



(19) 대한민국특허청(KR)  
(12) 공개특허공보(A)

(11) 공개번호 10-2015-0097364  
(43) 공개일자 2015년08월26일

(51) 국제특허분류(Int. Cl.)  
H02G 15/22 (2006.01) H02G 1/14 (2006.01)  
(21) 출원번호 10-2014-0090284  
(22) 출원일자 2014년07월17일  
심사청구일자 없음  
(30) 우선권주장  
1020140017764 2014년02월17일 대한민국(KR)

(71) 출원인  
엘에스전선 주식회사  
경기도 안양시 동안구 엘에스로 127 (호계동)  
(72) 발명자  
채병하  
경상북도 구미시 구미대로 389, 3동 104호 (신평동, LS전선사원아파트)  
김성윤  
대구광역시 수성구 수성로 411, 102동 1210호 (수성동4가, 화성쌍용타운)  
최승명  
경상북도 구미시 구미대로 389, 3동 108호 (신평동, LS전선사원아파트)  
(74) 대리인  
김준현, 서현, 민복기

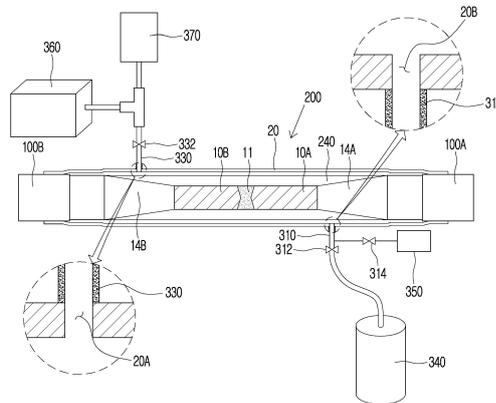
전체 청구항 수 : 총 10 항

(54) 발명의 명칭 고점도 절연유 함침 케이블 및 그 접속방법

(57) 요약

본 발명은 고점도 절연유 함침 케이블 및 그 접속방법에 관한 것으로서, 보다 상세하게는 고점도 절연유 함침 케이블 끼리, 또는 상기 고점도 절연유 함침 케이블과 가공선을 연결시키는 경우에 금속시스 내의 보강절연층에서 기포를 제거하는 탈포 단계와, 상기 금속시스 내로 고점도 절연유를 주입하는 주유 단계와, 상기 금속시스 내부로 소정의 압력을 가하는 가압단계를 포함하는 재함침 공정을 포함하는 것을 특징으로 한다.

대표도 - 도3



## 특허청구의 범위

### 청구항 1

고점도 절연유 함침 케이블의 절연지를 제거하여 도체를 전기적으로 접속하고, 상기 접속된 도체를 감싸도록 보강절연층을 형성하고, 상기 케이블의 외부 반도전층 및 금속시스를 복원하는 고점도 절연유 함침 케이블의 접속 방법에 있어서,

상기 금속시스에 적어도 하나의 관통홀을 형성하는 단계;

상기 관통홀을 통해 상기 금속시스 내부의 공기를 배출하는 단계;

상기 관통홀을 통해 상기 금속시스 내부로 고점도 절연유를 주입하여 상기 보강절연층을 함침하는 단계;

상기 관통홀을 통해 상기 금속시스 내부로 압력을 가하는 단계; 및

상기 관통홀을 막아 상기 금속시스 내부를 밀폐시키는 단계;를 포함하는 것을 특징으로 하는 고점도 절연유 함침 케이블의 접속방법.

### 청구항 2

제1항에 있어서,

상기 관통홀은 상기 금속시스의 하부에 형성된 제1 관통홀과 상기 금속시스의 상부에 형성된 제2 관통홀을 포함하고, 상기 제1 관통홀과 제2 관통홀은 각각 유입관 및 배출관과 연결되는 것을 특징으로 하는 고점도 절연유 함침 케이블의 접속방법.

### 청구항 3

제2항에 있어서,

상기 금속시스 내부의 공기를 배출하는 단계는

상기 배출관을 통해 보강절연층에 잔존하는 공기를 배출하는 것을 특징으로 하는 고점도 절연유 함침 케이블의 접속방법.

### 청구항 4

제3항에 있어서,

상기 금속시스 내부의 공기를 배출하는 단계는

상기 금속시스 내부에 음압을 가하여 소정의 진공상태로 만들어 상기 공기를 배출하는 것을 특징으로 하는 고점도 절연유 함침 케이블의 접속방법.

### 청구항 5

제1항에 있어서,

상기 금속시스 내부로 고점도 절연유를 주입하여 상기 보강절연층을 함침하는 단계는

상기 유입관을 통해 상기 고점도 절연유를 주입하는 것을 특징으로 하는 고점도 절연유 함침 케이블의 접속방법.

### 청구항 6

제5항에 있어서,

상기 고점도 절연유를 주입하는 경우에 소정의 온도 또는 압력을 가하는 것을 특징으로 하는 고점도 절연유 함침 케이블의 접속방법.

### 청구항 7

제5항에 있어서,

상기 금속시스 내부에 음압을 가하여 소정의 진공상태로 만들어 상기 고점도 절연유에 포함된 공기를 배출하는 것을 특징으로 하는 고점도 절연유 함침 케이블의 접속방법.

**청구항 8**

제1항에 있어서,

상기 금속시스 내부로 압력을 가하는 단계는

상기 고점도 절연유에 의해 상기 보강절연층 내의 공극을 메꾸는 것을 특징으로 하는 고점도 절연유 함침 케이블의 접속방법.

**청구항 9**

제1항에 있어서,

상기 관통홀은 상기 금속시스의 하부에 형성된 제1 관통홀과 상기 금속시스의 상부에 형성된 제2 관통홀을 포함하며, 상기 제1 관통홀과 제2 관통홀은 각각 유입관 및 배출관과 연결되고,

상기 관통홀을 막아 상기 금속시스 내부를 밀폐시키는 단계는 상기 유입관과 배출관을 제거하고, 상기 제1 관통홀 및 제2 관통홀을 메꾸는 것을 특징으로 하는 고점도 절연유 함침 케이블의 접속방법.

**청구항 10**

고점도 절연유에 함침된 소정 길이의 단위길이 케이블을 서로 접속시키는 접속부를 구비하는 고점도 절연유 함침 케이블에 있어서,

상기 단위길이 케이블은 도체, 상기 도체를 감싸는 내부반도전층, 고점도 절연유에 함침된 절연지를 구비하는 절연층 및 상기 절연층을 감싸는 외부반도전층을 구비하고,

상기 접속부는 상기 외부반도전층, 절연층 및 내부반도전층이 제거되어 상기 도체가 전기적으로 접속되고, 상기 접속된 도체를 감싸도록 구비된 보강절연층, 상기 보강절연층을 감싸도록 복원된 외부반도전층 및 상기 외부반도전층을 감싸는 금속시스를 구비하고,

상기 금속시스는 상하부에 각각 구비되고, 길이방향으로 이격되어 구비되는 적어도 한 쌍의 관통홀 및 상기 관통홀을 메꾸 용접부;를 구비하는 것을 특징으로 하는 고점도 절연유 함침 케이블.

