



(19) 대한민국특허청(KR)

(12) 등록특허공보(B1)

(45) 공고일자 2014년12월18일

(11) 등록번호 10-1474277

(24) 등록일자 2014년12월12일

(51) 국제특허분류(Int. Cl.)
F28F 19/00 (2006.01) *H05B 6/02* (2006.01)
 (21) 출원번호 10-2012-0150810
 (22) 출원일자 2012년12월21일
 심사청구일자 2012년12월21일
 (65) 공개번호 10-2014-0081256
 (43) 공개일자 2014년07월01일
 (56) 선행기술조사문헌
 KR101074438 B1*
 KR100725731 B1*
 *는 심사관에 의하여 인용된 문헌

(73) 특허권자
 주식회사 유진
 충청남도 아산시 온천대로1122번길 15-8 (특산동)
 (72) 발명자
 허상희
 충청남도 아산시 온천대로1122번길 15-8 (특산동)
 (74) 대리인
 한양특허법인

전체 청구항 수 : 총 3 항

심사관 : 이후진

(54) 발명의 명칭 금속튜브의 범랑코팅 방법 및 그에 사용되는 범랑코팅 장치(2)

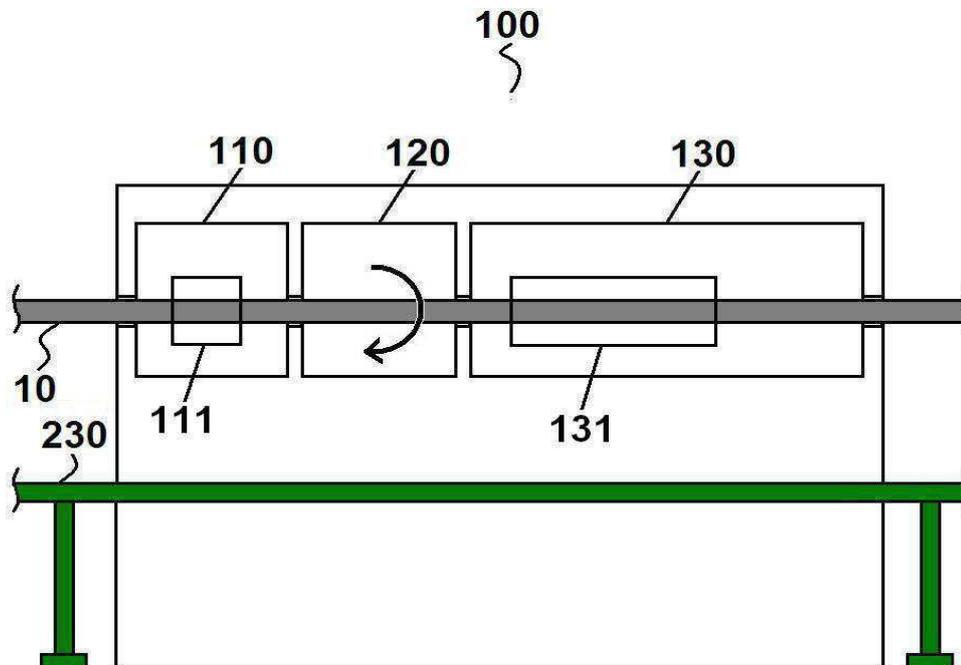
(57) 요약

본 발명은,

(a) 인피드(in-feed) 컨베이어에 의해 회전하면서 전진하는 금속튜브를 전처리챔버로 피당하여 금속튜브의 표면을 전처리 하는 단계;

(뒷면에 계속)

대표도 - 도3



(b) 상기 단계에서 전처리가 완료된 금속튜브를 코팅챔버로 피딩시켜서 코팅챔버 내부에 설치된 범람유약 공급노즐로부터 공급되는 범람유약으로 금속튜브의 표면을 코팅하는 단계; 및

(c) 상기 단계에서 코팅이 완료된 금속튜브를 소성챔버로 피딩시켜서 750~1000℃에서 소성하는 단계를 포함하며; 상기 (a) 단계에서 전처리챔버에는 가열수단이 구비되고, 그 가열수단을 사용하여 금속튜브를 300 ~ 600℃의 온도로 10초 내지 4분 동안 가열하는 전처리 공정이 수행되는 것을 특징으로 하는 금속튜브의 범람코팅 방법 및 그에 사용되는 범람코팅 장치에 관한 것이다.

특허청구의 범위

청구항 1

(a) 인피드(in-feed) 컨베이어에 의해 회전하면서 전진하는 금속튜브를 전처리챔버로 피딩하여 금속튜브의 표면을 전처리 하는 단계;

(b) 상기 단계에서 전처리가 완료된 금속튜브를 코팅챔버로 피딩시켜서 코팅챔버 내부에 설치된 법랑유약 공급 노즐로부터 공급되는 법랑유약으로 금속튜브의 표면을 코팅하는 단계; 및

(c) 상기 단계에서 코팅이 완료된 금속튜브를 소성챔버로 피딩시켜서 750~1000℃에서 소성하는 단계를 포함하며;

상기 (a) 단계에서는 전처리챔버에 가열수단으로서 전기로, 플라즈마열처리로, 증유로, 경유로, 가스로, 수소열처리로 또는 유도가열로가 구비되고, 상기 가열수단을 사용하여 금속튜브를 300 ~ 600℃의 온도로 10초 내지 4분 동안 가열하여 금속튜브 표면의 오일류 성분을 제거하는 전처리 공정이 수행되며,

상기 금속튜브는 길이가 5m 이상이며 튜브표면에 전열편이 형성되어 있는 열교환기용 핀튜브인 것을 특징으로 하는 금속튜브의 법랑코팅 방법.

청구항 2

삭제

청구항 3

청구항 1에 있어서, 상기 가열수단이 유도가열로로서 인덕션 히터인 것을 특징으로 하는 금속튜브의 법랑코팅 방법.

청구항 4

청구항 1에 있어서, 상기 (a) 단계에서 초음파를 적용한 습식 전처리 공정이 더 수행되는 것을 특징으로 하는 금속튜브의 법랑코팅 방법.

청구항 5

삭제

청구항 6

삭제

청구항 7

삭제

청구항 8

삭제

청구항 9

삭제

명세서

기술분야

본 발명은 금속튜브의 법랑코팅 방법 및 그에 사용되는 법랑코팅 장치에 관한 것이다. 특히, 금속튜브의 표면에 전열편이 형성되어 있는 핀튜브의 법랑코팅 방법 및 법랑코팅 장치에 관한 것이다.

[0001]

배경 기술

- [0002] 금속튜브는 습기가 많은 환경에서 사용되는 경우가 많기 때문에 내구성을 향상시키기 위하여 표면에 다양한 종류의 코팅이 행해지고 있다. 법랑코팅은 그 중의 하나로서 내열성 및 내산성이 강한 특징을 갖지만, 고온(750~1000℃)의 소성이 요구되는 등 코팅공정이 까다롭기 때문에 널리 사용되지 못하고 있는 실정이다.
- [0003] 특히, 고온의 소성공정이 요구되기 때문에, 길이나 부피가 큰 코팅 대상물을 법랑유약으로 코팅하기 위하여 대규모의 소성챔버를 마련하는 것은 경제성을 담보하기 어렵다. 따라서, 길이나 부피가 큰 코팅 대상물에 법랑코팅을 실시하는 것은 불가능에 가까운 일로 받아들여지고 있다.
- [0004] 그런데, 발전기용 열교환기로 사용되는 핀튜브처럼 열악한 환경(발전기에서 산 성분이 포함된 가스를 이용하여 열교환할 때 가스가 냉각되면서 튜브표면 및 전열핀이 산노점에 노출됨으로써 핀튜브에 저온부식현상이 발생함)에서 사용되는 금속튜브는, 일반적인 코팅 조성물로 코팅되었을 경우 부식된 금속 튜브를 주기적으로 교체해야 하므로 불편하며, 큰 비용이 소요되는 문제가 야기된다. 이러한 문제를 해결하기 위하여 스테인레스 계열이나 티타늄 등의 재질을 갖는 금속 튜브가 사용되기도 하지만, 비용부담이 크며, 핀튜브의 교체주기를 늘려줄 뿐만 아니라 부식에 대한 근본적인 해결책이 될 수 없다는 한계를 갖는다. 또한 핀튜브에 테프론 코팅을 적용하기도 하는데, 테프론 재질은 내열성 면에서 한계를 나타내는 문제가 있다. 따라서, 내열성 및 내산성이 요구되는 환경과 같이 열악한 환경에서 사용되는 금속튜브에는 법랑코팅을 적용하는 것이 바람직할 수 있다.
- [0005] 금속튜브의 표면에 법랑을 코팅하는 것이 어려운 이유로는,
- [0006] 첫째, 상기에서 언급한 바와 같이 고온의 소성챔버가 필요하다는 이유를 들 수 있다. 특히, 금속튜브의 길이가 길 경우 사이즈가 큰 고온의 소성챔버가 필요하므로 더욱 큰 어려움을 겪게 된다.
- [0007] 둘째, 고온의 소성공정을 거치면서 코팅 중에 금속튜브의 형상이 휘거나 뒤틀릴 염려가 있다는 점을 들 수 있다. 이때, 금속튜브의 길이가 길수록 그러한 문제의 발생 빈도는 높아진다. 따라서, 금속튜브의 코팅시 이러한 금속튜브의 변형을 막는 방법이 강구될 필요가 있다.
- [0008] 셋째, 전처리 공정에서 금속튜브의 표면에 묻어 있는 오일류 성분들은 수성인 법랑유약이 금속튜브의 표면에 결합하는 것을 방해하므로 법랑코팅 전에 반드시 제거할 필요가 있다. 그러나, 종래의 전처리 방법들로는 오일류 성분들을 효율적으로 제거하기 어렵다는 점을 들 수 있다.
- [0009] 즉, 전처리 공정 중 블라스트 공정은 오일류 성분들의 제거에 효과가 크지 않으며, 습식 공정을 도입하는 경우 전처리가 복잡해져서 코팅 효율이 저하되는 문제가 있다. 따라서, 간편한 방법으로 금속튜브의 표면에 묻어 있는 오일류 성분들을 제거하는 방법을 개발할 필요가 있다.
- [0010] 넷째, 법랑유약을 코팅하고 난 후에 코팅막 속에 형성되는 기포를 제거하는 것이 용이하지 않다는 점을 들 수 있다. 코팅막 속에 형성되는 기포를 제거하는 것은 코팅품질을 좌우하는 것으로서 코팅공정에 있어서 매우 중요하다. 특히, 금속튜브의 표면에 다수의 전열핀이 형성되어 있는 열교환기용 핀튜브(도 10)는 튜브표면 및 전열핀 표면에 형성되는 기포를 제거하는 것이 까다로운데, 이러한 기포를 잘 제거해 주어야 내구성이 우수한 핀튜브를 제조할 수 있다. 종래에는 금속튜브를 두드려서 기포를 제거하는 방법을 사용했으나, 긴 금속튜브를 코팅하는 경우 그러한 방법을 사용하기 어렵고 효과도 크지 않다.
- [0011] 그러므로, 금속튜브에 법랑코팅을 적용하여 법랑코팅의 우수한 물성을 활용하기 위해서는 상술한 바와 같은 문제들을 해결하는 것이 선행되어야 한다.

