



(19) 대한민국특허청(KR)  
(12) 공개특허공보(A)

(11) 공개번호 10-2025-0073169  
(43) 공개일자 2025년05월27일

- (51) 국제특허분류(Int. Cl.)  
C03B 5/03 (2006.01) C03B 3/00 (2006.01)  
C03B 5/04 (2006.01) C03B 5/182 (2006.01)  
C03B 5/20 (2006.01) C03B 5/235 (2006.01)  
C03B 5/24 (2006.01)
- (52) CPC특허분류  
C03B 5/03 (2013.01)  
C03B 3/00 (2013.01)
- (21) 출원번호 10-2025-7012195
- (22) 출원일자(국제) 2025년09월21일  
심사청구일자 없음
- (85) 번역문제출일자 2025년04월14일
- (86) 국제출원번호 PCT/EP2023/076060
- (87) 국제공개번호 WO 2024/062028  
국제공개일자 2024년03월28일
- (30) 우선권주장  
22306392.6 2022년09월22일  
유럽특허청(EPO)(EP)

- (71) 출원인  
쌍-고벵 글래스 프랑스  
프랑스, 92400 꾸르브브와, 뿔라쓰 드 리리스 12,  
뚜르 쌍-고벵
- (72) 발명자  
사계, 오헬리엥  
뚜르 쌍-고벵, 뿔라쓰 드 리리스 12, 92400 꾸르  
브브와, 프랑스  
폼브, 정-마리  
뚜르 쌍-고벵, 뿔라쓰 드 리리스 12, 92400 꾸르  
브브와, 프랑스  
(뒷면에 계속)
- (74) 대리인  
전경석

전체 청구항 수 : 총 28 항

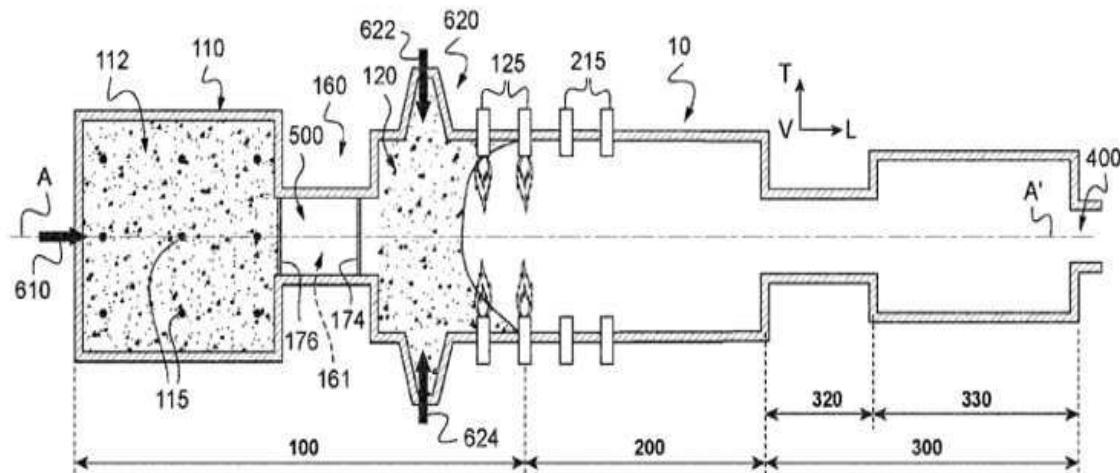
(54) 발명의 명칭 에너지 유연성을 갖춘 혼성(hybrid) 유리 생산로 및 유리 생산방법

(57) 요약

본 발명은 유리를 생산하기 위한, 특히 플로트 유닛을 공급하기 위한 혼성로(10)에 관한 것으로, 혼성로(10)는 종축(A-A')을 따라 다음을 갖는다:

- 제1 충전장치(610)에 의해 유리화 가능한 혼합물이 공급되기에 적합한, 전극(115)을 포함하는 적어도 하나의 (뒷면에 계속)

대표도 - 도6



전기용융구역(110);

- 적어도 하나의 제1 충전장치(610)와 분리된 제2 충전장치(620)에 의해 유리화 가능한 혼합물이 공급되기에 적합한, 적어도 오버헤드 버너(125)를 포함하는 화염용융구역(120),

여기서 적어도 하나의 전기용융구역(110)과 화염용융구역(120)은 직렬로 배열되어 있으며 서로 독립적으로 작동할 수 있도록 구성되어 있어서, 용융 구역(110, 120) 중 어느 하나 또는 둘 다를 선택적으로 사용할 수 있도록 하여 로(10)에 에너지 유연성을 부여한다.

(52) CPC특허분류

*C03B 5/04* (2013.01)

*C03B 5/182* (2013.01)

*C03B 5/20* (2013.01)

*C03B 5/235* (2013.01)

*C03B 5/24* (2013.01)

(72) 발명자

**르 베르그, 아르노**

쟁-고벵, 뿔라쓰 드 리리스 12, 92400 꾸르브르와,  
프랑스

**리뚜, 이브**

쟁-고벵, 뿔라쓰 드 리리스 12, 92400 꾸르브르와,  
프랑스

**뿌씨노, 니콜**

쟁-고벵, 뿔라쓰 드 리리스 12, 92400 꾸르브르와,  
프랑스

## 명세서

### 청구범위

#### 청구항 1

유리 생산을 위한, 특히 용융 금속조에 유리를 부유시키기 위한 유닛을 공급하기 위한 혼성로(hybrid furnace)(10)로, 상기 혼성로(10)는 종축(A-A')을 따라 다음의 구성을 포함하는 혼성로:

- 적어도 하나의 제1 충전장치(610)에 의해 유리화 가능한 혼합물이 공급되기에 적합하고 상기 유리화 가능한 혼합물을 용융시키기 위한 전극(115)을 포함하는 적어도 하나의 전기용융구역(110);

- 적어도 하나의 상기 전기용융구역(110)과 분리되어, 적어도 하나의 제2 충전장치(620)에 의해 유리화 가능한 혼합물이 공급되기에 적합하고, 상기 유리화 가능한 혼합물을 용융하기 위한 적어도 오버헤드 버너(125)를 포함하며, 상기 오버헤드 버너(125)는 용융 유리의 표면(S) 위에 배열되는 화염용융구역(120),

여기서 적어도 하나의 상기 전기용융구역(110)과 상기 화염용융구역(120)은 직렬로 배열되어 상류 용융 구역 중 하나(110)에 의해 생성된 용융 유리가 하류 용융 구역 중 다른 하나(120)로 흐를 수 있으며, 상기 적어도 하나의 전기용융구역(110)과 상기 화염용융구역(120)은 서로 독립적으로 작동하도록 구성되어 상기 용융 구역(110, 120) 중 하나 및/또는 다른 하나를 선택적으로 사용할 수 있게 하여 로에 에너지 유연성을 제공하며;

- 상기 적어도 하나의 전기용융구역(110) 및/또는 상기 화염용융구역(120)에 의해 공급되는 용융 유리를 위한 정제구역(200), 상기 정제구역(200)은 제1 대류 루프(210)와 제2 대류 루프(220)를 포함하도록 구성되며; 및

- 제2 대류 루프(220)에 의해 통과되고 적어도 하나의 유리 플로우 채널(400)에 연결된 컨디셔닝 탱크(310)를 포함하는 유리 냉각구역(300)을 포함하는 혼성로.

#### 청구항 2

제1항에 있어서, 적어도 하나의 상기 전기용융구역(110)이 로의 공칭 인장속도보다 작거나 같은 최대 인장속도, 즉 공칭 인장속도의 0%에서 100% 사이, 바람직하게는 전기용융만으로 상기 공칭 인장속도를 얻을 수 있도록 최대 100%까지 얻을 수 있는 것을 특징으로 하는 혼성로.

#### 청구항 3

제1항 또는 제2항에 있어서, 전극(115)이 상기 표면에 배열되어 유리화 가능한 혼합물에 잠기도록 하며, 잠긴 상기 전극(115)은 바람직하게는 수직으로 연장되는 것을 특징으로 하는 혼성로.

#### 청구항 4

제1항 내지 제3항 중 어느 한 항에 있어서, 상기 화염용융구역(120)이 정제구역(200)의 제1 대류 루프(210)에 의해 통과되는 것을 특징으로 하는 혼성로.

#### 청구항 5

제1항 내지 제4항 중 어느 한 항에 있어서, 상기 화염용융구역(120)은 로의 공칭 인장속도보다 작거나 같은 최대 인장속도, 즉 공칭 인장속도의 0 내지 100% 사이, 바람직하게는 화염용융만으로 상기 공칭 인장속도를 얻을 수 있도록 100%까지 또는 심지어 화염용융과 전기용융을 함께 사용하여 상기 공칭 인장속도를 얻을 수 있도록 0 내지 50%의 최대 인장속도를 제공할 수 있는 것을 특징으로 하는 혼성로.

**청구항 6**

제5항에 있어서, 화염용융구역(120)은 상기 화염용융구역(120)에 의해 생성될 수 있는 최대 인장속도를 더 결정하는 길이(L)에 걸쳐 로의 종축(A-A')을 따라 연장되는 것을 특징으로 하는 혼성로.

**청구항 7**

제항 내지 제6항 중 어느 한 항에 있어서, 적어도 하나의 상기 전기용융구역(110)이 탱크 넥(160, 160A, 160B)에 의해 상기 화염용융구역(120)에 연결되어 있는 것을 특징으로 하는 혼성로.

**청구항 8**

제7항에 있어서, 혼성로(10)는 탱크 넥(160, 160A, 160B)에 배열되어, 용융 유리가 상기 화염용융구역(120)에서 적어도 하나의 상기 전기용융구역(110)으로 역류하는 것을 방지할 수 있는 소위 비역류 분리장치(170)를 포함하는 것을 특징으로 하는 혼성로.

**청구항 9**

제8항에 있어서, 상기 분리장치(170)가 용융 유리에 부분적으로 잠기도록 의도된 댐(172)을 포함하는 것을 특징으로 하는 혼성로.

**청구항 10**

제8항 또는 제9항에 있어서, 상기 분리장치(170)가 탱크 넥(160, 160A, 160B) 바닥(165)의 적어도 하나의 높임턱(161)을 포함하는 것을 특징으로 하는 혼성로.

**청구항 11**

제7항 내지 제10항 중 어느 한 항에 있어서, 혼성로(10)가 적어도 하나의 대기 분리수단(174)을 포함하며, 상기 분리수단은 탱크 넥(160)에 배열되어, 콜드 탑(cold top)을 갖는 적어도 하나의 상기 전기용융구역(110)의 대기와 핫탑(hot top)을 갖는 화염용융구역(120)의 대기를 분리하는 것을 특징으로 하는 혼성로.

**청구항 12**

제7항 내지 제11항 중 어느 한 항에 있어서, 혼성로(10)는 유리화 가능한 혼합물을 적어도 하나의 상기 전기용융구역(110)에 유지할 수 있는 고정수단(176)을 포함하여 유리 표면에 있는 상기 유리화 가능한 혼합물이 탱크 넥(160, 160A, 160B)으로 침투하지 않도록 하는 것을 특징으로 하는 혼성로.

**청구항 13**

제7항 내지 제12항 중 어느 한 항에 있어서, 혼성로(10)가 탱크 넥(160)에서 유리를 냉각할 수 있는 유리 냉각수단(500), 특히 적어도 하나의 공기 순환 냉각장치(510)를 포함하는 것을 특징으로 하는 혼성로.

**청구항 14**

제1항 내지 13항 중 제7항과 결합하여 취해진 어느 한 항에 있어서, 혼성로(10)가 전기용융구역(110)을 포함하며, 상기 전기용융구역(110)은 탱크 넥(160)에 의해 화염용융구역(120) 하류에 연결되는 것을 특징으로 하는 혼

성로.

**청구항 15**

제14항에 있어서, 상기 전기용융구역(110)에 유리화 가능한 혼합물을 공급하기 위한 제1 충전장치(610)가 유리화 가능한 혼합물을 용융 유리의 표면(S) 위에 균일한 층(112)으로 펼치도록 구성되는 것을 특징으로 하는 혼성로.

**청구항 16**

제14항 또는 제15항에 있어서, 상기 화염용융구역(120)에 유리화 가능한 혼합물을 공급하기 위한 제2 충전장치(620)가 상기 화염용융구역(120)의 양쪽에 가로로, 바람직하게는 로의 종축(A-A')에 직교로 배열된 제1 배치충진기(622) 및 제2 배치충진기(624)를 포함하는 것을 특징으로 하는 혼성로.

**청구항 17**

제1항 내지 제13항 중 제7항과 결합하여 취해진 어느 한 항에 있어서, 혼성로(10)가 적어도 제1 전기용융구역(110A) 및 제2 전기용융구역(110B)을 포함하며, 제1 전기용융구역(110A) 및 제2 전기용융구역(110B)은 각각 제1 탱크 벡(160A) 및 제2 탱크 벡(160B)에 의해 화염용융구역(120)에 연결되는 것을 특징으로 하는 혼성로.

**청구항 18**

제17항에 있어서, 제1 전기용융구역(110A) 및 제2 전기용융구역(110B)이 화염용융구역(120)의 양쪽에 가로로 배열되고, 바람직하게는 로의 종축(A-A')에 직교로 배열되는 것을 특징으로 하는 혼성로.

**청구항 19**

제17항 또는 제18항에 있어서, 상기 제1 충전장치(charging device)(610)가 제1 전기용융구역(110A)에 유리화 가능한 혼합물을 공급하기 위한 제1 배치충진기(batch charger)(612) 및 제2 전기용융구역(110B)에 유리화 가능한 혼합물을 공급하기 위한 제2 배치충진기(614)를 포함하는 것을 특징으로 하는 혼성로.

**청구항 20**

제17항 내지 제19항 중 어느 한 항에 있어서, 제2 충전장치(620)가 화염용융구역(120)의 종방향 상류에 배열되는 것을 특징으로 하는 혼성로.

**청구항 21**

제1항 내지 제20항 중 어느 한 항에 있어서, 적어도 하나의 상기 전기용융구역(110)과 관련된 제1 충전장치에 의해 로에 도입된 유리화 가능한 혼합물과 상기 화염용융구역(120)과 관련된 제2 충전장치에 의해 로에 도입된 유리화 가능한 혼합물이 유사한 조성을 갖는 것을 특징으로 하는 혼성로.

