



(19) 대한민국특허청(KR)  
(12) 등록특허공보(B1)

(45) 공고일자 2007년11월29일  
(11) 등록번호 10-0780975  
(24) 등록일자 2007년11월23일

(51) Int. Cl.

C22C 49/06 (2006.01)

(21) 출원번호 10-2003-7000463

(22) 출원일자 2003년01월13일

심사청구일자 2006년02월22일

번역문제출일자 2003년01월13일

(65) 공개번호 10-2003-0017619

공개일자 2003년03월03일

(86) 국제출원번호 PCT/US2001/005918

국제출원일자 2001년02월22일

(87) 국제공개번호 WO 2002/06552

국제공개일자 2002년01월24일

(30) 우선권주장

09/616,593 2000년07월14일 미국(US)

(56) 선행기술조사문헌

JP 11508325 T

JP 07105761 A

JP 04308609 A

전체 청구항 수 : 총 5 항

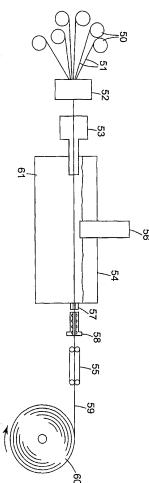
심사관 : 이학왕

(54) 금속 기지 복합 와이어, 케이블 및 방법

### (57) 요 약

금속 기지 복합 와이어(59)는 기지 내에 사실상 연속적이고 길이 방향으로 위치된 복수개의 섬유(51)를 포함한다. 와이어는 특수 시험에 따라 시험될 때 적어도 300 m의 길이에 걸쳐 0의 파단을 나타낸다.

대표도 - 도5



(72) 발명자

맥컬로크콜린

미국55133-3427미네소타주세인트폴포스트오피스박스33427

워너폴에스.

미국55133-3427미네소타주세인트폴포스트오피스박스33427

(81) 지정국

국내특허 : 아랍에미리트, 안티구와바부다, 알바니아, 아르메니아, 오스트리아, 오스트레일리아, 아제르바이잔, 보스니아 헤르체고비나, 바베이도스, 불가리아, 브라질, 벨라루스, 벨리제, 캐나다, 스위스, 중국, 코스타리카, 쿠바, 체코, 독일, 덴마크, 도미니카, 알제리, 에스토니아, 스페인, 핀란드, 영국, 그라나다, 그루지야, 가나, 감비아, 크로아티아, 헝가리, 인도네시아, 이스라엘, 인도, 아이슬랜드, 일본, 캐나다, 키르키즈스탄, 북한, 대한민국, 카자흐스탄, 세인트루시아, 스리랑카, 리베이라, 레소토, 리투아니아, 룩셈부르크, 라트비아, 모로코, 몰도바, 마다가스카르, 마케도니아공화국, 몽고, 말라위, 멕시코, 모잠비크, 노르웨이, 뉴질랜드, 폴란드, 포르투칼, 루마니아, 러시아, 수단, 스웨덴, 싱가포르, 슬로베니아, 슬로바키아, 시에라리온, 타지키스탄, 투르크멘, 터키, 트리니아드토바고, 탄자니아, 우크라이나, 우간다, 우즈베키스탄, 베트남, 세르비아 앤 몬테네그로, 남아프리카, 짐바브웨

AP ARIPO특허 : 가나, 감비아, 캐나다, 레소토, 말라위, 모잠비크, 수단, 시에라리온, 스와질랜드, 탄자니아, 우간다, 짐바브웨

EA 유라시아특허 : 아르메니아, 아제르바이잔, 벨라루스, 키르키즈스탄, 카자흐스탄, 몰도바, 러시아, 타지키스탄, 투르크멘

EP 유럽특허 : 오스트리아, 벨기에, 스위스, 사이프러스, 독일, 덴마크, 스페인, 핀란드, 프랑스, 영국, 그리스, 아일랜드, 이탈리아, 룩셈부르크, 모나코, 네덜란드, 포르투칼, 스웨덴, 터키

OA OAPI특허 : 부르카나파소, 베니, 중앙아프리카, 콩고, 코트디브와르, 카메룬, 가봉, 기니, 기니비사우, 말리, 모리타니, 니제르, 세네갈, 차드, 토고

## 특허청구의 범위

### 청구항 1

금속 기지에 연속적이고 길이 방향으로 위치된 복수개의 섬유를 포함하는 적어도 하나의 토우를 포함하는 금속 기지 복합 와이어이며, 상기 금속 기지 복합 와이어는,

1100°C보다 크지 않은 용접을 갖는 용융된 금속 기지 재료가 함유된 체적을 제공하는 단계와,

평균 섬유 직경이 적어도 5 마이크로미터이고, 평균 인장 강도는 적어도 1.4 GPa이며, 세라믹 섬유와 탄소 섬유와 이들의 혼합물의 그룹 중에서 선택되는 복수개의 연속적인 섬유를 포함하는 적어도 하나의 토우를 적어도 300°C의 온도에서 열 세척하고, 2,666 Pa (20 Torr)보다 크지 않은 압력에서 진공 처리하는 단계와,

상기 적어도 하나의 토우를 상기 용융된 기지 재료가 함유된 체적으로 침지하는 단계와,

용융된 금속 기지 재료의 적어도 일부를 복수개의 섬유 내에 침윤시킴으로써 침윤된 복수개의 섬유가 제공되도록 하기 위하여, 용융된 금속 기지 재료가 함유된 체적의 적어도 일부가 진동하도록 초음파 에너지를 가하는 단계와,

금속 기지 복합 와이어를 제공하기 위해 상기 용융된 금속 기지 재료를 냉각시키고, 고화시키는 액체 또는 가스 스트림 조건 하에서 용융된 금속 기지 재료가 함유된 체적으로부터 침윤된 복수개의 섬유를 출구 다이를 통하여 회수하는 단계를 포함하는 방법에 의해 얻어지고,

상기 와이어는 평균 직경이 적어도 0.5 mm이고, 길이가 적어도 300m이고, 본원에 기재된 와이어 내력 시험에 의해 결정된 바와 같이, 300m의 와이어에 대해 0의 굽힘 과단 값을 갖는 것을 특징으로 하는 금속 기지 복합 와이어.

### 청구항 2

제1항에 있어서, 상기 금속 기지는 알루미늄, 아연, 주석 또는 이들의 합금을 포함하는 것을 특징으로 하는 금속 기지 복합 와이어.

### 청구항 3

제1항 또는 제2항에 따른 적어도 하나의 금속 기지 복합 와이어를 포함하는 케이블.

### 청구항 4

제1항 또는 제2항에 있어서, 섬유는 세라믹 산화물 섬유인 것을 특징으로 하는 금속 기지 복합 와이어.

### 청구항 5

금속 기체에 연속적이고, 길이 방향으로 위치된 복수개의 섬유를 포함하는 금속 기지 복합 와이어 제조 방법이며,

1100°C보다 크지 않은 용접을 갖는 용융된 금속 기지 재료가 함유된 체적을 제공하는 단계와,

평균 섬유 직경이 적어도 5 마이크로미터이고, 평균 인장 강도는 적어도 1.4 GPa이며, 세라믹 섬유와 탄소 섬유와 이들의 혼합물의 그룹 중에서 선택되는 복수개의 연속적인 섬유를 포함하는 적어도 하나의 토우를 적어도 300°C의 온도에서 열 세척하고, 2,666 Pa (20 Torr)보다 크지 않은 압력에서 진공 처리하는 단계와,

상기 적어도 하나의 토우를 상기 용융된 기지 재료가 함유된 체적으로 침지하는 단계와,

용융된 금속 기지 재료의 적어도 일부를 복수개의 섬유 내에 침윤시킴으로써 침윤된 복수개의 섬유가 제공되도록 하기 위하여, 용융된 금속 기지 재료가 함유된 체적의 적어도 일부가 진동하도록 초음파 에너지를 가하는 단계와,

금속 기지 복합 와이어를 제공하기 위해 상기 용융된 금속 기지 재료를 냉각시키고, 고화시키는 액체 또는 가스 스트림 조건 하에서 용융된 금속 기지 재료가 함유된 체적으로부터 침윤된 복수개의 섬유를 출구 다이를 통하여 회수하는 단계를 포함하는 금속 기지 복합 와이어 제조 방법.

청구항 6

삭제

청구항 7

삭제

청구항 8

삭제

청구항 9

삭제

청구항 10

삭제

청구항 11

삭제

청구항 12

삭제

청구항 13

삭제

청구항 14

삭제

청구항 15

삭제

청구항 16

삭제

청구항 17

삭제

청구항 18

삭제

청구항 19

삭제

청구항 20

삭제

청구항 21

삭제

**청구항 22**

삭제

**청구항 23**

삭제

**청구항 24**

삭제

**청구항 25**

삭제

**청구항 26**

삭제

**청구항 27**

삭제

**청구항 28**

삭제

**청구항 29**

삭제

**청구항 30**

삭제

**청구항 31**

삭제

## 명세서

### 기술분야

&lt;1&gt;

본 발명은 금속 기지 내에서 사실상 연속적인 섬유로 강화된 복합 와이어와, 이와 같은 와이어를 합체한 케이블에 관한 것이다.

### 배경기술

&lt;2&gt;

금속 기지 복합물(metal matrix composite, MMC)은 이들 결합물이 저중량이면서도 고강도 및 고강성이라는 이유로 인해 유망한 재료로 오랫동안 인식되어 왔다. MMC는 통상적으로 섬유 강화 금속 기지를 포함한다. 금속 기지 복합물은 그 예로서 알루미늄 기지 복합 와이어(예컨대, 알루미늄 기지 내의 탄화 규소, 탄소, 붕소 또는 다른 결정성 알파 산화 알루미늄 섬유)와, 티탄 기지 복합 테이프(예컨대, 티탄 기지 내의 탄화 규소 섬유)와, 구리 기지 복합 테이프(예컨대, 구리 기지 내의 탄화 규소 섬유)를 포함한다.

&lt;3&gt;

순 고가 송전 케이블에서 강화 부재로서 몇몇 금속 기지 복합 와이어를 사용하는 것은 특히 중요한 것이다. 이와 같은 케이블에 새로운 재료를 사용할 필요성은 하중 증대로 인한 기존 전송 하부 시설의 송전능을 증가시킬 필요성과 규제 철폐로 인한 전력 유동의 변화로 인해 커지고 있다. 이런 새로운 재료에 대한 기본 성능 조건은 내식성과, 환경(예컨대, 자외선 및 습기) 내구성과, 고온에서의 강도 손실에 대한 저항성과, 크리프 저항성을 포함한다.

&lt;4&gt;

성능에 대한 중요 성질은 탄성 모듈러스(modulus)와 밀도와 열팽창 계수와 전기 전도도과 강도이다. 이들 성

질은 통상적으로 섬유 체적 분율과 함께 구성물에 대한 선택과 순도(즉, 금속 기지 재료 및 섬유)에 의해 측정된다. 이들 성질중에서, 높은 인장 강도와 강성을 갖는 섬유로 제조된 와이어의 개발이 특히 강조되어 왔다.

<5> 금속간 상과, 예컨대 수축 공동이나 내부 가스(예컨대, 수소 또는 수포) 공동으로 인한 다공성과, 특히 드라이(즉, 회복되지 않은) 섬유와 같이 와이어 내에 존재하는 불완전 요소는 와이어의 강도와 같은 성질을 저하시키는 것으로 알려져 있다. 이들 불완전 요소는 기지 재료가 섬유 내로 불완전하게 침윤하는 것뿐만 아니라, 구성물(즉, 금속 기지의 재료와 섬유) 내의 불순물과 구성물의 불일치성에 의한 결과일 수 있다.