발명의 내용

해결하려는 과제

- [0012] 본 발명은,
- [0013] 금속튜브의 표면에 묻어 있는 오일류 성분들을 단시간 내에 완벽하게 제거하는 것이 가능한 전처리 공정을 포함하는 것을 특징으로 하는 법랑코팅 방법 및 법랑코팅 장치를 제공하는 것을 목적으로 한다.
- [0014] 또한, 금속튜브의 표면에 묻어 있는 오일류 성분들을 전처리 공정에서 완벽히 제거함으로써 코팅 결함이 최소화되며, 균일하고 견고한 코팅을 형성하는 것이 가능한 법랑코팅 방법 및 법랑코팅 장치를 제공하는 것을 목적으로 한다.

과제의 해결 수단

- [0015] 본 발명은,
- [0016] (a) 인피드(in-feed) 컨베이어에 의해 회전하면서 전진하는 금속튜브를 전처리챔버로 피딩하여 금속튜브의 표면을 전처리 하는 단계;
- [0017] (b) 상기 단계에서 전처리가 완료된 금속튜브를 코팅챔버로 피딩시켜서 코팅챔버 내부에 설치된 범랑유약 공급 노즐로부터 공급되는 범랑유약으로 금속튜브의 표면을 코팅하는 단계; 및
- [0018] (c) 상기 단계에서 코팅이 완료된 금속튜브를 소성챔버로 피딩시켜서 750~1000℃에서 소성하는 단계를 포함하며;
- [0019] 상기 (a) 단계에서 전처리챔버에는 가열수단이 구비되고, 그 가열수단을 사용하여 금속튜브를 300 ~ 600℃의 온도로 10초 내지 4분 동안 가열하는 전처리 공정이 수행되는 것을 특징으로 하는 금속튜브의 범랑코팅 방법을 제공한다.

[0020] 또한, 본 발명은,

- [0021] 인피드(in-feed) 컨베이어로부터 회전하면서 피딩되는 금속튜브의 표면을 전처리하는 전처리챔버; 상기 전처리가 완료된 금속튜브가 피딩되면 내부에 설치된 범랑유약 공급노즐로부터 공급되는 범랑유약으로 금속튜브 표면을 코팅하는 코팅챔버; 및 상기 코팅이 완료된 금속튜브가 피딩되면 750~1000℃의 온도로 소성을 수행하는 소성 챔버를 포함하는 코팅부를 포함하는 범랑코팅 장치로서,
- [0022] 상기 전처리챔버에는 금속튜브를 300 ~ 600℃의 온도로 가열할 수 있는 가열수단이 구비되는 것을 특징으로 하는 금속튜브의 범랑코팅 장치를 제공한다.

발명의 효과

- [0023] 본 발명의 범랑코팅 방법에 의하면,
- [0024] 금속튜브의 표면에 묻어 있는 오일류 성분들을 가열수단에 의해 단시간 내(대략 1분 이내)에 완벽히 제거하는 것이 가능하므로 금속튜브의 범랑코팅 효율이 크게 향상된다.
- [0025] 또한, 코팅 결함이 최소화되며, 범랑유약이 금속튜브의 표면에 더 균일하고 견고하게 결합되므로 내구성이 뛰어난 범랑코팅을 형성할 수 있다.
- [0026] 또한, 표면에 심한 요철이 형성된 금속튜브(예컨대, 금속 핀튜브)인 경우에도 구석 구석에 묻어 있는 오일류 성분들이 완벽하게 제거되므로 튜브 표면 전체에 내구성이 우수한 범랑코팅을 형성할 수 있다.

도면의 간단한 설명

- [0027] 도 1은 본 발명의 범랑코팅 방법에 사용되는 범랑코팅 장치를 예시적으로 도시한 것이다.
- 도 2는 본 발명의 범랑코팅 방법에 사용되는 범랑코팅 장치 중 인피드(in-feed) 컨베이어(a)와 인피드(in-feed) 컨베이어에 포함된 모터 및 롤러의 구성형태(b)를 도시한 것이다.
- 도3은 본 발명의 범랑코팅 방법에 사용되는 범랑코팅 장치 중 코팅부의 단면을 간략화하여 도시한 것이다.
- 도4는 본 발명의 범랑코팅 방법에 사용되는 인덕션 히터의 구조를 모식적으로 도시한 것이다.
- 도5는 본 발명의 범랑코팅 방법에 사용되는 인덕션 히터의 제조과정을 촬영한 사진이다.
- 도6은 본 발명의 범랑코팅 방법에 사용되는 인덕션 히터에 의하여 가열된 금속튜브의 사진이다.
- 도 7은 본 발명의 범랑코팅 방법에 사용되는 범랑코팅 장치 중 코팅부에 포함되는 코팅챔버(일반튜브 코팅)를 모식적으로 도시한 것이다.
- 도8은 본 발명의 범랑코팅 방법에 사용되는 범랑코팅 장치 중 코팅부에 포함되는 코팅챔버(핀튜브 코팅)를 모식적으로 도시한 것이다.

도9는 본 발명의 법랑코팅 방법에 사용되는 공기분사노즐의 공기분사방향을 모식적으로 도시한 것이다.

도10은 본 발명의 법랑코팅 방법에 의해 코팅되는 핀튜브를 촬영한 사진이다.

도 11은 본 발명의 법랑코팅 방법에 사용되는 장구형롤러를 채용한 법랑코팅 장치를 모식적으로 도시한 것이다.

도 12는 본 발명의 법랑코팅 방법에 사용되는 법랑코팅 장치 중 전처리챔버 컨베이어(400), 코팅챔버 컨베이어(500) 및 소성챔버 컨베이어(600)를 모식적으로 도시한 것이다.

도 13은 본 발명의 법랑코팅 장치에 사용되는 장구형롤러를 도시한 사시도이다.

도 14는 본 발명의 법랑코팅 장치에 사용되는 냉각용매 순환용 통로(271)를 구비한 장구형롤러를 도시한 사시도이다.

발명을 실시하기 위한 구체적인 내용

[0028] 이하, 첨부된 도면을 참고하여 본 발명의 바람직한 실시예에 대하여 상세히 설명한다. 본 발명을 설명하기에 앞서 관련된 공지기능 및 구성에 대한 구체적 설명이 본 발명의 요지를 불필요하게 흐릴 수 있다고 판단되는 경우 그에 대한 설명은 생략하기로 한다.

[0029] 본 발명의 법랑코팅 방법은, 도 1 내지 도 8에 도시된 바와 같이,

[0030] (a) 인피드(in-feed) 컨베이어(200)에 의해 회전하면서 전진하는 금속튜브(10)를 전처리챔버(110)로 피딩하여 금속튜브(10)의 표면을 전처리하는 단계;

[0031] (b) 상기 단계에서 전처리가 완료된 금속튜브(10)를 코팅챔버(120)로 피딩시켜서 코팅챔버 내부에 설치된 법랑유약 공급노즐로(121)부터 공급되는 법랑유약으로 금속튜브(10)의 표면을 코팅하는 단계; 및

[0032] (c) 상기 단계에서 코팅이 완료된 금속튜브(10)를 소성챔버(130)로 피딩시켜서 금속튜브를 750~1000℃에서 소성하는 단계를 포함하며;

[0033] 상기 (a) 단계에서 전처리챔버(110)에는 가열수단(111)이 구비되고, 그 가열수단을 사용하여 금속튜브(10)를 300 ~ 600℃의 온도로 10초 내지 4분 동안 가열하는 전처리 공정이 수행되는 것을 특징으로 하는 금속튜브의 법랑코팅 방법에 관한 것이다.

