로필렌이면, 폴리프로필렌 수지 (A)의 용점이 155℃ 이상 175℃ 이하 정도로 높아지기 때문에, 고온 측 온도 영역의 최저 온도를 높게 제어할 수 있으며, 예를 들면, 175℃ 이하로 제어할 수 있다. 또한, 폴리프로필렌 수지 (A)가 랜덤 폴리프로필렌이면, 폴리프로필렌 수지 (A)의 용점이 135℃ 이상 155℃ 이하 정도이기 때문에, 고온 측 온도 영역의 최저 온도를 낮게 제어할 수 있으며, 예를 들면, 155℃ 이하로 제어할 수 있다. 또한, 스티렌계 열가소성 엘라스토머 (B)의 함유량을 늘리면, 고온 측 온도 영역의 최저 온도를 떨어뜨리는 경향이 있다. 그 때문에, 폴리프로필렌 수지 (A)의 조성 및 스티렌계 열가소성 엘라스토머 (B)의 함유량을 조정함으로써, 원하는 고온 측 온도 영역의 최저 온도로 제어할 수 있다.

[0047] 또한, 고온 측 온도 영역에 있어서, 손실 탄젠트($\tan\delta$)가 0.1 이상 0.3 이하인 범위에서의 최고 온도는 바람직하게는 160℃ 이상, 보다 바람직하게는 170℃ 이상, 더욱 바람직하게는 180℃ 이상이다. 이 최고 온도는 고온 측 온도 영역의 최고 온도보다 낮다. 손실 탄젠트($\tan\delta$)가 0.1 이상 0.3 이하인 범위에서의 최고 온도가 160℃ 이상이면, 압출 성형중에 새그를 발생시키지 않고 성형이 가능하다.

[0048] 또한, 손실 탄젠트($\tan\delta$)의 온도 특성 곡선에 있어서, 90℃에서의 손실 탄젠트($\tan\delta$)는 0.1 미만인 것이 바람직하다. 바꾸어 말하면, 손실 탄젠트($\tan\delta$)의 온도 특성 곡선에 있어서, 90℃는 저온 측 온도 영역 내인 것이 바람직하다. 90℃에서의 손실 탄젠트($\tan\delta$)가 0.1 미만이면, 통전 시 케이블 내에서 발생하는 열에 의해 일어나는 분자 구조 변화가 없어지기 때문에 유효하다. 또한, 100℃ 부근에서는 스티렌계 엘라스토머의 의사 가교의 개가 반응에 의해 손실 탄젠트($\tan\delta$)가 일시적으로 상승하는 경우가 있다. 이러한 거동이 없는 편이 바람직하기 때문에, 손실 탄젠트($\tan\delta$)의 온도 특성 곡선에 있어서, 100℃에서의 손실 탄젠트($\tan\delta$)는 0.1 미만인 것이 바람직하다. 또한, 유리 전이 온도 관점에서, 손실 탄젠트($\tan\delta$)의 온도 특성 곡선에 있어서, 80℃에서의 손실 탄젠트($\tan\delta$)는 0.1 미만인 것이 바람직하다. 다만, 이러한 무언가의 분자 구조 변화가 있었다 하더라도, 용융 상태가 된 고온 영역에서의 새그 성능이나, 성형 후의 절연 성능 등에 아무런 영향을 미치지 않기 때문에, 예외로 한다.

[0049] 손실 탄젠트($\tan\delta$)의 온도 특성 곡선은 절연성 수지 조성물에 대한 주파수 100rad/s의 동적 점탄성 측정으로 얻을 수 있다. 동적 점탄성 측정은 점탄성 측정 장치(안톤필사 제품, Physica MCR 301)를 이용하여 두께 2mm의 시트형 절연성 수지 조성물에 대해서, 주파수 100rad/s, 측정 온도 25℃ 이상 250℃ 이하, 승온 온도 5℃/분에서 실시된다.

[0050] 또한, 절연성 수지 조성물은 예를 들면, 나프탈렌 오일, 아로마틱 오일, 파라핀 오일, 폴리아로마틱 오일과 같은 미네랄 오일이나 페닐기 유래 오일 등의 유상 액체를, 단독으로 또는 2종 이상을 조합하여 함유하지 않아도, 충분한 가요성 및 전기 절연성을 가질 수 있지만, 가요성이나 전기 절연성을 보다 향상시키기 위하여, 새그 내성을 저하시키지 않을 정도로 상기 유상 액체를 함유할 수 있다. 절연성 수지 조성물에 포함되는 유상 액체의 함유 비율은 바람직하게는 0질량% 이상 25질량% 이하, 보다 바람직하게는 0질량% 이상 15질량% 이하, 더욱 바람직하게는 0질량% 이상 5질량% 이하이다.

[0051] 또한, 절연성 수지 조성물은 예를 들면, 산화아연, 산화마그네슘, 실리카, 카본, 풀러렌 등의 필러 성분을 단독으로 또는 2종 이상을 조합하여 함유하지 않아도, 충분한 가요성 및 전기 절연성을 가질 수 있지만, 가요성이나 전기 절연성을 보다 향상시키기 위하여, 새그 내성을 저하시키지 않을 정도로 상기 필러 성분을 함유할 수 있다. 절연성 수지 조성물에 포함되는 필러 성분의 함유 비율은 바람직하게는 0질량% 이상 20질량% 이하, 보다 바람직하게는 0질량% 이상 10질량% 이하, 더욱 바람직하게는 0질량% 이상 5질량% 이하이다.

[0052] 또한, 절연성 수지 조성물은 예를 들면, 폴리에틸렌, 폴리아세트산 비닐, 폴리스티렌 등의 용점 50~200℃의 열가소성 수지 및 해당 열가소성 수지의 변성 수지 중 적어도 한쪽을 단독으로 또는 2종 이상을 조합하여 함유하지 않아도, 충분한 가요성 및 전기 절연성을 가질 수 있지만, 가요성이나 전기 절연성을 보다 향상시키기 위하여

여, 새그 내성을 저하시키지 않을 정도로 상기 열가소성 수지 및 상기 열가소성 수지의 변성 수지 중 적어도 한 쪽을 함유할 수 있다. 절연성 수지 조성물에 포함되는 열가소성 수지 및 변성 수지의 합계 함유 비율은 바람직하게는 0.1질량% 이상 25.0질량% 이하, 보다 바람직하게는 1질량% 이상 20질량% 이하, 더욱 바람직하게는 5질량% 이상 10질량% 이하이다.

[0053] 또한, 절연성 수지 조성물은 예를 들면, 디-*t*-핵실피옥사이드(니치유사 제품 퍼핵실 D), 디쿠밀피옥사이드(니치유사 제품 퍼쿠밀 D), 2,5-디메틸-2,5-디(*t*-부틸피옥시)핵산(니치유사 제품 퍼핵사 25B), α , α' -디(*t*-부틸피옥시)디이소프로필벤젠(니치유사 제품 퍼부틸 P), *t*-부틸쿠밀피옥사이드(니치유사 제품 퍼부틸 C), 디-*t*-부틸피옥사이드(니치유사 제품 퍼부틸 D) 등의 가교제를 단독으로 또는 2종 이상을 조합하여 함유하여 가교시키지 않고도, 충분한 내열성 및 전기 절연성을 가질 수 있지만, 내열성이나 전기 절연성을 보다 향상시키기 위하여, 내열성이나 전기 절연성을 저하시키지 않을 정도로 상기 가교제를 함유하여 가교시킬 수 있다. 또한, 소량의 가교제를 혼합하여 부분적으로 가교시킴으로써, 굽힘 용이성 등의 기계적 특성 향상, 내열성 향상 등이 가능해진다. 또한, 선정하는 가교제의 조성에 따라서는, 전기 절연성을 향상시킬 수 있다. 절연성 수지 조성물에 포함되는 가교제의 함유 비율은 바람직하게는 0.1질량% 이상 5.0질량% 이하, 더욱 바람직하게는 0.5질량% 이상 3.0질량% 이하이다.

[0054] 가교제에 의해 가교되어 있는 절연성 수지 조성물은 가교형 절연성 수지 조성물이고, 가교제에 의해 가교되어 있지 않은 절연성 수지 조성물은 비가교형 절연성 수지 조성물이다.

[0055] 또한, 절연성 수지 조성물은 안정화제로, 힌더드페놀계 산화 방지제, 티오에테르계 산화 방지제, 또는 이들 산화 방지제로부터 2종류 이상 선정되는 혼합물을 내열성, 전기 절연성, 새그 내성을 저하시키지 않을 정도로 함유할 수 있다.