<6> 지속적으로 양호한 기계적 성질을 갖는 사실상 연속적인 금속 기지 복합 와이어가 요구되고 있다.

### 발명의 상세한 설명

<7> 본 발명은 사실상 연속적인 섬유 금속 기지 복합물에 관한 것이다. 본 발명의 실시예는 금속 기지 내에 사실상 연속적이고 길이 방향으로 위치된 복수개의 섬유를 함유한 금속 기지 복합물(예컨대, 복합 와이어)에 관한 것이다. 본 발명에 따른 금속 기지 복합물은 탄성 모듈러스, 밀도, 열팽창 계수, 전기 전도도 및 강도와 관련해서 바람직한 성질을 나타내는 와이어로 형성된다.

<8> 본 발명은 금속 기지 내에 사실상 연속적이고 길이 방향으로 위치된 복수개의 섬유를 포함하는 적어도 하나의 토우(tow)(통상적으로 복수개의 토우)를 포함하는 금속 기지 복합 와이어를 제공한다. 섬유는 세라믹 섬유, 탄소 섬유 및 이들의 혼합물의 그룹중에서 선택된다. 금속 기지 재료의 융점은 1100 °C보다 크지 않다(통상적으로, 1000 °C보다 크지 않고, 900 °C, 800 °C 또는 심지어 700 °C보다 크지 않을 수 있다). 중요한 점은, 와이어는 길이가 적어도 300 m(양호하게는, 선호 순서대로, 적어도 약 400 m, 적어도 약 500 m, 적어도 약 600 m, 적어도 약 700 m, 적어도 약 800 m, 적어도 약 900 m 그리고 적어도 약 1000 m)이고 굽힘 파단값이 0이라는 점이다. 이에 의하면, 이는 예에 설명된 "와이어 내력 시험"에 따라 와이어를 시험할 때 와이어가 적어도 300 m(양호하게는, 선호 순서대로, 적어도 약 400 m, 적어도 약 500 m, 적어도 약 600 m, 적어도 약 700 m, 적어도 약 800 m, 적어도 약 900 m 그리고 적어도 약 1000 m)의 길이에 걸쳐 0의 파단을 나타냄을 의미한다.

<9> 다른 실시예에서, 본 발명에 따른 복합 와이어 제조 방법이 마련된다. 본 방법은 용융된 금속 기지 재료가 함유된 체적을 제공하는 단계와; 용융된 금속 기지 재료가 함유된 체적의 적어도 일부가 진동하도록 초음파 에너지를 가하는 단계와; 용융된 금속 기지 재료가 함유된 체적 내에 세라믹 섬유, 탄소 섬유 및 이들의 혼합물의 그룹중에서 선택된 사실상 연속적인 복수개의 섬유를 포함하는 적어도 하나의 토우(통상적으로 복수개의 토우)를 침지하는 단계와; 침윤된 복수개의 섬유가 제공되도록 용융된 금속 기지 재료의 적어도 일부를 복수개의 섬유 내에 침윤시키기 위해 용융된 금속 기지 재료가 함유된 체적의 적어도 일부가 진동하도록 초음파 에너지를 가하는 단계와; 본 발명에 따른 금속 기지 복합 와이어를 제공하기 위해 용융된 금속 기지 재료를 고화시키는 조건 하에서 용융된 금속 기지 재료가 함유된 체적으로부터 침윤된 복수개의 섬유를 회수하는 단계를 포함한다.

<10> 다른 실시예에서, 본 발명에 따른 적어도 하나의 금속 기지 복합 와이어를 포함하는 케이블이 마련된다.

### 정의

<12> 본 명세서에 사용된 것으로, 다음의 용어들은 다음과 같이 정의된다.

<13> "사실상 연속적인 섬유"는 평균 섬유 직경에 비교할 때 길이가 비교적 무한한 섬유를 의미한다. 통상적으로, 이는 섬유가 적어도 약  $1 \times 10^5$ , 양호하게는 적어도 약  $1 \times 10^6$ , 보다 양호하게는 적어도 약  $1 \times 10^7$ 의 가로세로비(즉, 섬유의 평균 직경에 대한 섬유의 길이의 비율)를 가짐을 의미한다. 통상적으로, 이런 섬유는 길이가 적어도 약 50 m 정도일 수 있으며 수 킬로미터 이상일 수도 있다.

<14> "길이 방향으로 위치된"은 섬유가 와이어의 길이 방향과 동일한 방향으로 배향되었음을 의미한다.

### 실시예

<26> 본 발명은, 예컨대 0의 굽힘 파단값을 갖는 본 발명에 따른 적어도 300 m 길이의 금속 기지 복합 와이어에 의해 제시된 것으로서, 기계적 성질이 크게 개선된 비교적 긴 길이의 금속 기지 복합 와이어를 제공한다. 비록 이론에 구속되고자 하는 것은 아니지만, 이와 같은 개선된 성질은 국부적 불완전 요소(예컨대, 국부 드라이 섬유와, 제조 중에 와이어 내의 수축이나 내부 가스 공동으로 인한 국부 다공성, 미세 다공성 및/또는 국부 금속간물)를 줄이거나 제거한 결과로서 얻어지는 것으로 여겨진다.

<27> 비록 금속간 상, 드라이 섬유, 예컨대 수축 공동이나 내부 가스(예컨대, 수소 또는 수포) 공동으로 인한 다공성

등과 같은 와이어 내에 존재하는 불완전 요소는 와이어의 강도와 같은 성질을 저하시키는 것으로 알려져 있지만, 이론에 구속되고자 하는 것은 아니지만, 출원인은 공지된 금속 기지 복합 와이어에 존재하는 결함이 기술분야에서 공지된 것보다 와이어의 길이를 따라 더 두드러짐을 발견하였고 그렇게 믿고 있다. 예컨대, 성질과 다른 특성들에 대해 1 미터의 와이어를 시험하거나 분석한다고 해서 반드시 10 m, 50 m, 100 m 등의 길이의 와이어가 지속적으로 원하는 정도의 성질이나 특성을 나타낼을 의미하지는 않는다. 이와 같은 와이어 내의 불완전 요소는 국부 금속간 상과, 국부 드라이(즉, 희석 안됨) 섬유(예컨대, 도1 참조)와, 수축(예컨대, 도2 참조)이나 내부 가스 공동(예컨대, 도3 참조)으로 인한 공동과, 미세 다공성(예컨대, 도4 참조)을 포함할 수 있다. 이와 같은 불완전 요소는 금속 기지 복합 와이어의 강도와 같은 성질을 크게 감소시킬 수 있는 것으로 여겨진다. 비록 이론적으로 구속되고자 하는 것은 아니지만, 출원 발명 방법에 의해 제조된 양호한 와이어는 종래 기술과 비교해 볼 때, 그 길이를 따라 하나 이상의 이와 같은 불완전 요소를 크게 저감시킴(또는 제거함)으로써 예컨대 적어도 300 m 길이에 걸쳐 0의 굽힘 파단값을 갖는 와이어에 의해 나타난 성질이 크게 개선된 와이어를 제공하는 것으로 여겨진다.

<28> 본 발명은 섬유 강화 금속 기지 복합물을 포함하는 와이어 및 케이블을 제공한다. 본 발명에 따른 복합 와이어는, 하나 이상의 금속(예컨대, 고순도 원소 알루미늄 또는 구리와 같은 다른 원소와 순수 알루미늄의 합금)을 포함하는 기지 내에 함유된 세라믹(예컨대,  $Al_2O_3$ 계) 강화 섬유와 같은 사실상 연속적으로 길이 방향으로 위치된 복수개의 강화 섬유로 구성된 적어도 하나의 토우를 포함한다. 양호하게는, 본 발명에 따른 와이어에서 섬유수의 적어도 약 85 %가 사실상 연속적이다. 본 발명에 따른 적어도 하나의 와이어는 케이블, 양호하게는 송전 케이블에 결합될 수 있다.

<29> 사실상 연속적인 강화 섬유는 양호하게는 적어도 평균 섬유 직경이 약 5  $\mu m$ 이다. 통상적으로, 평균 섬유 직경은 약 50  $\mu m$ 보다 크지 않으며, 보다 통상적으로는 약 25  $\mu m$ 보다 크지 않다.

<30> 양호하게는, 섬유는 모듈러스가 1000 GPa보다 크지 않고, 보다 양호하게는 420 GPa보다 크지 않다. 양호하게는, 섬유는 모듈러스가 70 GPa보다 크지 않다.

<31> 본 발명에 따른 금속 기지 복합 재료를 제조하는 데 유용할 수 있는 사실상 연속적인 섬유의 예는, 금속 산화물(예컨대, 산화 알루미늄) 섬유 및 산화 규소 섬유와 같은 세라믹 섬유와, 탄소 섬유를 포함한다. 통상적으로, 세라믹 산화물 섬유는 결정성 세라믹 및/또는 결정성 세라믹 및 유리의 혼합물(즉, 섬유는 결정성 세라믹상 및 유리상 모두를 함유할 수 있다)이다.

<32> 양호하게는, 세라믹 섬유는 평균 인장 강도가 적어도 약 1.4 GPa, 보다 양호하게는 적어도 약 1.7 GPa, 더욱 보다 양호하게는 적어도 약 2.1 GPa 그리고 가장 양호하게는 적어도 약 2.8 GPa이다. 양호하게는, 세라믹 섬유는 평균 인장 강도가 적어도 약 1.4 GPa, 보다 양호하게는 적어도 약 2.1 GPa, 더욱 보다 양호하게는 적어도 약 3.5 GPa 그리고 가장 양호하게는 적어도 약 5.5 GPa이다.

<33> 토우는 섬유 기술분야에서 공지된 것이며 로프 형상으로 수집된 복수개의 (개별) 섬유(통상적으로 적어도 100 개의 섬유, 보다 통상적으로는 적어도 400 개의 섬유)를 지칭한다. 토우는 양호하게는 토우당 적어도 780 개의 개별 섬유, 보다 양호하게는 토우당 적어도 2600 개의 개별 섬유를 포함한다. 세라믹 섬유의 토우는 300 m 이상의 다양한 길이로 이용 가능하다. 섬유는 단면 형상이 원형이거나 타원형이다.

<34> 산화 알루미늄 섬유 제조 방법은 기술 분야에서 공지되어 있으며, 그 내용이 본 명세서에서 인용되어 합체된 미국 특허 제4,954,462호(우드(Wood) 등)에 개시된 방법을 포함한다.

<35> 양호하게는, 산화 알루미늄 섬유는 다결정성 알파 산화 알루미늄계 섬유이며, 이론적인 산화물계에서, 산화 알루미늄 섬유의 전체 중량에 기초해서 약 99 중량%보다 큰  $Al_2O_3$ 와 약 0.2 내지 0.5 중량%의  $SiO_2$ 를 포함한다. 다른 태양에서, 양호한 다결정성 알파 산화 알루미늄계 섬유는 평균 결정입도가 1  $\mu m$ 보다 작은(보다 양호하게는 0.5  $\mu m$ 보다 작은) 알파 산화 알루미늄으로 구성된다. 다른 태양에서, 양호한 다결정성 알파 산화 알루미늄계 섬유는 평균 인장 강도가 적어도 1.6 GPa(양호하게는 적어도 2.1 GPa, 보다 양호하게는 적어도 2.8 GPa)이다. 양호한 알파 산화 알루미늄 섬유는 미네소타주 세인트 폴의 3M 사에서 상표명 "넥스텔 610(NEXTEL 610)"으로 구입 가능하다.