**명세서**

**기술분야**

[0001] 본 발명은 고점도 절연유 함침 케이블 및 그 접속방법에 관한 것으로서, 구체적으로 고점도 절연유 함침 케이블을 서로 연결하거나, 또는 고점도 절연유 함침 케이블을 가공선에 연결하는 경우에 고점도 절연유 함침 케이블의 절연층의 절연성능의 저하를 방지할 수 있는 접속방법에 관한 것이다.

**배경기술**

[0002] 일반적으로 전력케이블은 전력을 공급하는 도체를 이용하여 지중, 지상 또는 해저를 통하여 원하는 장소로 전력을 공급하도록 사용된다. 이러한 전력케이블은 상기 도체를 절연하는 것이 매우 중요하며, 이를 위하여 상기 도체를 절연시키는 절연층은 XLPE(Cross-linked Polyethylene; 가교 폴리에틸렌) 등을 원료로 하여 제작되거나, 또는 절연지 등을 감아 절연층으로 사용하고 있다.

[0003] 상기 절연지를 감아 절연층을 형성한 소위 '지절연 케이블'은 사용되는 절연유의 점도에 따라 'OF(oil filled) 케이블'과 'MI(mass impregnated) 케이블'로 구분할 수 있다.

[0004] OF 케이블은 상대적으로 저점도의 절연유를 사용하여 절연지를 함침하게 되며, 절연유를 가압하여 유압을 일정 수준으로 유지한 채로 작동시켜야 하므로 연장 길이가 제한적이다. 이에 비하여, MI 케이블은 상대적으로 고점

도의 절연유를 사용하여 절연지를 함침하게 되므로 절연지 내에서 절연유의 유동이 적어서 유압을 유지할 필요가 없는 바 연장 길이가 긴 장점이 있다.

[0005] 한편, 상기 전력케이블은 수백m 또는 수십km 간격으로 중간접속함(Joint box)에 의해 접속이 이루어지며, 상기 전력케이블의 말단을 종단접속함(Termination box)에 의해 접속이 이루어지게 된다. 상기 중간접속함 또는 종단 접속함에서 전력케이블을 연결하는 경우에 케이블의 절연층이 노출된 상태에서 도체를 먼저 연결하고 상기 절연층 표면에 고점도 절연유에 함침된 절연지를 지권하여 보강절연층을 형성한다. 이 경우, 상기 절연지를 감는 도중, 즉, 절연지 사이에 고점도 절연유를 도포하면서 상기 절연지를 지권하고, 이어서 외부반도전층, 금속시스 및/또는 방식층을 복원하게 된다.

[0006] 그런데, 상기와 같은 종래 방법은 접속함의 내부에서 상기 절연지를 지권하는 동시에 고점도 절연유를 도포하게 되어, 상기 절연지 층간에 절연유의 기포가 발생할 수 있다. 이러한 기포는 절연지를 내부반도전층 상에 나선형으로 권취하여 절연층을 형성하는 경우에 어느 하나의 절연지 상에 절연지를 다시 권취하는 경우에 발생하기 쉬우며, 특히 절연지를 나선형으로 권취하는 경우에 형성되는 단차 부위에 다시 절연지가 권취되는 경우에 많이 발생한다. 나아가, 상기 기포는 절연지 사이뿐만 아니라 절연지 자체의 섬유 틈새에도 발생하기 쉽다. 하지만, MI 케이블은 OF 케이블과는 달리 케이블의 양단에서 절연유의 공급이 없을 뿐만 아니라, 고점도의 절연유를 사용하므로 기포가 일단 발생하면 케이블 제조 공정 중에 제거되지 못하고 잔존하게 된다. 이와 같이 케이블 내에 잔존한 기포는 추후 크기가 커져 방전의 개시점이 되기 쉽다. 또한 고점도 절연유를 도포하는 경우에 작업자가 수작업으로 도포하게 되므로 절연지의 층간 사이에서 절연유의 분포가 불균일하게 이루어진다. 따라서, 절연지의 층간에 존재하는 기포와 상기 불균일하게 분포된 절연유로 인하여 접속함의 전체적인 절연성능의 저하를 초래하게 된다.

[0007] 미국 등록특허공보 제4225746호(이하, '선행문헌 1'이라고 함)는 지절연케이블의 중간접속함에 있어서 절연유를 충전하는 방법을 개시한다. 선행문헌 1에서는 상부의 포트를 통해 절연유를 주입하여 중간접속함을 절연유로 충전하는 방법을 제시한다. 하지만, 선행문헌 1에서는 상부의 포트를 통해 주입하게 되므로 중간접속함 내부의 보강절연층 등에 이미 발생한 기포 등을 제거하기에 충분하지 않다.

[0008] 또한, 일본국 공개특허공보 제2005-039952호(이하, '선행문헌 2'라고 함)는 지절연 케이블의 종단접속함에 있어서 애관 내의 절연유를 빼내고 다시 절연유를 주입하는 방식에 대해서 개시한다. 선행문헌 2는 커넥터를 구비하여 밸브의 조작에 의해 애관 내부의 절연유를 제거하고, 다시 절연유를 채우는 방법을 개시한다. 그런데, 선행문헌 2는 접속함 내부에 보강절연층을 구비하지 않으며, 따라서, 상기 보강절연층에 발생한 기포 등을 제거하기 위한 기술을 개시하지 않는다.

[0009] 한편, 한국 등록특허공보 제1108309호(이하, '선행문헌 3'이라고 함) 및 일본국 등록특허공보 제2557218호(이하, '선행문헌 4'라고 함)는 종단접속함에 있어서 절연유의 주입방법에 대해서 개시한다. 선행문헌 3은 오일커넥터를 구비하여 상기 커넥터를 통하여 절연유를 주입하고 접속함 내부의 에어를 에어호스를 통해 배출하게 된다. 또한, 선행문헌 4는 T형 조인트를 구비하여 밸브의 조작에 의해 절연유를 주입하는 방식에 대해서 개시한다. 하지만, 선행문헌 3 및 선행문헌 4는 지절연 케이블이 아니라 일반 XLPE 케이블에 관한 것이다. 따라서, 접속함 내부에 절연지로 이루어지는 보강절연층이 필요 없게 되어 상기 절연지 사이, 또는 상기 절연지 자체에 발생할 수 있는 기포 등에 대해서 전혀 인식하지 못한다.

**선행기술문헌**

**특허문헌**

- [0010] (특허문헌 0001) 1. 선행문헌 1 : 미국 등록특허공보 제4225746호
- (특허문헌 0002) 2. 선행문헌 2 : 일본국 공개특허공보 제2005-039952호
- (특허문헌 0003) 3. 선행문헌 3 : 한국 등록특허공보 제1108309호
- (특허문헌 0004) 4. 선행문헌 4 : 일본국 등록특허공보 제2557218호

**발명의 내용**

**해결하려는 과제**

[0011] 본 발명은 고점도 절연유 함침 케이블을 서로 연결하는 중간접속함, 또는 상기 고점도 절연유 함침 케이블을 가공선과 연결하는 중단접속함에 있어서 상기 접속함의 절연성능의 감소를 방지하는 접속방법을 개시하는데 목적이 있다.