[0034] 본 발명의 법랑코팅 방법은, 도 3에 도시된 바와 같이, 상기 (a) 단계에서 전처리챔버(110) 내에 가열수단(111)을 구비하고 금속튜브(10)를 300 ~ 600℃의 온도로 10초 내지 4분 동안 고온으로 가열하는 것을 특징으로 한다.

[0035] 상기 (a) 단계의 금속튜브의 전처리공정은 이 분야에서 통상적으로 사용되는 방법들 예컨대, 쇼트블라스트법(shot blast), 샌드블라스트법 그리트 블라스트법(grit blast) 등에 의하여 실시될 수 있다.

[0036] 또한, 금속의 전처리에 통상적으로 사용되는 습식 전처리에 의하여 금속튜브를 전처리 하는 것도 가능하며, 습식 전처리시 전처리 용액 내에 초음파를 발생시켜 금속튜브 표면의 이물질보다 효율적을 제거하는 방법을 채용하는 것도 가능하다.

[0037] 그러나, 오일류 성분들은 블라스트 공정에 의해 잘 제거되지 않으며, 습식 공정을 도입하는 경우 설비가 증가하고 전처리 공정이 복잡해져서 코팅 효율이 저하되기 때문에 본 발명과 같이 자동화된 법랑코팅 방법에 채용하기 어렵다.

[0038] 그러므로, 본 발명의 법랑코팅 방법은 전처리챔버(110)에 가열수단(111)을 도입하여 금속튜브(10)를 고온으로 가열함으로써 표면에 묻어 있는 오일류 성분들을 짧은 시간에 태워서 제거하는 방식을 채용한 것을 특징으로 한다.

[0039] 상기 고온가열공정은 통상적으로 사용되는 가열수단(111)에 의해 수행될 수 있다. 즉, 상기 가열수단으로는 전기로, 플라즈마열처리로, 중유로, 경유로, 가스, 수소열처리로, 유도가열로 등을 들 수 있다.

[0040] 본 발명의 법랑코팅 방법에서는 특히, 도 4 및 5에 예시된 것과 같은 유도가열로로서 인덕션 히터(111)가 바람직하게 사용될 수 있다. 인덕션 히터 중에서는 고주파 전류를 사용하는 고주파 인덕션 히터가 바람직하게 사용될 수 있다.

- [0041] 본 발명의 법랑코팅 방법에서 금속튜브(10)는 회전하면서 인피딩되므로, 인덕션 히터(111)의 형상은 문제가 되지 않는다. 즉, 인덕션 히터(111)가 어떠한 형상을 갖더라도 금속튜브(10)는 골고루 가열될 수 있으므로, 이 분야에 공지되어 있는 형태는 모두 사용될 수 있다.
- [0042] 상기 인덕션 히터(111)로는 도 3 내지 도 5에 도시된 바와 같이, 금속튜브(10)의 외부 직경보다 5 mm ~ 150 mm 더 큰 곡률반경을 갖는 원통형 또는 원호형(미도시)의 인덕션 히터(111)가 바람직하게 사용될 수 있다. 상기 인덕션 히터는 이동하는 금속튜브(10)의 외부면과 원통형의 내부 곡면이 일정한 거리를 유지하도록 금속튜브(10)의 이동 방향으로 구비될 수 있다.
- [0043] 상기 전처리 공정에서의 고온열처리는 300 ~ 600℃, 더욱 바람직하게는 400 ~ 500℃의 온도에서 10초 내지 4분, 더욱 바람직하게는 10초 내지 2분 동안 수행하는 것이 바람직하다.
- [0044] 상기 고온열처리가 300℃ 미만의 온도에서 수행되는 경우는 오일류 성분 제거에 시간이 많이 소요되며, 500℃를 초과하는 온도에서 수행되는 경우는 경제성이 저하된다. 또한, 10초 미만에서는 요구되는 고온에 도달하기 어려우며, 5분 이상이 소요되는 경우는 생산성 저하의 원인이 될 수 있다.
- [0045] 상기 고온열처리가 인덕션 히터(111)를 사용하여 실시되는 경우, 대략 1분 이내에 열처리 온도(300 ~ 600℃)로 금속튜브(10)를 가열하는 것이 가능하므로 전처리챔버(110)의 컴팩트화를 용이하게 하며, 전처리비용도 크게 절감시키는 효과를 제공할 수 있다.
- [0046] 또한, 상기 인덕션 히터(111)는 종래의 가열수단과 비교하여 직경이 크지 않은 금속튜브(10)에 맞게 소형으로 제작하는 것이 용이하며, 근접 거리에서 가열을 하므로 에너지 효율이 우수한 특징을 갖는다.
- [0047] 상기 인덕션 히터(111)는 도 4에 예시된 바와 같이, 원형터널의 형태를 형성하는 가열코일(112)과 가열코일에 전류를 공급하는 교류전원(도 5, 114)으로 구성될 수 있다. 그리고 선택적으로 가열코일(112)의 외곽에는 절연커버(113)가 구비될 수 있다.
- [0048] 도 4에 도시된 바와 같이, 상기 가열코일(112)로 형성된 원형터널에 금속튜브(10)를 넣고 교류전류를 공급하면 금속튜브의 표면에서 와전류에 의한 전기저항이 발생하고, 그에 의해 금속튜브의 표면에 열이 발생한다.
- [0049] 도 5는 인덕션 히터(111)의 제작과정을 촬영한 이미지이다. 도 5에 나타난 바와 같이, 인덕션 히터(111)는 가열코일(112)을 원형터널형태로 형성하여 교류전원(114)을 공급하는 방식으로 구성된다.
- [0050] 도 6은 상기 도 5에서 제작된 인덕션 히터(111)에 의해 가열된 금속튜브(10)의 상태를 촬영한 사진을 도시한 것이다. 상기 도 6으로부터 튜브 전체가 빨갛게 가열된 모습을 확인할 수 있다.
- [0051] 상기 도 5 및 6의 시험에서 확인된 바에 의하면, 가열을 시작한지 18초 후에 금속튜브(10)의 표면온도는 400℃에 도달하였고, 56초에 680℃에 도달하였다. 그러므로, 상기 인덕션 히터(111)에 의하면 대략 1분 이내에 금속튜브(10)의 고온 전처리를 마칠 수 있다.
- [0052] 상기 (b) 단계에서 금속튜브의 코팅공정은 도 7 내지 8에 도시된 바와 같이, 회전하면서 전진하는 금속튜브(10)를 코팅챔버(120)로 피딩시켜서 코팅챔버 내부에 설치된 법랑유약 공급노즐(121)부터 공급되는 법랑유약으로 금속튜브(10)의 표면을 도포하는 방식에 의하거나; 상기의 방식과 더불어 상기 법랑유약 공급노즐(121) 보다 뒷부분에 설치한 코팅브러쉬(122)를 회전하면서 전진하는 금속튜브 표면에 접촉시켜서 금속튜브(10)의 표면에 도포된 여분의 법랑유약을 제거하는 동시에 도막 내부에 형성된 기포를 제거함으로써 수행될 수 있다.
- [0053] 또한, 상기 법랑유약 공급노즐(121) 보다 뒷부분에 공기분사장치(123)를 설치하여 회전하면서 전진하는 금속튜브 표면에 0.05 m/s ~ 3 m/s, 더욱 바람직하게는 0.1 m/s ~ 1.5 m/s의 속도로 공기를 분사하여 금속튜브(10)의 표면에 도포된 여분의 법랑유약을 제거하는 동시에 도막 내부에 형성된 기포를 제거하는 방법으로 수행될 수 있다.
- [0054] 상기에서 공기의 분사속도는 0.05 m/s 미만인 경우 공기 분사의 효과를 기대하기 어려우며, 3 m/s를 초과하는 경우는 도포된 법랑유약을 필요 이상으로 제거하는 문제가 야기된다.
- [0055] 상기와 같이 법랑유약 공급노즐(121)에 의해 공기분사공정을 수행하는 경우, 금속튜브의 표면으로부터 여분의 법랑유약을 용이하게 제거할 수 있으며, 코팅막 속에 형성되는 기포를 효율적으로 제거할 수 있을 뿐만 아니라, 소성의 전단계에서 금속튜브의 표면에 도포된 법랑유약을 일차 건조시킴으로써 소성과정에서 법랑유약이 증력방

향으로 떨어지면서 굳어져 매끄럽지 않은 코팅표면이 형성되는 것을 방지할 수 있다.