<36> 적절한 알루미노실리케이트 섬유가 그 내용이 본 명세서에서 인용되어 합체된 미국 특허 제4,047,965호(카스트(Karst) 등)에 개시되어 있다. 양호하게는, 알루미노실리케이트 섬유는 이론적인 산화물계에서, 산화 알루미늄 섬유의 전체 중량에 기초해서 약 67 내지 약 85 중량% 범위의  $Al_2O_3$ 와 약 33 중량% 내지 약 15 중량% 범위의

$\text{SiO}_2$ 를 포함한다. 몇몇 양호한 알루미노실리케이트 섬유는, 이론적인 산화물계에서, 산화 알루미늄 섬유의 전체 중량에 기초해서 약 67 내지 약 77 중량% 범위의  $\text{Al}_2\text{O}_3$ 와 약 33 내지 약 23 중량% 범위의  $\text{SiO}_2$ 를 포함한다. 하나의 양호한 알루미노실리케이트 섬유는, 이론적인 산화물계에서, 산화 알루미늄 섬유의 전체 중량에 기초해서 약 85 중량% 범위의  $\text{Al}_2\text{O}_3$ 와 약 15 중량% 범위의  $\text{SiO}_2$ 를 포함한다. 다른 양호한 알루미노실리케이트 섬유는 이론적인 산화물계에서, 산화 알루미늄 섬유의 전체 중량에 기초해서 약 73 중량% 범위의  $\text{Al}_2\text{O}_3$ 와 약 27 중량% 범위의  $\text{SiO}_2$ 를 포함한다. 양호한 알루미노실리케이트 섬유는 3M 사에서 상표명 "넥스텔 440" 세라믹 산화물 섬유, "넥스텔 550" 세라믹 산화물 섬유 및 "넥스텔 720" 세라믹 산화물 섬유로 구입 가능하다.

<37> 적절한 알루미노실리케이트 섬유는 그 내용이 본 명세서에서 인용되어 합체된 미국 특허 제3,795,524호(소우만(Sowman) 등)에 개시되어 있다. 양호하게는, 알루미노실리케이트 섬유는 이론적인 산화물계에서, 산화 알루미늄 섬유의 전체 중량에 기초해서 약 35 내지 약 75 중량%(보다 양호하게는 약 55 내지 약 75 중량%)의  $\text{Al}_2\text{O}_3$ 와, 약 0보다 크고(보다 양호하게는 적어도 약 15 중량%) 약 50 중량%보다 작은(보다 양호하게는 약 45 %보다 작은, 가장 양호하게는 약 44 중량%보다 작은)  $\text{SiO}_2$ 와, 약 5보다 큰(보다 양호하게는 약 25 %보다 작은, 보다 양호하게는 약 1 중량% 내지 약 5 중량%의, 가장 양호하게는 약 10 중량% 내지 약 20 중량%의)  $\text{B}_2\text{O}_3$ 를 포함한다. 양호한 알루미노실리케이트 섬유는 3M 사에서 상표명 "넥스텔 312"로 구입할 수 있다.

<38> 적절한 탄화 규소 섬유는 예컨대 500 개의 섬유로 된 토우의 상표명 "니칼론(NICALON)"으로 캘리포니아주 산디아고의 씨오아이 세라믹스(COI Ceramics)와 상표명 "티란노(TYRANNO)"로 일본의 우베 인더스트리즈(Ube Industries)와 상표명 "실라믹(SYLRAMIC)"으로 마이애미주 미들랜드의 다우 코닝(Dow Corning)에서 구입할 수 있다.

<39> 적절한 탄소 섬유는 예컨대 2000, 4000, 5000 및 12,000 개의 섬유로 된 토우의 상표명 "쏘넬 카본(THORNEL CARBON)"으로 조지아주 알파레타의 아모코 케미컬즈(Amoco Chemicals)와, 코네티컷주 스템포드의 헥셀 코포레이션(Hexcel Corporation)과, 상표명 "파이로필(PYROFIL)로 캘리포니아주 샌크라멘토의 그라필(Grafil) 인크(미쓰비시 레이온 코의 자회사)와, "상표명 "토라이카(TORAYCA)"로 일본 토쿄의 토레이(Toray)와, 상표명 "베스파이트(BESFIGHT)"로 토흐 레이온 오브 제팬, 엘티디(Tofo Rayon of Japan, Ltd)와, 상표명 "파넥스(PANEX)" 및 "파이론(PYRON)"으로 미주리주 세인트 루이스의 콜텍(Zoltek) 코포레이션과, 상표명 "12케이20(12K20)" 및 "12케이50"으로 (니켈 피복 탄소 섬유) 뉴저지주 위코프의 인코 스페셜 프로덕츠(Inc Special Products)에서 구입할 수 있다.

<40> 상업상 구입 가능한 섬유는 통상적으로, 윤활도를 제공하고 조작중에 섬유 스트랜드를 보호하기 위해 제조중에 섬유에 첨가된 유기적 풀(sizing) 재료를 포함한다. 풀칠은 섬유의 파단을 줄이고 정전기를 줄이고, 예컨대 섬유로의 전환중에 먼지량을 줄이는 것으로 여겨진다. 풀은 예컨대 섬유를 분해하거나 태움으로써 제거될 수 있다. 양호하게는, 풀은 본 발명에 따른 금속 기지 복합 와이어를 형성하기 전에 제거된다. 이런 방식으로, 알루미늄 기지 복합 와이어를 형성하기 전에, 세라믹 산화물 섬유는 그 위에 어떠한 풀도 없게 된다.

<41> 또한, 섬유 상에 피복을 가하는 것도 본 발명의 범위에 속한다. 피복은, 예컨대 섬유와 용융된 금속 기지 재료 사이의 반응을 저감시키거나 방지하기 위해 섬유의 습윤도를 개선하기 위해 사용될 수 있다. 이와 같은 피복 및 이런 피복을 가하기 위한 기술은 섬유 및 금속 기지 복합물 분야에서 공지되어 있다.

<42> 본 발명에 따른 와이어는 양호하게는, 섬유 및 기지 재료의 전체 체적에 기초할 때 섬유의 적어도 15 체적%(보다 양호하게는 선호도의 증가에 따라, 적어도 20, 25, 30, 35, 40 또는 50 체적%)를 형성한다. 통상적으로, 본 발명에 따른 금속 기지 복합 와이어는 섬유 및 기지 재료의 전체 체적에 기초할 때 섬유의 적어도 약 30 내지 약 70(양호하게는 약 40 내지 약 60) 체적% 범위를 형성한다.

<43> 본 발명에 따른 와이어는 길이가 선호 순서에 따라, 적어도 300 m, 적어도 약 400 m, 적어도 약 500 m, 적어도 약 600 m, 적어도 약 700 m, 적어도 약 800 m 그리고 적어도 약 900 m이며, 모두 본 명세서에 개시된 와이어 내력 시험에 따를 때 0의 파단을 보인다(즉, 0의 굽힘 파단값).

<44> 본 발명에 따른 와이어의 평균 직경은 양호하게는 적어도 약 0.5 mm, 보다 양호하게는 적어도 약 1 mm, 그리고 보다 양호하게는 적어도 약 1.5 mm이다. 다른 태양에서, 본 발명에 따른 와이어는 그 평균 인장 강도가 양호하게는 적어도 약 350 MPa이다.

<45> 기지 재료는, 예컨대 섬유 외부에 보호 피막을 제공할 필요를 제거하기 위해, 기지 재료가 섬유 재료와 화학적

으로 크게 반응하지 않도록 하는 것으로(즉, 섬유 재료에 대해 비교적 화학적으로 불활성인 것으로) 선택될 수 있다. 양호한 금속 기지 재료는 알루미늄, 아연, 주석 및 이들의 합금(예컨대, 알루미늄과 구리의 합금)을 포함한다. 보다 양호하게는, 기지 재료는 알루미늄과 그 합금을 포함한다. 보고된 바에 따르면, 알루미늄과 아연과 주석의 융점은 각각 660 °C, 420 °C 및 232 °C이다. 알루미늄 기지 재료로서, 기지는 양호하게는 적어도 98 %의 알루미늄과, 보다 양호하게는 적어도 99 중량%의 알루미늄과, 더욱 보다 양호하게는 적어도 99.9 중량%의 알루미늄과, 가장 양호하게는 적어도 99.95 중량% 보다 큰 알루미늄을 포함한다. 알루미늄 및 구리의 양호한 알루미늄 합금은 적어도 98 중량%의 Al과 약 2 중량%까지의 Cu를 포함한다. 비록 높은 인장 강도 와이어를 제조함에 있어 더 고순도의 금속이 선호되지만, 덜 순수한 형태의 금속도 유용하다.

<46> 적절한 금속은 구입 가능하다. 예컨대, 알루미늄은 펜실베니아주 피츠버그의 알코아(Alcoa)에서 상표명 "수퍼 퓨어 알루미늄(SUPER PURE ALUMINUM; 99.99 %)"으로 구입 가능하다. 알루미늄 합금(예컨대, Al-2 중량% Cu(0.03 중량%의 불순물))이 뉴욕주 뉴욕의 벨몬트 메탈(Belmont Metal)로부터 구입 가능하다. 아연 및 주석은, 예컨대 미네소타주 세인트 폴의 메탈 서비스즈(Metal Services)로부터 구입 가능하다("순수 아연": 99.999 % 순도, "순수 주석": 99.95 % 순도). 주석 합금의 예는 (예컨대, 550 °C에서 용융 주석욕에 알루미늄을 첨가하고 사용에 앞서 혼합물을 12 시간 동안 지속시킴으로써 제조될 수 있는) 92 중량% Sn - 8 중량% Al을 포함한다. 주석 합금의 예는 (예컨대, 550 °C에서 용융 아연욕에 알루미늄을 첨가하고 사용에 앞서 혼합물을 12 시간 동안 지속시킴으로써 제조될 수 있는) 90.4 중량% Zn - 9.6 중량% Al을 포함한다.

<47> 본 발명에 따른 특별한 섬유, 기지 재료 및 금속 기지 복합 와이어 제조 방법 단계들은 원하는 성질을 갖는 금속 기지 복합 와이어를 제공하도록 선택된다. 예컨대, 섬유와 금속 기지 재료는 서로간에 그리고 원하는 와이어를 제조하기 위한 와이어 제조 과정과 충분히 양립 가능하도록 선택된다. 알루미늄 및 알루미늄 합금 기지 복합물을 제조하기 위한 몇몇 양호한 기술에 관련된 추가적인 상세한 내용들은, 예컨대 그 내용이 본 명세서에 개시된 것으로서 출원 계류중인 미국 특허 출원 제08/492,960호와 1996년 5월 21일 공개된 공개 번호 WO 97/00976호인 PCT 출원에 개시되어 있다.

<48> 본 발명에 따른 연속적 금속 기지 복합 와이어는, 예컨대 연속적 금속 기지 침윤 방법에 의해 제조될 수 있다. 본 발명에 따른 와이어를 제조하기 위한 양호한 장치가 도5에서 개략적으로 도시된다. 사실상 연속적인 세라믹 및/또는 탄소 섬유(51)의 토우가 공급 스플(50)로부터 공급되며, 원형의 뮤음으로 집속되어 튜브 용해로(52)를 통과하는 동안 열 세척된다. 그 후, 섬유는 금속성 기지 재료(61)의 용해물(이하, "용탕"으로도 지칭됨)을 함유한 도가니(54)로 들어가기 전에 진공 챔버(53)에서 진공 처리된다. 섬유는 캐터풀러(55)에 의해 공급 스플(50)로부터 당겨진다. 초음파 탐침(56)은 용해물을 토우(51) 내로 침윤시키는 것을 돋기 위해 섬유 근처의 용해물에 위치된다. 비록 와이어의 용탕이 도가니(54)를 완전히 나가기 전에 어느 정도 냉각될 수 있지만, 와이어의 용탕은 출구 다이(57)을 거쳐 도가니(54)를 나온 후 냉각되어 고화된다. 와이어(59)의 냉각은 가스 또는 유체 흐름(58)에 의해 증대된다. 와이어(59)는 스플(60) 상으로 수집된다. 선택 사항으로서, 와이어는 후술하는 예에서 설명된 와이어 내력 시험을 사용해서 라인에서 시험된다.