**청구항 22**

제1항 내지 제21항 중 어느 한 항에 있어서, 혼성로(10)가 여러 작동모드에 따라 작동할 수 있고, 상기 로 작동모드는 다음 중에서 선택적으로 선택되는 것을 특징으로 하는 혼성로:

- 용융 유리가 적어도 하나의 상기 전기용융구역(110)에 의해서만 생산되는 제1의 전기용융 작동모드;
- 용융 유리가 적어도 하나의 상기 전기용융구역(110)과 상기 화염용융구역(120)에 의해 공동으로 생산되는 제2의 혼성 작동모드;
- 용융 유리가 적어도 하나의 상기 화염용융구역(120)에 의해서만 생산되는 제3의 화염용융 작동모드.

### 청구항 23

제22항에 있어서, 혼성로(10)는 적어도 하나의 선택 매개변수를 기반으로 상기 작동모드 중 하나를 선택하기 위해 연관된 제어 장치(UC)에 의해 제어될 수 있으며, 상기 선택 매개변수는 다음을 포함하는 것을 특징으로 하는 혼성로:

- 유리화 가능한 혼합물을 용융하는 데 사용되는 전기 에너지와 추가로 사용되는 연료의 각각의 비용에 기초한 경제적 기준;
- 전기 에너지와 상기 연료와 각각 연관된 탄소 발자국(CO<sub>2</sub>)에 기초한 생태적 기준, 및
- 적어도 하나의 상기 전기용융구역(110) 및/또는 화염용융구역(120) 각각에 의해서 얻을 수 있는 용융 유리의 양과 관련하여 생산될 인장속도에 기초한 적어도 하나의 기술적 기준 및/또는 생산될 유리 또는 심지어 유리화 가능한 혼합물의 킬릿 함량의 조성에 기초한 적어도 하나의 기술적 기준.

### 청구항 24

제1항 내지 제23항 중 어느 한 항에 있어서, 제1 대류 루프(210)와 제2 대류 루프(220)가 유리의 가장 뜨거운 지점에 해당하는 핫 스팟 또는 소스에 의해 결정되는 루프(210, 220) 반전구역(230)에 의해 분리되고, 정제구역(200)은 돌출부(260)가 배열된 루프 반전구역(230)을 결정하는 핫스팟을 얻기 위해서 배열된 적어도 하나의 버너(215)를 포함하는 것을 특징으로 하는 혼성로.

### 청구항 25

제1항 내지 제 24항 중 어느 한 항에 있어서, 냉각 구역(300)의 컨디셔닝 탱크(310)가 상류에서 하류로 탱크 벙크(320)과 이에 이어서 작업 단부(330)를 포함하는 것을 특징으로 하는 혼성로.

### 청구항 26

제1항 내지 제25항 중 어느 한 항에 따른 혼성로(10)에서 구현되는 유리 생산방법, 특히 용융 금속조에 유리를 부유하기 위한 유닛을 공급하기 위한 방법으로, 상기 방법은 로의 작동모드에 따라 작동하는 혼성로(10)에서 수행되는 적어도 하나의 용융 단계를 포함하며, 상기 작동모드는 다음 중에서 선택적으로 선택되는 유리 생산방법:

- 용융 유리가 적어도 하나의 상기 전기용융구역(110)에 의해서만 생산되는 제1의 전기용융 작동모드;
- 용융 유리가 적어도 하나의 상기 전기용융구역(110)과 상기 화염용융구역(120)에 의해 공동으로 생산되는 제2의 혼성 작동모드;
- 용융 유리가 적어도 하나의 상기 화염용융구역(120)에 의해서만 생산되는 제3의 화염용융 작동모드.

### 청구항 27

제26항에 있어서, 상기 생산방법은 로에서 용융 단계를 구현하기 전에, 다음을 포함하는 적어도 하나의 선택 매개변수에 기초하여 상기 작동모드 중 하나를 선택하기 위한 결정 단계를 포함하는 것을 특징으로 하는 유리 생

산방법:

- 유리화 가능한 혼합물을 용융하는 데에 사용되는 전기 에너지와 추가로 사용되는 연료 각각의 비용에 기초한 경제적 기준;
- 전기 에너지와 상기 연료와 각각 관련된 탄소 발자국(CO<sub>2</sub>)에 기초한 생태적 기준, 및
- 적어도 하나의 상기 전기용융구역(110) 및/또는 화염용융구역(120)에 의해 얻을 수 있는 용융 유리의 양과 관련하여 생산될 인상속도에 기초한 적어도 하나의 기술적 기준 및/또는 생산될 유리의 구성 또는 유리화 가능한 혼합물의 컬릿 함량에 기초한 적어도 하나의 기술적 기준.

**청구항 28**

제27항에 있어서, 혼성로(10)의 작동모드를 결정하는 단계가 혼성로(10)와 연관되어 이를 제어할 수 있는 제어 장치(UC)를 통해 수행되는 것을 특징으로 하는 유리 생산방법.

**발명의 설명**

**기술 분야**

- [0001] 본 발명은 특히 에너지 유연성을 갖춘 유리 생산용 혼성로(hybrid furnace) 및 이러한 혼성로에서 구현된 유리 생산방법에 관한 것이다.
- [0002] 보다 구체적으로 본 발명은 적어도 하나의 전기용융구역과 하나의 화염용융구역을 포함하는 유리 제조용 혼성로에 관한 것으로, 전기용융구역과 화염용융구역은 서로 독립적이며, 이 두 구역은 선택적으로, 함께 또는 단독으로 사용될 수 있으며, 그렇게 함으로써 로는 적어도 하나의 에너지원(예: 전기 및/또는 연료)을 선택하여 유리화 가능한 혼합물을 용융하여 용융 유리를 얻고, 이후 두 개의 대류 루프가 있는 정제구역으로 흘러 들어가 적절한 양의 고품질 유리를 얻도록 함으로써 에너지 유연성을 제공한다.
- [0003] 실제로, 본 발명에 따른 하이브리드 로는 에너지 유연성을 제공할 수 있을 뿐만 아니라, 기포가 리터당 0.1개 미만인 고품질 유리를 공급할 수 있으며, 인상속도는 하루 최소 400톤, 바람직하게는 하루 600~900톤, 또는 하루 1,000톤 이상이며, 특히 평판 유리를 제조하기 위해 용융 금속조에 유리 플로트 유닛을 공급할 수 있다.
- [0004] 본 발명은 또한 혼성로에서 구현되는 유리 생산방법에 관한 것으로, 혼성로로의 적어도 하나의 전기용융구역 및/또는 화염용융구역에서 수행되는 유리화 가능한 혼합물을 용융하는 적어도 하나의 단계를 포함한다.

**배경 기술**

- [0005] 특히 생산할 제품, 즉 유리의 최종 성형에 따라 달라지는 유리 생산용 로의 다양한 예시적 설계가 선행 기술에 공지되어 있다.
- [0006] 따라서, 계획하는 생산이 유리섬유에 관한 것인지, 산업용 중공유리(hollow glass) 성형에 관한 것인지 또는 판유리와 관한 것인지에 따라 다양한 로(furnace) 설계가 구별된다.
- [0007] 유리로 설계에 있어서 산업적 과제 중 하나는 제품에 따라 유리에 대한 품질 요구사항이 달라지는 유리를 얻을 수 있다는 것이다. 이런 점에서 판유리 생산은 비교적 가장 까다로운 것 중의 하나이다.
- [0008] 대량으로 생산되는 판유리는 그 다양성으로 인해 광범위한 응용 분야에 사용된다. 전자(평판 스크린), 건설, 자동차 분야에 널리 사용되며 다양한 기술(굽힘, 템퍼링 등)을 사용하여 가공할 수 있어 모든 유리제품에 기본 유리로 사용된다.
- [0009] 품질 및 수량 문제 관점에서, 본 발명은 특히 일반적으로 용융 금속조(일반적으로 주석) 상의 유리 플로트 유닛에 의해 통상적으로 얻어지는 판유리의 산업적 성형을 위한 유리를 제조하는 것을 목표로 한다. 이러한 판유리가 여전히 플로트유리라고 불리는 이유이기도 하다.
- [0010] 판유리 생산을 위해, 고품질 유리, 즉 가능한 한 적은 기포를 포함하는 유리, 즉 일반적으로 리터당 0.5 미만의 기포를 갖는 유리를 플로트 유닛에 공급할 수 있을 것으로 예상된다.
- [0011] 유리 품질은 "리터당 기포 수"로 표시되는 유리에 존재하는 기포 수에 의해 결정되지만 이것만으로 결정되는 것

은 아니다. 유리 내 리터당 기포 수가 적을수록 품질이 높은 것으로 간주된다.

- [0012] 또한, 유리 내 기포(또는 기체 결함)가 생기는 것은 유리제조 공정이 일반적으로 유리의 용융, 정제 및 균질화, 열처리의 세 가지 연속 단계를 거치는 유리제조 공정에 고유한 특성 때문이라는 것을 감안해야 한다.
- [0013] 유리에 기포가 존재하는 것은 "조성물"이라고도 불리는 유리화 가능한 혼합물을 녹이는 용융 단계에서 발생한다. 유리화 가능한 혼합물은 소다석회유리(판유리 제조에 가장 일반적으로 사용되는 유리) 제조를 위한 모래, 석회석(탄산칼슘), 소다회 및 백운석의 혼합물을 포함하는 원료로 구성된다. 유리하게는 용융을 촉진하기 위해 깨진 유리로 구성된 컬릿(cullet)이 첨가된다.
- [0014] 유리화 가능한 혼합물은 혼합성이 가장 낮은 입자, 즉 이산화규소 또는 실리카( $\text{SiO}_2$ )가 가장 풍부하고 산화나트륨( $\text{Na}_2\text{O}$ )이 적은 입자도 용해되는 액체 질량(liquid mass)으로 변환된다.
- [0015] 탄산나트륨( $\text{Na}_2\text{CO}_3$ )은 775°C에서 모래 알갱이와 반응하기 시작하여 액체 내 이산화탄소( $\text{CO}_2$ ) 기포를 방출하여 탄산염이 규산염으로 변하면서 점성이 점점 높아지게 된다. 마찬가지로, 석회석 입자가 석회로 변환되고 백운석이 분해되면 이산화탄소( $\text{CO}_2$ )가 배출된다.
- [0016] 용융 유리 액체에 더 이상 고체 입자가 없으면 용융 단계가 완료되며, 이 단계에서 용융 유리 액체는 점성이 매우 높아지며, 공기와 기포로 채워진다.
- [0017] 그 다음, 정제 및 균질화 단계에서는 용융 유리에 존재하는 기포를 제거할 수 있다. 잘 알려진 바와 같이, "정련제"는 이 단계에서 유리하게 사용된다. 즉 용융조의 용융 온도에서 분해되어 유리 표면 쪽으로 기포 상승을 가속화하기 위해 기포를 팽창시키는 가스를 제공하는 저농도 물질이 사용된다.
- [0018] 성형작업 시작 시 유리의 점도가 일반적으로 정제 중 때 보다 최소 10배 더 높기 때문에 생산 공정의 열조절 단계에서는 유리의 온도를 낮출 수 있다.
- [0019] 앞서 설명한 유리 생산의 각 단계는 이를 구현하려는 로의 구조와 분명히 상응한다.
- [0020] 전형적으로, 이러한 유형의 유리로는 유리 배치(glass batch)가 용융되어 유리조(glass bath)를 형성하는 용융 구역, 이어서 유리 기포를 제거하기 위한 정제 및 균질화 구역, 마지막으로 유리를 냉각하여 제조하는 동안 유리가 겪는 온도보다 훨씬 낮은 성형 온도로 만드는 열조절 구역을 포함한다.
- [0021] 위에서 언급한 유리 생산 공정을 보면, 용융단계에는 기후변화와 관련된 주요 온실가스 중 하나인 이산화탄소( $\text{CO}_2$ )의 배출이 동반되는 것을 알 수 있다.
- [0022] 이러한 이유로, 직접적인 이산화탄소( $\text{CO}_2$ ) 배출은 물론 유리화 가능한 혼합물에서 사용된 원료와 관련된 간접 이산화탄소( $\text{CO}_2$ ) 배출을 줄이기 위해 점점 더 많은 비율의 컬릿(cullet, 파유리)을 사용하려는 노력이 이루어지고 있다.
- [0023] 실제로, 고품질 유리 생산뿐 아니라 최저의 로 제작 및 운영 비용으로 높은 생산성을 달성해야 하는 산업적 과제와 별도로, 현재 유리 산업이 직면하는 또 다른 주요 과제 중 하나는 생태학적 문제이다. 즉, 유리 제조 공정의 탄소 발자국(또는  $\text{CO}_2$  발자국)을 줄이기 위한 솔루션을 찾아야 한다.
- [0024] 탄소 중립성을 달성하기 위해, 생산 중 직접 배출과 간접 배출뿐만 아니라 예를 들어, 재료를 업스트림으로 운송한 다음 제품을 다운 스트림으로 운송하는 가치 사슬에서 상류 및 하류에서 배출을 줄이기 위해 다양한 방식으로 작용하는 프로세스에 대한 글로벌 접근 방식이 바람직하다.
- [0025] 따라서 이러한 다양한 방법에는 제품 설계 및 재료 구성, 산업 공정의 에너지 효율성 개선, 신재생 및 탈탄소 에너지 사용, 원료 공급업체 및 운송업체와 협력하여 배출 감소, 마지막으로 잔류 배출물 포집 및 격리 기술을 연구하는 것이 포함된다.
- [0026] 위에서 언급한 유리 생산 공정에 내재된 직접 배출 외에도, 특히 고온 용융 단계(1500°C 이상)에 사용되는 에너지 유형은 유리 생산 공정의 탄소 발자국(carbon footprint)에서 가장 큰 부분을 차지한다. 프로세스에는 일반적으로 화석 연료, 가장 흔히 천연 가스 또는 연료유와 같은 석유 제품이 포함되기 때문이다.
- [0027] 결과적으로, 새로운 로 설계에 대한 연구는 유리 품질과 관련된 산업적 과제를 충족할 뿐만 아니라 이산화탄소( $\text{CO}_2$ )의 직간접 배출 측면에서 유리 생산 공정의 탄소 발자국을, 특히 화석 연료의 사용을 줄임으로써 줄여야 한

다.