- [0056] 또한, 범랑유약의 코팅 과정에서 금속튜브의 표면에 형성되는 기포를 효율적으로 제거함으로써 균일하고 견고한 코팅막을 형성하는 것이 가능해진다. 특히, 표면에 심한 요철이 형성된 금속튜브(예컨대, 금속 핀튜브)의 코팅 시 구석 구석에 형성되어 기존의 방법으로는 제거가 어려운 기포를 매우 용이하게 제거할 수 있다.
- [0057] 상기 공기분사노즐(123)에서 분사되는 공기는 30 ~ 200℃의 열풍인 경우에 더욱 바람직할 수 있다. 상기와 같이 열풍을 분사하는 경우 기포제거에 더 좋은 효과를 거둘 수 있으며, 금속튜브(10)가 소성챔버(13)로 진입하기 전에 코팅된 범랑유약을 건조하는 데에도 더 좋은 효과를 제공할 수 있다.
- [0058] 또한, 상기 공기분사노즐(123)은 범랑유약 공급노즐로(121)보다 뒷부분에 설치된 코팅브러쉬(122)의 뒷 부분에 설치될 수도 있다. 이 경우, 범랑유약이 금속튜브의 표면에 균일하게 도포되고, 기포제거가 더 완벽하게 이루어 질 수 있다.
- [0059] 상기에서 범랑유약 공급노즐(121)은 도 7에 도시된 바와 같이, 피딩되는 코팅튜브(10)의 상방향에 코팅튜브의 진행방향을 따라 필요한 수로 설치될 수 있다. 그러나, 이는 하나의 실시예일뿐이며, 범랑유약 공급노즐(121)은 다양한 장소에 다양한 종류가 자유롭게 설치될 수 있다. 상기와 같이 설치된 범랑유약 공급노즐(121)에서 범랑유약이 흘러나오거나 분사되어 나오면 회전하면서 전진하는 금속튜브(11)에 균일하게 범랑유약이 도포된다.
- [0060] 상기에서 코팅브러쉬(122)의 설치장소는 금속튜브(10)의 진행방향을 기준으로 범랑유약 공급노즐(121)보다 뒷부분이라면 제한을 받지 않으며, 금속튜브(10)에 도포된 여분의 범랑유약을 제거하는 동시에 도막 내부에 형성된 기포를 제거할 수 있다면 어떠한 형태의 브러쉬라도 적용이 가능하다. 금속튜브(10)가 튜브표면에 전열핀(12)이 형성되어 있는 핀튜브(10)라면 상기 브러쉬는 전열핀의 구석 구석에 범랑유약이 균일하게 코팅될 수 있도록, 브러쉬를 구성하는 단섬유가 적절한 강도와 굵기를 가져야 한다.
- [0061] 상기에서 공기분사노즐(123)의 설치장소는 금속튜브(10)의 진행방향을 기준으로 범랑유약 공급노즐(121)보다 뒷부분이라면 제한을 받지 않으며, 금속튜브(10)에 도포된 여분의 범랑유약을 제거하는 동시에 도막 내부에 형성된 기포를 제거할 수 있다면 어떠한 형태의 노즐이라도 적용이 가능하다.
- [0062] 특히, 상기 공기분사노즐(123)은 도 9에 도시된 바와 같이, 금속튜브(10)의 회전방향에 대하여 역방향으로 공기를 분사하는 것이 바람직하며, 분사되는 공기가 금속튜브(10)의 최하단에 도달될 수 있도록 설치되는 것이 바람직하다.
- [0063] 상기와 같이, 분사되는 공기가 회전하면서 전진하는 금속튜브(10)의 최하단에 도달될 수 있게 하는 경우, 금속튜브의 표면에 도포된 여분의 범랑유약이 분사되는 공기에 의해 튜브의 하단으로 쉽게 모일 수 있으며, 중력의 작용에 의해 쉽게 하부로 떨어져 쉽게 제거될 수 있는 이점이 있다. 또한, 금속튜브(10)의 회전방향에 대하여 역방향으로 공기를 분사하는 경우도 순방향으로 분사하는 것과 비교하여 상기와 같은 목적이 더 효율적으로 달성될 수 있어서 바람직하다.
- [0064] 본 발명의 범랑코팅 방법은 상기와 같은 코팅브러쉬(122) 및/ 또는 공기분사노즐(123)구성을 갖기 때문에 특히, 튜브표면에 전열핀(12)이 형성되어 있는 열교환기용 핀튜브(10, 도10 참조) 등과 같이, 표면 형상이 복잡한 금속튜브를 코팅할 때도 우수한 효과를 제공한다.
- [0065] 상기 (c) 단계에서 금속튜브의 고온 소성공정은 750~1000℃, 더욱 바람직하게는 750~870℃에서 수행된다. 따라서, 상기 소성챔버(130)에는 가열수단이 구비된다. 상기 가열수단으로는 이 분야에서 통상적으로 사용되는 것이 제한 없이 사용될 수 있으며, 예컨대, 전기로, 플라즈마열처리로, 중유로, 경유로, 가스로, 수소열처리로, 유도 가열로 등이 사용될 수 있다.
- [0066] 본 발명에서는 특히, 가열수단으로서 유도가열로가 바람직하게 사용될 수 있다. 상기 유도가열로로는 도 3에 도시된 바와 같은 인덕션 히터(131)가 바람직하게 사용될 수 있다. 상기 인덕션 히터(131)는 종래의 가열수단과 비교하여 직경이 크지 않은 금속튜브(10)에 맞게 소형으로 제작하는 것이 용이하며, 근접 거리에서 가열을 하므로 에너지 효율이 우수한 특징을 갖는다.

- [0067] 특히, 유도가열방식에 의해 금속튜브(10)를 가열하므로, 도체인 금속튜브의 표면에서만 열이 발생하므로 금속튜브가 먼저 가열되고 그 열에 의하여 금속튜브의 표면에 도포된 법랑유약이 가열되므로 법랑유약이 더 균일하고 견고하게 금속튜브의 표면에 결합되는 특징을 갖는다. 또한, 코팅결합도 최소화된다.
- [0068] 반면, 종래의 가열수단에 의하는 경우, 열이 금속튜브의 외관에 도포된 법랑유약을 통하여 금속튜브에 전달되므로, 금속튜브가 가열되기 전에 법랑유약이 먼저 가열되어 중력방향으로 흘러내리는 경우가 발생하여 코팅결합이 발생하기 쉽고, 코팅의 견고성도 인덕션 히팅 방식보다 저하된다.
- [0069] 본 발명의 법랑코팅 방법에서 금속튜브(10)는 회전하면서 인피딩되므로, 인덕션 히터(131)의 형상은 문제가 되지 않는다. 즉, 인덕션 히터(131)가 어떠한 형상을 갖더라도 금속튜브(10)는 끌고루 가열될 수 있으므로, 이 분야에 공지되어 있는 형태는 모두 사용될 수 있다.
- [0070] 상기 인덕션 히터(131)로는 도 3 내지 도 5에 도시된 바와 같이, 금속튜브(10)의 외부 직경보다 5 mm ~ 150 mm 더 큰 곡률반경을 갖는 원통형 또는 원호형(미도시)의 인덕션 히터(131)가 바람직하게 사용될 수 있다. 상기 인덕션 히터는 이동하는 금속튜브(10)의 외부면과 원통형의 내부 곡면이 일정한 거리를 유지하도록 금속튜브(10)의 이동 방향으로 구비될 수 있다.
- [0071] 상기 인덕션 히터(131)는 원형터널의 형태를 형성하는 가열코일(132)과 가열코일에 전류를 공급하는 교류전원(도 5, 134)으로 구성될 수 있다. 그리고 선택적으로 가열코일(132)의 외곽에는 절연커버(133)가 구비될 수 있다.
- [0072] 도 4에 도시된 바와 같이, 상기 가열코일(132)로 형성된 원형터널에 금속튜브(10)를 넣고 교류전류를 공급하면 금속튜브의 표면에서 와전류에 의한 전기저항이 발생하고, 그에 의해 금속튜브의 표면에 열이 발생한다.
- [0073] 도 5는 인덕션 히터(131)의 제작과정을 촬영한 이미지이다. 도 5에 나타난 바와 같이, 인덕션 히터(131)는 가열코일(132)을 원형터널형태로 형성하여 교류전원(134)을 공급하는 방식으로 구성된다.
- [0074] 도 6은 상기 도 5에서 제작된 인덕션 히터(131)에 의해 가열된 금속튜브(10)의 상태를 촬영한 사진을 도시한 것이다. 상기 도 6으로부터 튜브 전체가 빨갛게 가열된 모습을 확인할 수 있다.
- [0075] 상기 도 5 및 6의 시험에서 확인된 바에 의하면, 가열을 시작하지 1분 11초 후에 금속튜브(10)의 표면온도는 800℃에 도달하였다. 그러므로, 상기 인덕션 히터(131)에 의하면 대략 2분 이내에 금속튜브(10)의 소성을 마칠 수 있음을 확인할 수 있다.
- [0076] 본 발명의 법랑코팅 방법에서 인덕션 히터(131)로는 고주파 전류를 사용하는 고주파 인덕션 히터가 바람직하게 사용될 수 있다.
- [0077] 상기 (c) 단계에서 금속튜브의 소성공정은 750~1000℃의 고온에서 수행된다. 따라서 금속튜브(10)들끼리 연결되어 금속튜브의 선단과 후단이 서로 지지되지 않으면 소성챔버(130)를 통과하는 동안에 지지되지 않은 부분에 휨이나 뒤틀림 등이 발생할 수 있다. 그러므로, 본 발명의 코팅방법에서는 금속튜브(10)들의 후단부가 전처리챔버(110)에 피딩되기 전에 금속튜브의 후단부를 다른 금속튜브(10)와 연결시켜서 전처리공정, 코팅공정, 소성공정을 수행하여 상기와 같은 문제의 발생을 최소화한다.
- [0078] 상기에서 금속튜브(10)들끼리의 연결은 공지되어 있는 다양한 연결부재를 사용하여 자동 또는 수동으로 수행될 수 있다. 본 발명의 법랑코팅 방법에서는 금속튜브에 대한 회전력 및 전진 동력이 상기와 같은 연결부재를 통해 전달되므로 금속튜브들끼리 강한 결합을 형성할 수 있는 연결부재를 사용하는 것이 바람직하다.
- [0079] 또한, 본 발명의 법랑코팅 방법은 도 12에 도시된 바와 같이, 소성공정에서 금속튜브(10)의 휨을 더 완벽하게 방지하기 위하여, 소성챔버(130)를 통과하는 고온의 금속튜브(10)가 지지되어 변형이 방지될 수 있도록 금속튜브(10)를 지지하고 회전 및 전진시키는 소성챔버용 컨베이어(600)를 더 구비한 상태로 수행될 수 있다.
- [0080] 상기 소성챔버용 컨베이어(600)는 도 12에 도시된 바와 같이, 컨베이어의 중방향과 직각을 이루는 횡방향선에 대하여 시계 방향 또는 반시계 방향으로 5° ~ 35°, 더욱 바람직하게는 10° ~ 30°의 각도를 형성하는 축상에 설치된 2개 이상의 장구형롤러(270)를 포함하여 구성될 수 있다.
- [0081] 상기 장구형롤러(270)는 도 13 및 14에 도시된 바와 같이, 장구 유사의 형태를 가지며, 이러한 장구형롤러(270)가 컨베이어의 중방향과 직각을 이루는 횡방향선에 대하여 시계 방향 또는 반시계 방향으로 5° ~ 30°의 각