[0056] 힌더드페놀계 산화 방지제는 테트라키스[메티렌-3-(3',5'-디-*t*-부틸-4'-하이드록시페닐)프로피오네이트]메탄(BASF사 제품 이르가녹스 1010), 1,6-핵산디올-비스[3-(3,5-디-*t*-부틸-4'-하이드록시페닐)프로피오네이트](BASF사 제품 이르가녹스 259), 옥타데실-3-(3,5-디-*t*-부틸-4'-하이드록시페닐)프로피오네이트(BASF사 제품 이르가녹스 1076), 이소옥틸-3-(3,5-디-*t*-부틸-4'-하이드록시페닐)프로피오네이트(BASF사 제품 이르가녹스 1135)인 것이 바람직하고, 테트라키스[메티렌-3-(3',5'-디-*t*-부틸-4'-하이드록시페닐)프로피오네이트]메탄인 것이 보다 바람직하다. 이것들은 단독으로 또는 2종 이상을 조합하여 사용할 수 있다.

[0057] 티오에테르계 산화 방지제는 4,4'-티오비스-(3-메틸-6-*t*-부틸페놀)(시프로 카세이사 제품 시녹스 BCS), 2,2'-티오비스-(4-메틸-6-*t*-부틸페놀)(BASF사 제품 이르가녹스 1081)인 것이 바람직하고, 4,4'-티오비스-(3-메틸-6-*t*-부틸페놀)인 것이 보다 바람직하다. 이것들은 단독으로 또는 2종 이상을 조합하여 사용할 수 있다.

[0058] 절연성 수지 조성물에 포함되는 안정화제의 함유 비율은 바람직하게는 0.01질량% 이상 10.00질량% 이하, 더욱 바람직하게는 0.20질량% 이상 1.0질량% 이하이다. 안정화제의 함유 비율이 0.01질량% 이상이면, 절연성 수지 조성물의 내열성을 향상시킬 수 있다. 안정화제의 함유 비율이 10.00질량% 이하이면, 절연성 수지 조성물의 전기 절연성을 향상시킬 수 있다.

[0059] 가교 처리를 하지 않고도, 가요성 및 전기 절연성이 뛰어나, 새그나 열이 가해지는 등의 분자 변동에 의한 열 변형을 억제하는 관점에서, 폴리프로필렌 수지 (A)는 호모 폴리프로필렌, 에틸렌에서 유래하는 구성 단위와, 탄소수 3 이상 30 이하의 α -올레핀에서 유래하는 구성 단위를 포함하는 랜덤 폴리프로필렌, 또는 호모 폴리프로필렌과 에틸렌에서 유래하는 구성 단위와, 탄소수 3 이상 30 이하의 α -올레핀에서 유래하는 구성 단위를 포함하는 블록 폴리프로필렌인 것이 바람직하고, 에틸렌에서 유래하는 구성 단위와, 탄소수 3 이상 30 이하의 α -올레핀에서 유래하는 구성 단위를 포함하는 랜덤 폴리프로필렌 또는 호모 폴리프로필렌과, 에틸렌에서 유래하는 구성 단위와, 탄소수 3 이상 30 이하의 α -올레핀에서 유래하는 구성 단위를 포함하는 블록 폴리프로필렌인 것이 보다 바람직하고, 에틸렌에서 유래하는 구성 단위와, 탄소수 3 이상 30 이하의 α -올레핀에서 유래하는 구성 단위를 포함하는 랜덤 폴리프로필렌인 것이 더욱 바람직하다.

[0060] 랜덤 폴리프로필렌을 구성하는, 에틸렌에서 유래하는 구성 단위는 에틸렌인 것이 바람직하다. 랜덤 폴리프로필렌을 구성하는 탄소수 3 이상 30 이하의 α -올레핀에서 유래하는 구성 단위는 프로필렌 또는 부텐인 것이 바람직하다.

[0061] 랜덤 폴리프로필렌을 구성하는, 에틸렌에서 유래하는 구성 단위(E) 및 탄소수 3 이상 30 이하의 α -올레핀에서 유래하는 구성 단위(O)에 대해서, 탄소수 3 이상 30 이하의 α -올레핀에서 유래하는 구성 단위(O)에 대한 에틸렌에서 유래하는 구성 단위(E)의 비(E/O)는 바람직하게는 0 이상, 보다 바람직하게는 0.001 이상, 더욱 바람직

하계는 0.010 이상이다. 랜덤 폴리프로필렌의 비(E/O)가 상기 범위 내이면, 스티렌계 열가소성 엘라스토머 (B)와의 상용성을 향상시킬 수 있다.

- [0062] 블록 폴리프로필렌을 구성하는, 에틸렌에서 유래하는 구성 단위는 에틸렌인 것이 바람직하다. 블록 폴리프로필렌을 구성하는 탄소수 3 이상 30 이하의 α -올레핀에서 유래하는 구성 단위는 프로필렌 또는 부텐인 것이 바람직하다.
- [0063] 블록 폴리프로필렌을 구성하는, 에틸렌에서 유래하는 구성 단위(E) 및 탄소수 3 이상 30 이하의 α -올레핀에서 유래하는 구성 단위(O)에 대해서, 탄소수 3 이상 30 이하의 α -올레핀에서 유래하는 구성 단위(O)에 대한 에틸렌에서 유래하는 구성 단위(E)의 비(E/O)는 바람직하게는 0 이상, 보다 바람직하게는 0.001 이상, 더욱 바람직하게는 0.010 이상이다. 블록 폴리프로필렌의 비(E/O)가 상기 범위 내이면, 스티렌계 열가소성 엘라스토머 (B)와의 상용성을 향상시킬 수 있다. 또한, 블록 폴리프로필렌의 비(E/O)는 바람직하게는 0.250 이하, 보다 바람직하게는 0.120 이하, 더욱 바람직하게는 0.055이하이다. 블록 폴리프로필렌의 비(E/O)가 상기 범위 내이면, 열이 가해졌을 때의 분자 변동에 의한 열 변형을 억제할 수 있다.
- [0064] 절연성 수지 조성물에 포함되는 폴리프로필렌 수지 (A) 및 스티렌계 열가소성 엘라스토머 (B)의 함유비는 폴리프로필렌 수지 (A):스티렌계 열가소성 엘라스토머 (B)의 질량%로, 20.0 이상 55.0 이하:45.0 이상 80.0 이하인 것이 바람직하다.
- [0065] 그 중에서도, 폴리프로필렌 수지 (A):스티렌계 열가소성 엘라스토머 (B)의 함유비에 대해서, 질량%로, 폴리프로필렌 수지 (A)는 보다 바람직하게는 30.0 이상, 더욱 바람직하게는 35.0 이상이다. 폴리프로필렌 수지 (A)가 상기 범위 내이면, 폴리프로필렌 수지 (A)의 형상에서도 기인하지만, 압출 시의 토크 오버나 호퍼하의 브릿지, 성형물의 크랙이나 백화 등이 일어나기 어려워진다.
- [0066] 또한, 상기 중에서도, 폴리프로필렌 수지 (A):스티렌계 열가소성 엘라스토머 (B)의 함유비에 대해서, 질량%로, 폴리프로필렌 수지 (A)는 보다 바람직하게는 45.0 이하이다. 폴리프로필렌 수지 (A)가 상기 범위 내이면, 가교 처리를 하지 않고도, 절연성 수지 조성물의 가요성 및 전기 절연성을 향상시킬 수 있는 동시에, 절연성 수지 조성물의 성형 시의 새그를 억제할 수 있다.
- [0067] 또한, 상기 중에서도, 폴리프로필렌 수지 (A):스티렌계 열가소성 엘라스토머 (B)의 함유비에 대해서, 질량%로, 스티렌계 열가소성 엘라스토머 (B)는 보다 바람직하게는 40.0 이상, 더욱 바람직하게는 42.5이상, 특히 바람직하게는 45.0 이상이다. 스티렌계 열가소성 엘라스토머 (B)가 상기 범위 내이면, 가교 처리를 하지 않고도, 절연성 수지 조성물의 가요성 및 전기 절연성을 향상시킬 수 있는 동시에, 절연성 수지 조성물의 새그를 억제할 수 있다.
- [0068] 또한, 상기 중에서도, 폴리프로필렌 수지 (A):스티렌계 열가소성 엘라스토머 (B)의 함유비에 대해서, 질량%로, 스티렌계 열가소성 엘라스토머 (B)는 보다 바람직하게는 70.0 이하, 더욱 바람직하게는 65.0 이하이다. 스티렌계 열가소성 엘라스토머 (B)가 상기 범위 내이면, 스티렌계 열가소성 엘라스토머 (B)의 형상에서도 기인하지만, 압출 시의 토크 오버나 호퍼하의 브릿지, 성형물의 크랙 등이 일어나기 어려워진다. 이와 더불어, 가교 처리를 하지 않고도, 절연성 수지 조성물의 가요성 및 전기 절연성을 향상시킬 수 있는 동시에, 절연성 수지 조성물의 새그를 억제할 수 있다.
- [0069] 또한, 절연성 수지 조성물에 포함되는 스티렌의 함유 비율은 바람직하게는 10질량% 이상 30질량% 이하, 보다 바람직하게는 12.5질량% 이상 25질량% 이하, 더욱 바람직하게는 15질량% 이상 20질량% 이하이다. 스티렌의 함유 비율이 상기 범위 내이면, 폴리프로필렌과의 상용성이 증가하여, 가교 처리를 하지 않고도, 절연성 수지 조성물의 가요성 및 전기 절연성을 향상시킬 수 있는 동시에, 절연성 수지 조성물의 새그를 억제할 수 있다.
- [0070] 가교 처리를 실시하지 않고도, 가요성 및 전기 절연성이 뛰어나, 새그를 억제하는 관점에서, 스티렌계 열가소성 엘라스토머 (B)는 스티렌에서 유래하는 구성 단위를 포함하고, 또한, 에틸렌에서 유래하는 구성 단위 및 탄소수 3 이상 30 이하의 α -올레핀에서 유래하는 구성 단위 중 적어도 한쪽 구성 단위를 포함하는 것이 바람직하다.
- [0071] 스티렌계 열가소성 엘라스토머 (B)를 구성하는, 스티렌에서 유래하는 구성 단위는 스티렌인 것이 바람직하다. 스티렌계 열가소성 엘라스토머 (B)를 구성하는, 에틸렌에서 유래하는 구성 단위는 에틸렌인 것이 바람직하다. 스티렌계 열가소성 엘라스토머 (B)를 구성하는 탄소수 3 이상 30 이하의 α -올레핀에서 유래하는 구성 단위는 프로필렌 또는 부텐인 것이 바람직하다.
- [0072] 스티렌계 열가소성 엘라스토머 (B)를 구성하는, 스티렌에서 유래하는 구성 단위, 에틸렌에서 유래하는 구성 단