- [0028] 최초의 도자기(또는 도가니) 로 이후, 일반적으로 오늘날의 대형 연속 주조 유리 로의 선구자로 간주되는 Siemens 로를 거쳐 변화 발전을 멈추지 않은, 플로트 유리를 하루 최대 1,200톤까지 생산할 수 있는 횡방향 화염로와 같은 로에서 유리가 생산된다.
- [0029] 따라서 용융에 사용되는 에너지의 선택에 따라 유리 생산을 위한 두 가지의 일반적인 대형 로 설계가 나오는데, 각각 화염로와 전기로이다.
- [0030] 첫 번째 설계에 따르면, 화염로는 일반적으로 화석 연료, 특히 버너용 천연 가스를 사용하므로 열에너지는 화염과 유리조 표면 사이의 열교환을 통해 유리로 전달된다.
- [0031] 전술한 횡방향 화염로가 이 첫 번째 설계에 따른 로의 예이며 판유리를 제조하려는 플로트 유닛에 용융 유리를 공급하는 데 널리 사용된다.
- [0032] 두 번째 설계에 따르면, 전기로는 용융 유리 덩어리의 줄(Joule) 효과에 의해 열에너지가 생성되는 로이다.
- [0033] 실제로 실온에서 절연 물질인 유리는 고온에서 전기 전도성이 되므로 유리 용융물 자체 내에서 줄(Joule) 효과를 사용하여 가열하는 것을 고려할 수 있다.
- [0034] 그러나 전기로는 예를 들어 불소오팔유리나 납크리스털과 같은 특정 유리를 생산하는 데 사용되거나 단열용 유리 섬유를 제조하는 데 일반적으로 사용된다.
- [0035] 실제로, 그러한 전기로는 판유리 제조용으로 만들어진 용융 금속조 위의 플로트 유리 유닛에 충분한 양 또는 고품질(리터당 0.5개 미만의 기포) 유리를 공급할 수 없다는 것이 당업자에 의해 일반적으로 받아들여지고 있다.
- [0036] 출원인이 알고 있는 종래 기술의 전기로는 기껏해야 리터당 수백 개의 기포, 보다 일반적으로는 수천 개의 기포를 갖는 유리를 하루에 200 내지 250톤의 인장속도로 공급할 수 있는데, 이러한 유리는 중공 유리제품인 병을 만드는 데 적합할 수 있지만 판유리를 제조하고 결과적으로 플로트 유닛을 공급하는 데는 전혀 적합하지 않다.
- [0037] 그렇기 때문에 오늘날 화염로(예: 횡방향 화염로)가 이러한 플로트유리 유닛을 공급할 수 있는 로(furnace)로 남아 있는 이유이다.
- [0038] 그러나, 화염로는 화석 연료, 주로 천연 가스의 사용에 의존하므로, 이들의 탄소 발자국은 이산화탄소(CO<sub>2</sub>) 배출 감소 목적, 즉 유리 생산공정의 탄소 발자국 감소와는 거의 양립할 수 없다.
- [0039] 선행 기술에 따른 유리 제조용 로 설계에 대한 설명을 완료하기 위해 "세 번째 설계"에 대해 언급하겠다. 이 세 번째 설계는 최근에 특히 이산화탄소(CO<sub>2</sub>) 배출 감소라는 생태학적 과제를 해결하기 위한 개발이 진행되고 있다.
- [0040] 이러한 세 번째 로 설계는 화염로를 기반으로 하지만 특히 로의 생산량을 순간적으로 증가시키거나 유리의 품질을 향상시키기 위해 전기 부스터 가열을 사용한다.
- [0041] 따라서, 이러한 로는 "전기 부스트 화염로"라고도 불린다.
- [0042] 이러한 세 번째 설계에 따른 로는 여러 에너지원을, 즉 화석 연료와 전기 각각을 결합하므로 "혼성(hybrid)" 로라고도 불린다.
- [0043] 전기 부스터 가열을 추가하면 화염과 유리조 표면 사이에서 발생하는 열전달에 의해 제한되는 화염로의 용해 능력을 향상시킬 수 있다.
- [0044] 그러나, 이러한 혼성로의 작동은 항상 주로 화석 연료, 일반적으로 가스의 사용을 기반으로 하므로, 유리 생산공정의 탄소 발자국 개선에 궁극적으로 미치는 영향은 여전히 제한적이다. 실제로, 여기서 전기는 부스터로만 사용되므로 그 영향은 이에 비례한다.
- [0045] 또한 탄소 발자국을 효율적으로 개선하기 위해서, 사용되는 전기도 소위 "녹색" 전기이어야 하는데, 즉 신재생의 탈탄소화된 에너지원에서 생산되는 전기이어야 한다.
- [0046] 전기에 대한 상기 설명은 버너에서 천연 가스를 대체하는 데 사용할 수 있는 바이오메탄이나 수소와 같은 연료에도 동일하게 적용된다.
- [0047] 시장 참여자가 "탄소 제로" 유리를 생산할 것을 표명했듯이 유리 제조 공정중 탄소 발자국을 개선하는 것이 중요한 문제이지만 제조 비용을 통제하는 것도 중요한 문제이다.

- [0048] 유리 생산은 특히 유리화 가능한 혼합물의 용융 단계에서 특히 에너지 집약적이기 때문에 유리 생산로에 사용되는 에너지의 선택은 경제적으로나 생태적으로나 매우 중요한 요소이다.
- [0049] 일반적으로 에너지 비용은 시장 법칙을 따르며 공급과 수요에 따라 달라진다. 그러나, 자원이 직접 사용되거나 전기로 변환되는 에너지 유형(가스, 석유 등)에 따라서는 지구 전체에 고르게 분포되어 있지 않기 때문에 전쟁과 같은 지정학적 문제가 특히 큰 영향을 미칠 가능성이 있다는 점에 유의해야 한다.
- [0050] 유리 생산을 위한 새로운 로를 설계할 때 에너지 선택은 매우 중요하며 에너지 비용과 관련된 경제적 위험 및 "탄소 제로" 유리 제조라는 생태적 과제를 충족할 만큼 충분한 양의 에너지 있는지 등을 비롯한 수많은 불확실성에 부딪힌다.

**발명의 내용**

**해결하려는 과제**

- [0051] 본 발명의 목적은 에너지 선택과 관련된 경제적 위험을 제한함과 동시에 한편으로는 고품질의 유리를 공급하고, 다른 한편으로는 특히 평판 유리를 제조하기 위한 유리 플로트 유닛을 공급하기에 적합한 필요한 양만큼 공급할 수 있으며 유리 생산 공정과 관련하여 이산화탄소(CO<sub>2</sub>) 배출을 줄일 수 있는 새로운 로의 디자인을 제안하는 것이다.

**과제의 해결 수단**

- [0052] 이를 위해 본 발명은 특히 용융 금속조 상에 유리를 부유시키기 위한 유닛을 공급하기 위한 유리 생산 혼성로를 제안하는 바, 상기 혼성로(hybrid furnace)는 종축으로
- [0053] - 적어도 하나의 제1 충전장치에 의해 유리화 가능한 혼합물이 공급되기에 적합하고 상기 유리화 가능한 혼합물을 용융시키기 위한 전극을 포함하는 적어도 하나의 전기용융구역;
- [0054] - 적어도 하나의 상기 전기용융구역과 분리되어, 적어도 하나의 제2 충전장치에 의해 유리화 가능한 혼합물이 공급되기에 적합하고, 상기 유리화 가능한 혼합물을 용융하기 위한 적어도 오버헤드 버너를 포함하며, 상기 오버헤드 버너는 용융 유리의 표면 위에 배열되는 화염용융구역,
- [0055] 여기서 적어도 하나의 상기 전기용융구역과 상기 화염용융구역은 직렬로 배열되어 상류 용융 구역 중 하나에 의해 생성된 용융 유리가 하류 용융 구역 중 다른 하나로 흐를 수 있으며, 상기 적어도 하나의 전기용융구역과 상기 화염용융구역은 서로 독립적으로 작동하도록 구성되어 상기 용융 구역 중 하나 또는 둘 다를 선택적으로 사용할 수 있게 하여 로에 에너지 유연성을 제공하며;
- [0056] - 적어도 하나의 상기 전기용융구역 및/또는 상기 화염용융구역에 의해 공급되는 용융 유리를 위한 정제구역, 상기 정제구역은 제1 대류 루프와 제2 대류 루프를 포함하도록 구성되며; 및
- [0057] - 제2 대류 루프에 의해 통과되고 적어도 하나의 유리 플로우 채널(flow channel)에 연결된 컨디셔닝 탱크(conditioning tank)를 포함하는 유리 냉각구역을 포함한다.
- [0058] 유리하게도, 본 발명에 따른 혼성로는, 서로 별도로 독립적으로, 다른 에너지를 사용하여 선택적으로 작동할 수 있는 적어도 두 개의 용융 구역을 포함하는 것을 특징으로 한다.
- [0059] 유리하게도, 혼성로는 각각 적어도 제1 에너지를 사용하는 제1 용융구역과 제1 에너지원과 다른 제2 에너지원을 사용하는 제2 용융구역을 포함하며, 이로 인해 특히 유리 생산에 대한 에너지 유연성의 이점을 위해 제1 에너지 및/또는 제2 에너지를 선택적으로 사용할 수 있다.
- [0060] 바람직하게는, 제1 에너지는 전기이고 제2 에너지는 연료이다.
- [0061] 유리하게도, 본 발명에 따른 혼성로 디자인은 전적으로 에너지 유연성을 제공하는 바, 유리화 가능한 혼합물을 용융하기 위해 로의 적어도 하나의 상기 전기용융구역과 화염용융구역 중 하나만 사용하거나, 상기 전기용융구역과 화염용융구역 모두를 사용하되 적절한 비율로 구성하여 사용할 수 있게 해준다.
- [0062] 이러한 방식으로, 혼성로는 유리화 가능한 혼합물을 용융하는 데 사용되는 에너지의 선택 측면에서 여러 작동모드를 제공하며, 즉 보다 일반적으로 다중모드로 작동하며, 선택된 혼성로의 작동모드는 하나 이상의 기준을 포함하는 적어도 하나의 선택 매개변수에 기초하여 결정된다.

- [0063] 각 유리 생산 공정에 대해 주어진 순간에 적어도 하나의 기준에 우선순위를 두거나 경제적, 생태적 또는 심지어 기술적 기준과 같은 여러 기준에 따라 최상의 절충안을 찾는 것이 바람직할 수 있다.
- [0064] 에너지 비용의 경제적 기준은 선택할 때 고려할 수 있는 기준 중 하나일 뿐이며, 사용된 에너지의 탄소 발자국 (CO<sub>2</sub>)과 같은 생태적 기준, 그리고 하나 이상의 기술적 기준도 고려할 수 있는 기준 중 하나이다.
- [0065] 상기 전기용융구역 및 화염용융구역을 함께 사용하는 경우, 각각에서 생산할 수 있는 용융 유리의 비율을 관련된 충전장치 및 전극과 오버헤드 버너와 같은 용융을 위한 가열 수단에 작용하여 자유롭게 매개변수화할 수 있기 때문에, 유연성이 더 있다.
- [0066] 따라서 전극에 전력을 공급하는 데 사용되는 전기와 오버헤드 버너에 에너지를 공급하는 데 사용되는 연료는 예를 들어 50/50 비율(즉, 각각 50%)로 동등하게 포함될 수도 있고 그렇지 않을 수도 있다. 전기는 연료보다 우세할 수도, 예를 들어 80/20 비율(즉, 전기 80%, 연료 20%) 또는 70/30 또는 60/40과 같은 다른 비율로 우세할 수도 있다(또는 그 반대의 경우도 있을 수 있다).
- [0067] 혼성으로 알려진 작동모드에서, 상기 전기 및 화염용융구역 각각과 연관된 충전장치는 유리화 가능한 혼합물을 비례적으로 선택적으로 이어서 공급하고, 그렇게 함으로써 충전장치는 또한 본 발명에 따른 혼성로의 에너지 유연성을 얻는 데 참여한다.
- [0068] 본 발명에 따른 혼성로에서, 적어도 하나의 전기용융구역의 최대 인장속도와 화염용융구역의 최대 인장속도는 디자인에 의해 결정되고 각각 로에 대하여 원하는 공칭 인장속도와 동일한 인장속도를 제공하도록 크기가 정해질 수 있다. 따라서 상기 용융구역 중 하나만 사용되는 경우에도, 즉 용융을 위한 전기 또는 연료의 단일 에너지 지원을 사용하는 경우에도 이 공칭 인장속도를 얻을 수 있다.
- [0069] 그러나, 상기 로 용융구역들 중 적어도 하나의 크기를 조정하여 최대 인장속도가 로의 공칭 인장속도보다 작아지도록 하여 상기 적어도 하나의 용융구역 크기가 감소되는 이점을 얻을 수 있다. 이 경우, 로의 공칭 인장속도는 전기용융구역과 화염용융구역을 함께 사용하거나 또는 로의 공칭 인장속도와 동일한 최대 인장속도를 제공할 수 있는 경우 다른 용융구역을 사용하여 도달할 수 있다.
- [0070] 본 발명에 따른 혼성로의 디자인 덕분에 에너지 유연성을 보장하는 다중모드 작동을 제공하게 되는데, 이로써 수요/공급에 따라 시장 가격과 조달 가능성이 크게 좌우되는 특정 에너지를 선택하는 것과 관련된 위험을 로를 운행하는 수명 내내 상당히 줄일 수 있다.
- [0071] 본 발명과 비교해볼 때, 유리화 가능한 혼합물을 단일 에너지, 전형적으로 제1 디자인의 경우 연료에너지로 또는 제2 디자인의 경우 전기에너지로 용융하는 종래 기술에 의한 로에서는 에너지 유연성이 없다는 것을 알 수 있다.
- [0072] 용융에 사용되는 에너지 비용이 크게 증가하거나 확보 가능성이 없게 되는 경우, 유리 생산을 위협하여 로가 폐쇄되는 데까지 이를 수 있는 결과가 생긴다.
- [0073] 이러한 결과는 제3 디자인의 혼성로에서 연료와 전기(부스터로서)가 사용되더라도 생기는데, 이 로에서는 단일 에너지원으로, 특히 전기만으로는 용융 유리가 생산될 수 없기 때문이다.
- [0074] 일반적으로 유리 생산용 로를 제작하는 것은 비용이 매우 많이 드는 투자이며, 이러한 로를 운영하는 비용을 상각하는 데에도 통상 20년 이상 오랜 시간이 걸리기 때문에, 이러한 점들이 로를 제작할 때 취해야 할 선택에 필연적으로 영향을 미친다는 점을 감안해야 한다.
- [0075] 그러나 본 발명에 따른 혼성로가 제공하는 에너지 유연성은 여러가지 장점 중 하나에 불과한데, 왜냐하면 본 발명에 따른 로의 디자인은 가장 까다로운 응용 분야인 평판유리 제조용 플로트 유리 유닛을 공급하는 데 필요한 양만큼으로 제작된 매우 고품질의 유리를 얻을 수 있게 하기 때문이다.
- [0076] 적어도 하나의 상기 전기용융구역과 화염용융구역을 서로 직렬로 배열함으로써 상기 구역들이 혼성 작동모드로 함께 사용될 때 각각에 의해 공급되는 용융 유리가 혼합되는 것을 아주 용이하게 한다.
- [0077] 적어도 하나의 상기 전기용융구역과 상기 화염용융구역이 직렬로 배열됨으로써, 상류 용융 구역 중 하나에 의해 생성된 용융 유리는 하류 용융 구역 중 다른 하나로 흐를 수 있으므로, 상기 각각의 용융 구역에 있는 유리의 온도로 인해 유리 혼합이 촉진된다.
- [0078] 상기 직렬 배열 외에도, 두 개의 유리 대류 루프가 리터당 0.1 미만의 기포를 갖는 초고품질 유리를 얻을 수 있

게 해주는데, 화염용융구역과 정제구역으로 확장되는 제1 대류 루프가 특히 이에 기여한다.