<49> 섬유를 열 세척하는 작업은 풀칠량, 흡수된 물 및 섬유의 표면 상에 존재할 수 있는 다른 일시적인 또는 휘발성 재료를 제거하거나 줄이는 데 도움이 된다. 양호하게는, 섬유는 섬유 표면의 탄소 함유량이 22 % 면적 분율보다 작을 때까지 열 세척된다. 비록 특별한 온도 및 시간은 예컨대 사용되는 특별한 섬유의 세척 필요성에 따르지만, 통상적으로 튜브 용해로의 온도는 적어도 수초 동안 적어도 약 300 °C이고, 보다 통상적으로 적어도 1000 °C이다.

<50> 이와 같은 진공 처리를 사용하는 것이 드라이 섬유를 갖는 국부화된 영역과 같은 결함의 형성을 줄이거나 제거하는 것으로 관찰되어 왔기 때문에, 양호하게는, 섬유는 용해물로 들어가기 전에 진공 처리된다. 양호하게는, 증가하는 선호도에 따라, 섬유는 20 Torr보다 크지 않은, 10 Torr보다 크지 않은, 1 Torr보다 크지 않은, 0.7 Torr보다 크지 않은 진공에서 진공 처리된다.

<51> 적절한 진공 시스템의 일 예는 섬유 뮤음의 직경에 맞는 크기로 된 진입 튜브이다. 진입 튜브는, 예컨대 스테인리스 강 또는 산화 알루미늄 튜브일 수 있으며, 통상적으로 길이는 적어도 30 cm이다. 적절한 진공 챔버는 통상적으로 직경이 약 2 cm 내지 약 20 cm 범위이고 길이가 5 cm 내지 100 cm 범위이다. 진공 펌프의 용량은 양호하게는 적어도 0.2 내지 0.4 m<sup>3</sup>/min이다. 비록 용해물은 통상적으로 사실상 대기압에 있지만, 진공 처리된 섬유는 알루미늄욕을 관통하는 진공 시스템 상의 튜브를 통해 용융물 내로 삽입된다(즉, 진공 처리된 섬유는 용해물 내로 도입될 때 진공에 있다). 출구 튜브의 내경은 섬유 뮤음의 직경과 사실상 일치한다. 출구 튜브의 일부는 용융된 알루미늄 내에 침지된다. 양호하게는, 튜브의 약 0.5 내지 5 cm가 용탕 내에 침지된다. 튜브는

용탕 재료에서 안정적으로 되도록 선택된다. 통상적으로 적절한 튜브는 그 예로서 질화 규소와 산화 알루미늄 튜브를 포함한다.

<52> 섬유 내에 용탕을 침윤시키는 것은 통상적으로 초음파를 사용함으로써 증대된다. 예컨대, 진동 혼(horn)은 이것이 섬유에 근접하도록 용탕에 위치된다. 양호하게는, 섬유는 혼 선단부의 2.5 mm 내에 있으며, 양호하게는 혼 선단부의 1.5 mm 내에 있다. 혼 선단부는 양호하게는 나오븀, 또는 95 중량% Nb-5 중량% Mo 및 91 중량% Nb-9 중량% Mo과 같은 나오븀 합금으로 제조될 수 있으며, 예컨대 펜실베니아주 피츠버그의 PMTI에서 구입 가능하다. 금속 기지 복합물 제조를 위해 초음파를 사용하는 것과 관련된 추가적인 상세한 내용은, 그 내용이 본 명세서에 개시된 것으로서 예컨대 미국 특허 제4,649,060호(이시카와(Ishikawa) 등), 제4,779,563호(이시카와 등) 및 미국 특허 제4,877,643호(이시카와 등)와, 미국 특허 출원 제08/492,960호와, 1996년 5월 21일 공개된 공개 번호 WO 97/00976호인 PCT 출원을 참조하기로 한다.

<53> 용탕은 양호하게는, 침윤 중에 그리고/또는 침윤 전에 탈기된다(예컨대, 용탕 내에 용해된 가스(예컨대, 수소)의 양을 저감시킴). 용탕 탈기 방법은 금속 처리 분야에서 공지된 것이다. 용해물 탈기는 와이어의 가스 다공성을 저감시킨다. 용융 알루미늄에서, 용해물의 수소 농도는 양호하게는 선호 순서대로 100g 알루미늄당 0.2, 0.15 및 0.1 cm<sup>3</sup>보다 작다.

<54> 출구 다이는 원하는 와이어 직경을 제공하도록 구성된다. 통상적으로, 그 길이를 따라 균일한 원형 와이어를 갖는 것이 바람직하다. 출구 다이의 직경은 일반적으로 와이어의 직경보다 조금 크다. 예컨대, 약 50 체적% 산화 알루미늄 섬유를 함유한 알루미늄 복합 와이어에 대한 질화 규소 출구 다이의 직경은 와이어의 직경보다 약 3 % 작다. 비록 다른 재료가 유용할 수도 있지만, 양호하게는, 출구 다이는 질화 규소로 제조된다. 기술 분야에서 출구 다이로 사용되어 온 다른 재료는 종래의 산화 알루미늄을 포함한다. 그러나, 출원인이 발견한 바에 따르면, 질화 규소 출구 다이는 종래의 산화 알루미늄 다이보다 아주 적게 마모되며, 따라서 특히 와이어의 길이에 걸쳐 원하는 직경과 형상의 와이어를 제공함에 있어 보다 유용하다.

<55> 통상적으로, 와이어는 출구 다이를 나온 후 와이어에 액체(예, 물) 또는 가스(예, 질소, 아르곤 또는 공기)를 접촉시킴으로써 냉각된다. 이와 같은 냉각은 원하는 곡면도 및 균일도 특성을 제공함에 있어 도움이 된다.

<56> 최종 와이어의 직경은 통상적으로 완전 원형이 아니다. 최소 및 최대 직경비(즉, 와이어의 길이 상에서 주어진 지점에 대해, 최대 직경에 대한 최소 직경의 비율로서, 완벽하게는 1일 수 있음)는 통상적으로 적어도 0.9이고, 양호하게는 바람직한 순서대로, 적어도 0.90, 0.91, 0.92, 0.93, 0.94 및 0.95이다. 와이어의 단면 형상은, 예컨대 원형, 타원형, 정사각형, 직사각형 또는 삼각형일 수 있다. 양호하게는, 본 발명에 따른 와이어의 단면 형상은 적어도 1 mm, 보다 양호하게는, 적어도 1.5 mm, 2 mm, 2.5 mm, 3 mm 및 3.5 mm이다.

<57> 본 발명에 따른 금속 기지 복합 와이어는 다양한 용도로 사용될 수 있다. 특히 고가 송전 케이블에 유용하다.

<58> 본 발명에 따른 케이블은 균질(즉, 단지 한 종류의 금속 기지 복합 와이어만을 포함)이거나 불균질(즉, 금속 와이어와 같이 복수개의 2차 와이어를 포함)할 수 있다. 불균질 케이블의 일예로서, 코어는 복수개의 2차 와이어(예컨대, 알루미늄 와이어)를 포함하는 셀을 구비한 본 발명에 따른 복수개의 와이어를 포함할 수 있다.

<59> 본 발명에 따른 케이블은 스트랜드(strand)될 수 있다. 스트랜드 케이블은 통상적으로 중심 와이어와 중심 와이어 둘레에 나선형으로 스트랜드된 제1 와이어 층을 포함한다. 케이블 스트랜딩은 와이어의 개별 스트랜드들이 완성된 케이블을 생성하기 위해 나선형 배열로 결합되는 과정이다(본 명세서에 인용되어 합체된 미국 특허 제5,171,942호(파우어즈(Powers))와 제5,554,826호(겐트리(Gentry)) 참조). 최종 나선형 스트랜드 와이어 로프는 동등한 단면 영역으로 된 중심형 로드에서 얻을 수 있는 것보다 훨씬 큰 가요성을 제공한다. 나선형 배열은 또한 케이블이 조작, 설치 및 사용시에 굽힘될 때 스트랜드 케이블이 그 전체적인 곡면 단면 형상을 유지하기 때문에 유익하다. 나선형으로 권취된 케이블은 적어도 7 개의 개별 스트랜드 내지 50 개 이상의 스트랜드를 함유하는 보다 통상적인 구조를 포함할 수 있다.

<60> 본 발명에 따른 하나의 예시적인 송전 케이블이 도8에 도시되어 있으며, 본 도면에서 본 발명에 따른 송전 케이블(130)은 서른 개의 개별 알루미늄 또는 알루미늄 합금 와이어(138)의 자켓(136)에 의해 둘러싸인 열 다섯 개의 개별 복합물 금속 기지 와이어(134)의 코어(132)일 수 있다. 마찬가지로, 도9에 도시된 바와 같이, 많은 대안에 중 하나로서, 본 발명에 따른 고가 송전 케이블(140)은 스물 한 개의 개별 알루미늄 또는 알루미늄 합금 와이어(148)의 자켓(146)에 의해 둘러싸인 서른 일곱 개의 개별 복합물 금속 기지 와이어(144)의 코어(142)일 수 있다.

<61> 도10은 스트랜드 케이블(80)의 다른 실시예를 도시한다. 본 실시예에서, 스트랜드 케이블은 중심 금속 기지 복

합 와이어(81A)와 중심 금속 기지 복합 와이어(81A) 둘레에 나선형으로 권취된 금속 기지 복합 와이어의 제1 층(82A)를 포함한다. 본 실시예는 제1 층(82A) 둘레에 나선형으로 스트랜드 금속 기지 복합 와이어의 제2 층(82B)를 추가로 포함한다. 임의의 적절한 수의 금속 기지 복합 와이어(81)는 임의의 층에 포함될 수 있다. 또한, 원하는 경우 둘 이상의 층이 스트랜드 케이블(80)에 포함될 수 있다.

<62> 본 발명에 따른 케이블은 순 케이블로 사용될 수 있거나 대경 케이블의 코어로서 사용될 수 있다. 또한, 본 발명에 따른 케이블은 복수개의 와이어 둘레에 유지 수단을 구비한 복수개의 와이어의 스트랜드 케이블일 수 있다. 유지 수단은, 예컨대 접착제 또는 결합물을 갖거나 갖지 않는, 도10에서 83으로 도시된 바와 같은 테이프 오버랩일 수 있다.

<63> 본 발명에 따른 스트랜드 케이블은 다양한 용도로서 유용하다. 이와 같은 스트랜드 케이블은 저중량, 고강도, 양호한 전기 전도도, 낮은 열팽창 계수, 높은 사용 온도 및 내식성을 갖고 있음으로 해서 고가 송전 케이블에 사용되기에 특히 바람직한 것으로 여겨진다.