**과제의 해결 수단**

[0012] 상기와 같은 본 발명의 목적은 고점도 절연유 함침 케이블의 절연지를 제거하여 도체를 전기적으로 접속하고, 상기 접속된 도체를 감싸도록 보강절연층을 형성하고, 상기 케이블의 외부 반도전층 및 금속시스를 복원하는 고점도 절연유 함침 케이블의 접속방법에 있어서, 상기 금속시스에 적어도 하나의 관통홀을 형성하는 단계, 상기 관통홀을 통해 상기 금속시스 내부의 공기를 배출하는 단계, 상기 관통홀을 통해 상기 금속시스 내부로 고점도 절연유를 주입하여 상기 보강절연층을 함침하는 단계, 상기 관통홀을 통해 상기 금속시스 내부로 압력을 가하는 단계 및 상기 관통홀을 막아 상기 금속시스 내부를 밀폐시키는 단계를 포함하는 것을 특징으로 하는 고점도 절연유 함침 케이블의 접속방법에 의해 달성될 수 있다.

[0013] 한편, 상기 관통홀은 상기 금속시스의 하부에 형성된 제1 관통홀과 상기 금속시스의 상부에 형성된 제2 관통홀을 포함하고, 상기 제1 관통홀과 제2 관통홀은 각각 유입관 및 배출관과 연결될 수 있다.

[0014] 또한, 상기 금속시스 내부의 공기를 배출하는 단계는 상기 배출관을 통해 보강절연층에 잔존하는 공기를 배출할 수 있다.

[0015] 나아가, 상기 금속시스 내부의 공기를 배출하는 단계는 상기 금속시스 내부에 음압을 가하여 소정의 진공상태로 만들어 상기 공기를 배출할 수 있다.

[0016] 또한, 상기 금속시스 내부로 고점도 절연유를 주입하여 상기 보강절연층을 함침하는 단계는 상기 유입관을 통해 상기 고점도 절연유를 주입할 수 있다.

[0017] 한편, 상기 고점도 절연유를 주입하는 경우에 소정의 온도 또는 압력을 가할 수 있다.

[0018] 한편, 상기 금속시스 내부에 음압을 가하여 소정의 진공상태로 만들어 상기 고점도 절연유에 포함된 공기를 배출할 수 있다.

[0019] 나아가, 상기 금속시스 내부로 압력을 가하는 단계는 상기 고점도 절연유에 의해 상기 보강절연층 내의 공극을 메꿀 수 있다.

[0020] 또한, 상기 관통홀은 상기 금속시스의 하부에 형성된 제1 관통홀과 상기 금속시스의 상부에 형성된 제2 관통홀을 포함하며, 상기 제1 관통홀과 제2 관통홀은 각각 유입관 및 배출관과 연결되고, 상기 관통홀을 막아 상기 금속시스 내부를 밀폐시키는 단계는 상기 유입관과 배출관을 제거하고, 상기 제1 관통홀 및 제2 관통홀을 메꿀 수 있다.

[0021] 한편, 상기와 같은 본 발명의 목적은 고점도 절연유에 함침된 소정 길이의 단위길이 케이블을 서로 접속시키는 접속부를 구비하는 고점도 절연유 함침 케이블에 있어서, 상기 단위길이 케이블은 도체, 상기 도체를 감싸는 내부반도전층, 고점도 절연유에 함침된 절연지를 구비하는 절연층 및 상기 절연층을 감싸는 외부반도전층을 구비하고, 상기 접속부는 상기 외부반도전층, 절연층 및 내부반도전층이 제거되어 상기 도체가 전기적으로 접속되고, 상기 접속된 도체를 감싸도록 구비된 보강절연층, 상기 보강절연층을 감싸도록 복원된 외부반도전층 및 상기 외부반도전층을 감싸는 금속시스를 구비하고, 상기 금속시스는 상하부에 각각 구비되고, 길이방향으로 이격되어 구비되는 적어도 한 쌍의 관통홀 및 상기 관통홀을 메꾼 용접부를 구비하는 것을 특징으로 하는 고점도 절연유 함침 케이블에 의해 달성될 수 있다.

**발명의 효과**

[0022] 전술한 본 발명에 따르면 고점도 절연유 함침 케이블을 서로 연결시키거나, 또는 가공선과 연결시키는 경우에 보강절연층을 형성하고, 외부반도전층, 금속시스 및 방식층을 복원한 다음, 고점도 절연유를 소정의 압력으로 가압 및 주입하여 상기 보강절연층을 재함침함으로써 상기 보강절연층의 절연지 사이에 존재하는 기포 및 불균일 절연유를 제거하여 접속함의 절연성능의 저하를 방지할 수 있다.

**도면의 간단한 설명**

- [0023] 도 1은 일 실시예에 따른 지절연 케이블의 구성을 도시한 일부 절개사시도,
- 도 2는 다른 실시예에 따른 지절연 케이블의 구성을 도시한 일부 절개사시도,
- 도 3은 고점도 절연유 함침 케이블을 서로 연결하는 경우에 재함침공정을 수행하는 개략도,
- 도 4는 본 발명의 일 실시예에 따른 재함침 공정의 순서도,
- 도 5는 본 발명에 따른 재함침공정에 의해 서로 연결된 고점도 절연유 함침 케이블을 도시한 개략도이다.