- [0079] 유리하게도, 혼성로는 적어도 하나의 상기 전기용융구역과 상기 화염용융구역을 상호 연결하는 탱크 넥(tank neck)을 포함한다.
- [0080] 본 발명에 따른 혼성로에서는 탱크 넥에 유리하게 배열된 역류 방지 유리분리장치(glass separation device)로 인해, 전기용융구역이 사용되든 사용되지 않든 화염용융구역에서 전기용융구역으로 대류 루프나 유리 재순환 루프가 확장되지 않는다.
- [0081] 비교해보자면, 전기용융구역을 화염용융구역에 연결하는 침지된 스로트(immersed throat)는 유리가 로에서 역류하는 것을 방지하는 기능을 보장할 수 없다. 실제로, 스로트에서는 물질의 마모로 인해 유리의 역류 흐름이 반드시 존재한다.
- [0082] 또한, 스로트에 흐르는 유리는 대기와 접촉하지 않으므로 공기 순환 냉각장치와 같은 냉각수단을 가변적으로 제어하여 표면을 냉각할 수도 없다.
- [0083] 기포가 유리에 갇혀 있는 스로트와 달리, 탱크 넥은 유리에 있는 기포를 표면으로 배출할 수 있는 이점이 있다. 또한 스로트에서 기포와 내화물이 접촉하여 계면에서 부식을 가속화하게 되면, 스로트가 조기에 마모되고 내화물을 형성하는 물질로 인한 유리의 "화학적 오염"을 초래한다.
- [0084] 구조물에 의해 단면이 제한되는 스로트에 비하여, 탱크 넥은 플로트 유닛을 공급할 수 있는 인장속도로 유리의 흐름을 가능하게 한다.
- [0085] 스로트에 비하여, 탱크 넥을 벗어나는 유리는, 바닥에 있는 유리와 달리, 유리가 나오는 상류 용융구역의 용융조 표면 근방에 있기 때문에 더 높은 온도를 갖는다. 그러나 유리에 오버헤드로 접근할 수 있기 때문에, 탱크 넥은 유리를 냉각하는데 사용할 수 있다.
- [0086] 이러한 방식의 유리 냉각은 수동적(주로 복사에 의해)으로 할 수도 있고 또는 능동적(냉각 수단을 사용하여)으로 할 수도 있는데, 탱크 넥에 유입되는 유리의 온도를 제어하여 탱크 넥 하류에 위치한 용융구역에 있는 유리와 최적의 혼합을 얻는 것을 목적으로 한다. 탱크 넥에서 유리를 냉각하는 것은 (냉각수단을 사용하든 사용하지 않든) 유리가 전기용융에 의해 생산될 때 특히 유리한데, 왜냐하면 전기용융 유리는 일반적으로 고온(화염용융 유리와 비교해서)을 갖고 있기 때문에 이를 낮출 필요가 있을 수 있기 때문이다.
- [0087] 본 발명의 추가적인 유리한 특징은 종속항에 개시되어 있다.

**도면의 간단한 설명**

- [0088] 본 발명의 추가 특징 및 이점은 다음의 상세한 설명을 읽으면 분명해질 것이며, 이해를 위해 첨부된 도면을 참조한다. 여기서:
  - 도 1은 로의 종축 A-A'를 따른 수직 단면도로, 본 발명의 제1 실시예에 따른 유리 생산용 혼성로를 도시하며, 독립적인 전기용융구역과 화염용융구역을 포함하고, 상기 전기용융구역이 탱크 넥에 의해 화염용융구역에 연결되어 있고, 상기 화염용융구역은 제1 대류 루프와 제2 대류 루프를 포함하는 정제구역에 연결되어 있으며, 그 자체가 상기 제2 대류 루프가 통과하는 냉각 구역에 연결되어 있다.
  - 도 2는 제1 실시예에 따른 로를 위에서 본 로와 전기용융구역에 공급하기 위한 제1 충전장치 및 화염용융구역에 공급하기 위한 제2 충전장치를 보여주는 수평 단면도로, 상기 용융 구역은 용융 유리가 화염용융구역에서 전기용융구역으로 역류하는 것을 방지하도록 구성된 "비역류" 분리장치(non-return separation device)를 포함하는 탱크 넥에 의해 서로 연결된다.
  - 도 3은 도 1에 따른 혼성로의 탱크 넥에 대한 상세 단면도이며, 탱크 넥 바닥에 있는 높임턱(elevation)으로 구성된 유리의 "비역류" 분리장치의 바람직한 예를 도시한다.
  - 도 4는 도 3과 마찬가지로 혼성로의 탱크 넥에 대한 상세 단면도이며, 이동식 댐(dam)과 탱크 넥 바닥에 있는 높임턱(elevation)으로 구성된 유리의 "비역류" 분리장치 디자인의 또 다른 예를 도시한다.
  - 도 5는 도 2와 유사한 단면도로, 제1 실시예에 따른 로를 제1의 전기용융 작동모드로 도시하고, 고정 수단에 의해 하류에 있는 유리화 가능한 혼합물 층으로 덮인 전기용융구역을 도시하며, 용융 유리는 전기를 에너지원으로 하는 해당 구역에서만 용융되어 얻어진다.

- 도 6은 도 2와 유사한 단면도로, 제1 실시예에 따른 로를 유리화 가능한 혼합물이 각각 별도의 충전장치에서 공급되는 전기용융구역과 화염용융구역에서 함께 용융되는 제2의 혼성 작동모드로 도시하며, 제1 충전장치에 의해 도입된 유리화 가능한 혼합물 층으로 덮인 전기용융구역과 두 개의 배치충진기를 포함하는 제2 충전장치에 의해 도입된 유리화 가능한 혼합물 층으로 덮인 화염용융구역을 도시한다.
- 도 7은 도 2와 유사한 단면도로, 제1 실시예에 따른 로를 제3의 화염용융 작동모드로 도시하고, 유리화 가능한 혼합물 층으로 덮인 화염용융구역을 도시하며, 용융 유리는 연료를 에너지로 사용하는 버너가 구비된 해당 구역에서 연소에 의해서 용융되어 얻어진다.
- 도 8은 로의 종축 A-A'에 따른 수직 단면도로, 두 개의 전기용융구역과 하나의 화염용융구역을 포함하는 본 발명의 제2 실시예에 따른 유리 생산용 혼성로를 도시하며, 각각 가로로 배열된 제1 전기용융구역과 제2 전기용융구역이 연결된 상기 화염용융구역을 도시하며, 상기 화염용융구역은 제1 대류 루프와 제2 대류 루프를 포함하며, 상기 제2 대류 루프가 통과하는 냉각구역에 연결된 정제구역에 연결된다.
- 도 9는 제2 실시예에 따른 혼성로를 위에서 본 수평 단면도이며, 화염용융구역의 양쪽에 가로로 배열되며 탱크 벽에 의해 각각 연결되어 있는 제1 전기용융구역과 제2 전기용융구역을 도시한다.
- 도 10은 도 9에 도시된 가로축(B-B')에 따른 수직 단면도로, 제2 실시예에 따른 혼성로를 도시하며, 제1 전기용융구역과 제2 전기용융구역이 각각 제1 탱크 벽과 제2 탱크 벽에 의해 상기 화염용융구역에 가로로 연결되어 있으며, 각각 도 3의 것과 유사한 유리 "비어류" 분리장치를 포함하는 것을 도시한다.
- 도 11은 도 9와 유사한 단면도로, 제2 실시예에 따른 로를 제1 전기용융 작동모드로 도시하고, 각각 고정수단에 의해 유지된 유리화 가능한 혼합물 층으로 덮인 제1 전기용융구역과 제2 전기용융구역을 도시하며, 용융 유리를 얻기 위한 용융은 화염용융구역을 사용하지 않고 전기를 에너지원으로 하는 해당 구역에서만 수행된다.
- 도 12는 도 9와 유사한 단면도로, 제2 실시예에 따른 로를 유리화 가능한 혼합물의 용융이 제1 및 제2 전기용융구역과 화염용융구역에서 공동으로 수행되는 제2의 혼성 작동모드로 도시하고, 각각 제1 충전장치의 제1 및 제2 배치충진기에 의해 도입된 유리화 가능한 혼합물 층으로 덮인 두 개의 전기용융구역과 유리화 가능한 혼합물이 상기 제1 충전장치와 분리된 제2 충전장치에 의해 도입되는 화염용융구역을 도시한다.

**발명을 실시하기 위한 구체적인 내용**

- [0089] 명세서의 나머지 부분에서는 도면에 표시된 축 시스템(L, V, T)을 참조할 때 종방향, 수직방향 및 가로방향을 제한없이 사용한다.
- [0090] 종방향을 언급할 때 "상류" 및 "하류"라는 용어를 사용하고, 수직 방향을 언급할 때 "상부" 및 "하부" 또는 "정상(top)" 및 "바닥(bottom)"이라는 용어를 사용하고, 마지막으로 가로방향을 언급할 때 "좌" 및 "우"라는 용어를 사용한다.
- [0091] 본 명세서에서, "상류" 및 "하류"라는 용어는 로에서 유리가 흐르는 방향에 상당하며, 유리는 도 2 및 도 9에 표시된 바와 같이 혼성로의 종축 A-A'를 따라 상류에서 하류(상류 A, 하류 A')로 흐른다.
- [0092] 또한, 용어 "루프"는 유리 제조로에 대한 "콜드탑" 및 "핫탑" 개념과 마찬가지로 당업자에게 잘 알려져 있는 로에서 유리의 재순환과 관련하여 사용된다.
- [0093] 본 발명에 따른 혼성로 도면은 축척에 따른 것은 아니다.
- [0094] 도 1 및 도 2는 본 발명의 제1 실시예에 따른 유리 제조용 혼성로(10)를 각각 측면 및 상단에서 본 단면도를 도시한다.
- [0095] 상기 설명된 제3의 로 디자인에서 유추하여, "혼성"이라는 용어는 본 발명에 따른 로를 정의하는 데 사용되는데, 이는 로의 작동모드가 소위 혼성모드인 경우 두 가지 다른 에너지원을 사용할 수 있기 때문이며, 혼성모드에서는 유리화 가능한 혼합물의 용융은 전기 에너지와 연료 에너지를 모두 사용하여 얻어진다.
- [0096] 그러나 본 발명에서는 이러한 유추를 넘어서지 않는다. 전기 에너지(제1 에너지원을 구성함)와 연료 에너지(제2 에너지원을 구성함)가 용융을 달성하기 위해 로의 다른 작동모드에서 하나 또는 다른 하나가 배타적으로 사용될 가능성이 높기 때문에, 전기 에너지가 사용될 경우 전기 에너지는 본 발명에 따른 혼성로(10)에서 부스터를 형성하진 않는다.
- [0097] 본 발명에 따른 혼성로(10)는 특히 평판 유리를 생산하기 위해 용융 금속조(일반적으로 주석)에 플로트 유리 유

닛을 공급하도록 의도된다.