도를 형성하는 축 상에 설치되고, 직·간접적으로 공급되는 동력에 의해 회전하는 경우, 상기 롤러 위에 올려진 금속튜브(10)를 회전시키는 동시에 전진시키는 기능을 수행한다. 상기에서 장구형롤러(270) 축의 틀어진 각도는 금속튜브(30)의 회전속도를 결정하는 역할을 한다. 본 발명의 범랑코팅 방법에서 금속튜브의 회전속도는 예컨대 분당 2 ~ 10회, 바람직하게는 5~9회가 바람직하며, 이러한 회전수를 고려하여 상기 장구형롤러(270) 축의 틀어진 각도를 조절할 수 있다.

[0082] 상기 소성챔버용 컨베이어(600)에서 장구형롤러(270)를 제외한 컨베이어의 구성은 이 분야에서 통상적으로 사용되는 구성이 채용될 수 있다. 상기 장구형롤러(270)에 대한 동력의 전달은 이 분야에서 통상적으로 사용되는 방법에 의해 이루어질 수 있다.

[0083] 상기 장구형롤러(270)는 고온(750~1000℃)에서 견딜 수 있는 소재라면 어떠한 소재로 제조된 것도 사용이 가능하며, 금속 소재로 사용된 것이 바람직하게 사용될 수 있다.

[0084] 상기 금속튜브의 소성공정은 고온에서 이루어지므로, 소성챔버(130)에 구비되는 소성챔버용 컨베이어(600)도 내열성이 우수하여야 한다. 특히, 장구형롤러(270)의 경우, 고온으로 가열된 금속튜브와 직접 접촉하게 되므로 내열성을 갖추어야 한다. 그러나, 750~1000℃에서 견딜 수 있는 내열성을 갖춘 소재는 흔하지 않으며 고가이므로, 본 발명의 범랑코팅 방법에서는 장구형롤러(270)를 냉각용매로 냉각시키는 방법을 창안하였다.

[0085] 즉, 본 발명의 범랑코팅 방법에서 소성챔버용 컨베이어(600)에 포함되는 장구형롤러는 도 14에 예시된 것처럼, 회전축을 관통하는 냉각용액 순환통로(271)를 구비한다. 상기와 같은 냉각용액 순환통로(271)를 통하여 냉각수와 같은 냉각용액을 순환시키는 경우, 금속튜브(10)의 소성온도(750~1000℃)에서도 장구형롤러(270)가 기능을 발휘하는데 문제가 발생되지 않는다.

[0086] 본 발명의 범랑코팅 방법에 있어서, 금속튜브(10)의 지속적인 회전 및 전진은, 도 1 및 도 2에 상세히 도시된 것처럼, 인피드(in-feed) 컨베이어(200) 및/또는 아웃피드(out-feed) 컨베이어(300)에 설치된 모터(220)와 모터로부터 동력을 받아 금속튜브를 회전시키면서 전진시킬 수 있도록 엇각을 형성하고 있는 여러 쌍의 회전롤러(230)에 의하여 이루어질 수 있다.

[0087] 또한, 도 11 및 도 12에 도시된 것처럼, 인피드(in-feed) 컨베이어(200) 및/또는 아웃피드(out-feed) 컨베이어(300)에 설치된 모터(미도시)와 모터로부터 동력을 받아 금속튜브를 회전시키면서 전진시킬 수 있는 장구형롤러(270)에 의하여 이루어질 수 있다.

[0088] 상기 장구형롤러(270)는 도 11 및 도 12에 도시된 바와 같이, 컨베이어의 종방향과 직각을 이루는 횡방향선에 대하여 시계 방향 또는 반시계 방향으로 5° ~ 35°, 더욱 바람직하게는 10° ~ 30°의 각도를 형성하는 축 상에 설치된다. 상기 장구형롤러(270)는 도 13 및 도 14에 도시된 바와 같이, 장구 유사한 형태를 가지며, 이러한 장구형롤러(270)가 컨베이어의 종방향과 직각을 이루는 횡방향선에 대하여 시계 방향 또는 반시계 방향으로 5° ~ 30°의 각도를 형성하는 축 상에 설치되고, 직·간접적으로 공급되는 동력에 의해 회전하는 경우, 상기 롤러 위에 올려진 금속튜브(10)를 회전시키는 동시에 전진시키는 기능을 수행한다. 상기에서 장구형롤러(270) 축의 틀어진 각도는 금속튜브(30)의 회전속도를 결정하는 역할을 한다.

[0089] 상기와 같은 장구형롤러(270)를 컨베이어에 사용하는 경우, 롤러가 단순화되므로 전체적인 장치의 단순화를 이룰 수 있다.

[0090] 본 발명의 범랑코팅 방법에서 금속튜브의 회전속도는 예컨대 분당 2 ~ 10회, 바람직하게는 5~9회가 바람직하며, 상기 금속튜브 회전속도의 조절은 상기 회전롤러(도 2 (b), 230)의 엇각을 조절하거나, 상기 장구형롤러(도11, 270) 축의 틀어진 각도를 조절하는 것에 의해 이루어질 수 있다.

[0091] 본 발명의 범랑코팅 방법에서 도 1 및 도 2에 도시된 바와 같이 인피드(in-feed) 컨베이어(200)와 아웃피드(out-feed) 컨베이어(300)를 사용하고, 금속튜브(10)가 전처리챔버(110)에 피딩되기 전에 후단부를 다른 금속튜브(10)와 연결시켜서 전처리공정, 코팅공정, 소성공정을 수행하는 경우는 별도의 전처리챔버 컨베이어(400), 코팅챔버 컨베이어(500) 및 소성챔버 컨베이어(600)는 필요하지 않을 수 있다. 즉, 본 발명에서와 같이 상기 전처리챔버(110), 코팅챔버(120) 및 소성챔버(130)를 포함하는 코팅부(100)가 컴팩트하여 그의 길이가 코팅할 금속

튜브의 길이와 비교하여 매우 짧은 경우에는 전처리챔버(110), 코팅챔버(120) 및 소성챔버(130)에 별도의 컨베이어를 사용하지 않더라도 그들의 전, 후에 구비된 인피드(in-feed) 컨베이어(200) 및 아웃피드(out-feed) 컨베이어(300)에 의해 금속튜브(10)의 지속적인 회전 및 전진이 수행될 수 있다.

[0092] 한편, 전처리챔버(110)에 피딩되기 전에 금속튜브(10)의 후단부를 다른 금속튜브(10)와 연결시켜서 전처리공정, 코팅공정, 소성공정을 수행하지 않고, 각각의 금속튜브(10)를 개별적으로 코팅하는 경우는 전처리공정, 코팅공정, 소성공정에서 개별적인 금속튜브(10)들이 회전 및 전진력을 갖게 하기 위하여 전처리챔버 컨베이어(400), 코팅챔버 컨베이어(500) 및 소성챔버용 컨베이어(600) 중 하나 이상이 필요할 수도 있다.

[0093] 금속튜브의 범랑코팅을 위하여, 종래에는 금속튜브를 수용할 수 있는 소성챔버가 필요했으나, 본 발명의 범랑코팅 장치에 의하면 길이가 긴 금속튜브라도 컴팩트화된 소성챔버를 포함하는 코팅부에서 범랑코팅을 용이하게 수행할 수 있다. 따라서, 본 발명의 범랑코팅 방법은 금속튜브의 길이가 5m 이상인 경우에 종래의 기술에 비하여 더욱 경제적인 이점을 갖는다. 예컨대, 발전기에서 사용되는 열교환기용 핀튜브는 길이가 18m인데, 이 경우 종래의 방법으로 코팅을 하려면 18m 이상의 공간을 갖는 소성챔버가 필요하여 에너지 효율 및 공간 사용 면에서 비경제적이었으나, 본 발명에 의하면 컴팩트화된(전장이 대략 4m이하) 소성챔버에서 소성공정을 용이하게 경제적으로 수행할 수 있다.

[0094] 본 발명은 또한, 도1 내지 도14에 도시된 바와 같은 금속튜브의 범랑코팅 장치에 관한 것이다.