<64> 이와 같은 송전 케이블(90)의 하나의 양호한 실시예의 단부도가 도11에 도시되어 있다. 이와 같은 송전 케이블은 본 명세서에 설명된 스트랜드 코어중 하나일 수 있는 코어(91)를 포함한다. 송전 케이블(90)은 스트랜드 코어(91)에 대해 적어도 하나의 도전층도 포함한다. 도시된 바와 같이, 송전 케이블은 두 개의 도전층(93A, 93B)을 포함한다. 원하는 경우 보다 많은 도전층이 사용될 수 있다. 양호하게는, 각각의 도전층은 기술분야에서 공지된 복수개의 도전체 와이어를 포함한다. 도전체 와이어로서 적절한 재료는 알루미늄 및 알루미늄 합금을 포함한다. 도전체 와이어는 기술분야에서 공지된 적절한 케이블 스트랜딩 장치에 의해 스트랜드 코어(91) 둘레에 스트랜드될 수 있다.

<65> 스트랜드 케이블이 최종 물품 자체로서 사용되는 또는 다양한 부수 물품에서 중간 물품이나 구성물로서 사용되는 다른 적용예에서, 양호하게는, 스트랜드 케이블은 복수개의 금속 기지 복합 와이어(81) 둘레에 전력 도전층이 없다.

<66> 금속 기지 복합 와이어로 제조된 케이블에 관한 추가적인 상세한 설명은 그 내용이 본 명세서에 인용되어 합체된 것으로서, 예컨대 본 출원과 동일자로 출원된 미국 특허 출원 제09/616,784호와, 미국 특허 출원 제08/492,960호와, 1996년 5월 21일 공개된 PCT 출원 공개 제W0/00976호에 개시된다. 금속 기지 복합물 재료 및 이를 함유한 케이블에 관한 추가적인 상세한 설명은 그 내용이 본 명세서에 합체된 것으로서 예컨대 본 출원과 동일자로 출원된 출원 계류중인 미국 특허 출원 제09/616,594호와 제09/616,589호와 제09/616,741호에 개시된다.

## 예

<68> 본 발명은 하기의 예에 의해 추가로 설명되지만, 이들 예에서 언급된 특별한 재료 및 그 양과 다른 조건 및 상세한 내용이 본 발명을 부당하게 제한하는 것으로 여겨져서는 안된다. 본 발명에 대한 다양한 변경예 및 개조예는 기술분야의 당업자에게 명백할 것이다. 모든 분율 및 %는 달리 지시되지 않는 한 중량에 의한다.

## 시험 절차

### 3점 굽힘 강도 시험

<71> 굽힘 강도는 그 내용이 본 명세서에 합체된 것으로 펜실베니아주 필라데피아의 ASTM이 발간한 ASTM 1992 표준 연감(Annual Book of Standards) 섹션 3, 03.01권에 공개된 ASTM 표준 E855-90, 시험 방법 B에 나온 3점 굽힘 방법을 사용해서 측정되었다. 3점 굽힘 강도는 결국 둘 이상의 개별 조각으로 파단되는 시험 샘플인 와이어 외면에서의 공칭 응력이다. 시험은 3점 굽힘 고정구가 설치된 유니버설 시험 프레임과 하중을 연속해서 기록하기 위한 장치(모두 미네소타주 이든 프레어리의 MTS에서 얻어짐)를 사용해서 무작위적으로 선택된 샘플 상에 실온(약 20 °C에서)에서 수행되었다. 3점 굽힘에서 시험된, 그 깊이와 관련한 길이에서, 시편의 3점 굽힘 강도( $\sigma_b$ )는 수학식 1로 주어진다.

### 수학식 1

$$\sigma_b = \frac{y_m F \ell}{4 I}$$

&lt;72&gt;

여기서,  $F$ 는 하중 셀에 의해 기록된 최대 하중이고,  $\ell$ 은 시험 전장(즉, 두 개의 지지물 사이의 길이)이고,  $y_m$ 은 시험 샘플의 중간축으로부터 표면까지의 수직 거리(도12 참조)이고,  $I$ 는 단면 2차 모멘트(second moment of area)이다. 도12를 참조하면, 단면 2차 모멘트는 수평축(242)에 대한 굽힘에 대한 균일 섹션의 저항도를 측정한다. 단면 2차 모멘트는  $b(y)$ 가  $y$  지점에서의 섹션의 폭일 때, 다음과 같이 주어진다.

### 수학식 2

$$I = \int_{\text{섹션}} y^2 b(y) dy$$

&lt;74&gt;

단면 2차 모멘트인  $I$ 를 계산하기 위한 적절한 근사값을 제공하기 위한 수학식들이 공지되어 있다. 수학식들은 샘플의 단면에 맞도록 선택된다. 예컨대, 원형 또는 거의 원형의 단면인 경우, 단면 2차 모멘트인  $I$ 는  $d$ 가 단면의 직경일 때 다음과 같이 주어진다.

### 수학식 3

$$I = \frac{\pi d^4}{64}$$

&lt;76&gt;

완전히 원형이 아닌 와이어의 경우, 3점 굽힘 강도는 시험 장치에서 와이어의 단축을 수직 배향함으로써 측정된다. 와이어의 직경은 (적어도  $\pm 2\%$ 의 정밀도를 갖는) 마이크로미터를 사용해서 측정되었다. 예에서의 와이어들은 완전 원형은 아니었다(그러나 거의 원형임). 따라서, (와이어 상의 동일 지점에 대한) 최소 및 최대 직경 모두가 측정되었다. 예에서의 와이어의 최대 직경에 대한 최소 직경의 비는 모두 0.9보다 커다. 각각의 시험 샘플에서, 모두 세 개의 직경 측정 판독값을 위해, 최소 직경은 15 cm 길이를 따라 매 5 cm마다 측정되었다. 예에서의 와이어의 단면은 거의 원형이었기 때문에, 상기 수학식 3이 단면 2차 모멘트인  $I$ 를 측정하는 데 사용되었다. 수학식에 사용된 직경( $d$ )은 세 개의 최소 직경 판독값의 평균이었다.

&lt;78&gt;

시험 시편은 3점 대칭 로딩에서 단순 비임으로서 로드되었다. 굽힘 강도는 와이어가 파단될 때까지 단조로운 로딩에 의해 얻어졌다. 파단점(P)에서의 하중이 기록되었으며 (수학식 3과 함께) 수학식 1에 따른 3점 굽힘 강도를 계산하기 위해 사용되었다. 시험 장치에 대한 개략도가 도6에 도시되어 있다. 시험 장치는 두 개의 조절 가능한 지지대(214)와 하중 인가 수단(212)과 하중 측정 수단(216)으로 구성된다. 지지대는 지지 모서리에서 반경이 3 mm인 경화된 강 펀이었다. 지지대 사이의 거리는 시편 종축을 따라 조절 가능하였다. 시험될 샘플은 211로 도시된다.

&lt;79&gt;

시험 시편은 직선형이며 구불구불하거나 뒤틀려있지 않다. 전장은 와이어 최소 직경( $d$ )의 15 내지 22 배였다. 전체 시편 길이는 와이어 최소 직경( $d$ )의 적어도 50배였다. 시편은 지지대 상에서 대칭되게 위치되었으며, 지지대에서의 마찰을 최소화하기 위해 손으로 부드럽게 테이프를 감았다.

&lt;80&gt;

후술하는 와이어 내력 시험을 위해 사용되는 3점 굽힘 강도는 여덟 개의 샘플의 3점 굽힘 강도의 평균이었다.

&lt;81&gt;

### 와이어 내력 시험

&lt;82&gt;

와이어는 도7에 개략적으로 도시된 장치를 사용해서 측정된 3점 굽힘 강도의 설정값에서 굽힘 모드로 실온(약 20 °C)에서 연속적으로 내력 시험되었다. (시험될) 와이어(21)는 스플(20)로부터 공급되어 세 개의 제1 및 제2 롤러 세트(22, 24)를 거쳐 안내되었고 시험 전장(L) 위로 4 cm 직경 롤러(23)에 의해 편향되어서, 스플(29) 상에 수집되었다. 스플(29)은 스플(20)로부터 시험 장치를 거쳐 와이어를 당기도록 구동되었다. 롤러 세트(22, 24)는 직경이 40 mm인 강 베어링이었다. 롤러 세트(22, 24)에서 롤러의 외면은 각각 롤러의 직경 둘레의 중심

에 위치된 작은 V-홈을 갖는다. V-홈은 깊이가 약 1 mm이고 너비가 약 1 mm였다. 시험되는 와이어는 시험 중에 둘러의 축에 수직하게 이동하도록 V-홈 내에 정렬된다. 각각의 둘러 세트(22, 24)의 두 개의 하부 둘러는 그 중심과 중심이 100 mm 떨어져 있다. 각각의 둘러 세트(22, 24)의 두 개의 상부 둘러는 두 개의 각각의 하부 둘러 사이에서 대칭되게 이격되었다. 각각의 둘러 세트(22, 24)의 상부 둘러의 수직 위치는 조절 가능하였다. 각각의 둘러 세트(22, 24)의 상부 둘러 및 하부 둘러의 외면 사이의 거리는, 상기 3점 굽힘 강도 시험에서 계산된 것과 같은(즉, d), (평균 최소) 와이어 직경과 같았다. 거리는 와이어(21)가 최소의(즉, 1 N보다 작은) 장력을 갖고서 둘러 세트(22, 24)의 상부 및 하부 둘러 사이에서 지지되지만 자유롭게 이동할 수 있도록 하는 거리였다. 중심 둘러(23)는 둘러 세트(22, 24) 사이에 대칭되게 위치되고 외경이 40 mm인 강 베어링이다. 스폴(20, 29) 사이의 와이어의 장력은, 상기 3점 굽힘 강도 시험에서 계산된 것과 같이(즉, d), 1.5 mm 이상의 (평균 최소) 직경을 갖는 와이어에 대해 100 N보다 크지 않았다. 스폴(20, 29) 사이의 와이어의 장력은, 상기 3점 굽힘 강도 시험에서 계산된 것과 같이(즉, d), 1.5 mm보다 작은 (평균 최소) 직경을 갖는 와이어에 대해 20 N보다 크지 않았다. 와이어 내력 시험에서 전장(L)은 둘러 세트(22, 24)의 내측 둘러들 사이의 중심간 거리였다. 전장(L)은, 상기 3점 굽힘 강도 시험에서 계산된 것과 같은(즉, d), (평균 최소) 와이어 직경의 120 내지 260배 사이에서 설정되었다. 중심 둘러의 편향( $\delta$ )은 둘러 세트(22, 24)를 통과하는 직선형 와이어의 중심선과 둘러(23)의 하부면 사이의 거리였다. 내력 시험은 와이어가 0.1 내지 10 m/min의 속도로 이동하는 상태에서 수행되었다. 중심 둘러의 편향( $\delta$ )은 3점 굽힘 강도 시험에 의해 측정된 와이어의 3점 굽힘 강도의 75 %와 같은 값의 응력을 인가하도록 설정되었다.

<83> 시험된 와이어가 3점 굽힘 강도의 75 %와 같은 값의 응력을 받도록 하는 중심 둘러(23)의 편향( $\delta$ )이 수학식 4에 의해 주어졌으며, 여기에서 L은 전장, E는 와이어의 영 모듈러스,  $y_m$ 은 3점 굽힘 강도 시험에서 위에서 정의된 것이고,  $\sigma_b$ 는 (3점 굽힘 강도 시험에서 상술한 바와 같이 측정된) 3점 굽힘 강도였다.

#### 수학식 4

$$\delta = \frac{L^2}{24E y_m} (0.75\sigma_b)$$

&lt;84&gt;

<85> 원통형 또는 거의 원통형인 와이어에서, 와이어의 최소 직경의 축은 와이어 내력 시험에서 수직하게 배향되었으며, 편향은 다음과 같이 주어졌다.