- [0098] 도 1 및 도 2에 도시된 바와 같이, 제1 실시예에 따른 혼성로(10)는 로의 종축 A-A'를 따라 상류에서 하류로 연속적으로 용융구역(100), 정제 및 균질화 구역 (200)(이하 정제구역(200)이라 함) 및 유리 냉각구역(300)을 포함한다.
- [0099] 바람직하게는, 혼성로(10)는 상기 종축 A-A'에 대해 대칭적으로 디자인된다.
- [0100] 본 발명에 따른 혼성로(10)에서, 상기 용융 구역(100)은 전기 에너지와 같은 제1 에너지를 사용하는 적어도 하나의 용융 구역(110) 및 연료 에너지 같은, 즉 상기 제1 에너지와 다른 제2 에너지를 사용하는 용융 구역(120)을 포함한다.
- [0101] 본 명세서의 나머지 부분에서, 상기 적어도 하나의 용융 구역(110)은 "전기" 용융 구역에 해당하고, 상기 용융 구역(120)은 적어도 하나의 연료를 사용하기 때문에 "화염" 용융 구역에 해당한다.
- [0102] 본 발명에 따른 혼성로(10)에서, 상기 로 용융 구역(100)을 함께 형성하는 적어도 하나의 상기 전기용융구역(110)과 화염용융구역(120)은 구조적으로 분리되어 있다. 즉, 이들은 별도의 용융 구역을 구성하고, 기능적으로 서로 독립적이다.
- [0103] 적어도 하나의 상기 전기용융구역(110)은 로의 공칭 인장속도보다 작거나 같은 최대 인장속도를 제공할 수 있다. 즉, 공칭 인장속도의 0%에서 100% 사이, 바람직하게는 최대 100%까지 전기용융만으로 상기 공칭 인장속도를 얻을 수 있다.
- [0104] 화염용융구역(120)은 로의 공칭 인장속도보다 작거나 같은 최대 인장속도를 제공할 수 있으며, 즉 공칭 인장속도의 0~100% 사이, 바람직하게는 100%까지 제공하여 화염용융만으로 해당 공칭 인장속도를 얻거나 공칭 인장속도의 0~50% 사이를 얻을 수 있다.
- [0105] 화염용융구역(120)이 공칭 인장속도의 0~50% 사이인 최대 인장속도를 제공할 수 있는 경우, 해당 공칭 인장속도는 화염 용융과 전기 용융을 함께 사용하거나, 적어도 하나의 상기 전기용융구역(110)이 공칭 인장속도의 100%에 해당하는 최대 인장속도를 제공할 수 있는 경우에만 적어도 하나의 상기 전기용융구역(110)을 사용하여 얻을 수 있다.
- [0106] 바람직하게는, 적어도 하나의 상기 전기용융구역(110)과 비교하여, 본 발명에 따른 혼성로(10)는 단일 화염용융 구역(120)을 포함한다.
- [0107] 본 발명에 따르면, 적어도 하나의 상기 전기용융구역(110) 및 상기 화염용융구역(120)은 서로 독립적으로 작동할 수 있도록 구성되어 상기 용융 구역(110 및 120) 중 하나 및/또는 다른 하나를 선택적으로 사용할 수 있도록 하고, 이로써 상기 혼성로(10)에 에너지 유연성을 부여한다.
- [0108] 이러한 디자인으로 인해, 혼성로(10)는 유리화 가능한 혼합물을 용융하기 위해 전기 및/또는 연료 중 하나만을 사용하는지 또는 두 가지 에너지를 동시에 사용하는지에 따라 여러 모드로 작동될 수 있다.
- [0109] 혼성로(10)의 작동모드는 도 5 내지 도 7을 참조하여 나중에 더 자세히 설명될 것이다.
- [0110] 본 발명에 따른 혼성로(10)는 실제로
  - [0111] - 용융 유리가 적어도 하나의 상기 전기용융구역(110)에 의해서만 생산되는 제1의 전기용융 작동모드;
  - [0112] - 용융 유리가 적어도 하나의 상기 전기용융구역(110)과 상기 화염용융구역(120)에 의해 공동으로 생산되는 제2의 혼성 작동모드;
  - [0113] - 용융 유리가 적어도 하나의 상기 화염용융구역(120)에 의해서만 생산되는 제3의 화염용융 작동모드 중에서 선택적으로 선택될 수 있는 작동모드에서 작동할 수 있다.
- [0114] 유리하게도, 혼성로(10)는 또한 다중모드 작동을 특징으로 하며, 이는 유리화 가능한 혼합물을 용융하는 데 사용되는 에너지 또는 에너지들을 선택된 작동모드에 따라 선택할 수 있게 하여 본 발명에 따른 혼성로(10)에 에너지 유연성을 제공한다.
- [0115] 우리는 먼저 제1 실시예에 따른 혼성로(10)의 용융 구역(100)을 설명하고, 이어서 정제구역(200) 및 유리 냉각 구역(300)을 설명한다.
- [0116] 혼성로(10)는 한편으로는 적어도 하나의 제1 충전장치(610)에 의해 유리화 가능한 혼합물이 공급될 수 있는 적

어도 하나의 전기용융구역(110)을 포함하고, 다른 한편으로는 적어도 하나의 제2 충전장치(620)에 의해 유리화 가능한 혼합물이 공급될 수 있는 화염용융구역(120)을 포함한다.

- [0117] 화염용융구역(120)과 관련된 제2 충전장치(620)는 적어도 하나의 상기 전기용융구역(110)과 관련된 제1 충전장치(610)와 분리되어 있고 작동상 독립적이므로, 선택된 로 작동모드에 따라 하나 및/또는 다른 하나를 선택적으로 사용할 수 있다.
- [0118] 도 1 내지 도 7에 도시된 본 발명의 제1 실시예에서, 혼성로(10)는 단일 콜드탑(cold-top) 전기용융구역(110)과 핫탑(hot-top) 화염용융구역(120)을 포함한다.
- [0119] 바람직하게는, 혼성로(10)는 전기용융구역(110)에 유리화 가능한 혼합물을 공급하기 위한 단일 배치충진기(batch charger)로 구성된 제1 충전장치(charging device)(610)를 포함하며, 상기 제1 충전장치(610)는 도 2에서 화살표로 개략적으로 표시된다.
- [0120] 바람직하게는, 상기 제1 충전장치(610)를 형성하는 배치충진기는 도 2에 도시된 바와 같이 전기용융구역(110)의 상류에 종방향으로(longitudinally) 배치된다.
- [0121] 또는, 상기 제1 충전장치(610)는 콜드탑 유형인 상기 전기용융구역(110)에 공급하기 위한 하나 이상의 배치충진기, 예를 들어 두 개의 배치충진기를 포함한다.
- [0122] 또는, 상기 제1 충전장치(610)는 특히 제1 충전장치(610)가 두 개 이상의 배치충진기를 포함하는 경우, 로 축(A-A')에 대해 종방향으로 배열되지 않고 횡방향으로 배열된다.
- [0123] 유리하게도, 제1 충전장치(610)는 유리화 가능한 혼합물을 전기용융구역(110)에서 용융 유리의 전체 표면을 덮는 층에 확산하도록, 바람직하게는 실질적으로 균일하게 확산되도록 구성된다.
- [0124] 예를 들어, 용융 유리조의 표면을 덮는 층에 유리화 가능한 혼합물을 확산하는 데 적합한 충전장치 또는 배치충진기를 설명하는 FR2599734를 참조할 수 있다.
- [0125] 바람직하게는, 상기 화염용융구역(120)에 유리화 가능한 혼합물을 공급하기 위한 제2 충전장치(620)는 상기 화염용융구역(120)의 양쪽에 가로로, 바람직하게는 로의 종축(A-A')에 직교하게, 배열된 제1 배치충진기(622) 및 제2 배치충진기(624)를 포함한다.
- [0126] 대안적으로, 제2 충전장치(620)는 상기 화염용융구역(120)에 유리화 가능한 혼합물을 공급하기 위한 단일 배치충진기를 포함한다.
- [0127] 제1 배치충진기(622) 및 제2 배치충진기(624)는 각각 도 2에서 화살표로 개략적으로 표시된다.
- [0128] 종래 기술에서는 본 발명에 따른 혼성로(10)의 화염용융구역(120)에 유리화 가능한 혼합물을 공급하기에 적합한, 전부는 아니더라도 다수의 스크류 배치충진기를 포함한다.
- [0129] 유리화 가능한 혼합물(때때로 "조성물"이라고도 함)은 일반적으로 원료와 킬릿(또는 "분쇄 유리")으로 구성되며 이를 용융하면 용융 유리가 생성된다.
- [0130] 알려진 방식대로, 킬릿은 유리를 재활용하여 얻은 유리 파편으로 구성되며, 이는 분쇄되고 일반적으로 세척된 후 유리를 다시 생산하기 위해 원료에 추가된다.
- [0131] 유리하게도, 킬릿은 용융, 즉 유리화 가능한 유리 혼합물의 용융에 의한 변형을 촉진한다. 킬릿을 사용하면 모래를, 따라서 에너지를 더욱 절약할 수 있는데, 킬릿은 모래보다 용융점이 낮아 생산 공정의 탄소 발자국을 줄이는 데 도움이 되기 때문이다.
- [0132] 또한, 킬릿은 재활용하여 사용된 유리를 업그레이드할 수 있게 하므로(유리는 거의 무한대로 재활용 가능함), 유리를 제조하는 데 필요한 원료의 양을 줄이고, 이로써 유리 제조 공정의 탄소 발자국을 줄이는 데 도움이 된다.
- [0133] 유리하게도, 유리화 가능한 혼합물은 10~40%의 킬릿, 바람직하게는 30~70%, 또는 심지어 100%의 킬릿을 포함한다.
- [0134] 바람직하게는, 상기 적어도 하나의 전기용융구역(110)과 관련된 제1 충전장치(610)에 의해 로에 도입된 유리화 가능한 혼합물과 상기 화염용융구역(120)과 관련된 제2 충전장치(620)에 의해 로에 도입된 유리화 가능한 혼합물은 유사한 조성을 갖는다. 이는 전기용융구역(110)과 화염용융구역(120)이 소위 제2의 혼성 작동모드에서 함

계 사용되는 경우에도 마찬가지이다.

- [0135] 유리화 가능한 혼합물의 "유사한" 조성은 제조될 유리의 조성과 상응하는 실질적으로 동일한 화학 조성을 의미하는 것으로 이해된다.
- [0136] 그러나 전기용융구역(110)과 화염용융구역(120)에 각각 도입된 유리화 가능한 혼합물은 반드시 동일하지 않다. 특히, 유리화 가능한 혼합물 각각에서 칼릿의 양에 차이가 있거나, 심지어 한쪽에는 정제제를 선택적으로 첨가하고 다른 쪽에는 첨가하지 않는 것이 가능하다.
- [0137] 유리하게는, 상기 적어도 하나의 전기용융구역(110) 및 상기 화염용융구역(120)은 상류 용융 구역 중 하나에 의해 생성된 용융 유리가 하류 용융 구역 중 다른 하나로 흐를 수 있도록 직렬로 배열된다.
- [0138] 이러한 배열로 인해, 상기 전기용융구역과 화염용융구역이 함께 사용될 때, 상기 용융 구역 중 하나에 의해 생성된 용융 유리는 로의 제2의 혼성 작동모드에서처럼 상기 용융 구역 중 다른 하나에 의해 생성된 용융 유리와 혼합된다.
- [0139] 제1 실시예에서, 혼성로(10)는 예를 들어 종방향으로 충전 구역(111)을 포함하며, 여기서 제1 충전장치(610)가 배치되어(배치충진기라고도 함) 유리화 가능한 혼합물을 전기용융구역(110)으로 도입하도록 의도된다. 상기 충전장치(610)는 도 1 및 도 2에 화살표로 개략적으로 도시되어 있다.
- [0140] 유리하게도, 충전장치(610)는 유리화 가능한 혼합물을 침착하여(deposit) 유리화 가능한 혼합물의 층(112)이 구체화되어 나타난 도 5 및 도 6에 도시된 바와 같이 유리조(113)의 전체 표면에 층(112)을 형성하도록 구성된다.
- [0141] 유리화 가능한 혼합물의 층(112)은 유리조(113)와 전기용융구역(110)의 정상(114) 사이에 절연층을 형성하며, 이것이 이러한 전기용융구역(110)을 "콜드탑"이라고 하는 이유이다.
- [0142] 바람직하게는, 유리조(113)는 예를 들어 10~40cm 두께의 유리화 가능한 혼합물로 구성된 층(112)으로 균일하게 덮여 있으며, 본 출원의 서문에 설명한 바와 같이 그 아래에서 복잡한 화학 반응이 발생하여 용융 유리가 얻어지게 된다.
- [0143] 전기용융구역(110)은 용융 유리, 특히 도 1에 도시된 용융 유리조(113)를 얻기 위해 제1 충전장치(610)에 의해 도입된 유리화 가능한 혼합물을 용융하도록 구성된 전극(115)을 포함한다.
- [0144] 전기용융구역(110)에서 전극(115) 주변에서 소산된 전력은 특히 주철과 상기 층(112)을 형성하는 유리화 가능한 혼합물 사이의 경계에서 필요한 칼로리를 제공하는 매우 강렬한 상승 흐름(rising current)을 포함하는 고대류(high-convection) 구역을 생성한다.
- [0145] 또한, 유리조(113)의 표면에 존재하는 유리화 가능한 혼합물 층(112)은 이산화탄소(CO<sub>2</sub>)를 투과하지만, 유리화 가능한 혼합물 층(112)은 유리하게도 용융 유리가 방출하는, 조성에 따라 때때로 독성이 있는 증기를 응축 또는 화학 반응에 의해 포집할 수 있다.
- [0146] 유리하게도, 전극(115)은 도 1에 도시된 바와 같이 유리조(113)의 표면을 덮고 있는 층(112)을 통해 유리조(113)에 잠기도록 유리조 표면에 배열된다.
- [0147] 바람직하게는, 침지 전극(115)은 수직으로 연장된다. 대안적으로, 침지 전극(115)은 비스듬하게 연장된다. 즉, 수직 방향에 대해 특정 각도를 갖도록 기울어진다.
- [0148] 또는, 전극(115)은 전기용융구역(110)의 바닥(116)을 통해 배열되어 유리조(113)에 완전히 잠기고, 상승 전극(침지 전극과 대조적으로)은 바람직하게는 수직으로, 또는 비스듬히 연장된다.
- [0149] 바닥을 통해 배열된 전극과 비교하여, 침지 전극(115)은 또한 전극의 마모 상태를 더 쉽게 제어할 수 있게 하고, 유리화 가능한 혼합물의 층(112)에서 용융 인터페이스에 더 가까운 전기 에너지를 소산해준다.
- [0150] 또한, 침지 전극(115)은 상승 전극과 비교하여 개구부가 없는 전기용융구역(110)의 바닥(116)을 유지할 수 있게 한다.
- [0151] 바람직하게는, 도 1에 도시된 바와 같이, 전기용융구역(110)의 바닥(116)은 편평하다. 변형예로서, 바닥(116)은 유리조(113)의 표면에 대하여 적어도 하나의 깊이 변화부(variation in depth)를 포함하며, 상기 변화부는 적어도 하나의 높임턱(elevation) 및/또는 적어도 하나의 레벨 변화부(change in level)를 포함한다.
- [0152] 바람직하게는, 용융 전극(115)은 유리조(113)에 균일하게 분포된다. 더욱이, 도 1 및 도 2에 도시된 9개의 전극

(115)의 수는 단지 예시일 뿐이므로 결코 이에 제한되지 않는다.