**발명을 실시하기 위한 구체적인 내용**

- [0024] 이하, 첨부된 도면들을 참조하여 본 발명의 바람직한 실시예들을 상세히 설명하기로 한다. 그러나, 본 발명은 여기서 설명된 실시예들에 한정되지 않고 다른 형태로 구체화될 수도 있다. 오히려, 여기서 소개되는 실시예들은 개시된 내용이 철저하고 완전해질 수 있도록, 그리고 당업자에게 본 발명의 사상이 충분히 전달될 수 있도록 하기 위해 제공되는 것이다. 명세서 전체에 걸쳐서 동일한 참조번호들은 동일한 구성요소들을 나타낸다.
- [0025] 일반적으로 고점도 절연유 함침 케이블(이하 'MI 케이블' 이라 함)은 수백m 내지는 수km 간격으로 중간접속함에 의해 접속이 이루어지며, MI 케이블의 말단은 종단접속함에 의해 가공선과 접속이 이루어지게 된다. 이하에서는 먼저 MI 전력케이블의 구성에 대해서 살펴보고, 이어서 중간접속함의 연결과정을 살펴보기로 한다.
- [0026] 도 1은 MI 케이블(100)의 내부 구성을 도시한 일부 절개 사시도이다.
- [0027] 도 1을 참조하면, MI 케이블(100)은 중심부를 따라 도체(10)를 구비한다. 도체(10)는 전류가 흐르는 통로 역할을 하게 된다. 상기 도체(10)는 도면에 도시된 바와 같이 원형의 중심소선(10A)과 상기 중심소선(10A)을 감싸도록 연선된 평각소선(10B)으로 이루어진 평각소선층(10C)을 구비할 수 있다. 상기 평각소선층(10C)은 연속압출공정을 통하여 다수의 평각소선(10B)의 단면을 사각형 형상으로 형성하고 상기 다수의 평각소선(10B)을 중심소선(10A) 상에 연선하여 이루어진다. 상기 도체(10)는 전체적으로 원형의 형상을 가지도록 제작된다. 비록 도면에 도시되지 않았지만, 상기 도체(10)는 다수의 원형 소선이 연선되어 구비될 수도 있다. 그런데, 상기 평각소선으로 이루어진 도체는 원형소선으로 이루어진 도체에 비해 점적율이 상대적으로 높아져서 고전압용 전력케이블에 적합할 수 있다.
- [0028] 그런데, 도체(10)는 그 표면이 평활하지 않아 전계가 불균일하거나, 전계집중이 발생할 수 있으며, 부분적으로 코로나 방전이 일어나기 쉽다. 또한, 도체(10) 표면과 후술하는 절연층(14) 사이에 공극이 생기게 되면 절연능이 저하된다. 상기과 같은 문제점을 해결하기 위하여 도체(10) 외부를 반도체성 카본지와 같은 반도체성 물질 등으로 감싸게 되며, 반도체성 물질에 의해 형성된 층을 내부반도전층(12)으로 정의하게 된다.
- [0029] 결국, 내부반도전층(12)은 도체(10) 표면의 전계완화와 도체(10)와 절연층(14) 사이의 보이드(void)에 의해 발생하는 부분방전을 방지하게 된다. 또한, 내부반도전층(12)은 케이블에 있어서 이상적인 동심 원통형 전극형태를 유지하게 하여 도체(10) 표면을 평활하게 하여 전계집중을 완화시키며, 도체(10)와 절연층(14)을 서로 밀착시켜 도체(10) 표면에서 발생할 수 있는 코로나 방전을 방지할 수 있다. 나아가, 도체(10)와 내부반도전층(12) 사이 및 내부반도전층(12)과 절연층(14) 사이의 전자주입과 전자흐름을 방지하여 불순물을 흡착할 수 있다.
- [0030] 한편, 내부반도전층(12)의 바깥쪽에는 절연층(14)이 구비된다. 절연층(14)은 도체(10)를 외부와 전기적으로 절연시켜준다. 일반적으로 절연층(14)은 파괴전압이 높고, 절연능력이 장기간 안정적으로 유지될 수 있어야 한다. 나아가, 유전손실이 적으며 내열성 등의 열에 대한 저항 성능을 지니고 있어야 한다. 본 실시예에서 상기 절연층(14)은 절연지를 내부반도전층(12) 표면에 감는 지절연 공정을 통해 형성된다. 또한, 절연특성을 향상시키기 위하여 도체(10) 표면에 절연지가 감긴 상태에서 절연유에 함침시키게 된다. 상기 함침공정을 통해 절연유가 절연지에 흡수되며, 본 실시예와 같이 고점도의 절연유를 사용하게 되면 'MI(mass impregnated) 케이블'로 정의되며, 상대적으로 저점도의 절연유를 사용하게 되면 'OF(oil filled) 케이블'로 정의할 수 있다. 이하, 본 실시예에서는 상대적으로 고점도의 절연유 또는 절연컴파운드를 사용하여 절연지를 함침하여 제작되는 MI 케이블에 대해서 설명한다.
- [0031] 본 실시예에서 상기 절연층(14)은 복수의 절연지를 감싸서 형성되며, 예를 들어 크래프트지(Kraft paper)와 폴리프로필렌(Polypropylene) 수지 등과 같은 열가소성 수지를 반복적으로 감싸서 형성될 수 있다.
- [0032] 구체적으로, 복합 절연지, 예컨대 폴리프로필렌(Polypropylene) 수지의 상하면에 크래프트지가 적층된 구조의 절연지를 권취하여 절연층을 형성할 수 있다.