#### 수학식 5

$$\delta = \frac{L^2}{12Ed} (0.75\sigma_b)$$

&lt;86&gt;

<87> 여기서, d는 (3점 굽힘 강도 시험에서 위에서 측정된) (평균 최소) 와이어 직경이고, E는 와이어의 모듈러스이다. 와이어의 영 모듈러스(E)는, f가 (후술한 바와 같이 측정된) 섬유 체적 분율이고  $E_f$ 가 섬유의 영 모듈러스일 때, 다음 식에 의해 계산되었다.

#### 수학식 6

$$E = fE_f$$

&lt;88&gt;

<89> 국부 와이어 강도가 3점 굽힘 강도의 75 %보다 작을 때, 인가된 편향은 와이어가 과단되게 하도록 의도되었다.

&lt;90&gt;

<90> 섬유 체적 분율은 표준 금속학적 기술에 의해 측정되었다. 와이어 단면은 연마 처리되었으며, 섬유 체적 분율은 미국 국립 보건원(NIH)의 연구 용역과에서 개발한 퍼블릭 도메인 이미지(public domain image) 처리 프로그램인 NIH IMAGE(1.61판)로 지정되는 컴퓨터 프로그램(웹사이트 <http://rsb.info.nih.gov/nih-image>에서 얻음)의 도움을 얻어 밀도 프로파일링 함수를 사용해서 측정되었다. 이 소프트웨어는 와이어의 대표 단면의 평균 그레이 스케일(gray scale) 강도를 측정하였다.

&lt;91&gt;

<91> 단편의 와이어가 (일리노이주 레이크 블러프의 부흘러 인크(Buehler Inc.)로부터 상표명 "에폭시큐어

(EPOXICURE)"로 판매된) 장착 수지에 장착되었다. 장착된 와이어는 종래의 그라인더/폴리셔와 종래의 다이아몬드 슬러리를 사용해서 연마 처리되었으며 최종 연마 단계에서는 연마 처리된 와이어 단면을 얻기 위해 (오하이오주 웨스트 레이크의 스트루어즈(Struers)로부터 상표명 "다이아몬드 스프레이(DIAMOND SPRAY)"로 판매된) 1  $\mu\text{m}$  다이아몬드 슬러리를 사용하였다. 주사 전자 현미경(SEM) 현미경 사진은 연마 처리된 와이어 단면을 150 배율로 촬영한 것이다. SEM 현미경 사진을 촬영할 때, 화상의 스레스홀드(threshold) 수준은 바이너리 이미지를 생성하기 위해 0의 강도에서 모든 섬유를 갖도록 조절되었다. SEM 현미경 사진은 NIH IMAGE 소프트웨어로 분석되었으며, 섬유 체적 분율은 최대 강도로 바이너리 이미지의 평균 강도를 나눔으로써 얻어졌다. 섬유 체적 분율을 결정하기 위한 본 방법의 정밀도는  $\pm 2\%$ 인 것으로 여겨졌다.

&lt;92&gt;

예 1

&lt;93&gt;

예 1의 알루미늄 복합 와이어는 다음과 같이 마련되었다. 도5를 참조하면, (상표명 "넥스텔 610"로 3M 사에서 구입하고, 1996년 제품 책자에서 보고된 영 모듈러스가 373 GPa이었던) 육십육 개 토우의 1500 데니어(denier) 산화 알루미늄 섬유가 단일 뮤음으로 접속되었다. 단일 뮤음은 이것을 공기중에서 1.5 m/min의 속도로 1 m 튜브 용해로(오클라호마주 틀사의, 에이티에스(ATS)에서 구입됨)를 통해 1000 °C에서 통과시킴으로써 열 처리되었다. 이후 단일 뮤음은 이 뮤음을 산화 알루미늄 진입 튜브(직경 2.7 mm 길이 30 cm이고, 직경이 섬유 뮤음의 직경과 일치)를 거쳐 진공 챔버(직경 6 cm 길이 20 cm) 내로 통과시킴으로써 1.0 Torr로 진공 처리되었다. 진공 챔버에는 0.4 m<sup>3</sup>/min의 펌핑 용량을 갖는 기계적 진공 펌프가 설치되었다. 진공 챔버를 나온 후, 진공 처리된 섬유는 용융 알루미늄욕에 부분적으로(약 5 cm) 침지된 산화 알루미늄 출구 튜브(내경이 2.7 mm, 길이가 25 cm)를 거쳐 용융 알루미늄욕으로 들어간다. 용융 알루미늄욕은 알루미늄(켄터키주 호스빌의, 엔에스에이 알루미늄(NSA ALUMINUM)에서 구입, 순도 99.94 % Al)을 726 °C에서 용해시킴으로써 마련되었다. 용융 알루미늄은 약 726 °C에서 유지되었으며, 알루미늄욕에 침지된 탄화 규소 다공성 튜브(미주리주 킹스빌의, 스탈 스페셜티 코(Stahl Specialty Co)에서 구입)를 거쳐 800 cm<sup>3</sup>/min의 아르곤 가스를 기포화시킴으로써 연속적으로 탈기되었다. 용융 알루미늄의 수소 함량은 0.64 cm x 12.7 cm x 7.6 cm의 공동을 갖는 구리 도가니에서 용융 알루미늄의 샘플을 급랭하고 (미주리주 세이트 조세프의 레코 코포레이션(LECO Corp.)에서 구입한) 표준화 질량 분석기 시험 분석을 사용해서 그 수소 함량에 대해 최종 고화 알루미늄 잉곳을 분석함으로써 측정되었다.

&lt;94&gt;

섬유 뮤음으로 용융 알루미늄을 침윤시키는 것은 초음파 침윤을 사용함으로써 용이하게 되었다. 초음파 진동은 (신시내티주 댈버리의, 소닉스 앤 머티리얼즈(Somicks & Materials)에서 구입한) 초음파 변환기에 연결된 도파관에 의해 제공되었다. 도파관은 길이가 482 mm이고 직경이 25 mm인 티탄 도파관(90 중량%Ti-6 중량%Al-4 중량%V)에 나사 체결된 중심 10 mm 나사가 부착된 직경이 25 mm이고 길이가 90 mm인 91 중량%Nb-9 중량%Mo 원통형 막대로 구성되었다. Nb-9 중량% Mo 막대는 펜실베니아주 라지의 피엠티아이(PMTI) 인크로부터 공급되었다. 니오븀 막대는 섬유 뮤음의 중심선에서 2.5 mm 내에 위치되었다. 도파관은 선단부에서 20  $\mu\text{m}$  변위되어 20 kHz에서 작업되었다. 섬유 뮤음은 1.5 m/min의 속도로 작업하는 (오클라호마주 틀사의, 틀사 파우어 프로덕츠에서 구입된) 캐터풀러에 의해 용융 알루미늄욕을 거쳐 인출되었다.

&lt;95&gt;

알루미늄이 침윤된 섬유 뮤음은 (일리노이주, 베리지의, 브랜슨 앤드 브래튼(Branson and Bratton) 인크에서 구입한) 내경이 2.5 mm이고 외경이 19 mm이고 길이가 12.7 mm인) 질화 규소 출구 다이를 거쳐 도가니를 나왔다. 용융 알루미늄욕을 나온 후, 와이어는 두 개의 질소 가스 스트림을 사용해서 냉각되었다. 보다 상세하게는, 내경이 4.8 mm인 두 개의 플러그 연결된 튜브는 각각의 측면 상에 다섯 개의 구멍이 천공되어 있다. 구멍은 직경이 1.27 mm이고, 30 mm의 길이를 따라 6 mm 떨어져서 위치되었다. 질소 가스는 분당 100 리터의 유속으로 튜브를 통해 유동했으며, 작은 측면 구멍들을 거쳐 빠져나왔다. 각 튜브 상의 제1 구멍은 출구 다이로부터 약 50 mm에 그리고 와이어로부터 6 mm 떨어져서 위치되었다. 튜브는 와이어의 각 측면 상에 하나씩 위치되었다. 그 후, 와이어는 스플 상으로 권취되었다. 유도 결합된 플라즈마 분석에 의해 측정된 것으로서, 예 1의 알루미늄 기지의 조성은 0.03 중량% Fe, 0.02 중량% Nb, 0.03 중량% Si, 0.01 중량% Zn, 0.003 중량% Cu 및 잔량 Al이었다. 와이어를 제조하는 동안, 알루미늄욕의 수소 함량은 약 100 g/m 알루미늄당 0.07 cm<sup>3</sup>였다.

&lt;96&gt;

직경이 2.5 mm인 알루미늄 복합 와이어의 스플이 예 1에서 마련되었다. 각각의 스플은 적어도 300 m의 와이어를 포함하며, 몇몇 코일은 600 m 만큼의 와이어를 갖는다.

&lt;97&gt;

50.8 mm 시험 전장을 사용하는 "굽힘 강도 시험"에 따라 측정된 와이어 굽힘 강도는 1.79 GPa로 측정되었다. 와이어의 평균 섬유 함량은 52 체적%로 결정되었으며, 모듈러스는 수학식 6을 사용해서 194 GPa로 측정되었다. 그 후, 와이어는 406 mm 전장 및 38.1 mm의 편향을 사용한 "와이어 내력 시험"에 따라 내력 시험되었다. 모두 열 개의 와이어 코일이 파단되지 않고 와이어 내력 시험을 통과했다.

&lt;98&gt;

예 2

&lt;99&gt;

유도 결합된 플라즈마 분석에 의해 측정된 것으로서, 예 2의 알루미늄 기지의 조성이 0.08 중량% Si, 0.03 중량% Fe, 0.02 중량% Nb, 0.01 중량% Zn, 0.002 중량% Cr, 0.003 중량% Cu 및 잔량 Al이라는 점을 제외하고, 세 개의 알루미늄 복합 와이어는 사실상 예 1에서 설명된 바와 같이 마련되었다. 각각의 코일은 길이가 적어도 300 m였고, 파단되지 않고 와이어 내력 시험을 통과했다.

&lt;100&gt;

비교예 A

&lt;101&gt;

섬유 뮤음의 직경이 2.0 mm이고, 와이어의 섬유 함량이 45 체적%라는 점을 제외하고, 길이가 100 m인 하나의 알루미늄 기지 복합 와이어 코일이 본 명세서에서 인용되어 합체된 PCT/US96/07286호의 예 2에 설명된 바에 따라 사실상 마련되었다. 와이어를 제조하는 동안, 알루미늄 용해물의 수소 함량은 100 gm 알루미늄당 약 0.2 내지 0.3 cm<sup>3</sup>일 것으로 여겨졌다.

&lt;102&gt;

50.8 mm 시험 전장을 사용하는 "굽힘 강도 시험"에 따라 측정된 와이어 굽힘 강도는 2.07 GPa로 측정되었다. 와이어의 모듈러스는 수학식 6을 사용해서 165 GPa로 계산되었다. 그 후, 와이어는 305 mm 전장 및 40.6 mm의 편향을 사용한 "와이어 내력 시험"에 따라 내력 시험되었다. 본 내력 시험 동안, 비교예 A 와이어는 7 m 다음, 그리고 다시 54 m 다음에 파단되었다. 시험은 이 지점에서 중단되었으며 파단점에서의 파단면은 SEM을 사용해서 조사되었다. "드라이 섬유"가 파단면에서 관찰되었다.