위 및 탄소수 3 이상 30 이하의 α -올레핀에서 유래하는 구성 단위의 합계를 100질량%로 하였을 때, 스티렌에서 유래하는 구성 단위는 바람직하게는 10질량% 이상, 보다 바람직하게는 15.0질량% 이상, 더욱 바람직하게는 20.0질량% 이상이다. 상기 스티렌에서 유래하는 구성 단위가 10질량% 이상이면, 가교 처리를 실시하지 않고도, 절연성 수치 조성물의 가요성 및 전기 절연성을 향상시킬 수 있다.

[0073] 또한, 스티렌계 열가소성 엘라스토머 (B)를 구성하는, 스티렌에서 유래하는 구성 단위, 에틸렌에서 유래하는 구성 단위 및 탄소수 3 이상 30 이하의 α -올레핀에서 유래하는 구성 단위의 합계를 100질량%로 하였을 때, 스티렌에서 유래하는 구성 단위는 바람직하게는 60.0질량% 이하, 보다 바람직하게는 50.0질량% 이하, 더욱 바람직하게는 40.0질량% 이하이다. 상기 스티렌에서 유래하는 구성 단위가 60.0질량% 이하이면, 스티렌에서 유래하는 구성 단위 이외인 에틸렌에서 유래하는 구성 단위나 탄소수 3 이상 30 이하의 α -올레핀에서 유래하는 구성 단위의 총계가 40.0질량% 이상이 되기 때문에, 폴리프로필렌 수치 (A)와의 상용성이 향상하여, 가교 처리를 실시하지 않고도, 절연성 수치 조성물의 가요성 및 전기 절연성을 향상시킬 수 있는 동시에, 절연성 수치 조성물의 새그를 억제할 수 있다.

[0074] 또한, 스티렌계 열가소성 엘라스토머 (B)를 구성하는, 스티렌에서 유래하는 구성 단위, 에틸렌에서 유래하는 구성 단위 및 탄소수 3 이상 30 이하의 α -올레핀에서 유래하는 구성 단위의 합계를 100질량%로 하였을 때, 에틸렌에서 유래하는 구성 단위는 바람직하게는 20.0질량% 이상, 보다 바람직하게는 30.0질량% 이상, 더욱 바람직하게는 40.0질량% 이상이다. 상기 에틸렌에서 유래하는 구성 단위가 20.0질량% 이상이면, 폴리프로필렌 수치 (A)와의 상용성이 향상하기 때문에, 가교 처리를 실시하지 않고도, 절연성 수치 조성물의 가요성 및 전기 절연성을 향상시킬 수 있는 동시에, 절연성 수치 조성물의 새그를 억제할 수 있다.

[0075] 또한, 스티렌계 열가소성 엘라스토머 (B)를 구성하는, 스티렌에서 유래하는 구성 단위, 에틸렌에서 유래하는 구성 단위 및 탄소수 3 이상 30 이하의 α -올레핀에서 유래하는 구성 단위의 합계를 100질량%로 하였을 때, 에틸렌에서 유래하는 구성 단위는 바람직하게는 70.0질량% 이하, 보다 바람직하게는 67.5질량% 이하, 더욱 바람직하게는 60.0질량% 이하이다. 상기 에틸렌에서 유래하는 구성 단위가 60.0질량% 이하이면, 폴리프로필렌 수치 (A)와의 상용성을 유지함과 함께, 열이 가해지는 등의 분자 변동에 의한 열 변형을 일으키기 어려워지기 때문에, 가교 처리를 실시하지 않고도, 절연성 수치 조성물의 가요성 및 전기 절연성을 향상시킬 수 있는 동시에, 절연성 수치 조성물의 새그를 억제할 수 있다.

[0076] 또한, 스티렌계 열가소성 엘라스토머 (B)를 구성하는, 스티렌에서 유래하는 구성 단위, 에틸렌에서 유래하는 구성 단위 및 탄소수 3 이상 30 이하의 α -올레핀에서 유래하는 구성 단위의 합계를 100질량%로 하였을 때, 탄소수 3 이상 30 이하의 α -올레핀에서 유래하는 구성 단위는 바람직하게는 10.0질량% 이상, 보다 바람직하게는 12.5질량% 이상, 더욱 바람직하게는 15.0질량% 이상이다. 상기 탄소수 3 이상 30 이하의 α -올레핀에서 유래하는 구성 단위가 10.0질량% 이상이면, 내열성이나 폴리프로필렌 수치 (A)와의 상용성이 향상하기 때문에, 가교 처리를 실시하지 않고도, 절연성 수치 조성물의 가요성 및 전기 절연성을 더욱 향상시킬 수 있는 동시에, 절연성 수치 조성물의 새그를 더욱 억제할 수 있다.

[0077] 또한, 스티렌계 열가소성 엘라스토머 (B)를 구성하는, 스티렌에서 유래하는 구성 단위, 에틸렌에서 유래하는 구성 단위 및 탄소수 3 이상 30 이하의 α -올레핀에서 유래하는 구성 단위의 합계를 100질량%로 하였을 때, 탄소수 3 이상 30 이하의 α -올레핀에서 유래하는 구성 단위는 바람직하게는 45.0질량% 이하, 보다 바람직하게는 42.5질량% 이하, 더욱 바람직하게는 40.0질량% 이하이다. 상기 탄소수 3 이상 30 이하의 α -올레핀에서 유래하는 구성 단위가 40.0질량% 이하이면, 내열성을 유지하고, 폴리프로필렌 수치 (A)와의 상용성을 유지함과 함께, 열이 가해지는 등의 분자 변동에 의한 열 변형을 일으키기 어려워지기 때문에, 가교 처리를 실시하지 않고도, 절연성 수치 조성물의 가요성 및 전기 절연성을 더욱 향상시킬 수 있는 동시에, 절연성 수치 조성물의 새그를 더욱 억제할 수 있다.

[0078] 또한, 절연성 수치 조성물은 가교 처리를 실시하지 않고도, 가요성, 전기 절연성, 열 변형 및 새그 내성의 저하가 발생하지 않으면, 폴리프로필렌 수치 (A) 및 스티렌계 열가소성 엘라스토머 (B)와 더불어, 각종 첨가재를 함유할 수 있다.