[0095] 본 발명의 범랑코팅 장치는,

[0096] 인피드(in-feed) 컨베이어(200)로부터 회전하면서 피딩되는 금속튜브(10)의 표면을 전처리하는 전처리챔버(110); 상기 전처리가 완료된 금속튜브가 피딩되면 내부에 설치된 범랑유약 공급노즐(121)로부터 공급되는 범랑유약으로 금속튜브 표면을 코팅하는 코팅챔버(120); 및 상기 코팅이 완료된 금속튜브가 피딩되면 750~1000℃의 온도로 소성을 수행하는 소성챔버(130)를 포함하는 코팅부(100)를 포함하며,

[0097] 상기 전처리챔버에는 금속튜브를 300 ~ 600℃의 온도로 가열할 수 있는 가열수단이 구비되는 것을 특징으로 하는 금속튜브의 범랑코팅 장치에 관한 것이다.

[0098] 상기 금속튜브의 범랑코팅 장치에는 상기 범랑코팅 방법에서 상술한 모든 기술적인 특징이 적용될 수 있으며, 이 부분에서는 중복되는 내용의 기재를 생략한다.

[0099] 본 발명의 범랑코팅 장치에서 상기 가열수단(111)으로는 전기로, 플라즈마열처리로, 증유로, 경유로, 가스로, 수소열처리로 또는 유도가열로 등이 사용될 수 있으며, 특히, 단시간의 고온 가열을 위하여 인덕션 히터가 사용되는 것이 바람직하며, 고주파 인덕션 히터인 경우에 더욱 바람직하다.

[0100] 상기 코팅부(100)는 금속튜브가 피딩되는 방향의 전장이 5m 이하가 되도록 설치하는 것이 바람직하다.

[0101] 상기 범랑코팅 장치에 있어서, 코팅부(100)의 전처리챔버(110)는 금속튜브(10)가 피딩되는 방향의 전장이 3m이하 바람직하게는 1m 이하가 되도록 설치하고, 코팅챔버(120)는 전장이 2m이하 바람직하게는 1m 이하가 되도록 설치하고, 소성챔버(130)는 전장이 7m이하 바람직하게는 5m 이하가 되도록 설치하는 것이 코팅부(100)를 컴팩트화 하기 위하여 바람직하다.

[0102] 상기 금속튜브의 범랑코팅 장치는 금속튜브(10)를 회전시키면서 전진시켜서 전처리챔버(110)로 피딩시키는 인피드(in-feed) 컨베이어(200) 및 상기 소성챔버로부터 코팅이 완료된 금속튜브를 아웃피드시키는 아웃피드(out-feed) 컨베이어(300)를 더 포함하여 구성될 수 있다.

[0103] 이 때, 상기 인피드(in-feed) 컨베이어(200)는, 도2의 (a)에 도시된 것처럼, 금속튜브 적재부(240), 금속튜브 로딩부(250), 및 금속튜브를 적재부에서 로딩부로 이송시키는 금속튜브 이송부(260)를 포함하며, 상기 금속튜브 이송부(260)는 금속튜브(10)를 시차를 두고 적재부(240)로부터 로딩부(250)로 이송하여 금속튜브(10)가 코팅부(100)로 연속적으로 공급되게 하는 구성을 가질 수 있다.

[0104] 또한, 상기와 같은 구성은 아웃피드(out-feed) 컨베이어(300)에도 응용될 수 있다. 아웃피드(out-feed) 컨베이어(300)에서는 코팅이 완료된 금속튜브(11)가 금속튜브 로딩부(250)로부터 금속튜브 적재부(250)로 이송된다.

부호의 설명

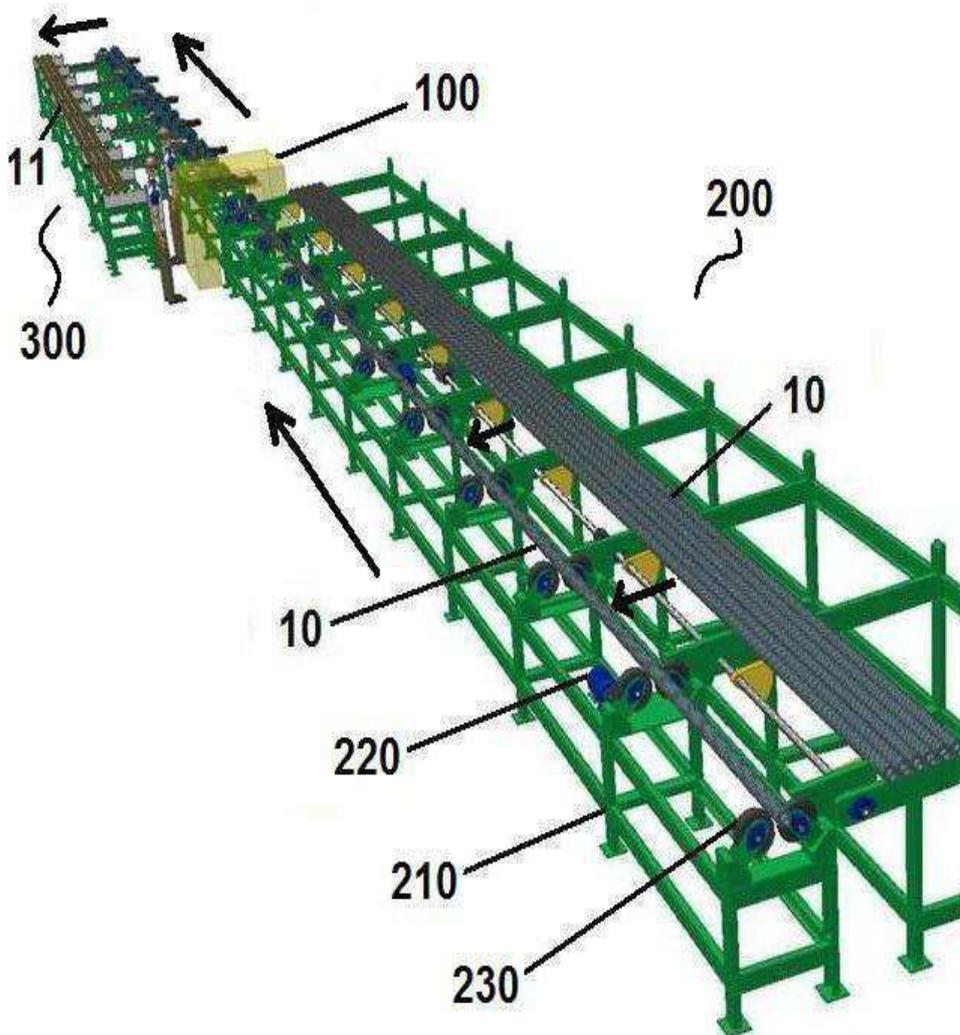
[0105]

- | | |
|---------------------------|------------------------|
| 10: 금속튜브 | 11: 법랑코팅된 금속튜브 |
| 12: 전열핀 | 100: 코팅부 |
| 110: 전처리챔버 | 111: 가열수단 |
| 112(132): 가열코일 | 113(133): 절연커버 |
| 114(134): 교류전원 | 120: 코팅챔버 |
| 121: 법랑유약 공급노즐 | 122: 코팅브러쉬 |
| 123: 공기분사노즐 | 130: 소성챔버 |
| 131: 인덕션 히터 | 200: 인피드(in-feed) 컨베이어 |
| 210: 인피드(in-feed) 컨베이어 다이 | 220: 모터 |
| 230: 회전롤러 | 240: 금속튜브 적재부 |
| 250: 금속튜브 로딩부 | 260: 금속튜브 이송부 |
| 270: 장구형롤러 | 271: 냉각용액 순환통로 |
| 300: 아웃피드(out-feed) 컨베이어 | 400: 전처리챔버 컨베이어 |
| 500: 코팅챔버 컨베이어 | 600: 소성챔버용 컨베이어 |

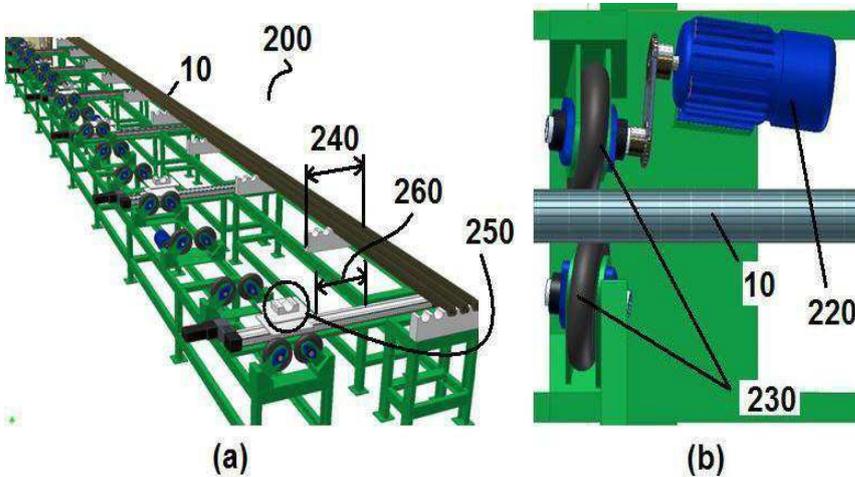
이상의 설명은 본 발명의 기술사상을 예시적으로 설명한 것에 불과한 것으로서, 본 발명이 속하는 기술분야에서 통상지식을 가진 자라면 본 발명의 본질적 특성에서 벗어나지 않는 범위에서 변형실시가 가능할 것이다. 따라서, 본 발명의 기술사상은 상기한 실시예에 한정되지 아니한다.