- [0033] 크래프트지만을 권취하여 절연유를 함침시킨 MI 케이블의 경우에는 케이블 작동 시(통전시) 케이블 도체에 흐르는 전류에 의하여 반경방향으로 안쪽, 즉 상기 내부반도전층 방향의 절연층 부분에서 반경방향으로 바깥쪽, 즉 후술하는 외부반도전층 방향의 절연층 부분으로 온도차가 발생하게 된다. 따라서, 보다 고온인 내부반도전층 쪽의 절연층 부분의 절연유가 점도가 낮아지고 열팽창을 하여 반경방향 바깥쪽으로 이동하게 되며, 온도 하강 시에는 열팽창에 의하여 이동한 절연유가 점도가 높아지고 원래대로 되돌아가지 않게 되어 반경방향으로 안쪽, 즉 내부반도전층 쪽의 절연층 부분에 기포가 발생하게 되어 절연 성능의 저하를 야기한다.
- [0034] 하지만, 상기한 바와 같이 복합 절연지로 절연층을 형성하는 경우, 케이블 작동 시 기름에 함침되지 않는 폴리프로필렌(Polypropylene) 수지 등과 같은 열가소성 수지가 열팽창함으로써 절연유의 유동을 억제할 수 있으며, 저항율에 따라 전계가 분포되는 DC 케이블의 저항성 전계분포 특성에 따라, 크래프트지 보다 저항율이 크며 절연내력이 좋은 폴리프로필렌 수지에 상대적으로 많은 전계를 분담시킬 수 있으며, 케이블 작동/단락 시에 발생하는 온도 변화에 따라 절연유가 수축/팽창하며 발생하는 기포에 분담되는 전계를 완화할 수 있다.
- [0035] 또한, 폴리프로필렌 수지는 절연유가 함침되지 않기 때문에 중력에 의하여 절연유가 케이블 직경 방향으로 유동하는 것을 억제할 수 있을 뿐만 아니라, 케이블 제조시의 함침 온도 또는 케이블 작동시의 작동 온도에 따라 폴리프로필렌 수지가 열팽창하여 크래프트지에 면압을 가하게 되므로 절연유의 유동을 더욱 억제할 수 있다.
- [0036] 복합 절연지는 폴리프로필렌 수지 등과 같은 열가소성 수지의 일면에 크래프트지를 적층한 것, 크래프트지의 상하면에 폴리프로필렌 수지 등과 같은 열가소성 수지를 적층한 것 또는 크래프트지와 폴리프로필렌 수지 등과 같은 열가소성 수지를 교대로 4층 이상으로 적층한 것 등을 사용할 수 있으며, 이러한 경우의 작용 및 효과는 상기한 폴리프로필렌(Polypropylene) 수지의 상하면에 크래프트지가 적층된 구조의 절연지의 경우와 같다.
- [0037] 또한, 상기 절연층(14)은 상기 복합 절연지를 권취하여 형성하되 내부반도전층(12)과 접하는 면과 외부반도전층(16)과 접하는 면 중 어느 한 면 또는 양면 모두를 크래프트지로 형성할 수 있으며, 바람직하게는 내부반도전층(12)과 접하는 면과 외부반도전층(16)과 접하는 면 모두를 크래프트지로 권취하여 형성할 수 있다.
- [0038] 이 경우, 복합 절연지보다 저항률이 낮은 크래프트지가 절연층의 내부반도전층(12)과 접하는 면 또는 외부반도전층(16)과 접하는 면 중 한 면 또는 양면 모두에 형성되므로 임펄스 파괴의 기점인 절연층과 내부반도전층이 접하는 부분 또는 절연층과 외부반도전층이 접하는 부분에 기포가 생기더라도 크래프트지층의 전계 완화 효과에 의해서, 임펄스 파괴 특성의 저하를 막을 수 있다. 또한, 크래프트지는 임펄스 파괴에 대한 극성 효과가 거의 없기 때문에, 플라스틱 래미네이트 종이를 이용한 것에 의해 발생하는 임펄스 극성 효과를 감소시킬 수 있다.
- [0039] 또한, 저항율에 따라 전계가 분포되는 DC 케이블의 저항성 전계분포 특성에 따라, 크래프트지 보다 저항율이 상대적으로 큰 복합 절연지에 전계가 많이 분포되어 크래프트지에서의 전계 강도를 상대적으로 낮출 수 있으므로 케이블 작동 시 상대적으로 고온이 되어 절연유의 수축/팽창이 비교적 활발히 발생함에 따라 기포가 발생할 가능성이 높다. 또한, 전계 강도가 큰 도체 직상 구간의 일부, 즉 내부반도전층과 절연층이 접하는 면 및/또는 케이블 작동 시 온도가 상승함에 따라 전계가 역전되어 전계강도가 높아지는 절연층의 외측 부분, 즉 외부반도전층과 절연층이 접하는 면에 상기 크래프트지를 권취하여 절연층을 형성함으로써, 절연성능의 안정화를 꾀할 수 있다.
- [0040] 그런데, 절연층(14)의 내부뿐만 아니라 외부를 차폐하지 않으면, 전계의 일부는 절연층(14)으로 흡수되지만, 대부분의 전계는 외부로 방전된다. 이 경우, 전계가 소정치 이상으로 커지게 되면 전계에 의해 절연층(14)과 케이블(100)의 외피가 파손될 수 있다. 따라서, 절연층(14)의 바깥쪽에는 다시 반도전층이 구비되며, 전술한 내부반도전층(12)과 구별하기 위하여 외부반도전층(16)으로 정의된다. 외부반도전층(16)은 절연두께 편차에 따른 전계 불평등을 억제하여 절연층(14)을 보호하는 역할과 함께, 전술한 내부반도전층(12)과의 사이에 전기력선의 분포를 등전위로 만들어 절연층(14)의 절연내력을 향상시키는 역할을 하게 된다. 또한, 외부반도전층(16)은 케이블에 있어서 절연층(14)의 표면을 평활하게 하여 전계집중을 완하시켜 코로나 방전을 방지할 수 있다.
- [0041] 한편, 상기 외부반도전층(16)의 외부에는 동선직입 테이프(18)를 구비하며, 나아가, 상기 절연층에 함침된 절연유 또는 절연컴파운드는 외부의 물과 같은 이물질이 침입하게 되면 그 절연성능이 저하되므로 이를 방지하기 위하여 납(lead)으로 된 금속시스(metal sheath), 소위 '연피시스'(20)를 상기 동선직입 테이프(18)의 외부에 구비한다.
- [0042] 나아가, 상기 금속시스(20)의 외부에 물과 직접 접촉이 안되도록 베딩층(22)을 구비한다. 상기 베딩층(22)의 위에는 부직포 테이프(24)와 보강 테이프(26)를 감싸주며, 케이블(100)의 외곽에는 케이블의 외장으로서 자켓(32)을 구비하게 된다. 자켓(32)은 MI 케이블(100)의 외곽에 구비되어 케이블(100)의 내부 구성을 보호하는 역할

을 하게 된다. 상기 자켓(32)은 각종 환경에 견딜 수 있는 내후성 및 기계적 강도가 우수한 성질을 갖도록, 예를 들어 폴리에틸렌(PE : PolyEthylene) 등으로 구성될 수 있다.

[0043] 도 2는 다른 실시예에 따른 지절연 전력케이블(100)의 내부 구성을 도시한 일부 절개 사시도이다. 도 2에 따른 지절연 전력케이블은 예를 들어 바다를 통해 육지를 연결시키는 소위 해저케이블로 사용될 수 있는 전력케이블의 구성을 도시한다. 전술한 도 1의 실시예와 비교하여 차이점을 중심으로 살펴본다.

[0044] 도 2를 참조하면, 해저케이블로 사용되는 지절연 전력케이블(100)은 상기 케이블(100)의 외곽에 해저의 외부환경으로부터 케이블을 보호하도록 기계적 강도를 높이기 위한 철선을 감싸주는 철선외장(30)을 구비하게 된다. 구체적으로 상기 철선외장(30)은 전술한 도 1의 실시예에서 보강 테이프(26)의 외곽에 구비되거나, 또는 상기 보강 테이프(26)의 외곽에 부직포 테이프(미도시)를 다시 권취하고 상기 철선외장(30)을 구비할 수 있다.

[0045] 상기 철선외장(30)의 외곽, 즉 케이블(100)의 외곽에는 케이블의 외장으로서 자켓(32)을 구비하게 된다. 자켓(32)은 지절연 전력케이블(100)의 외곽에 구비되어 케이블(100)의 내부 구성을 보호하는 역할을 하게 된다. 특히, 해저케이블의 경우에 자켓(32)은 해수 등과 같은 해저환경에 견딜 수 있는 내후성 및 기계적 강도가 우수한 성질을 갖게 된다. 예를 들어, 상기 자켓(32)은 폴리프로필렌 얀(polypropylene yarn) 등으로 구성될 수 있다.

[0046] 도 3은 상기와 같은 고점도 절연유에 함침된 소정 길이의 단위길이 케이블을 서로 접속시키는 접속부를 구비하는 고점도 절연유 함침 케이블에 있어서, 상기 접속부를 도시한 개략도이다. 케이블을 제작하는 경우에 그 길이를 무한정 늘리는 것이 곤란하므로, 일반적으로 소정의 단위길이, 예를 들어 수백 미터 내지 수킬로미터의 길이를 가지는 단위길이 케이블을 제작하고 상기 단위길이 케이블을 접속부에 의해 서로 연결하여 고점도 절연유 함침 케이블을 완성하게 된다. 이하에서는 소정의 단위길이를 가지는 MI 케이블(100A, 100B)을 서로 연결시키는 접속부 및 그 중간접속방법에 대해서 살펴본다.

[0047] 도 3을 참조하면, 먼저 소정의 단위길이를 가지는 한 쌍의 MI 케이블(100A, 100B)은 접속부(200)에서 서로 전기적으로 연결된다. 구체적으로, 상기 접속부(200)에서 절연층(14A, 14B) 및 도체(10A, 10B)가 노출된 상태에서 MI 케이블(100A, 100B)의 도체(10A, 10B)의 각 단부를 서로 전기적으로 접속(11)시킨다. 상기 MI 케이블(100A, 100B)의 각 도체를 접속한 다음, 상기 도체(10)의 접속부위를 비롯한 절연층(14A, 14B)의 적어도 일부를 감싸는 보강절연층(240)을 형성하게 된다.