[0079] 절연성 수치 조성물에 대해서, 90°C에서 30kV/mm의 교류 전계를 인가하였을 때의 유전 탄젠트는 바람직하게는 0.15% 이하, 보다 바람직하게는 0.10% 이하, 더욱 바람직하게는 0.05% 이하이다.

[0080] 유전 탄젠트는 절연체 내부에서의 전기 에너지 손실인 것으로, 교류 전력에서의 절연체 성능을 평가하는 지표이다. 절연체에 교류 전압을 인가하면, 절연체 내의 분자가 진동함으로써, 절연체 내부에서 전기 에너지의 일부가

열 에너지로 바뀌는 유전손이라는 현상이 일어나, 절연체가 발열한다. 이 때의 전기 에너지 손실의 기준으로, 유전 탄젠트(충전되는 전류와 손실되는 전류의 비)가 이용된다.

- [0081] 그 때문에, 절연성 수지 조성물의 상기 유전 탄젠트가 0.15% 이하이면, 가교 처리를 실시하지 않고도, 절연성 수지 조성물의 가요성 및 전기 절연성을 향상시킬 수 있는 동시에, 절연성 수지 조성물의 새그를 억제할 수 있다. 또한, 상기 유전 탄젠트가 낮을수록, 절연성 수지 조성물은 고전압용으로서 전력 케이블에 적합하게 이용된다.
- [0082] 또한, 절연성 수지 조성물에 대해서, 초기 전하량(Q0)에 대한, 90℃에서 30 kV/mm의 직류 전계를 인가하였을 때의, 5분 후의 전하량(Q300)의 비(Q300/Q0)는 바람직하게는 2.00 이하, 보다 바람직하게는 1.75이하, 더욱 바람직하게는 1.50 이하, 가장 바람직하게는 1.00이다.
- [0083] 비(Q300/Q0), 즉, 전하 축적률은 직류 전력에서의 절연체 성능을 평가하는 지표이며, Q(t)법(전류 적분법)으로 측정한다. Q(t)법은 전류 I(t)를 시간 적분한 적분 전하량 특성 $Q(t) = \int I(t)dt$ 로부터, 절연체 내의 전하 축적 유무를 평가하는 방법이다. 적분 전하량이 $Q(t) = C_s \cdot V_{dc}$ (C_s : 절연체의 정전 용량, V_{dc} : 인가 직류 전압)인 경우, 절연체 내의 전하 축적이 발생하지 않는 것을 시사한다. 적분 전하량이 $Q(t) > C_s \cdot V_{dc}$ 인 경우, 절연체 내의 전하 축적이 발생한 것을 시사한다. 절연체 내의 전하 축적이 발생하면, 절연체의 전계 변형이 생긴다. 전계 변형이 크면, 절연체에는 국소적인 전계 집중이 일어나, 절연 파괴의 요인이 되기 때문에, 직류 절연 재료에는 적합하지 않다.
- [0084] 그 때문에, 상기 비(Q300/Q0)가 2.00 이하이면, 가교 처리를 실시하지 않고도, 절연성 수지 조성물의 가요성 및 전기 절연성을 향상시킬 수 있는 동시에, 절연성 수지 조성물의 새그를 억제할 수 있다.
- [0085] 상기 절연성 수지 조성물의 제조 방법은 폴리프로필렌 수지 (A) 및 스티렌계 열가소성 엘라스토머 (B)를 혼련하는 공정을 포함한다. 폴리프로필렌 수지 (A) 및 스티렌계 열가소성 엘라스토머 (B)를 혼련함으로써, 절연성 수지 조성물을 제조할 수 있다. 절연성 수지 조성물의 제조 방법에서는, 유전 및 가교를 실시하지 않는다.
- [0086] 이러한 제조 방법으로 얻어진 절연성 수지 조성물은 가교 처리를 실시하지 않고도, 높은 가요성 및 전기 절연성 및 열 변형 및 새그의 억제가 요구되는 전력 케이블 및 전력 케이블 접속부에 적합하게 이용된다.
- [0087] 도 3은 실시형태의 절연성 수지 조성물을 구비하는 전력 케이블의 일 예를 도시하는 횡단면도이다.
- [0088] 도 3에 도시하는 바와 같이, 전력 케이블(10)은 적어도 도체(11), 내부 반도체층(12), 상기 절연성 수지 조성물로 이루어지는 절연층(13) 및 외부 반도체층(14)을 구비한다. 내부 반도체층(12)은 도체(11)의 외주를 피복한다. 절연층(13)은 내부 반도체층(12)의 외주를 피복한다. 외부 반도체층(14)은 절연층(13)의 외주를 피복한다.
- [0089] 또한, 전력 케이블(10)은 외부 반도체층(14)의 외주를 피복하는 금속 차폐층(15)을 추가로 구비할 수 있다. 또한, 전력 케이블(10)은 금속 차폐층(15)의 외주를 덮는 시스(16)를 추가로 구비할 수 있다.
- [0090] 내부 반도체층(12)을 외주에 대한 도체(11)와 함께 상기 절연성 수지 조성물을 압출 성형하여, 내부 반도체층(12)의 외주를 덮는 절연층(13)을 형성한다. 계속해서, 기존의 방법으로, 외부 반도체층(14)을 마련하고, 추가로 필요에 따라 금속 차폐층(15) 및 시스(16)를 마련함으로써, 전력 케이블(10)을 제조할 수 있다.
- [0091] 도 4는 실시형태의 절연성 수지 조성물을 구비하는 전력 케이블 접속부의 일 예를 도시하는 종단면도이다.
- [0092] 도 4에 도시하는 바와 같이, 전력 케이블 접속부(20)는 한쪽 전력 케이블(10)의 도체(11)와 다른 한쪽 전력 케이블(10)의 도체(11)를 접속하는 접속부(21), 한쪽 전력 케이블(10)의 도체(11)의 노출 부분 및 다른 한쪽 전력 케이블(10)의 도체(11)의 노출 부분을 피복하는 접속부 내부 반도체층(22)과, 접속부 내부 반도체층(22)의 외주를 피복하는 상기 절연성 수지 조성물로 이루어지는 접속부 절연층(23)과, 접속부 절연층(23)의 외주를 피복하는 접속부 외부 반도체층(24)을 구비한다.
- [0093] 단계 박리(段剝) 처리로 노출된 한쪽 전력 케이블(10)의 단부의 도체(11)와, 단계 박리 처리로 노출된 다른 한쪽 전력 케이블(10)의 단부의 도체(11)를 접속하는 접속부(21), 단계 박리 처리로 노출된 한쪽 전력 케이블(10)의 도체(11)의 노출 부분 및 단계 박리 처리로 노출된 다른 한쪽 전력 케이블(10)의 도체(11)의 노출 부분을 피복하는 접속부 내부 반도체층(22)의 외주를 상기 절연성 수지 조성물로 덮음으로써, 접속부 절연층(23)을 형성한다. 계속해서, 기존의 방법으로 접속부 외부 반도체층(24)을 마련함으로써, 전력 케이블 접속부(20)를 제조할 수 있다.