도면

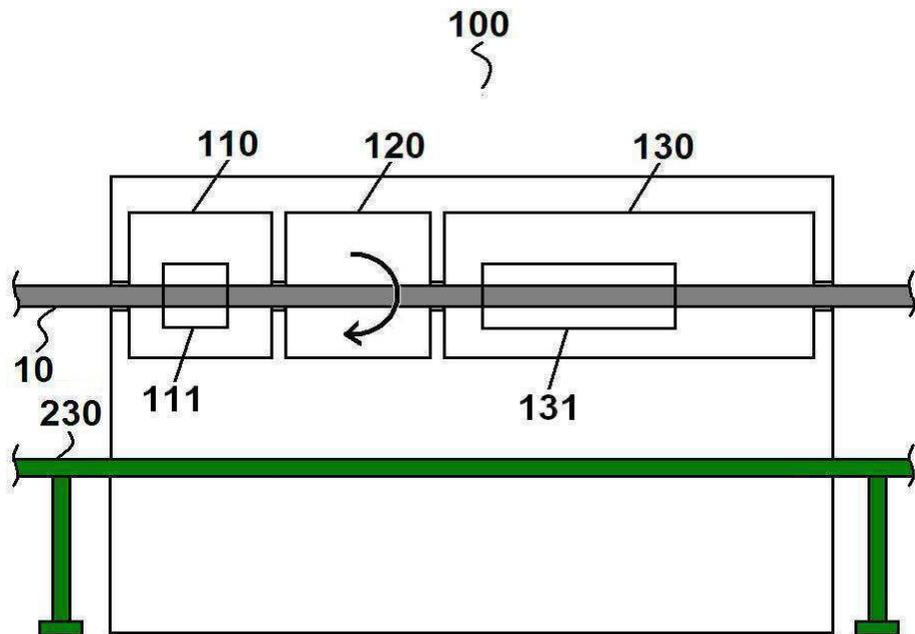
도면1



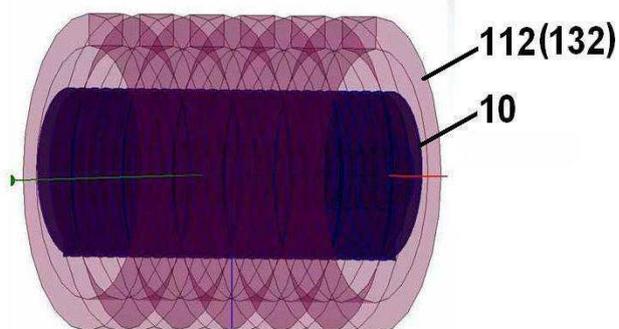
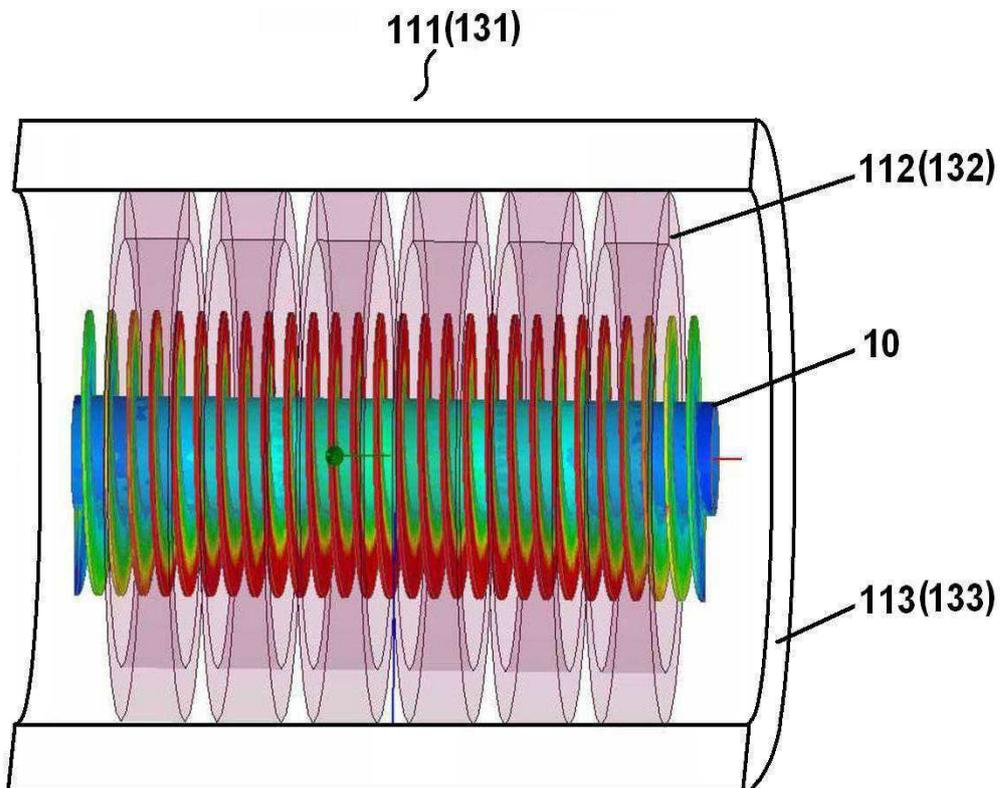
도면2