[0048] 상기 보강절연층(240)은 고점도 절연유에 함침된 절연지를 상기 도체(10)의 접속부위를 비롯한 절연층(14) 상에 지권하여 형성된다. 이 경우, 상기 절연지는 고점도 절연유에 이미 함침된 상태로 지권되거나, 또는 상기 고점도 절연유에 함침된 절연지를 드레인한 후 지권할 수 있다. 이때, 상기 절연지를 지권하는 중에 종래와 같이 고점도 절연유를 도포하는 것도 가능하지만, 보강절연층(240)의 절연지 사이의 기포 발생 및 불균일한 절연유 도포를 방지하기 위하여 본 실시예에서는 상기 보강절연층(240)을 형성하는 절연지를 지권하는 경우에 절연유를 도포하는 과정을 생략할 수 있다. 이에 의해, 작업자가 수작업으로 절연유를 도포하여 발생할 수 있는 기포 및 불균일한 절연유 분포를 감소시키는 것이 가능해진다.

[0049] 이어서, 상기 보강절연층(240) 상에 외부반도전층(16) 및 금속시스(20)를 복원하게 된다.

[0050] 그런데, 상기 보강절연층(240)을 형성하는 절연지는 이미 기포를 포함한 상태로 지권될 수 있으므로, 상기 기포를 제거하기 위한 중간접속방법에 대해서 이하, 살펴본다.

[0051] 도 3에 도시된 바와 같이, 금속시스(20)에는 상하부에 각각 구비되고 길이방향으로 서로 이격되는 적어도 한 쌍의 관통홀을 형성할 수 있다. 상기와 같이 금속시스(20)의 상하부에 각각 관통홀을 구비하게 되면 후술하는 바와 같이 하부의 관통홀을 통해 절연유를 공급하고 상부의 관통홀을 통해 절연유가 배출되도록 하여 내부의 보강절연층 등을 보다 충실하게 함침시킬 수 있다. 또한, 상기 관통홀이 상기 금속시스(20)의 길이방향을 따라 서로 반대방향에 이격되어 구비됨으로써 하부의 관통홀을 통해 공급된 절연유가 보강절연층을 함침시키고 길이방향으로 반대편의 관통홀로 배출되도록 하여 보강절연층의 함침을 보다 원활하게 할 수 있다.

[0052] 예를 들어, 상기 관통홀은 상기 금속시스(20)의 하부에 형성된 제1 관통홀(20A)과 상기 금속시스(20)의 상부에 형성된 제2 관통홀(20B)을 구비할 수 있다. 이 경우, 상기 제1 관통홀(20A)과 제2 관통홀(20B)은 각각 유입관(310)과 배출관(330)에 연결될 수 있다. 상기 유입관(310)과 상기 배출관(330)은 상기 금속시스(20)의 외주를 따라 서로 반대방향으로 형성된다. 즉, 상기 금속시스(20)의 하부에 형성된 제1 관통홀(20A)에 연결되는 관을 유입관(310)으로 정의하고, 상기 금속시스(20)에서 상기 유입관(310)의 반대방향에 위치한 관, 즉 상기 금속시스(20)의 상부에 형성된 제2 관통홀(20B)에 연결되는 관을 배출관(330)으로 정의할 수 있다. 상기 유입관(310)과 배출관(330)은 상기 금속시스(20)를 관통하여 외부반도전층(16) 및 보강절연층(240)과 연통되도록 구성될 수

있다. 따라서, 후술하는 바와 같이 상기 유입관(310)을 통해 절연유를 주입하는 경우, 상기 주입된 절연유가 외 부반도전층(16)을 통해 보강절연층(240)을 함침시키면서 상부의 배출관(330)을 통해 외부로 배출된다. 이에 대 해서는 이후에 상세히 살펴본다.

[0053] 상기 유입관(310)은 상기 보강절연층(240)을 재함침시키기 위한 고점도 절연유 또는 절연컴파운드(이하, '고점 도 절연유'라 함)가 수용된 절연유공급부(340)와 연결될 수 있다. 상기 절연유공급부(340)는 예를 들어 고점도 절연유를 수용하는 탱크 등으로 이루어질 수 있다. 상기 유입관(310)에는 상기 절연유공급부(340)에서 공급되는 고점도 절연유를 공급을 선택적으로 차단하는 제1 밸브(312)가 구비될 수 있다. 상기 제1 밸브(312)의 조작에 의해 상기 금속시스(20) 내부로 공급되는 고점도 절연유를 선택적으로 차단할 수 있다.

[0054] 한편, 상기 유입관(310)에는 상기 유입관(310)을 통해 상기 금속시스(20)의 내부를 향해 소정의 압력을 가하는 가압부(350)를 더 구비할 수 있다. 상기 가압부(350)는 예를 들어 펌프 등으로 구성될 수 있다. 상기 가압부 (350)는 제2 밸브(314)를 통해 가압여부가 결정된다. 즉, 상기 제2 밸브(314)의 개폐에 따라 상기 가압부(350) 에서 가하는 압력 조절이 가능하게 된다.

[0055] 상기 유입관(310)의 반대방향에 구비된 배출관(330)은 상기 금속시스(20)의 내부를 소정의 진공도를 가지는 진 공상태로 유지할 수 있는 진공펌프(360)와 연결될 수 있다. 구체적으로, 상기 배출관(330)에는 상기 배출관 (330)을 선택적으로 차단하는 제3 밸브(332)를 구비할 수 있고, 나아가 상기 배출관(330)은 진공펌프(360)와 진 공도를 감지할 수 있는 진공측정부(370)와 연결된다. 상기 진공펌프(360)는 상기 배출관(330)을 통해 상기 금속 시스(20) 내부의 공기를 배출시켜, 상기 금속시스(20)의 내부를 소정의 진공도를 가지는 진공상태로 형성하여, 상기 금속시스(20) 내의 보강절연층(240)에 잔존하는 기포 등을 제거하게 된다.

[0056] 이하, 상기와 같은 구성을 가지는 경우에 보강절연층(240)을 재함침하여 절연성능 저하를 방지하는 재함침 공정 에 대해서 살펴본다.

[0057] 도 4은 본 발명의 일 실시예에 따른 재함침 공정의 순서도이다. 도 4을 참조하면, 상기 재함침공정은 상기 금속 시스(20) 내의 보강절연층(240)에서 기포를 제거하는 탈포 단계(500A)와, 상기 금속시스(20) 내로 고점도 절연 유를 주입하는 주유 단계(500B)와, 상기 금속시스(20) 내부로 소정의 압력을 가하는 가압단계(500C)를 포함할 수 있다.

[0058] 상기 탈포단계(500A)는 상기 금속시스(20) 내의 보강절연층(240)에 남아 있는 기포를 금속시스(20)의 외부로 배 출하여 제거하는 단계이다.