- [0094] 이상 설명한 실시형태에 따르면, 유전을 실시하지 않고도, 폴리프로필렌 수지 (A)와 폴리프로필렌 수지 (A)에 대한 상용성이 뛰어난 스티렌계 열가소성 엘라스토머 (B)를 이용하여, 절연성 수지 조성물의 동적 점탄성 측정으로 얻어지는 손실 탄젠트($\tan \delta$)의 온도 특성 곡선에 착안함으로써, 가교 공정을 실시하지 않고 제조하여, 가요성 및 전기 절연성을 향상시킬 수 있는 동시에, 열 변형 및 새그를 억제할 수 있다.
- [0095] 이상, 실시형태에 대해서 설명하였으나, 본 발명은 상기 실시형태에 한정되는 것이 아니라, 본 개시의 개념 및 특허 청구범위에 포함되는 모든 양태를 포함하며, 본 개시의 범위 내에서 여러 가지로 개변할 수 있다.
- [0096] [실시에]
- [0097] 다음으로, 실시예 및 비교예에 대해서 설명하겠지만, 본 발명은 이들 실시예에 한정되는 것은 아니다.
- [0098] (실시예 1~24 및 비교예 1~20)
- [0099] 폴리프로필렌 수지 (A) 및 스티렌계 열가소성 엘라스토머 (B)를 포함하는 원료를 혼련하여, 표 1~3에 도시하는 조성의 절연성 수지 조성물을 제조하였다. 구체적으로는, 200℃ 이상 220℃ 이하의 압출 온도에서 단축 압출기에 의해 혼련을 실시하였다. 혼련 후에는 펠릿형으로 하여, 이것을 200℃ 이상 220℃ 이하의 온도 조건으로 프레스 성형을 실시함으로써 원하는 두께를 갖는 시트형 절연성 수지 조성물을 제작하였다.
- [0100] random PP: 프라임 폴리프로 B241(랜덤 폴리프로필렌, 프라임 폴리머사 제품)
- [0101] homo PP: 프라임 폴리프로 B241(호모 폴리프로필렌, 프라임 폴리머사 제품)
- [0102] block PP: 프라임 폴리프로 B241(블록 폴리프로필렌, 프라임 폴리머사 제품)
- [0103] EVA: 레바프렌 600(에틸렌아세트산 비닐 공중합체, LANXESS사 제품)
- [0104] SEEPS1: 세프톤 4077(스티렌계 엘라스토머(스티렌-에틸렌-에틸렌-프로필렌-스티렌 공중합체), 쿠라레사 제품)
- [0105] SEEPS2: 세프톤 4099(스티렌계 엘라스토머(스티렌-에틸렌-에틸렌-프로필렌-스티렌 공중합체), 쿠라레사 제품)
- [0106] SEPS1: 세프톤 2005(스티렌계 엘라스토머(스티렌-에틸렌-프로필렌-스티렌 공중합체), 쿠라레사 제품)
- [0107] SEBS: 세프톤 8006(스티렌계 엘라스토머(스티렌-에틸렌-부틸렌-스티렌 공중합체), 쿠라레사 제품)
- [0108] SEPS2: 세프톤 2006(스티렌계 엘라스토머(스티렌-에틸렌-프로필렌-스티렌 공중합체), 쿠라레사 제품)
- [0109] SEPS3: 세프톤 2104(스티렌계 엘라스토머(스티렌-에틸렌-프로필렌-스티렌 공중합체), 쿠라레사 제품)
- [0110] MAH 변성 homo PP: 후사본드 P613(무수 말레산 변성 호모 폴리프로필렌, 다우·케미컬사 제품)
- [0111] HDPE: 하이팩스 5000S(고밀도 폴리에틸렌, 프라임 폴리머사 제품)
- [0112] LDPE: DXM-446(저밀도 폴리에틸렌, 다우·케미컬사 제품)
- [0113] PS: 토요 스티롤 G100C(폴리스티렌, 토요 스티렌사 제품)
- [0114] PMMA: 파라팻 CW001(메타크릴산 에스테르 수지, 쿠라레사 제품)
- [0115] 파라핀계 프로세스 오일: SUNPAR110(일본 선세키유사 제품)
- [0116] SiO₂: QSG-10(실리카, 신에츠 화학공업사 제품)
- [0117] DCP: 퍼쿠밀 D(디쿠밀퍼옥사이드, 일본 유지사 제품)

[0118]

[표 1]

	폴리프로필렌수지 (A) (질량%)			올레핀계 엘라스토머 (질량%)		스티렌계 열가소성 엘라스토머 (B) (질량%)									
	randomPP	homoPP	blockPP	EVA		SEEPS1	SEEPS2	SEPS1	SEBS	SEPS2	SEPS3	스티렌에서 유래하는 구성단위 (질량%)	에틸렌에서 유래하는 구성단위 (질량%)		
실시예 1	60	-	-	-	-	40	-	-	-	-	-	30	52.5		
실시예 2	55	-	-	-	-	45	-	-	-	-	-	30	52.5		
실시예 3	50	-	-	-	-	50	-	-	-	-	-	30	52.5		
실시예 4	55	-	-	-	-	55	-	-	-	-	-	30	52.5		
실시예 5	40	-	-	-	-	60	-	-	-	-	-	30	52.5		
실시예 6	35	-	-	-	-	65	-	-	-	-	-	30	52.5		
실시예 7	20	-	-	-	-	80	-	-	-	-	-	30	52.5		
실시예 8	50	-	-	-	-	-	50	-	-	-	-	30	52.5		
실시예 9	50	-	-	-	-	-	-	50	-	-	-	20	40.0		
실시예 10	50	-	-	-	-	-	-	-	50	-	-	32	45.3		
비교예 1	65	-	-	-	-	35	-	-	-	-	-	30	52.5		
비교예 2	65	-	-	-	-	-	-	-	35	-	-	32	51.0		
비교예 3	80	-	-	-	-	20	-	-	-	-	-	30	52.5		
비교예 4	80	-	-	-	-	-	-	-	20	-	-	32	51.0		
비교예 5	50	-	-	-	-	-	-	-	-	50	-	34	33.0		
비교예 6	50	-	-	-	-	-	-	-	-	-	50	65	17.5		
비교예 7	35	-	-	-	-	-	-	-	-	-	65	65	17.5		

[0119]

[0120]

[표 2]

	플리프로필렌수지 (A) (질량%)				올레핀계 엘라스토머 (질량%)		스티렌계 열가소성 엘라스토머 (B) (질량%)								
	randomPP		blockPP		EVA		SEEPS1	SEEPS2	SEPS1	SEBS	SEPS2	SEPS3	스티렌에서 유래하는 구성단위 (질량%)	에틸렌에서 유래하는 구성단위 (질량%)	
	randomPP	homoPP	blockPP	blockPP	EVA	EVA	SEEPS1	SEEPS2	SEPS1	SEBS	SEPS2	SEPS3	스티렌에서 유래하는 구성단위 (질량%)	에틸렌에서 유래하는 구성단위 (질량%)	
실시예 1 1	-	50	-	-	-	-	50	-	-	-	-	-	30	52.5	
실시예 1 2	-	50	-	-	-	-	-	-	50	-	-	-	20	40.0	
실시예 1 3	-	50	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	32	45.3	
실시예 1 4	-	-	50	-	-	-	50	-	-	-	-	-	30	52.5	
실시예 1 5	-	40	-	-	10	-	50	-	-	-	-	-	30	52.5	
비교예 8	-	65	-	-	-	-	-	-	35	-	-	-	20	40.0	
비교예 9	-	65	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	32	51.0	

[0121]

[0122] [표 3]

	폴리프로필렌수지 (A) (질량%)		스티렌계 열가소성 엘라스토머 (B) (질량%)		기타									
	randomPP	SEEPS1	스티렌에서 유래하는 구성단위 (질량%)	에틸렌에서 유래하는 구성단위 (질량%)	MAH변성 homOPP	EVA	HDPE	LDPE	PS	PMMA	파라핀계 프로 세스 오일	SiO ₂	DCP (가교제)	
실시예 16	30.0	45.0	30	52.5	25	-	-	-	-	-	-	-	-	
실시예 17	30.0	45.0	30	52.5	-	25	-	-	-	-	-	-	-	
실시예 18	30.0	45.0	30	52.5	-	-	25	-	-	-	-	-	-	
실시예 19	30.0	45.0	30	52.5	-	-	-	25	-	-	-	-	-	
실시예 20	30.0	45.0	30	52.5	-	-	-	-	25	-	-	-	-	
실시예 21	30.0	45.0	30	52.5	-	-	-	-	-	25	-	-	-	
실시예 23	30.0	45.0	30	52.5	-	-	-	-	-	-	-	25	-	
실시예 24	50.0	50.0	30	52.5	-	-	-	-	-	-	-	-	5	
비교예 10	60	-	-	-	-	40	-	-	-	-	-	-	-	
비교예 11	70	-	-	-	-	25	-	-	-	-	-	5	-	
비교예 12	50	-	-	-	-	25	-	-	-	-	-	25	-	
비교예 13	60	-	-	-	-	-	40	-	-	-	-	-	-	
비교예 14	60	-	-	-	-	-	-	40	-	-	-	-	-	
비교예 15	75	-	-	-	-	-	-	-	25	-	-	-	-	
비교예 16	75	-	-	-	-	-	-	-	-	-	25	-	-	
비교예 17	75	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	25	-	
비교예 18	-	50	30	52.5	-	50	-	-	-	-	-	-	-	
비교예 19	-	50	30	52.5	-	-	50	-	-	-	-	-	-	
비교예 20	-	50	30	52.5	-	-	-	50	-	-	-	-	-	

[0123] [측정 및 평가]

[0125] 상기 실시예 및 비교예에서 얻어진 절연성 수지 조성물에 대하여, 하기 측정 및 평가를 실시하였다. 결과를 표 4~6에 도시한다.