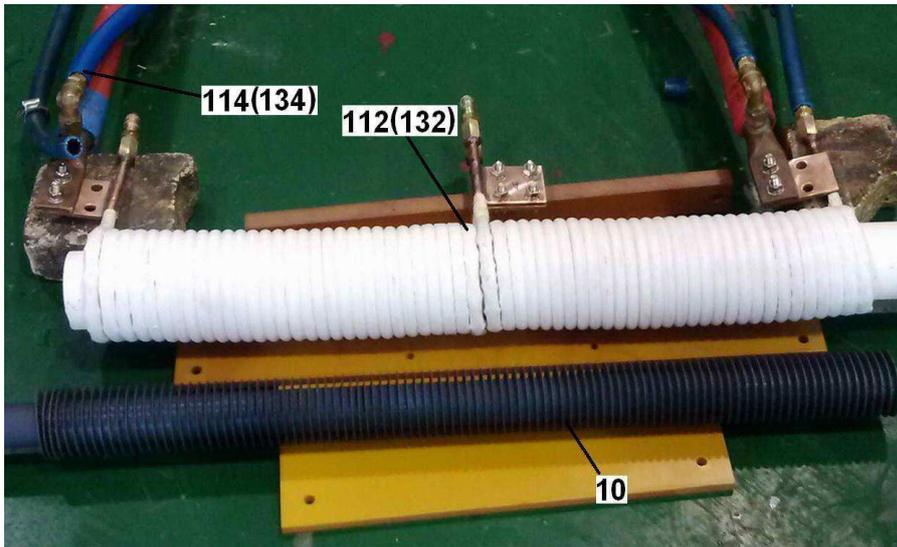
도면3



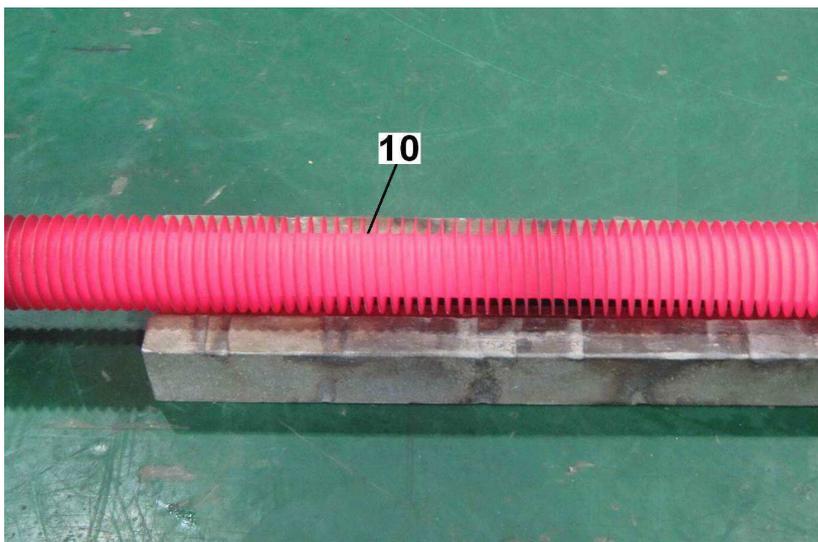
도면4



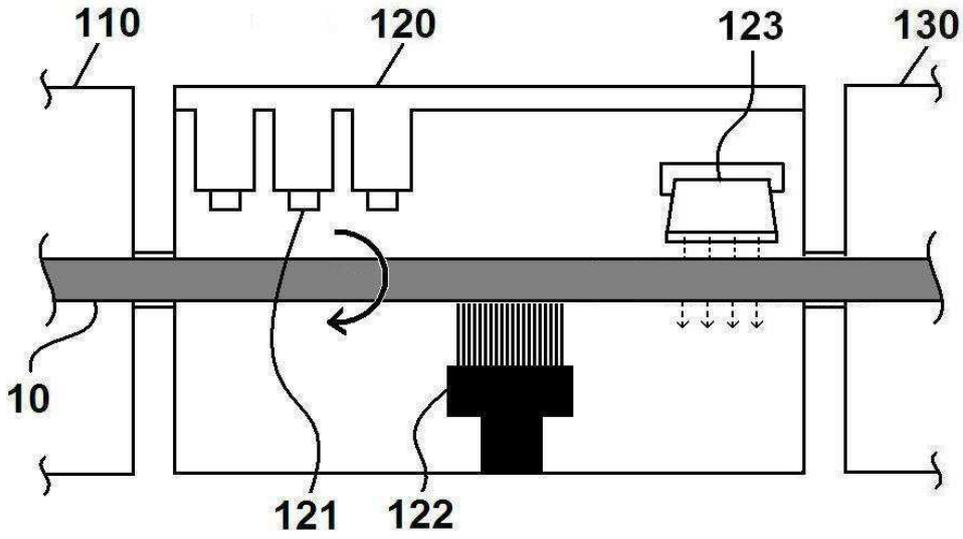
도면5



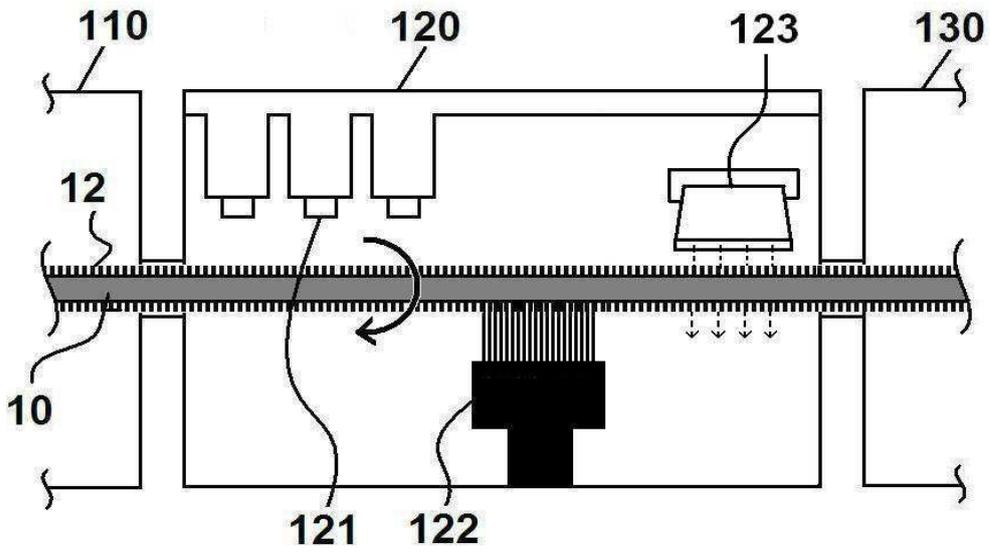
도면6



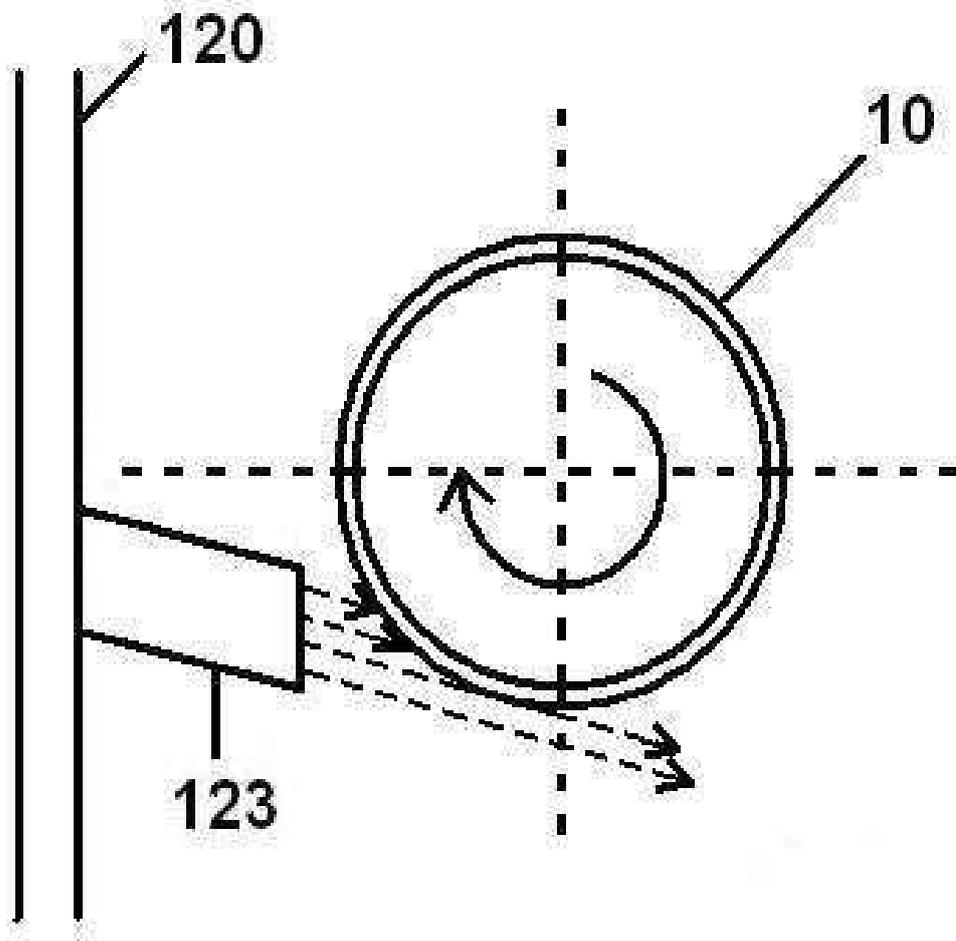
도면7



도면8



도면9



도면10



(a)

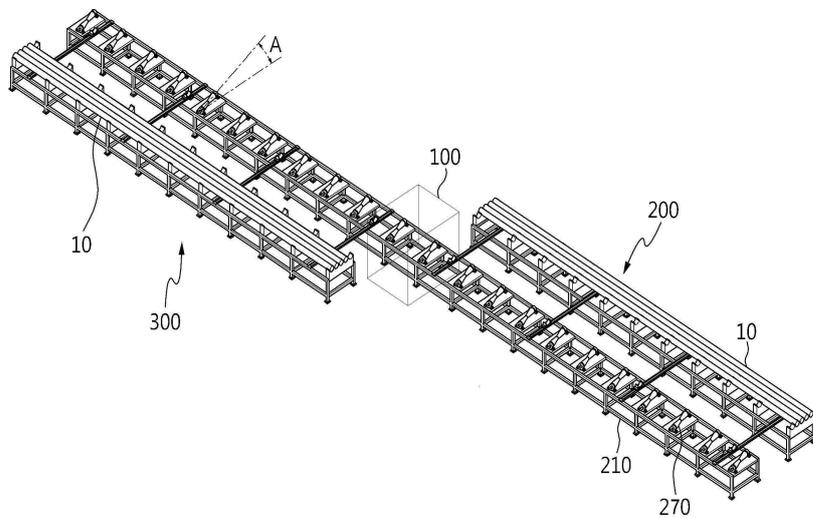


(b)

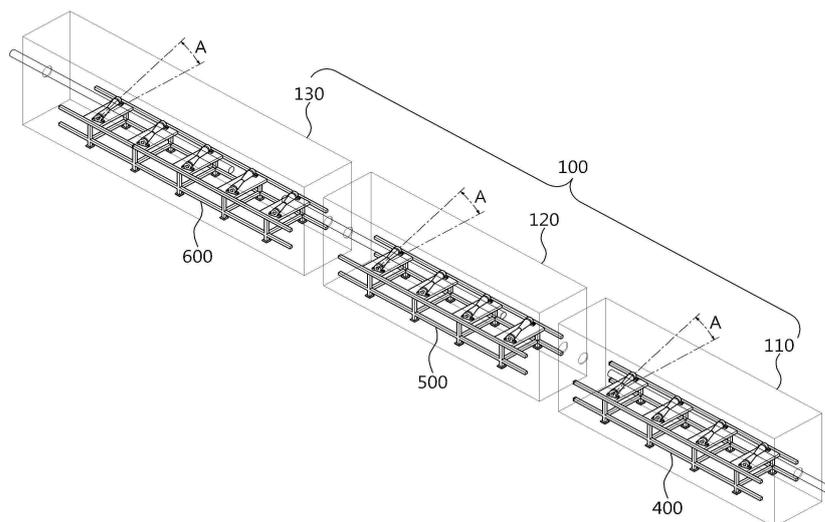


(c)

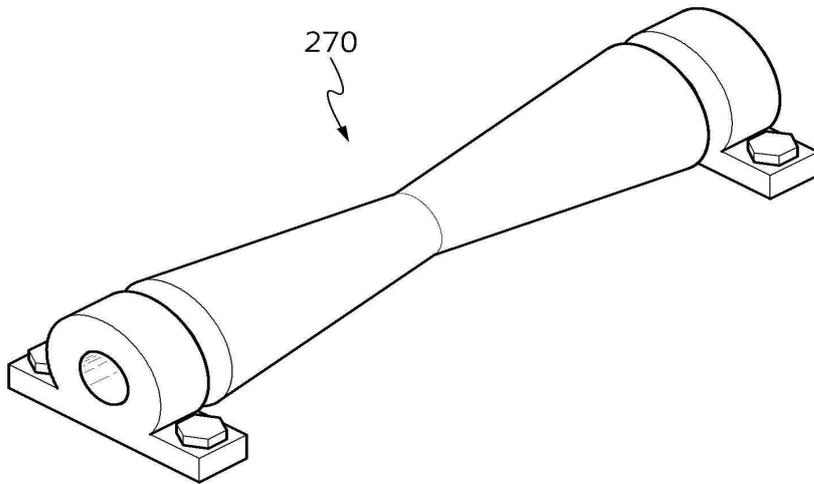
도면11



도면12



도면13



도면14