- [0153] 대안적으로, 전기용융구역(110)은 침지 전극 및 상승 전극을 함께 포함할 수 있다.
- [0154] 다른 대안적인 배열에 따르면, 적어도 침지 전극(115)의 일부분은 상기 전기용융구역(100)의 경계를 정하는 적어도 하나의 측벽을 통과하고, 이 경우 상기 침지 전극(115)은 수평으로 및/또는 비스듬하게 연장된다.
- [0155] 유리하게는, 침지 전극(115)은 몰리브덴으로 만들어지는데, 이 내화성 금속은 1700℃의 온도를 견디며, 유리는 고온에서만 전도성이 되기 때문에 줄 효과를 이용하여 유리를 녹이는 데 특히 적합하다.
- [0156] 유리하게는, 전기용융구역(100)은 침지 전극(110)의 자유 단부와 바닥(150) 사이에 위치하는, 버퍼 구역(117)이라고 하는 저대류 구역(zone of low convection)을 포함한다.
- [0157] 따라서, 혼성로(10)의 전기용융구역(110)은 이러한 저대류 버퍼구역(117)을 얻기 위해 침지 전극(115) 아래에 특정 깊이를 두도록 구성된다.
- [0158] 바람직하게는, 침지 전극(110)의 자유단과 바닥(116) 사이의 깊이는 600mm보다 크고, 바람직하게는 800mm보다 크다.
- [0159] 이러한 저대류 버퍼 구역(117)은 바닥(116)을 통과하는 상승 전극에 비해 침지 전극(115)을 선호하는 또 다른 이유이다.
- [0160] 유리하게도, 저대류 버퍼 구역(117)은 유리가 전기용융구역(110)에서 더 길게 머물게함으로써 고품질 유리를 얻는 데 직접적으로 기여한다.
- [0161] 도 1 및 2에 도시된 바와 같이, 전기용융구역(110)은 화염용융구역(120)의 상류에 위치하고, 혼성로(10)를 통해 상류에서 하류로, 즉 로의 종축 A-A'를 따라 흐른다.
- [0162] 유리하게도, 하류에 위치한 전기용융구역(110)과 화염용융구역(120)은 탱크 넥(160), 즉 도 2에 도시된 바와 같이 감소된 폭의 구역에 의해 서로 연결된다.
- [0163] 따라서 상기 전기용융구역(110)에 의해 생성된 용융 유리는 상기 전기 및 화염용융구역이 함께 사용될 때, 로의 제2의 혼성 작동모드에서와 같이, 유리하게도 화염용융구역(120)에 의해 생성된 용융 유리와 혼합된다.
- [0164] 제1의 전기용융 모드에서 처럼 화염용융구역(120)이 사용되지 않을 때, 전기용융구역(110)에 의해 생성된 용융 유리는 화염용융구역(120)을 통해 하류 정제구역(200)으로 흐른다.
- [0165] 유리하게도, 이러한 탱크 넥(160)은 전기용융구역(110)에서 화염용융구역(120)으로 흐를 때 용융 유리의 냉각을 보장한다. 탱크 넥(160)의 길이가 길수록 유리의 냉각이 커진다.
- [0166] 도 2는 전기용융구역(110)을 화염용융구역(120)에 연결하는 탱크 넥(160)의 예시적 실시예를 제한적이지 않게 보여준다.
- [0167] 이 예시적 실시예에 따르면, 전기용융구역(110)에서 탱크 넥(160)으로의 천이는 유리 통로의 폭과 단면이, 예를 들어 여기서는 로의 종축 A-A'와 90° 각도를 형성하는 벽에 의해 급격하게 좁아져서 천이된다, 탱크 넥(160)에서 화염용융구역(120)으로의 천이는 유리 통로의 단면이 급격하게 역으로 확장됨으로써, 예를 들어 여기서는 로의 종축 A-A'와 90° 각도를 형성하는 벽에 의해 역으로 확장되어 전환된다.
- [0168] 또는, 탱크 넥(160)의 입구에서의 각도는 폭이 좁아지는 것이 덜 갑작스럽고 더 점진적이 되도록 90° 보다 큰 값을 가질 수 있으며, 마찬가지로 탱크 넥(160)의 출구에서의 각도 값이 로의 종축 A-A'를 따라 덜 갑작스럽게 확장되어 더 점진적이 되도록 선택될 수 있다.
- [0169] 유리하게도, 탱크 넥(160)을 통해 상류에서 하류로 흐르는 용융 유리는 전기용융구역(110)의 하부, 즉, 바닥에서 취해지므로, 유리는 고대류 전극(115) 사이의 구역보다 비교적 "더 차갑다".
- [0170] 탱크 넥(160)은 혼성로(10)의 전기용융구역(100)의 바닥(116)에 연결된 바닥(165)을 갖는다.
- [0171] 유리하게도, 혼성로(10)는 용융 유리가 화염용융구역(120)에서 전기용융구역(110)으로 역류하는 것을 방지하도록 구성된 유리의 "비역류" 분리 장치(170)를 포함한다.
- [0172] 분리장치(170)는 유리가 역류하는 것을 방지하기 위하여 탱크 넥(160)에, 즉 전기용융구역(100)과 화염용융구역(120) 사이에 위치한다.

- [0173] 유리하게도, 분리장치(170)는 혼성로(10)의 작동모드에 따라 전기용융구역(110)이 사용 중이든 아니든 유리가 전기용융구역(110)으로 돌아가는 것을 방지할 수 있다.
- [0174] 이러한 "비역류" 유리 분리장치(170)의 몇 가지 예가 아래에 설명된다.
- [0175] 도 1 및 도 2의 제1 실시예에 따른 혼성로(10)의 탱크 넥(160)을 자세히 도시한 도 3에 도시된 제1 예에 따르면, "비역류" 유리 분리장치(170)는 상기 탱크 넥(160)의 바닥(165)의 적어도 하나의 높임턱(161)에 의해 형성된다.
- [0176] 바람직하게는, 높임턱(161)은 상류에서 하류로 연속적으로 적어도 하나의 제1 상승부(164), 제2 정상부(166) 및 제3 하강부(168)를 포함한다.
- [0177] 유리하게, 높임턱(161)은 탱크 넥(160)의 전체 폭에 걸쳐 횡으로 확장된다.
- [0178] 물론, 이러한 높임턱(161)은 일반적인 모양, 치수, 특히 이를 구성하는 각각의 다른 세그먼트(164, 166 및 168)의 구성에 따라 수많은 기하학적 변형을 가질 수 있다.
- [0179] 바람직하게는, 상승부(164)는 용융 유리가 도 3에 도시된 바와 같이 높임턱(161)의 정상부(166)를 향해 상승할 수 있는 경사로를 형성하도록 결정된 각도( $\alpha$ )로 기울어진다.
- [0180] 바람직하게는, 상승부(164)는 예를 들어  $20^\circ$  와  $70^\circ$  사이의 예각( $\alpha$ )을 갖는 경사면이며, 상기 각도( $\alpha$ )는 높임턱(161)의 상승부(164)와 수평선 사이의 각도로 표시되며, 여기서 전기용융구역(110)의 평평한 바닥(116)을 기준으로 한다.
- [0181] 변형예(도시되지 않음)로, 상승부(164)는 예를 들어 적어도 하나의 계단 또는 높이 및/또는 길이 치수가 동일하거나 동일하지 않은 두 개 이상의 계단을 갖는 계단식 형상일 수 있다.
- [0182] 바람직하게는, 정상부(166)는 평면이며, 수평 정상부를 형성한다.
- [0183] 유리하게도, 정상부(166)는 따라서 주어진 길이에 걸쳐서, 바람직하게는 여기서 탱크 넥(160)의 총 길이의 절반 이상에 걸쳐 중방향으로 확장된다.
- [0184] 정상부(166)는 높임턱(161)이 갖는 최대 높이(H1)를 결정하고, 이는 탱크 넥(160)에서 용융 유리의 통과부분을 결정한다.
- [0185] 높임턱(161)의 하강부(168)는 수직으로 연장되며 수평으로 연장되는 평평한 정상부(166)의 하류 끝에 직각으로 연결된다.
- [0186] 또는, 도 4에 도시된 바와 같이 비역류 분리장치(170)의 제2 예에서는, 하강부(168)는 용융 유리의 흐름을 탱크 넥(160)에서 화염용융구역(120)으로 점진적으로 이어지게 구성된다.
- [0187] 이러한 하강부(168)는 예를 들어 경사면에 의해 형성되며, 이는 계단형일 수도 있고 그렇지 않을 수도 있으며, 특히 상승부(164)의 대안적 실시예에 대해 위에서의 설명과 같이 계단형으로 만들어질 수 있다.
- [0188] 유리하게도, 혼성로(10)는 콜드탑 전기용융구역(110)의 대기를 핫탑 화염용융구역(120)의 대기에서 분리할 수 있는 적어도 하나의 대기 분리수단(174)을 포함한다.
- [0189] 도 3에 도시된 바와 같이, 대기 분리수단(174)은 예를 들어 탱크 넥(160)에 배치되며, 정상에서 수직으로 연장되고 그 하부 자유단은 유리 표면과 접촉하거나 유리에 잠겨 있는 것이 바람직하다.
- [0190] 유리하게도, 혼성로(10)는 "스키머"라고도 알려진 고정수단(176)을 포함하는데, 이는 전기용융구역(110)에서 유리화 가능한 혼합물의 층(112)을 유지할 수 있으므로 유리조(113)의 표면에 존재하는 상기 유리화 가능한 혼합물이 탱크 넥(160)으로 침투하지 않는다.
- [0191] 바람직하게는, 층(112)을 고정하기 위한 수단(176)은 분리수단(174)과 구조적으로 분리되어 있으며, 상기 고정수단(176)은 도 3에 도시된 바와 같이 상기 분리수단(174)에 인접하거나 멀리 떨어져 있을 수 있다.
- [0192] 대안적으로, 분리수단(174)은 콜드탑과 핫탑 사이의 대기를 분리하는 기능 뿐만 아니라 고정수단(176)의 기능도 수행할 수 있다.
- [0193] 유리하게도, 분리수단(174)은 유리화 가능한 혼합물의 층(112)을 전기용융구역(110)에 유지하기 위해 그 자유단부가 유리조(113) 내에 잠기도록 구성된다. 바람직하게는, 상기 분리수단(174)은 유리조(113)의 표면에 존재

하는 유리화 가능한 혼합물의 층(112)이 하류 탱크 넥(160)으로 침투하지 않도록 탱크 넥(160)의 상류 끝에 위치한다.

- [0194] 도 3의 제1 예와 비교하여 설명한 도 4의 제2 예에 따르면, 유리 비역류 분리장치(170)는 마찬가지로 탱크 넥(160)의 바닥(165)의 적어도 하나의 높입턱(161)과 댐(172)을 포함한다.
- [0195] 유리하게도, 탱크 넥(160) 바닥(165)의 높입턱(161)은 도 3을 참조하여 위에서 설명한 것과 실질적으로 동일한 모양이어서, 상승부(164), 정상부(166) 및 하강부(168)가 연속적으로 구성된다.
- [0196] 그러나 도 4는 앞서 설명한 변형예를 보여주는데, 여기서 높입턱(161)의 하강부(168)가 탱크 넥(160)에서 화염 용융구역(120)을 향해 용융 유리의 흐름을 점진적으로 수반하도록 구성된다. 이 변형예에 따르면, 하강부(168)는 예를 들어 경사면으로 형성될 수 있으며, 계단형일 수도 있고 아닐 수도 있다.
- [0197] 유리하게도, 댐(172)은 바닥(165)의 높입턱(161) 정상부(166) 위에 배치된다.
- [0198] 도 4에서, 바닥(165)의 높입턱(161)은 앞에서 표시된 대로 기준으로 잡은 전기용융구역(110)의 평평한 바닥(116)에서 수평에 대해 높이(H2)를 갖고, 상기 높이(H2)는 도 3에 표시된 높이(H1)보다 비교적 작다.
- [0199] 따라서, 용융 유리의 표면(S)과 바닥(165)의 높입턱(161) 정상부(166) 사이의 유리의 깊이(P2)는 도 3에 도시된 실시예의 깊이(P1)보다 크다.
- [0200] 바람직하게는, 높입턱(161)과 관련된 댐(172)은 유리조(113)에서 댐의 침지 깊이를 조정하기 위해 수직으로 이동할 수 있도록 장착되므로, 댐(172)의 자유단과 높입턱(161)의 정상부(166) 사이의 유리 통로의 단면이 변할 수 있다.
- [0201] 또는, 댐(172)이 고정되면 유리 통로의 단면은 유리조(113)에 있는 댐(172)의 침지 깊이에 의해 결정되므로 일정하다.
- [0202] 바람직하게는, 댐(172)은 떼어낼 수 있어서, 즉 분해 가능하므로, 특히 유리와 접촉하여 발생하는 마모로 인해 댐(172)을 변경하거나 수리할 수 있으므로 혼성로(10)의 유지 관리를 용이하게 한다.
- [0203] 댐(172)은 예를 들어 비내화성 금속 또는 합금으로 만들어지며, 그러면 상기 댐은 냉각 유체 냉각 회로(도시되지 않음), 특히 워터 재킷 유형의 회로에 의해 냉각될 수 있다.
- [0204] 댐(172)은 탱크 넥(160)의 흐름을 제한하고 유리에서 댐으로 전달되는 열(칼로리)의 일부를 제거하는 워터 재킷 냉각 유체 냉각 회로 덕분에 탱크 넥(160)에서 유리를 냉각하는 데 도움이 된다.
- [0205] 또는 댐(172)은 내화성 재료, 일반적으로 세라믹, 예를 들어 전기 용융 내화성 "AZS"(알루미나-지르콘-실리카의 약자) 또는 몰리브덴과 같은 내화성 금속으로 만들어진다.
- [0206] 제3의 예(도시되지 않음)에 따르면, 분리장치(170)는 유리하게 방금 설명한 댐(172)과 동일한 댐만을 포함하며, 용융 유리조(113)에 부분적으로 잠기도록 의도된다.
- [0207] 바람직하게는, 도 4에 도시된 제2의 예에 따른 배열과 비교하여, 댐은 탱크 넥(160)의 상류 끝, 상기 전기용융 구역(110)과의 접합부에 위치된다.
- [0208] 바람직하게는, 댐은 전기용융구역(110)을 화염용융구역(120)에 연결하는 탱크 넥(160)의 전체 폭에 걸쳐 횡으로 확장된다.
- [0209] 바람직하게는, 위에서 설명한 바와 같이, 댐은 유리조(113)에 잠기는 깊이를 조정하기 위해 수직으로 이동할 수 있도록 장착되거나, 대안적으로 유리 통로 특정 단면을 결정하는 고정된 위치를 차지한다.
- [0210] 유리하게는, 탱크 넥(160)의 상류에 배치된 댐은 전기용융구역(110)에서 유리조(113)을 덮고 있는 유리화 가능한 혼합물 층(112)을 고정시킬 수 있어서, 도 3을 참조하여 앞서 설명한 고정수단(176)의 기능을 충족시키므로, 이러한 고정수단(176)을 제거하는 이점을 얻을 수 있다.
- [0211] 도 4에서 앞서 설명한 바와 같이, 댐은 유리하게 떼어낼 수 있으며, 특히 제작에 사용된 재료의 유형에 따라 냉각 유체 냉각 회로에 의해 냉각된다.
- [0212] 상기 설명된 예에 따르면, 유리하게는 비역류 유리 분리장치(170)는 용융 유리에 부분적으로 잠길 수 있는 댐(172) 및/또는 탱크 넥(160)의 바닥(165)의 적어도 하나의 높입턱(161)을 포함한다.