[0059] 구체적으로, 상기 유입관(310)의 상기 제1 밸브(312) 및 제2 밸브(314)를 차단하여 상기 유입관(310)을 통해 고 점도 절연유의 유입이 없는 상태에서 제3 밸브(332)를 개방한다. 상기 제3 밸브(332)가 개방된 상태에서 상기 진공펌프(360)를 구동시켜 상기 금속시스(20) 내부에 음압을 가하여 공기를 외부로 배출하여 상기 금속시스(20) 내부를 소정의 진공상태로 유지한다. 이 경우, 상기 금속시스(20) 내부의 공기를 배출하는 경우에 상기 보강절 연층(240)에 잔존하는 기포가 배출될 수 있도록 상기 진공도를 적절히 유지하는 것이 바람직하다. 상기 진공도 유지는 상기 진공측정부(370)를 통해 미리 결정된 진공도를 유지하도록 상기 진공펌프(360)의 구동을 제어하여 이루어진다.

[0060] 상기 진공펌프(360)의 구동에 의해 상기 금속시스(20) 내부의 공기가 배출되며, 이에 의해 상기 보강절연층 (240)에 잔존하는 기포도 상기 배출관(330)을 통해 외부로 배출된다. 이어서, 상기 금속시스(20) 내로 고점도 절연유를 주입하는 주유 단계(500B)가 시작된다.

[0061] 상기 주유단계는 상기 제3 밸브(332)가 개방된 상태에서 상기 제1 밸브(312)를 개방하여 수행된다. 상기 제1 밸 브(312)를 개방하고 상기 절연유공급부(340)를 통해 상기 금속시스(20)의 하부에서 내부로 고점도 절연유를 공 급한다. 이때, 상기 유입관(310)은 전술한 바와 같이 지면을 향해 구비되므로 중력에 의해 상기 고점도 절연유 의 유입이 곤란할 수 있다. 따라서, 상기 제2 밸브(314)를 개방하고 상기 가압부(350)를 구동시켜 상기 유입관 (310)을 향해 소정의 압력을 가함으로써 상기 고점도 절연유의 유입을 보다 원활하게 수행할 수 있다. 또한, 고 점도 절연유의 유입을 보다 원활히 하기 위하여 소정의 온도를 가할 수 있다. 이와 같이 온도를 가하게 되면 고 점도 절연유의 유동을 촉진시켜 고점도 절연유의 유입을 보다 용이하게 수행할 수 있다.

[0062] 상기 유입관(310)을 통해 상기 금속시스(20)의 내부로 유입된 상기 고점도 절연유는 상기 금속시스(20)의 하부 에서 차오르면서 상기 보강절연층(240)을 이루는 절연지를 다시 함침하게 된다. 이 경우, 보강절연층(240)의 외 부에 구비된 외부반도전층(16)은 카본지 등을 감아서 형성되므로, 고점도 절연유는 상기 외부반도전층(16)을 통

해 상기 보강절연층(240)을 함침시키게 된다.

- [0063] 한편, 상기 고점도 절연유를 상기 금속시스(20)의 내부로 주입하는 중에도 상기 유입관(310)과 연결되는 진공펌프(360)는 계속 구동 중이므로, 상기 금속시스(20)의 내부로 유입된 고점도 절연유가 기포를 포함한 경우라 하여도 상기 기포는 상기 배출관(330)을 통하여 외부로 배출된다. 상기 금속시스(20)의 내부를 고점도 절연유로 채우고 나서 상기 제1 밸브(312) 및 제3 밸브(332)를 차단한다. 여기서, 상기 고점도 절연유가 상기 배출관(330)을 통해 외부로 배출되는 경우에 상기 금속시스(20)의 내부가 상기 고점도 절연유로 충전된 것으로 판단할 수 있다.
- [0064] 이어서, 상기 금속시스(20) 내부로 소정의 압력을 가하는 가압단계(500C)를 수행한다. 상기 가압단계(500C)는 상기 제1 밸브(312)와 제3 밸브(332)가 닫히고, 제2 밸브(314)가 개방된 상태에서 수행된다. 즉, 상기 금속시스(20)의 내부가 상기 가압부(350)와 연통된 상태에서 수행된다. 상기 가압부(350)는 소정의 압력을 상기 유입관(310)을 통해 상기 금속시스(20)의 내부로 가하게 된다. 이와 같이, 상기 가압부(350)를 통해 상기 금속시스(20) 내부를 가압하게 되면, 상기 금속시스(20) 내에 충전된 고점도 절연유가 상기 보강절연층(240)을 균일하게 함침할 수 있으며, 나아가 기포가 제거되고 남은 공극을 고점도 절연유로 메꾸어 절연성능의 저하를 방지할 수 있다. 또한, 고점도 절연유에 의한 재함침을 보다 원활히 하기 위하여 소정의 온도를 가할 수 있다. 이와 같이 온도를 가하게 되면 고점도 절연유의 유동을 촉진시켜 고점도 절연유에 의한 보강절연층의 재함침을 보다 용이하게 수행할 수 있다.
- [0065] 도 5는 본 발명에 따른 재함침공정에 의해 서로 연결된 고점도 절연유 함침 케이블을 도시한 개략도이다. 도 5에서 서로 연결되는 한 쌍의 고점도 절연유 함침 케이블은 도 1 및 도 2에 따른 케이블 중에 어느 것이라도 상관없다.
- [0066] 도 5를 참조하면, 전술한 재함침공정을 거친 다음 상기 유입관(310) 및 배출관(330)을 제거한 다음, 상기 유입관(310) 및 배출관(330)이 연결된 관통홀(20A, 20B)을 용접부(40)에 의해 메꾸게 된다.
- [0067] 상기 금속시스(20) 내부의 보강절연층(240)은 고점도 절연유에 의해 재함침이 끝난 상태이고, 상기 고점도 절연유는 유동이 없는 상태를 유지하게 되므로 재함침 후에는 금속시스(20) 내부의 진공상태가 깨지더라도 보강절연층(240)의 절연상태에 영향이 없게 된다. 따라서, 상기 재함침공정의 가압단계가 종료된 다음, 상기 유입관(310) 및 배출관(330)을 제거하고, 상기 유입관(310)이 연결되는 제1 관통홀(20A)과 상기 배출관(330)이 연결되는 제2 관통홀(20B)을 용접에 의해 용접부(40)에 의해 메꾸게 된다. 따라서, 고점도 절연유 함침 케이블을 서로 연결하는 경우에 전술한 본 발명의 실시예에 따른 재함침공정을 적용하게 되면 상기 케이블의 접속부에 구비된 금속시스(20)의 표면에 관통홀을 메꾼 용접부 등의 흔적이 남을 수 있다.
- [0068] 이어서, 상기 금속시스(20)의 표면에 전술한 베딩층(22), 부직포 테이프(24) 및 보강테이프(26)를 비롯하여 각종 층을 복원하게 된다.
- [0069] 한편, 전술한 중간접속방법은 MI 케이블 사이의 접속뿐만 아니라, MI 케이블과 가공선을 연결하는 종단접속함에도 물론 적용이 가능하다. 이 경우, 상기 유입관과 배출관(330)은 종단접속함의 애관을 관통하도록 구비될 수 있을 것이다.