&lt;103&gt;

예 3

&lt;104&gt;

하나의 알루미늄 기지 복합 와이어 코일은 다음과 같은 점을 제외하고 예 1에 설명된 바에 따라 사실상 마련되었다. (니폰 카본 코(Nippon Carbon Co.)에서 제조되고, 마이애미주 미드랜즈의 다우 코닝에서 상표명 "니칼론 시지 그레이드(NICALON CG GRADE)"로 구입되었으며(현재는 캘리포니아주 산디애고의 씨오아이(COI)에서 구입 가능), 다우 코닝 데이터 시트에 보고된 섬유 모듈러스는 200 GPa였던) 다섯 토우의 2,000 텍스(g/1000 m) 탄화 규소 섬유가 산화 알루미늄 섬유 대신 사용되었다. 열 세척된 탄화 규소 섬유 뮤음은 이 뮤음을 산화 알루미늄 진입 튜브(직경 1.2 mm, 길이 25 cm이고, 직경이 섬유 뮤음의 직경과 일치)를 거쳐 진공 챔버 내로 통과시킴으로써 9 Torr에서 진공 처리되었다. 9 Torr 압력은 진공 챔버 내로 아르곤 가스를 빼냄으로서 유지되었다. 혼은 뮤음의 중심선의 0.6 mm 내에 위치되었다. 섬유 뮤음은 캐터풀러에 의해 3.6 m/min의 속도로 용융 알루미늄 욕을 거쳐 인출되었고, 침윤된 섬유 뮤음은 내경이 1 mm인 질화 규소 출구 다이를 거쳐 도가니를 나왔다.

&lt;105&gt;

길이가 최종적으로 450 m인 와이어는 그 직경이 1.08 mm였다. 15.8 mm 시험 전장을 사용하는 "굽힘 강도 시험"에 따라 측정된 와이어 굽힘 강도는 1.8 GPa로 측정되었다. 와이어의 평균 섬유 함량은 48 체적%로 결정되었으며, 수학식 6을 사용한 모듈러스는 106 GPa로 측정되었다. 그 후, 와이어는 254 mm 시험 전장 및 40.6 mm의 편향을 사용한 "와이어 내력 시험"에 따라 내력 시험되었다. 와이어는 파단되지 않고 와이어 내력 시험을 통과했다.

&lt;106&gt;

비교예 B

&lt;107&gt;

비교예 B는 니폰 카본 코에서 구입한 길이가 300 m인 알루미늄 기지 복합 와이어였다. 와이어는 상표명이 "하이-니칼론(HI-NICALON)"인 SiC 섬유(공식적으로 다우 코닝에서 구입 가능(현재 씨오아이 세라믹스에서 구입 가능))를 사용해서 제조된 것으로 보고되었다. 와이어의 섬유 함량은 52.5 체적%였다. SiC("하이-니칼론") 섬유의 보고된 모듈러스는 270 GPa였다. 와이어의 직경은 0.82 mm였다.

&lt;108&gt;

15.8 mm 시험 전장을 사용하는 "굽힘 강도 시험"에 따라 측정된 와이어 굽힘 강도는 2.3 GPa로 측정되었다. 와이어의 모듈러스는 수학식 6을 사용해서 140 GPa로 계산되었다. 그 후, 와이어는 254 mm 전장 및 81 mm의 편향을 사용한 "와이어 내력 시험"에 따라 내력 시험되었다. 본 내력 시험 동안, 비교예 B 와이어는 6 m 다음 그리고 다시 각각 12 m 및 15 m 다음에 파단되었다. 시험은 이 지점에서 중단되었으며 파단점에서의 파단면은 SEM을 사용해서 조사되었다. "드라이 섬유"가 파괴면에서 관찰되었다.

예 4

<110> 하나의 알루미늄 복합 와이어 코일은 다음과 같은 점을 제외하고 예 1에 설명된 바에 따라 사실상 마련되었다. (3M 사에서 상표명 "넥스텔(NEXTEL) 440"로 구입 가능하고, ~70 중량%  $Al_2O_3$ , ~28 중량%  $SiO_2$  및 ~2 중량%  $B_2O_3$ , 1996년(98-0400-5270-2) 제품 책자에 보고된 영 모듈러스가 190 GPa였던) 네 토우의 2,000 데니어 알루미노보로실리케이트(aluminoborosilicate) 섬유. 섬유는 섬유 끝음을 산화 알루미늄 진입튜브를 거쳐 진공 챔버내로 통과시킴으로써 0.7 Torr에서 진공 처리되었다. 혼은 섬유 끝음의 중심선의 0.6 mm 내에 위치되었다. 섬유 끝음은 캐터풀러에 의해 4.5 m/min의 속도로 용융 알루미늄을 거쳐 인출되었고, 침윤된 섬유 끝음은 내경이 1 mm인 질화 규소 출구 다이를 거쳐 도가니를 나왔다.

<111> 길이가 최종적으로 450 mm인 와이어는 그 직경이 1.0 mm였다. 15.8 mm 시험 전장을 사용하는 "굽힘 강도 시험"에 따라 측정된 와이어 굽힘 강도는 0.75 GPa로 측정되었다. 와이어의 평균 섬유 함량은 40 체적%로 결정되었으며, 수학식 6을 사용한 모듈러스는 76 GPa로 측정되었다. 그 후, 와이어는 254 mm 전장 및 30 mm의 편향을 사용한 "와이어 내력 시험"에 따라 내력 시험되었다. 와이어의 전체 길이는 파단되지 않고 와이어 내력 시험을 통과했다.

예 5

<113> 예 5는 복합 와이어의 성질에 대한 처리 속도의 효과를 보여준다. 직경이 2.5 mm인 알루미늄 기지 복합 와이어는 와이어 처리 속도가 1.5 m/min와 4 m/min 사이에서 변한다는 점을 제외하고 예 1에 설명된 바에 따라 사실상 마련되었다. 파단 빈도에 따라 20 m와 300 m 사이에서 변화하는 소정의 속도로 제조된 와이어의 길이가 와이어 내력 시험에서 검출되었다. 와이어가 파단되지 않는 경우 길이는 적어도 300 m였지만, 다르게는 충분한 와이어가 적어도 세 개의 파단점을 모으도록 제조되었다. 본 예는 저속인 1.5 m/min와 2.3 m/min에서, 와이어가 300 m의 와이어 주행후 와이어 내력 시험에서 파단되지 않았음을 보여준다(즉, 0의 파단이 있었다). 약 3.55 m/min의 속도에서, 와이어는 평균 매 6m마다 파단되었다. 약 4 m/min의 속도에서, 와이어는 평균 매 3m마다 파단되었다. 와이어 내력 시험을 통과하지 않은 샘플에서, 시험은 적어도 세 개의 파단이 있을 때까지 진행되었다. 파단 파괴면은 SEM을 사용해서 관찰되었다. "드라이 섬유"가 파괴면에서 관찰되었다.

예 6

<115> 예 6은 복합 와이어의 성질에 대한 와이어 직경 및 처리 속도의 효과를 보여준다. 알루미늄 기지 복합 와이어는 와이어의 직경이 1 mm 및 2.5 mm 사이에서 변화하고 와이어 속도도 또한 각각의 와이어 직경에 대해 변한다는 점을 제외하고 예 1에 설명된 바에 따라 사실상 마련되었다.

<116> 1 mm 직경 와이어에 있어서, 6.1 m/min로 처리된 와이어는 300 m의 길이를 따라 파단이 0인 상태로 와이어 내력 시험을 통과하였다. 와이어는 속도가 약 10 m/min 이상일 때 드라이 섬유로 인해 파단되었다.

<117> 2.5 mm 직경 와이어에 있어서, 와이어는 2.3 m/min의 처리 속도에서 300 m의 길이를 따라 파단이 0인 상태로 와이어 내력 시험을 통과하였다. 와이어는 속도가 약 4 m/min 이상일 때 드라이 섬유로 인해 파단되었다.

예 7

<119> 예 7은 처리 속도에 대한 진공, 처리 속도 및 와이어 직경의 효과를 보여준다. 알루미늄 기지 복합 와이어는 진공이 약 1 Torr 및 760 Torr(대기압) 사이에서 변화한다는 점을 제외하고 예 1에 설명된 바에 따라 사실상 마련되었다.

<120> 2.5 mm 직경의 와이어는 1 Torr의 진공에서 2.3 m/min의 처리 속도로 제조될 때, 300 m의 길이를 따라 파단이 0인 상태로 와이어 내력 시험을 통과했다. 2.5 mm 직경의 와이어는, 대기압(즉, 760 Torr) 하에서 2.3 m/min의 처리 속도로 제조될 때, 와이어 내력 시험에서 지속적으로 파단되었다. 섬유 끝음은 알루미늄으로 완전 침윤되지 않았다. 속도는 0.1 m/min보다 작게 저감되었으며 와이어는 계속해서 침윤되지 않았다. 이 직경에서, 진공으로 인해 2.5 mm 직경의 와이어가 침윤될 수 있다.

<121> 1 mm 직경의 와이어는 1 Torr의 진공에서 6.1 m/min의 처리 속도로 제조될 때, 300 m의 길이를 따라 파단이 0인 상태로 와이어 내력 시험을 통과했다. 1 mm 직경의 와이어는 진공이 아닌 상태(즉, 760 Torr)에서 3 m/min의 처리 속도에서 300 m의 길이를 따라 파단이 0인 상태로 와이어 내력 시험을 통과했다. 1 mm 직경의 와이어는 진공이 아닌 상태(즉, 760 Torr)에서 6.1 m/min의 처리 속도로 제조될 때, 와이어 내력 시험에서 지속적으로 파단되었다.

#### 예 8

<123> 예 8은 복합 와이어의 성질에 대한 표면 오염의 효과를 보여준다. 와이어는 예 1에 따라 사실상 마련되었다. 섬유는 1000 °C로 설정된 직경이 3 cm이고 길이가 0.3 m인 튜브 용해로를 통해 1.5 m/min의 속도로 열 세척되었다. 300 m 길이의 복수개의 와이어 코일이 파단이 0인 상태로 와이어 내력 시험을 통과했다.

<124> 세라믹 섬유("넥스텔 610")의 표면 화학 성질이 열 세척 전후에 평가되었다. 섬유는 섬유를 12분간 1000 °C에서 가열함으로써 세척되었다. 섬유는 (X-레이 광전자 분광기(XSP)로 알려진) 화학 분석용 전자 분광기(ESCA)를 사용해서 분석되었다. 사용된 ESCA 장치는 캘리포니아주 팔로 알토의 휴렛 패커드에서 상표명 "에이치피5950에이(HP5950A)"로 구입되었다. ESCA 장치는 반구형 전자 에너지 분석기를 포함하고 있었으며 일정한 통과 에너지 모드에서 작업되었다. X-레이 공급원은 알루미늄 K-알파였다. 탐침 각도는 분석기 정정 렌즈축에 대해 측정했을 때 38도 광전자 방출각이었다. 설비 제조자에 의해 마련된 소프트웨어와 감도 인자를 사용해서 정량적 데이터가 계산되었다. 가열후의 탄소 스펙트럼은 섬유 상에서 22 % 면적 분율 탄소보다 작음을 나타내었다.

<125> 와이어는 섬유의 2 cm 색션 위로 3M 사로부터 상표명 "시트루스 클리너(CITRUS CLEANER)"로 구입 가능한 세척제를 분사함으로써 국부 탄소 오염물이 튜브 용해로를 지나 의도적으로 도입되었다는 점을 제외하고, 예 1에 따라 사실상 마련되었다. 와이어는 와이어 내력 시험에서 정확히 표면 오염물이 도입된 곳에서 파단되었다.

<126> 지문으로 오염된 섬유를 사용한 와이어도 마련되었다. 이와 같은 오염된 샘플의 탄소 스펙트럼은 면적당 34 % 이상의 분율인 것으로 측정되었다. 이와 같은 탄소 오염물은 접촉각을 증가시키고 침윤을 소실시키는 것으로 여겨진다.