- [0213] 유리하게, 혼성로(10)는 탱크 벙크(160)에서 유리를 선택적으로 냉각할 수 있는 유리 냉각수단(500)을 포함한다.
- [0214] 전기용융구역(110)을 하류에 위치한 화염용융구역(120)에 연결하는 탱크 벙크(160)을 통해 유리가 흐르는 동안 유리를 냉각하는 것뿐만 아니라, 이러한 냉각 수단(500)이 있으면 냉각이 더 빨리되게 할 수 있고, 특히 유리의 온도를 조절함으로써 이러한 냉각을 변화시키는 것이 가능하게 된다.
- [0215] 바람직하게는, 탱크 벙크(160)에서 유리를 냉각하기 위한 수단(500)은 적어도 하나의 공기 순환 냉각장치(510)를 포함한다.
- [0216] 도 3 및 도 4에 개략적으로 보다 구체적으로 도시된 것과 같은 공기 순환 냉각장치(510)의 예시적인 실시예는 다음과 같다.
- [0217] 이러한 유리용 공랭식 냉각장치(510)는 적어도 혼성로(10)의 탱크 벙크(160)의 대기에 냉각 공기를 도입하기 위한 흡입수단(intake means)(512)을 포함한다.
- [0218] 바람직하게는, 유리 냉각용 냉각장치(510)는 뜨거운 공기를 배출하고 새로운 냉각 공기에 의한 재생을 보장하기 위해 탱크 벙크(160)에 배열된 배출수단(discharge means)(514)을 포함한다.
- [0219] 대안적으로, 배출수단은 탱크 벙크(160)의 하류에 위치하여 연기를 추출하도록 의도된 추출수단(extraction means)(도시되지 않음)에 의해 형성된다. 유리하게는, 혼성로(10)에 추가 수단을 구비할 필요 없이 상기 추출수단에 의해 연기와 함께 뜨거운 공기가 배출된다.
- [0220] 유리 냉각장치(510)의 흡입수단(512) 및 공기 배출수단(514)은 예를 들어 탱크 벙크(160)의 상부를 지지하는 측벽에 나타나는 하나 이상의 개구(openning)에 의해 형성된다.
- [0221] 흡입수단(512) 및 공기 배출수단(514)은 예를 들어 탱크 벙크(160)의 양쪽에 가로로 배열되거나, 대안적으로 탱크 벙크(160)의 한쪽에만 배열된다.
- [0222] 유리 냉각장치(510)의 공기 흡입수단(512) 및 공기 배출수단(514)은 도 3에 도시된 바와 같이 대기 분리수단(174)의 상류에 배열될 수 있고 또는 도 4에 도시된 바와 같이 하류에 배열될 수도 있다.
- [0223] 유리하게는, 제1 탱크 벙크(160)으로 유입되는 냉각 공기의 온도는 탱크 벙크(160) 내부에 있는 뜨거운 공기의 온도보다 낮으며, 냉각 공기는 순환하여 열 전달 유체를 형성한다.
- [0224] 바람직하게는, 사용되는 냉각 공기는 혼성로(10) 외부, 또는 상기 혼성로(10)가 설치된 건물의 인클로저 외부에서 취해진 대기이다.
- [0225] 유리하게는, 사용되는 대기의 온도는 제어되어 조절된다. 예를 들어, 온도 또는 습도도 제어하기 위해 공기가 유입되기 전에 미리 냉각되거나 재가열될 수 있다.
- [0226] 유리 냉각은 주로 대류에 의해 달성되며, 도입된 냉각 공기는 유리에 의해 전달되는 열(칼로리)과 함께 제거되기 전에 유리 표면과 접촉하면서 가열된다.
- [0227] 유리하게는, 공기의 순환은 상기 흡입수단 및/또는 배출수단과 연관되어 공기 순환 유량을 변화시키도록 제어할 수 있는 팬과 같은 공기 송풍수단(미도시)에 의해 제어될 수 있다.
- [0228] 또 다른 실시예에 따르면, 유리 냉각수단(500)은 유리를 냉각하기 위해 상기 탱크 벙크(160)을 통해 상류에서 하류로 흐르는 유리에 침지된다.
- [0229] 이러한 냉각수단은 예를 들면, 용융 유리에 의해 스테드에 전달된 열을 배출하기 위해 열전달 유체를 사용하는 냉각 회로에 의해 냉각되는 유리에 침지된 수직 스테드에 의해 형성된다.
- [0230] 또 다른 실시예에 따르면, 냉각수단(500)은 유리와 접촉하는 탱크 벙크(160)의 구조물을 냉각할 수 있고, 냉각은 제1 탱크 벙크(160)의 구조물 외부에서 수행된다.
- [0231] 또 다른 실시예에 따르면, 냉각수단(500)은 열교환기 유형의 냉각 장치를 포함하며, 이는 또한 탱크 벙크(160) 주위의 대기, 즉 유리 표면 위에 배열되고, 이를 통해 냉각 유체, 일반적으로 물이 흐르면서 공기와 용융 유리를 냉각시키는 금속 냉각수단을 더 포함한다.
- [0232] 물론, 앞서 설명한 다양한 실시예에 따른 것과 같은 탱크 벙크(160)과 관련된 냉각수단(500)은 단독으로 또는 조합하여 구현될 수 있다.

- [0233] 유리하게는, 탱크 벡(160)과 연관된, 유리를 냉각하기 위한 수단(500)은 유리의 온도, 특히 인장속도가 증가하면 유리의 온도가 상승하기 때문에 인장속도가 변할 때 변할 수 있는 온도를 선택적으로 제어할 수 있게 한다.
- [0234] 바람직하게는, 탱크 벡(160)과 관련된 유리 냉각수단(500)은 전기용융구역(110)이 사용 중일 때에도, 즉 로의 제1의 전기용융 작동모드 또는 제2의 혼성 작동모드에서 사용된다.
- [0235] 이전에 설명한 바와 같이, 상기 전기용융구역(100)은 탱크 벡(160)에 의해 혼성로(10)의 화염용융구역(120)에 연결된다.
- [0236] 화염용융구역(120)은 제2 충전장치(620)에 의해 도입될 수 있는 유리화 가능한 혼합물을 용융하기 위해 적어도 "오버헤드" 버너(125)를 포함하며, 상기 오버헤드 버너(125)는 용융 유리의 표면(S) 위에 배치된다.
- [0237] 도시되지 않은 변형예에서, 혼성로(10)는 상기 화염용융구역(120)에 배열된 전기 부스팅 및/또는 보일러와 같은 변조 수단(도시되지 않음)을 포함한다.
- [0238] 예를 들어 화염용융구역(120)은 도 1 및 도 2에 개략적으로 도시된 4개의 오버헤드 버너를 포함한다.
- [0239] 오버헤드 버너(125)는 가로로 배열되고, 결과적으로 종종 "횡버너"로 지칭되며, 예를 들어 화염용융구역(120)의 양쪽에 배열되며, 여기서는 서로 마주보도록 도시되고, 대안적으로는 서로 마주보지 않도록 서로 어긋나게 설치되어 오프셋된 것이 바람직하다.
- [0240] 혼성로(10)는 오버헤드 버너(125)의 하류에 위치한 적어도 하나의 다른 버너(215)를 갖는데, 그 주요 기능은 유리화 가능한 혼합물을 용융하는 것이 아니라 유리를 전도하는 것이다.
- [0241] 바람직하게는, 혼성로(10)는 버너(215)와 마찬가지로 정제구역(200)의 양쪽에 가로로 분포된 4개의 오버헤드 버너(125)를 갖는다.
- [0242] 화염용융구역(120)에서 유리화 가능한 혼합물의 용융과 정제구역(200)에서 유리의 선택적 가열은 이러한 목적으로 연료를 공급받는 오버헤드 버너(125)와 버너(215) 각각에 의해 전달되는, 유리의 표면(S) 위에서 연소에 의해 생기는 화염에 의해서 달성된다.
- [0243] 이것이 버너(125 또는 215)가 완전히 다른 기술을 기반으로 하는 "침지형" 버너와 대조적으로 "오버헤드" 버너라고 불리는 이유이다.
- [0244] 도면에 도시된 화염용융구역(120)과 정제구역(200) 사이의 경계는 표시를 한 것일 뿐 결코 제한적이지 않다. 실제로, 경계는 고정된 선이 아니라 가변적인 선이며, 특히 용광로의 인장속도와 작동모드에 따라 달라지며, 상기 경계는 관례상 유리조 표면에서 유리화 가능한 혼합물의 존재와 부재 사이의 분리선에 해당한다.
- [0245] 유리하게도, 화염용융구역(120)은 로의 종축(A-A')을 따라 화염용융구역(120)에 의해 생성될 수 있는 최대 인장속도를 추가로 결정하는 길이(L)에 걸쳐 확장된다.
- [0246] 용융 구역(100) 다음에, 도 1 및 도 2에 도시된 제1 실시예에 따른 혼성로(10)의 정제구역(200) 및 냉각구역(300)을 기술한다.
- [0247] 혼성로(10)의 정제구역(200)은 전기용융구역(100) 및/또는 화염용융구역(120)에서 나오는 용융 유리에 있는 기포(즉 개스 결합)를 제거하여 고품질의 유리를 얻도록 구성되며, 이를 통해 플로트 유리 유닛을 유리하게 공급할 수 있다.
- [0248] 이를 위해 정제구역(200)은 상류 재순환 루프라고 하는 제1 대류 루프(210)와 하류 재순환 루프라고 하는 제2 대류 루프(220)를 포함하도록 구성된다.
- [0249] 바람직하게는, 상류 재순환 루프라고 하는 제1 대류 루프(210)는 도 1에 도시된 바와 같이 제2 대류 루프(220)보다 종축방향에서 더 짧다.
- [0250] 유리하게도, 상기 루프(210, 220)에 대응하는 유리의 대류 흐름은 유리를 교반하여 거품을 제거하고 정제구역(200)에서 유리의 체류 시간을 증가시켜 고품질 유리를 얻는 데 도움이 된다.
- [0251] 유리하게도, 혼성로(10)의 화염용융구역(120)을 정제구역(200)의 상기 제1 대류 루프(210)가 횡단된다.
- [0252] 제2의 혼성 작동모드에서, 따라서 제1 대류 루프(210)는 함께 사용되는 전기용융구역(110)과 화염용융구역(120)에 의해 전달된 용융 유리를 혼합하는 데에도 참여한다.

- [0253] 제1 대류 루프(210)와 제2 대류 루프(220)는 루프(210, 220)의 반전 구역(inversion zone)(230)에 의해 분리되며, 반전구역은 일반적으로 1500℃ 이상의 온도인, 정제구역(200)에서 유리의 가장 뜨거운 지점에 해당하는 핫스팟(또한 "소스 지점"이라고 함)에 의해 결정된다.
- [0254] 유리하게도, 버너(215)는 루프(210, 220)의 반전구역(230)을 결정하는 상기 핫스팟을 얻기 위하여 정제구역(200)의 정상(240) 아래에 배열된다.
- [0255] 로의 정제구역(200)에서 연소에 의해 방출된 열 에너지의 일부는 복사 및 대류에 의해 유리로 직접 전달되고, 다른 일부는 정상(240)에 의해 전달되어 복사에 의해 유리로 반환되며, 특히 이러한 이유로 "핫탑"이라고 한다.
- [0256] 유리하게도, 혼성로(10)는 루프 반전구역(230)에 돌출부(260)가 있다는 것이 특징이다. 바람직하게는, 돌출부(260)는 정제구역(200)의 바닥(250)에서 수직으로 연장된다.
- [0257] 도 1에 도시된 바와 같이, 돌출부(260)는 유리의 표면(S) 아래에 잠겨 상류 재순환 루프라고 하는 제1 대류 루프(210)에서 하류 재순환 루프라고 하는 제2 대류 루프(220)로 유리가 지나가는 것을 결정하는 평원부를 포함한다.
- [0258] 바람직하게는, 혼성로(10)는 전기 부스팅(electic boosting) 및/또는 보일러와 같은 조절수단(도시되지 않음)을 포함하는데, 이는 화염용융구역(120) 및/또는 정제구역(200)에 배치되어 유리 생산 공정을 용이하게 하기 위해 상기 루프(210, 220)의 대류를 조절할 수 있게 할 수 있다.
- [0259] 따라서 유리하게 조절수단은 전기 부스팅, 즉 전극 및/또는 보일러를 포함하는 추가 전기가열수단, 즉 공기 또는 질소와 같은 적어도 하나의 가스를 바닥에 주입하기 위한 시스템을 포함하며, 그 기포는 이후 유리의 상승 운동을 만든다.
- [0260] 바람직하게는, 혼성로(10)는 정제구역(200) 바닥(250)의 깊이가 유리의 표면(S)에 대하여 변하는 적어도 하나의 깊이 변화부(270)를 포함한다.
- [0261] 깊이 변화부(270)는 제1 대류 루프(210)를 포함하는 부분 및/또는 제2 대류 루프(220)를 포함하는 부분에 위치한다.
- [0262] 유리하게는, 유리의 깊이 변화부(270)는 예를 들어 도 1에 표시된 적어도 하나의 바닥(250) 높임턱으로 구성된다. 또는, 깊이 변화부(270)는 적어도 하나의 바닥(250) 레벨 차이로 구성된다.
- [0263] 깊이 변화부(270)를 형성하는 바닥(250)의 높임턱(elevation), 즉 여기서 깊이 감소부는 예를 들어 적어도 하나의 계단(272) 또는 두 개의 계단으로 구성된다.
- [0264] 깊이 변화부(270)는 정제구역(200)과 유리 냉각 구역(300)의 교차점에서 점진적일 수 있다. 예를 들어 돌출부(260)의 상류에 있는 깊이 변화부의 경우 직선 부분(274)에 의해서 점진적일 수 있고, 또는 돌출부(260)의 하류에 있는 계단(322)의 경우 경사 부분(276)에 의해 점진적일 수 있다.
- [0265] 바람직하게는, 냉각구역(300)은 예를 들어 경사 부분(276)이 바닥(250)에서 이어지는 계단(322)과 상기 계단(322)의 하류에 있는 또 다른 계단(332)을 포함하는 높임턱에 의해 형성되는 깊이 변화부(370)도 포함한다. 상기 계단(322)는 또한 경사 부분(376)에 의해 다른 계단(332)에 점진적으로 연결된다.
- [0266] 대안적으로, 앞서 도 1에서 설명한 각각의 직선부와 경사부는 한편으로는 계단(272)과 다른 한편으로는 계단(322, 332) 사이에서 바뀌어질 수 있고 또는 아니면 오직 하나의 동일한 유형, 즉 모두 직선이거나 경사질 수 있다.
- [0267] 도 1에서 연속계단(322 및 332)에 대해 설명한 바와 같이, 냉각구역(300)은 유리 표면(S)에 대한 깊이가 돌출부(260)에서 부터 상류에서 하류로 점진적으로 감소하도록 구성된 바닥(350)을 포함한다.
- [0268] 혼성로(10)의 유리 냉각구역(300)은 하류 재순환 루프인 제2 대류 루프(220)에 의해 통과된다.
- [0269] 냉각구역(300)은 하류에 위치하고 바람직하게는 용융 금속조 상의 프로트 유리 유닛으로 구성되는 성형구역에 고품질 유리를 공급하도록 의도된 적어도 하나의 플로우 채널(flow channel)(400)과 연통하는 컨디셔닝 탱크(conditioning tank)(310)에 의해 형성된다.
- [0270] 유리하게는, 냉각구역(300)의 컨디셔닝 탱크(310)는 상류에서 하류로 제2 탱크 벙이라고 하는 또 다른 탱크 벙(320)과 작업 단부(330)를 포함한다.