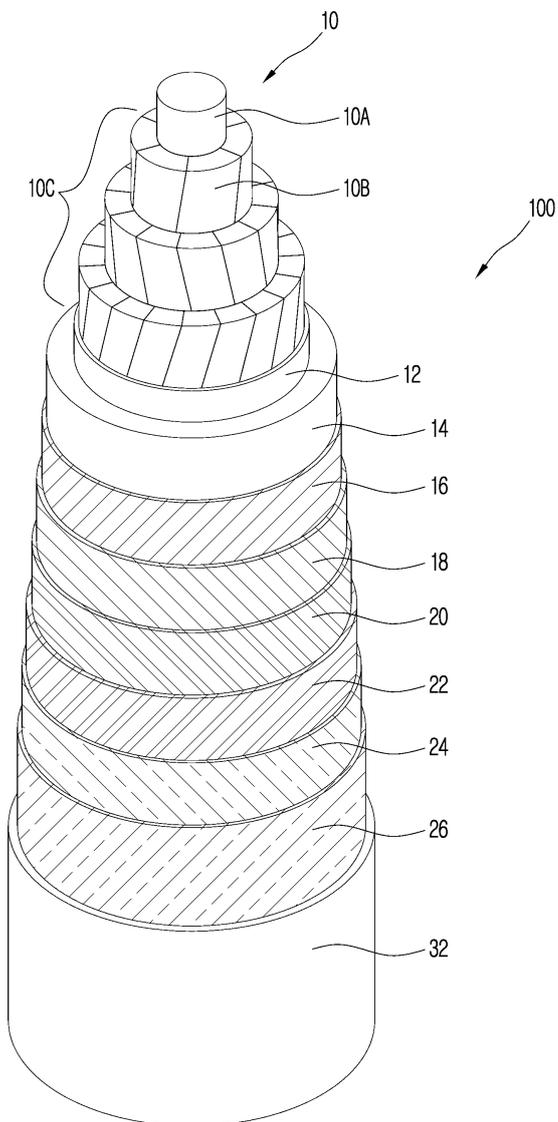
**부호의 설명**

- [0070] 10..도체
- 12..내부반도전층
- 14..절연층
- 16..외부반도전층
- 20..금속시스
- 100... MI 케이블
- 310..유입관
- 312..제1 밸브
- 314..제2 밸브

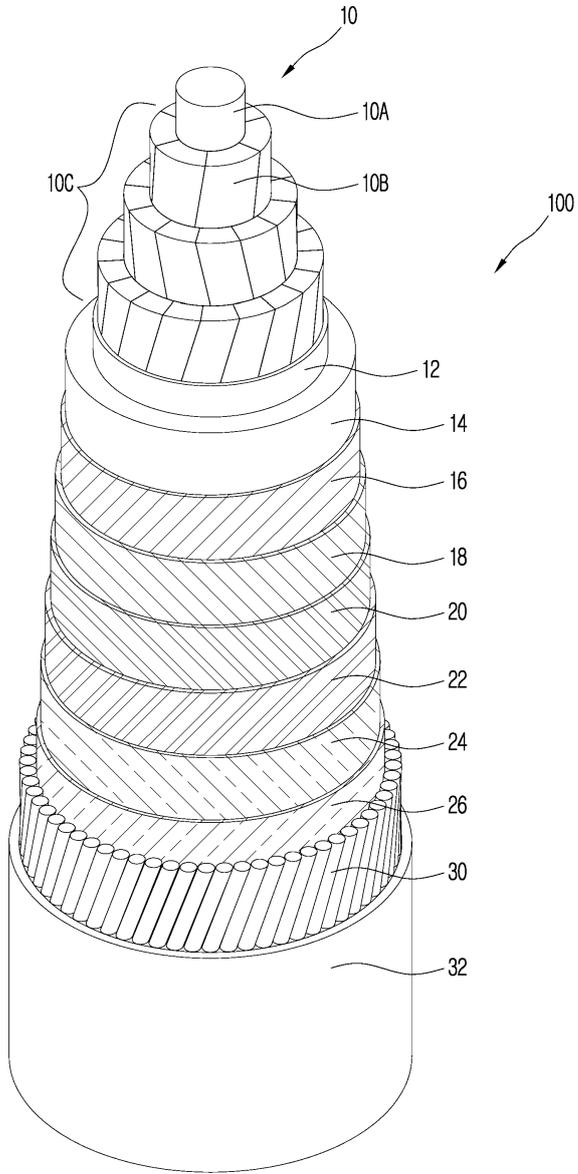
- 330..배출관
- 332..제3 밸브
- 340..절연유공급부
- 350..가압부
- 360..진공펌프
- 370..진공측정부

도면

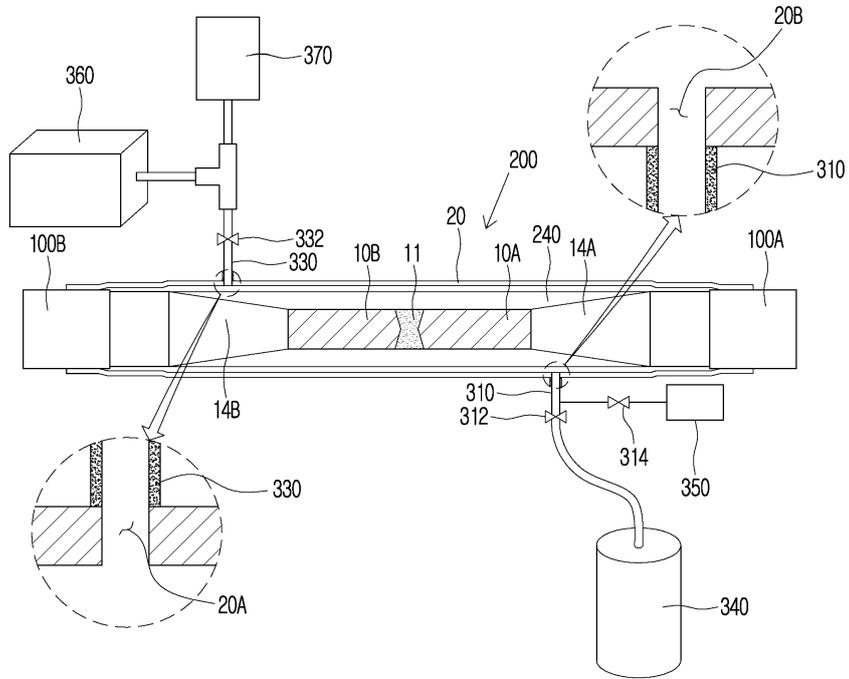
도면1



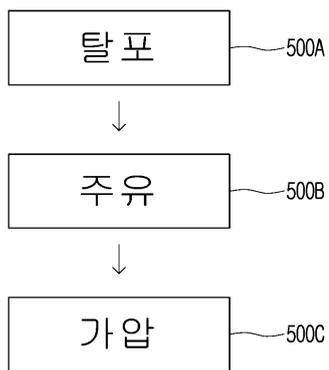
도면2



도면3



도면4



도면5