#### 예 9

<128> 본 예는 용해물에서의 수소의 효과를 보여준다. 와이어는 용해물이 와이어를 제조하기에 앞서 적어도 24 시간 동안 아르곤으로 탈기되었다는 점을 제외하고 예 1에 설명된 바에 따라 사실상 마련되었다. 와이어의 직경은 2.5 mm였으며 처리 속도는 2.3 m/min였다. 와이어는 300 m의 길이에 걸쳐 와이어 내력 시험에서 적어도 세 번 파단되었다. 파괴면이 분석되었으며, 비록 이론에 구속되고자 하는 것은 아니지만, 파단의 원인은 수소 가스로 인한 큰 공동인 것으로 여겨진다. 공동은 그 직경이 약 0.5 mm이고 길이가 2 내지 3 mm 또는 그 이상이었다. 예 1에 설명된 용해물 탈기 처리를 하지 않은 경우, 통상의 수소 농도는 알루미늄 100 g 당 대략 0.3 cm<sup>3</sup>였다.

<129> 와이어는 용해물이 와이어를 제조하기 전에 2 시간 동안 아르곤으로 탈기되었다는 점을 제외하고 예 1에 설명된 바에 따라 사실상 마련되었다. 와이어의 직경은 2.5 mm였으며 처리 속도는 2.3 m/min였다. 와이어는 파단되지 않고 와이어 내력 시험을 통과하였다. 탈기 처리후 용해물에서 통상의 수소 농도는 알루미늄 100 g 당 대략 0.07 내지 0.1 cm<sup>3</sup>였다.

<130> 본 발명의 다양한 변경에 및 개조에는 본 발명의 범위 및 정신을 벗어나지 않고 기술 분야의 당업자에게 명백할 것이며, 본 발명은 본 명세서에 나타난 예시적인 실시예에 부당하게 제한되어서는 안된다.

### 도면의 간단한 설명

<15> 도1은 기지가 없이 단지 섬유만이 존재하는 국부 영역을 도시한 금속 기지 복합 와이어의 단면에 대한 현미경 사진이다.

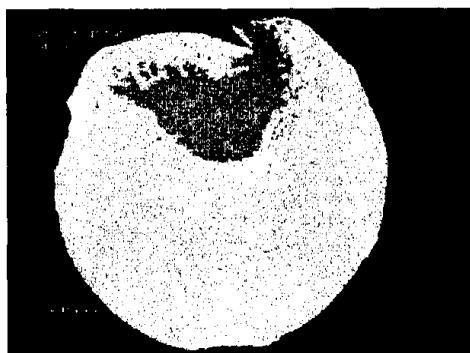
<16> 도2는 수축 다공성을 보여주는 금속 기지 복합 와이어의 단면에 대한 주사 전자 현미경 사진이다.

<17> 도3은 포획 가스(예컨대, 수소 또는 수포)의 존재로 인해 생성된 공동을 보여주는 금속 기지 복합 와이어의 단면에 대한 주사 전자 현미경 사진이다.

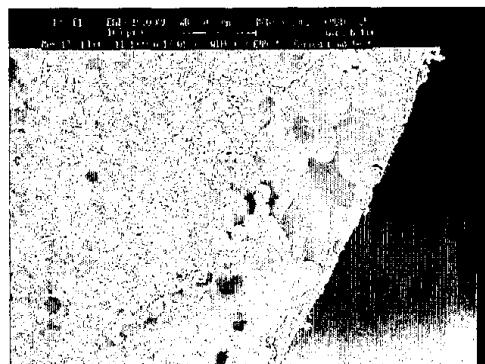
- <18> 도4는 미세 다공성을 보여주는 금속 기지 복합 와이어의 단면에 대한 주사 전자 현미경 사진이다.
- <19> 도5는 용융 금속으로 섬유를 침윤시키는 데 사용된 초음파 장치의 개략도이다.
- <20> 도6은 3점 굽힘 강도 시험 장치의 개략도이다.
- <21> 도7은 와이어 내력 시험 장치의 개략도이다.
- <22> 도8 및 도9는 복합물 금속 기지 코어를 갖는 고가 송전 케이블의 두 가지 실시예의 개략도 및 단면도이다.
- <23> 도10은 복수개의 스트랜드 둘레에 유지 수단을 적용하기에 앞서, 스트랜드 케이블의 실시예의 단부도이다.
- <24> 도11은 송전 케이블의 실시예의 단부도이다.
- <25> 도12는 3점 굽힘 강도 시험을 위한 시험 샘플의 단면도이다.

## 도면

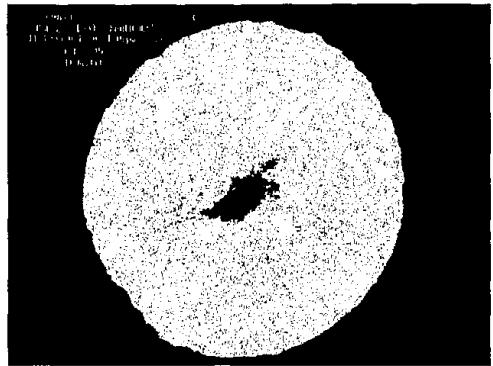
### 도면1



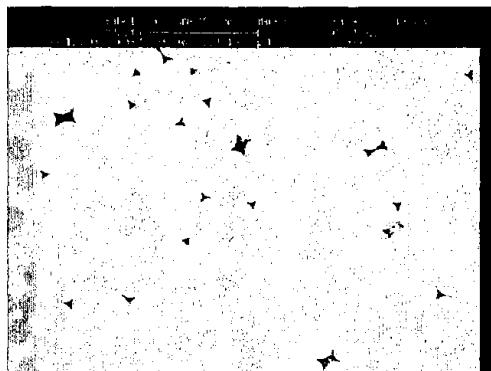
### 도면2



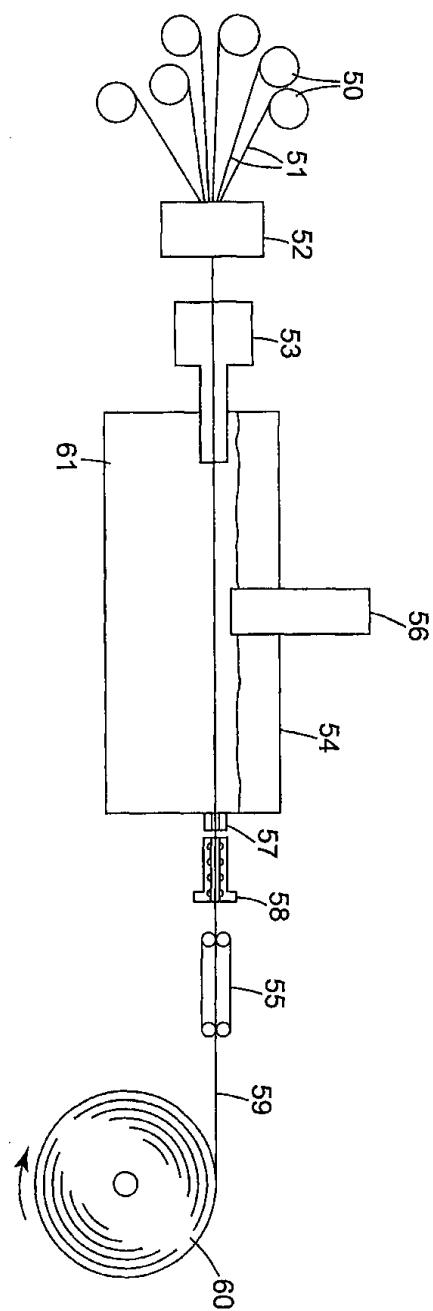
도면3



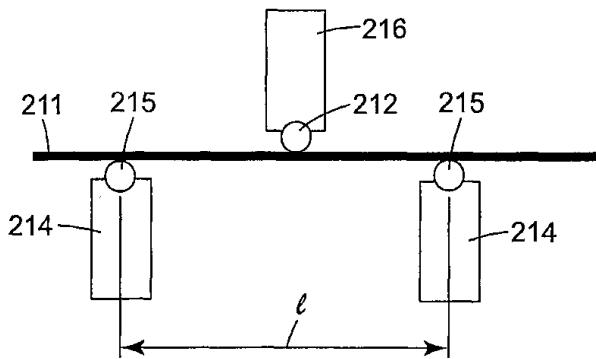
도면4



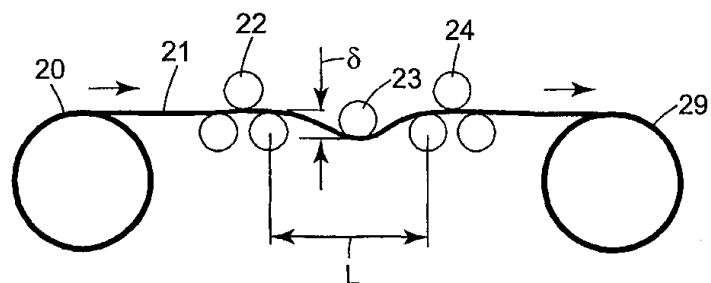
도면5



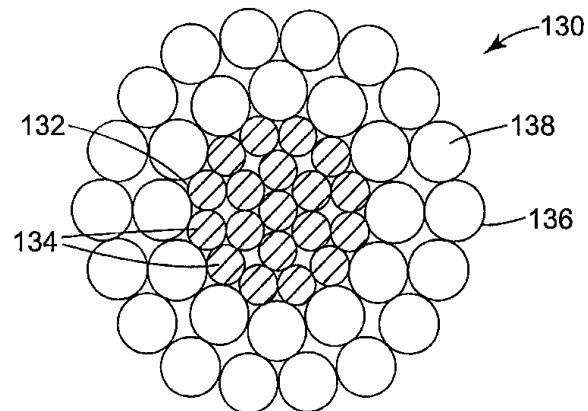
도면6



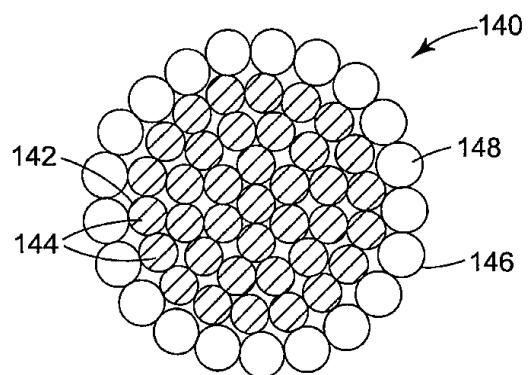
도면7



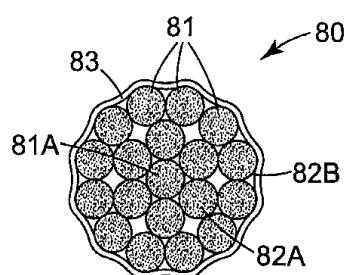
도면8



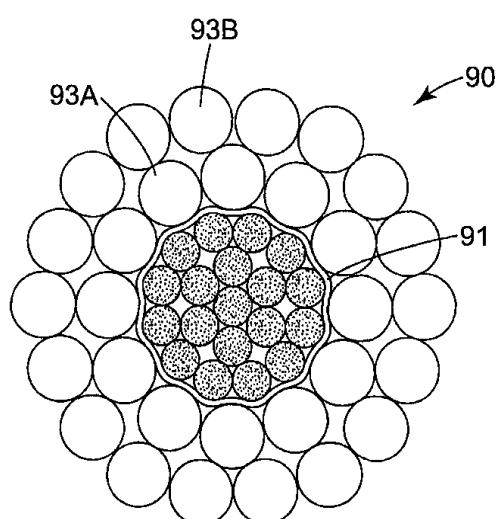
도면9



도면10



도면11



도면12