- [0126] [1] 손실 탄젠트($\tan \delta$)의 온도 특성 곡선
- [0127] 점탄성 측정 장치(안톤필사 제품, Physica MCR 301)를 이용하여 주파수 100rad/s, 측정 온도 25℃ 이상 250℃ 이하, 승온 온도 5℃/분에서, 두께 2mm의 시트형 절연성 수지 조성물의 동적 점탄성 측정을 실시하여, 손실 탄젠트($\tan \delta$)의 온도 특성 곡선을 얻었다.
- [0128] [2] 유전 탄젠트
- [0129] 90℃의 항온조 내에서 실리콘 오일에 침지시킨 두께 0.1mm 이상 3.0mm 이하의 시트형 절연성 수지 조성물의 같은 면에 가이드 전극과 측정 전극을 마련하고, 30kV/mm의 교류 전계를 인가하였을 때의 절연성 수지 조성물의 유전 탄젠트를 측정하였다.
- [0130] [3] 비(Q300/Q0)
- [0131] Q(t) 미터(주식회사 A&D 제품, AD-9832A)를 이용하여, 90℃, 직류 전계 30kV/mm, Q(t)법으로, 두께 0.1mm 이상 3.0mm 이하의 시트형 절연성 수지 조성물의 전하 축적률을 측정하여, 5분 후의 전하량(Q300)을 얻었다. 그리고, 초기 전하량(Q0)에 대한 전하량(Q300)의 비(Q300/Q0)를 산출하였다.
- [0132] [4] 새그 내성
- [0133] 항온조 내에서, 절연성 수지 조성물로 이루어지는 JIS K 6251:2017에 기재된 두께 2mm의 덩벨형 3호형 시험편의 일단을 고정시켜 매단 상태로, 소정 온도에서 소정 시간 정치한 후, 절연성 수지 조성물의 신장 유무를 관찰하였다.
- [0134] 구체적으로는, 우선, 항온조 내에서 매단 상태의 절연성 수지 조성물을 가열하여, 170℃에서 10분간 정치한 후, 절연성 수지 조성물의 신장 유무를 관찰하였다. 이 시험을 3회 실시하여, 절연성 수지 조성물의 신장이 관찰된 경우, 새그 내성은 무라 판단하였다. 이 시험을 3회 실시하여, 절연성 수지 조성물의 신장이 관찰되지 않은 경우, 170℃의 항온조 내에서 매단 상태의 절연성 수지 조성물을 가열하여, 180℃에서 10분간 정치한 후, 절연성 수지 조성물의 신장 유무를 관찰하였다. 이 시험을 3회 실시하여, 절연성 수지 조성물의 신장이 관찰된 경우, 새그 내성은 무라 판단하였다. 이 시험을 3회 실시하여, 절연성 수지 조성물의 신장이 관찰되지 않은 경우, 180℃의 항온조 내에서 매단 상태의 절연성 수지 조성물을 가열하여, 190℃에서 10분간 정치한 후, 절연성 수지 조성물의 신장 유무를 관찰하였다. 이 시험을 3회 실시하여, 절연성 수지 조성물의 신장이 관찰된 경우, 새그 내성은 무라 판단하였다. 이 시험을 3회 실시하여, 절연성 수지 조성물의 신장이 관찰되지 않은 경우, 190℃의 항온조 내에서 매단 상태의 절연성 수지 조성물을 가열하여, 200℃에서 10분간 정치한 후, 절연성 수지 조성물의 신장 유무를 관찰하였다. 이 시험을 3회 실시하여, 절연성 수지 조성물의 신장이 관찰된 경우, 새그 내성은 무라 판단하였다. 이 시험을 3회 실시하여, 절연성 수지 조성물의 신장이 관찰되지 않은 경우, 새그 내성은 유라 판단하였다. 200℃는 압출 성형 시의 상정 온도이다.
- [0135] [5] 열 변형(내열성)
- [0136] 길이 15mm, 폭 30mm, 두께 2mm의 절연성 수지 조성물을 반경 5mm의 반원형으로 길이 약 35mm의 봉 위에 놓고, 절연성 수지 조성물에 대해서, 140℃에서 30분 가열 후, 1kg 하중을 더하여, 추가로 140℃에서 30분 가열 후, 절연성 수지 조성물의 두께를 측정하여, 감소율을 산출하였다. 감소율이 10% 미만이면, 합격으로 하였다.
- [0137] [6] 인장 탄성률(가요성)
- [0138] 절연성 수지 조성물의 부드러움을 조사하기 위하여, JIS K 6921-2:2010의 인장 시험에 근거하여 인장 탄성률을 측정하였다. 인장 탄성률이 큰 재료는 응력에 대해서 변형이 작아, 「단단하다」고 표현하고, 인장 탄성률이 작은 재료는 「부드럽다」고 표현하며, 여기에서는, 인장 탄성률이 500MPa 이하를 부드러운 재료로 하여, 전력 케이블용 절연재로서 합격으로 하였다.
- [0139] [7] 공간 전하(직류 특성)
- [0140] 공간 전하 측정 장치(파이버라보 주식회사 제품)를 이용하여 90℃, 인가 전압 9kV, 측정 시간 24h, 펄스 정전 응력법(PEA법)으로, 길이 50mm, 폭 50mm, 두께 0.3mm의 시트형 절연성 수지 조성물의 공간 전하를 측정하여, 전계 변형의 유무를 보았다.
- [0141] 공간 전하 측정에서는, PEA법을 이용하여, 절연성 수지 조성물에서의 전하의 장시간 거동의 안정 여부를 판단하였다. 전하의 장시간 거동이 안정되면, 절연성 수지 조성물에는 국소적인 전계 변형이 일어나지 않기 때문에,

절연성 수지 조성물은 식류 절연 재료로 양호하다.

[0142]

[표 4]

	중합제 내의 스티렌계 헥사스토머 유래 성분용 스티렌용량 (%)		고온측 온도 영역의 최저 온도 (°C)	고온측 온도영역의 최고온도 (°C)	손실 탄젠트 t a n δ (°C) 이하인 최고온도	90°C의 손실 탄젠트 t a n δ	자온측 온도 영역의 유무	손실 탄젠트 t a n δ		세그네이션	가열변형률	인장탄성률 (MPa)	유전탄젠트	비 (Q 3 0 0 / Q 0)	공간진하
	125±35°C	200±45°C													
실시예 1	12.0	21.0	135	245	186.0	0.07	유	≥0.1	≤0.3	유	10%미만	450	0.08	1.2	무
실시예 2	13.5	23.6	133	249	202.7	0.07	유	≥0.1	≤0.3	유	10%미만	350	0.08	1.1	무
실시예 3	15.0	26.3	131	250	249.9	0.08	유	≥0.1	≤0.3	유	10%미만	250	0.05	1.3	무
실시예 4	16.5	28.9	127	250	249.9	0.07	유	≥0.1	≤0.3	유	10%미만	220	0.04	1.4	무
실시예 5	18.0	31.5	122	280	280.0	0.08	유	≥0.1	≤0.3	유	10%미만	200	0.04	1.2	무
실시예 6	19.5	34.1	119	290	290.0	0.09	유	≥0.1	≤0.3	유	10%미만	180	0.04	1.4	무
실시예 7	24.0	42.0	115	300	300.0	0.06	유	≥0.1	≤0.3	유	10%미만	170	0.04	1.3	무
실시예 8	15.0	26.3	128	249	249.1	0.06	유	≥0.1	≤0.3	유	10%미만	300	0.05	1.2	무
실시예 9	10.0	20.0	140	249	249.3	0.08	유	≥0.1	≤0.3	유	10%미만	300	0.10	1.6	무
실시예 10	16.0	22.7	138	250	249.9	0.09	유	≥0.1	≤0.3	무	10%미만	300	0.05	1.5	무
비교예 1	10.5	18.4	136	239	172.3	0.11	유	≥0.1	≥0.3	무	10%미만	500	0.15	1.3	유
비교예 2	11.2	17.9	125	235	177.4	0.11	유	≥0.1	≥0.3	무	10%미만	550	0.20	1.5	유
비교예 3	6.0	10.5	135	238	172.2	0.12	유	≥0.1	≥0.3	무	10%미만	600	0.18	1.4	유
비교예 4	6.4	10.2	132	235	176.3	0.11	유	≥0.1	≥0.3	무	10%미만	650	0.15	1.5	유
비교예 5	17.0	16.5	89	200	178.3	0.12	유	≥0.1	≥0.3	무	10%미만	300	0.50	3.8	유
비교예 6	32.5	8.8	120	210	172.4	0.15	유	≥0.1	≥0.3	무	10%미만	300	0.30	2.0	유
비교예 7	42.3	11.4	118	222	171.4	0.16	유	≥0.1	≥0.3	무	10%미만	250	0.40	2.0	유

[0143]

[0144]

[표 5]

실시예 1 1 실시예 1 2 실시예 1 3 실시예 1 4 실시예 1 5 비교예 8 비교예 9	중합체 내의 스티렌계 헥사스토머 유래 성분용 스티렌용 에틸렌용 (%)		고온축 온도 영역의 최저 온도 (°C)	고온축 온도영역 의 최고온도 (°C)	손실 탄젠트 t a nδ가 0. 1 이 상 0. 3 이하인 최고온도 (°C)	9 0 °C의 손실 탄 젠트 t a nδ	자온축 온도 영역의 유무	손실 탄젠트 t a nδ		새그내성	가열변형률	인장탄성률 (MPa)	유전탄젠트	비 (Q 3 0 0 / Q 0)	공간전하
	160±20°C	210±40°C													
	15.0	26.3	157	250	198.1	0.13	유	≥0.1	≤0.4	유	10%미만	450	0.10	1.5	무
	10.0	20.0	156	244	183.3	0.07	유	≥0.1	≤0.4	유	10%미만	500	0.11	1.7	무
	16.0	22.7	156	249	173.2	0.39	유	≥0.1	≤0.4	유	10%미만	500	0.10	1.5	무
	15.0	26.3	157	250	178.3	0.13	유	≥0.1	≤0.4	유	10%미만	500	0.12	1.7	무
	15.0	26.3	160	250	176.5	0.15	유	≥0.1	≤0.4	유	10%미만	500	0.10	1.4	무
	7.0	14.0	154	180	165.0	0.16	유	≥0.1	≥0.4	무	10%미만	750	0.16	2.3	유
	11.2	17.9	155	182	165.2	0.15	유	≥0.1	≥0.4	무	10%미만	750	0.20	2.5	유

[0145]

[0146] [표 6]

시험예/비교예	혼합체 내의 스티렌계 에라스토머 유래 성분 중 에틸렌 (%)		고온측 온 영역의 최저 온도 (°C)	고온측 온 영역의 최고 온도 (°C)	tan δ가 0.3 이하인 최고 온도 (°C)	90°C의 손실 탄젠트 tan δ	저온측 온 영역의 도 영역의 유무	손실 탄젠트 (내세그 정능)		새그내성	가열변형률	인장탄성률 (MPa)	유전탄젠트	비 (Q300/Q0)	공간전하
	125±35°C	200±45°C													
실시예 16	13.5	23.6	130	245	198.7	0.06	유	≥0.1	≤0.3	유	10%미만	350	0.12	1.2	무
실시예 17	13.5	23.6	125	254	185.8	0.08	유	≥0.1	≤0.3	유	10%미만	250	0.10	1.3	무
실시예 18	13.5	23.6	102	255	186.5	0.07	유	≥0.1	≤0.3	유	10%미만	300	0.08	1.1	무
실시예 19	13.5	23.6	100	244	183.5	0.08	유	≥0.1	≤0.3	유	10%미만	350	0.05	1.3	무
실시예 20	13.5	23.6	145	250	188.1	0.08	유	≥0.1	≤0.3	유	10%미만	500	0.04	1.4	무
실시예 21	13.5	23.6	150	240	187.9	0.07	유	≥0.1	≤0.3	유	10%미만	500	0.05	1.5	무
실시예 23	13.5	23.6	124	250	194.2	0.06	유	≥0.1	≤0.3	유	10%미만	450	0.04	1.4	무
실시예 24	15.0	26.3	122	270	210.2	0.08	유	≥0.1	≤0.3	유	10%미만	250	0.08	1.6	무
비교예 10	0	0	92	168	166.5	0.25	무	≥0.1	≥0.4	무	10%미만	450	1.5	4.5	유
비교예 11	0	0	102	163	167.3	0.22	무	≥0.1	≥0.4	무	10%미만	800	0.30	1.9	무
비교예 12	0	0	122	166	166.5	0.16	유	≥0.1	≥0.4	무	10%미만	750	0.4	1.6	무
비교예 13	0	0	135	165	162.5	0.22	무	≥0.1	≥0.4	무	10%미만	600	0.9	3.2	유
비교예 14	0	0	120	168	168.5	0.14	무	≥0.1	≥0.4	무	10%미만	550	0.8	4.1	유
비교예 15	0	0	150	174	170.2	0.15	유	≥0.1	≥0.4	무	10%미만	800	2	5	유
비교예 16	0	0	122	166	160.7	0.12	무	≥0.1	≥0.4	무	10%미만	320	1.60	3.2	무
비교예 17	0	0	125	169	160.6	0.22	유	≥0.1	≥0.4	무	10%미만	750	1.5	3.4	무
비교예 18	15.0	26.3	120.0	165.0	158.2	0.15	무	≥0.1	≥0.4	무	10%이상	150	1.5	3.4	무
비교예 19	15.0	26.3	130.8	260	163.9	0.18	무	≥0.1	≥0.4	무	10%이상	250	1.5	3.4	무
비교예 20	15.0	26.3	118.5	260	160.1	0.17	무	≥0.1	≥0.4	무	10%이상	200	1.5	3.4	무

[0147]

[0148]

표 1~2 및 표 4~5에 도시하는 바와 같이, 실시예 1~10에서는, 손실 탄젠트(tan δ)의 온도 특성 곡선은 고온 측 온도 영역과 저온 측 온도 영역을 가지며, 고온 측 온도 영역의 최고 온도가 240°C 이상이었기 때문에, 가요성 및 전기 절연성이 뛰어나, 열 변형 및 새그를 억제할 수 있었다. 또한, 유전 탄젠트, Q300/Q0는 매우 낮고, 공간 전하 특성에서는 전계 변형이 없기 때문에, 어느 실시예도 직류 전류하 또는 교류 전류하에서 뛰어난 전기

절연 특성을 갖는 것을 알 수 있었다. 특히, 실시예 3~8, 10에서는, 에틸렌율이 높은 스티렌계 엘라스토머를 많이 포함하고, 또한, 랜덤 폴리프로필렌에 다량으로 첨가되어 있기 때문에, 랜덤 폴리프로필렌과의 상용성이 좋아져, 그 결과, 직류 전류하 또는 교류 전류하의 전기 절연 특성이 우수하다.

[0149] 또한, 표 3 및 표 6에 도시하는 바와 같이, 실시예 16~24와 같이, 상기 실시예 3에 추가로 제3 성분으로 폴리 에틸렌이나 폴리스티렌 등의 수지나 필러 성분, 유상 액체를 원하는 범위 내에서 더했다 하더라도, 새그가 발생하는 일도 없는 데다가, 직류 전류하 또는 교류 전류하의 전기 절연 특성이 우수하였다. 이는 스티렌계 엘라스 토머의 에틸렌 성분과 스티렌 성분 및 그 배합비를 제어함으로써 양호한 상용성을 얻을 수 있었기 때문이다.

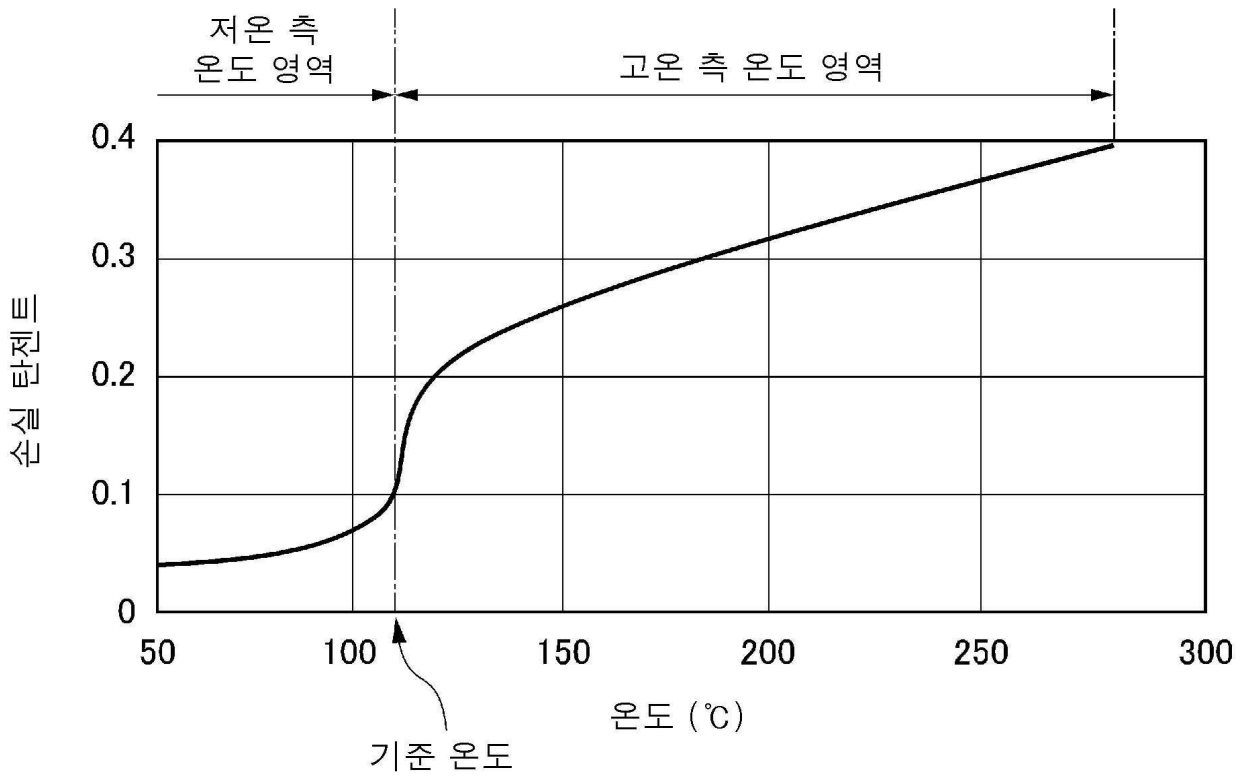
[0150] 한편, 비교예 1~20에서는, 손실 탄젠트($\tan\delta$)의 온도 특성 곡선이 저온 측 온도 영역을 갖지 않거나, 또는 고 온 측 온도 영역의 최고 온도가 240℃ 초과였기 때문에, 가요성이나 전기 절연성 저하, 열 변형이나 새그 발생 을 확인하였다. 특히, 비교예 1~9에서는, 폴리프로필렌 수지의 함유 비율이 20질량% 이상 55질량% 이하가 아닌 것이나, 절연 수지 조성물 내의 스티렌계 열가소성 엘라스토머 유래의 에틸렌 성분율이 낮기 때문에, 용융 온도 이상의 온도 조건하의 동적 점탄성 측정으로 얻어지는 손실 탄젠트가 0.3 이상이 되었다. 이 때문에, 전기 절연 특성이 우수한 조성에서도, 성형 시 용융함으로써 수지의 자체 무게로 새그가 발생하여버리기 때문에, 진원성을 유지할 수 없어, 제대로 케이블 성형을 하지 못하게 된다. 또한, 비교예 10~17에서는 스티렌계 엘라스토머가 함유되어 있지 않은 폴리프로필렌 조성이 되지만, 상용성이 없기 때문에, 새그가 발생하여버렸다. 또한, 비교예 18~20에서는, 베이스재를 폴리에틸렌과 같은 프로필렌 수지보다 에틸렌 성분이 많은 재료로 변경하였다. 그 결 과, 에틸렌 성분이 과잉이라, 가열 변형성이 떨어지는 것을 알 수 있었다. 이는 케이블로 하였을 때에 흐르는 전류의 전열과 외부로부터의 하중으로 어떤 것은 변형되어버리는 것을 시사한다.

부호의 설명

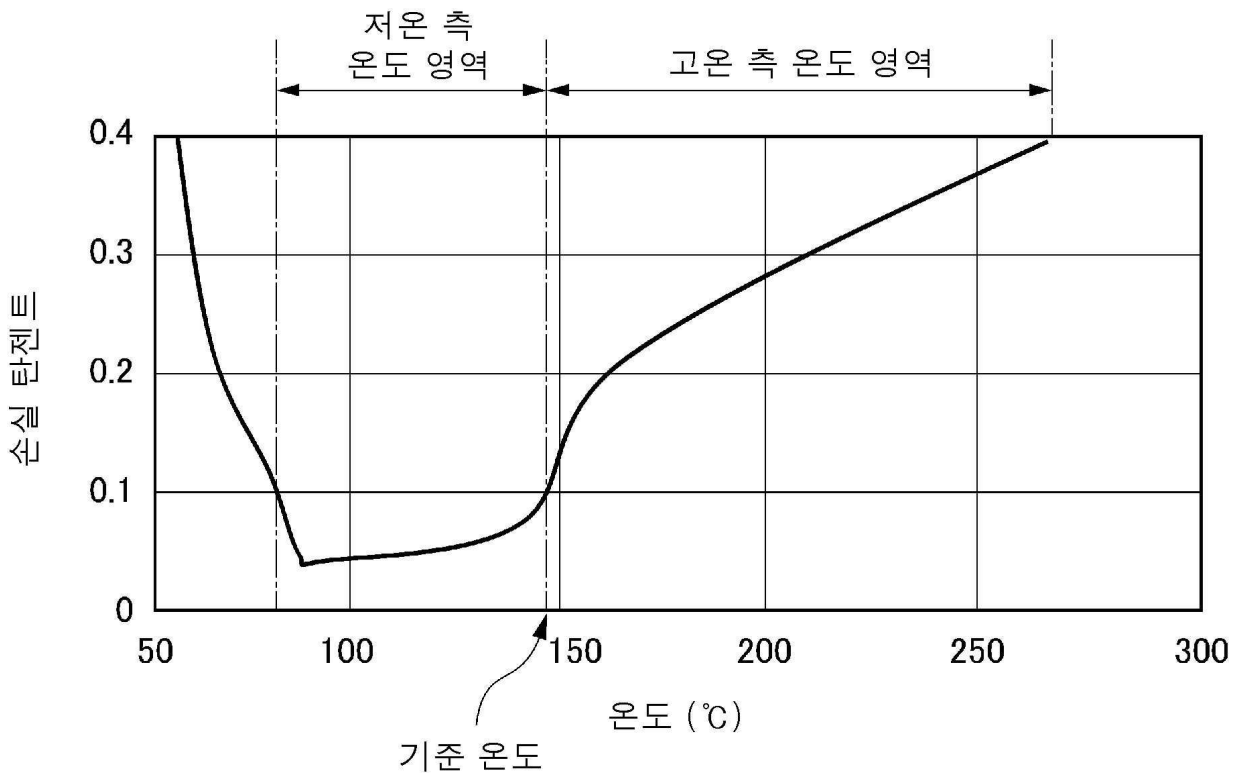
- [0151] 10 전력 케이블
- 11 도체
- 12 내부 반도체층
- 13 절연층
- 14 외부 반도체층
- 15 금속 차폐층
- 16 시스
- 20 전력 케이블 접속부
- 21 접속부
- 22 접속부 내부 반도체층
- 23 접속부 절연층
- 24 접속부 외부 반도체층

도면

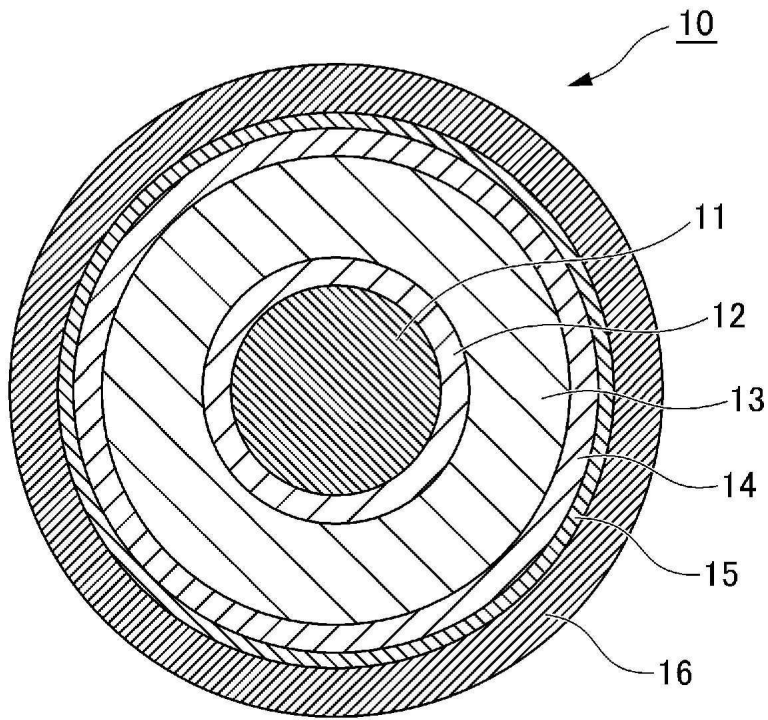
도면1



도면2



도면3



도면4