- [0271] 유리하계는, 정제구역(200)의 대기와 냉각구역(300)의 더 차가운 대기는, 바람직하게는 유리에 템퍼링하지 않고, 정상(340)에서 유리의 표면(S) 부근까지 수직으로 연장되는 열스크린(360)에 의해 서로 분리된다.
- [0272] 유리하계는, 혼성로(10)의 길이방향 종축 A-A'를 횡단하는 임의의 수직 평면에는 하류에서 상류로 이어지는 종방향 속도 성분을 갖는 유리 지점이 컨디셔닝 탱크(310)에 존재한다.
- [0273] 컨디셔닝 탱크(310) 이후에는 유리를 성형영역에 공급하도록 의도된 플로우 채널(400)에서 다시 돌아오는 흐름이 발생하지 않는다. 즉, 플로우 채널(400) 내 유리의 흐름은 "피스톤" 흐름이다.
- [0274] 유리하계는, 본 발명에 따른 혼성로(10)는 리터당 0.1개 미만의 기포, 바람직하게는 리터당 0.05개 미만의 기포를 갖는, 특히 평판 유리를 생산하기 위한 플로트 유리 유닛을 공급하기에 가장 적합한 고품질 유리를 제공할 수 있다.
- [0275] 유리하계는, 혼성로(10)는 리터당 기포가 0.1개 미만인 고품질 유리를 갖는 플로트 유리 유닛을 하루에 400톤 이상, 바람직하게는 하루에 600 내지 900톤, 또는 심지어 하루에 1000톤 이상의 인장속도로 용융 금속조에 공급할 수 있다.
- [0276] 유리를 제조하기 위한 본 발명에 따른 혼성로(10)는 플로우 채널(400)을 통해 판유리 제조용 용융 금속조, 예를 들어 주석조에 플로트 유리 유닛을 공급한다.
- [0277] 본 발명에 따르면, 앞서 설명한 바와 같이, 제1 실시예에 따른 혼성로(10)는 전기용융구역(110)과 화염용융구역(120)을 포함하는 점에서 더욱 특징지어지는데, 이들은 서로 독립적으로 작동할 수 있어서 상기 혼성로(10)에 에너지 유연성을 제공한다.
- [0278] 본 발명에 따른 혼성로(10)에서, 에너지 유연성은 유리 생산 공정에서 가장 에너지 집약적인 단계인 유리화 가능한 혼합물의 용융 단계에 사용되는 에너지의 유연성을 말한다.
- [0279] 유리하계도, 전극(115)은 유리화 가능한 혼합물을 용융하기 위한 전기용융구역(110)의 가열 수단을 구성하며, 버너(125)는 우선적으로 화염용융구역(120)의 유일한 가열 수단을 구성한다. 또는 상기 버너(125)는 침지 전극을 포함하는 부스트 전기 가열수단을 사용할 때 주요 가열 수단을 구성한다.
- [0280] 혼성로(10)의 이러한 용융구역(100) 설계로 인해, 상기 언급된 세 가지 작동모드, 즉 제1의 전기용융 작동모드, 제2의 혼성 작동모드 및 제3의 화염용융 작동모드 중 하나를 선택할 수 있다.
- [0281] 유리하계도, 전기용융구역(110)은 로의 공칭 인장속도 이하의 최대 인장속도, 즉 공칭 인장속도의 0%와 100% 사이의 최대 인장속도를 제공할 수 있다.
- [0282] 바람직하게는, 전기용융구역(110)은 최대 100%까지의 인장속도를 제공할 수 있으므로, 상기 공칭 인장속도는 일반적으로 제1 작동모드에서 전기용융에 의해서만 얻을 수 있다.
- [0283] 유리하계도, 화염용융구역(120)은 로의 공칭 인장속도 이하의 최대 인장 속도, 즉 공칭 인장속도의 0% 과 100% 사이, 바람직하게는 일반적으로 제3 작동모드에서 화염용융만으로 상기 공칭 인장속도를 얻을 수 있도록 100%까지 제공할 수 있다.
- [0284] 바람직하게는, 화염용융구역(120)은 공칭 인장속도의 0% 내지 50%의 최대 인장속도를 제공할 수 있다. 결과적으로, 공칭 인장속도를 달성하기 위해 전기용융구역(110)은 제2의 혼성 작동모드에서와 같이 100%에 도달하기 위해 화염용융구역(120)과 함께 사용되어야 한다.
- [0285] 본 발명에 따른 혼성로(10)에서, 유리화 가능한 혼합물을 용융하는 데 사용되는 에너지는 따라서 선택된 작동모드에 따라 달라지며, 이는 특히 혼성로(10)의 공칭 인장속도와 관련하여 원하는 인장속도를 기반으로 결정될 수 있다.
- [0286] 바람직하게는, 유리화 가능한 혼합물은 혼성로(10)의 전기용융구역(110)에서 전체가 또는 부분적으로 용융되므로, 용융은 제1의 전기용융 작동모드에 따라 전기 에너지만으로 달성되거나, 제2의 혼성 작동모드에 따라 연료와 함께 주로 전기 에너지로 달성된다.
- [0287] 유리하계는, 전기는 유리 생산 공정에서, 특히 공정 중 가장 에너지 집약적 단계인 유리화 가능한 혼합물을 용융하는 데에 혼성로(10)에서 사용되는 총 에너지의 60% 이상, 또는 심지어 80% 이상을 차지한다.
- [0288] 사실, 서문에서 설명한 대로 유리 생산 공정의 탄소 발자국을 줄이기 위한 노력이 계속되고 있다.

- [0289] 따라서 연료 에너지가 천연 가스와 같은 화석 연료이고, 이에 비하여 전기 에너지가 재생 가능하고 탈탄소화 에너지에서 얻은 전적으로 또는 부분적을 "녹색" 전기인 경우, 적어도 이러한 이유로 전기가 일반적으로 선호된다.
- [0290] 그러나 전기가 용융을 위해 선호되는 에너지원일 수 있지만, 혼성로(10)는 또한 연료를 사용하는 화염용융을 사용하는 제3의 작동모드를 제공하는데, 이는 예를 들어 전원 공급 문제가 발생하더라도 혼성로(10)가 강제 종료되는 것을 방지하여 유리를 항상 생산할 수 있음을 보장한다.
- [0291] 잘 알려진 바와 같이, 혼성로(10)는 (예를 들어, 쌍으로 및 역으로) 작동하는, 내화성 재료로 만들어진 체생기 또는 버너(125 및/또는 215)에 공급하는 유체(연료 및 산화제)를 예열하여 연소를 개선하기 위해 생산과정에서 나오는 연기에 포함된 열을 사용하는 금속 교환기를 포함할 수 있다.
- [0292] 오버헤드 버너(125) 및 버너(215))는 연소에 의해 화염을 생성하며, 이는 다양한 유형의 연료와 산화제를 결합함으로써 얻을 수 있지만, 이러한 선택은 유리 제조의 탄소 발자국 또는 제품 제조와 관련된 온실 가스의 직간접 배출, 특히 이산화탄소(CO<sub>2</sub>) 배출에 직접적인 영향을 미친다.
- [0293] 그러나 버너(125)에서 가장 흔히 사용되는 연료가 가스이지만, "녹색 연료", 특히 "바이오가스", 바람직하게는 "바이오메탄"(CH<sub>4</sub>)을 사용함으로써 유리 생산 공정의 탄소 발자국을 더욱 개선할 수 있다.
- [0294] "바이오가스"는 본질적으로 메탄과 이산화탄소로 구성된 가스로, 산소가 없는 상태에서 유기물을 발효시키는 메탄화에 의해 생성된다.
- [0295] 수소(H<sub>2</sub>)는 바이오가스에 비해 유리하게 탄소가 없고 탄소가 없으면 이산화탄소(CO<sub>2</sub>) 배출이 없기 때문에 연료로 더욱 선호하여 사용된다.
- [0296] 버너(125 및 215)에 의한 연소의 경우, 공기 중에 존재하는 산소는 일반적으로 산화제로 사용되지만, 이 공기는 산소로 풍부화되어 산소가 풍부한 공기를 얻을 수 있고, 심지어 산소-연료 연소의 특정한 경우에 사실상 순수한 산소가 사용된다.
- [0297] 위에서 언급했듯이, 버너(125, 215)에 공급하는 유체(연료 및 산화제)는 연소를 개선하기 위해 예열될 수 있으며, 특히 제조 공정의 연기에 포함된 열을 사용하는 금속 교환기를 통해 예열될 수 있다.
- [0298] 유리하게도, 본 발명에 따른 혼성로(10)로 얻어지는 에너지 유연성은 따라서 총체적이어서 용융에 사용되는 에너지 또는 에너지들과 이들이 사용되는 비율을 모두 선택할 수 있다.
- [0299] 유리하게도, 혼성로(10)의 세 가지 작동모드 중 하나를 선택하는 것은 예를 들어 하기 선택 매개변수의 적어도 하나에 기초한다:
- [0300] - 유리화 가능한 혼합물을 용융하는 데 사용되는 전기 에너지와 추가로 사용되는 연료 각각의 비용에 기초한 경제적 기준;
- [0301] - 전기 에너지와 상기 연료와 각각 관련된 탄소 발자국(CO<sub>2</sub>)에 기초한 생태적 기준, 및
- [0302] - 적어도 하나의 상기 전기용융구역(110) 및/또는 화염용융구역(120)에 의해 얻을 수 있는 용융 유리의 양과 관련하여 생산될 인상속도에 기초한 적어도 하나의 기술적 기준 및/또는 생산될 유리 또는 심지어 유리화 가능한 혼합물의 킬럿 함량의 조성에 기초한 적어도 하나의 기술적 기준.
- [0303] 유리하게도, 혼성로(10)는 연관된 제어 장치(UC)에 의해 제어될 수 있으며, 특히 상기 언급된 선택 매개변수 중 적어도 하나에 따라, 이하 설명될 도 5 내지 도 7에 각각 도시된 작동모드 중 하나를 선택하는 제어 장치(UC)에 의해 제어될 수 있다.
- [0304] 도 5는 제1 실시예에 따른 혼성로(10)를 제1의 전기용융 작동모드로 도시한다.
- [0305] 이 전기용융 버전에서, 유리는 전극(115)을 이용하여 전기용융구역(110)에서만 생산되고, 상기 구역(110)에는 제1 충전장치(610)에 의해 유리화 가능한 혼합물이 공급된다.
- [0306] 화염용융구역(120)과 연관된 제2 충전장치(620)은 정지 상태이며, 이런 이유 때문에 충전장치를 개략적으로 보여주는 화살표가 점선으로 표시된다.
- [0307] 도 5에서 볼 수 있듯이, 유리화 가능한 혼합물은 탱크 벙크(160)을 관통하지 않도록 하기 위하여 앞서 설명한 고

정수단(176)에 의해 억제되는 층(112)에서 유리조(113)의 표면에 균일하게 분포되어 있다.

- [0308] 제1의 전기용융 작동모드에서 오버헤드 버너(125)에 의한 화염용융이 없는 경우, 제2 충전장치(620)는 정지 상태이므로, 상기 화염용융구역(120)에 유리화 가능한 혼합물이 전달되지 않는다.
- [0309] 전기용융구역(110)에서 생성된 용융 유리는 상류에서 하류로 종방향으로 흐르고, 탱크 넥(160)에 배치된 분리장치(170)는 유리가 전기용융구역(110)으로 역류하는 것을 유리하게 방지한다.
- [0310] 이런 식으로, 용융 유리는 전기용융구역(110)에서 탱크 넥(160)을 거쳐 화염용융구역(120)으로 흐르고, 이어서 유리가 제1 대류 루프(210)를 따라 순환하여 정제되는 정제구역(200)으로 흐른다.
- [0311] 제1의 전기용융 작동모드에서 유리화 가능한 혼합물을 용융하기 위해 버너(125)에서 연료를 사용하지 않으면 유리 표면은 상기 정제구역(200)에서 적어도 하나의 버너(215)의 화염에 의해 선택적으로 가열되어 핫 스팟을 얻고, 용융 유리에 존재하는 기포(또는 기체 결함)를 제거하여 유리의 정제 및 균질화를 완벽하게 한다.
- [0312] 유리하게는, 돌출부(260) 근처의 하류에 위치한 상기 적어도 하나의 버너(215)의 일부 과위를 조정함으로써, 온도의 종방향 분포를 조정하고, 따라서 로 작동에 중요한 매개변수인 핫 스팟의 위치를 조정할 수 있다.
- [0313] 이후 유리는 루프 반전구역(230)에서 상기 돌출부(260)를 넘어 제1 대류 루프(210)에서 제2 대류 루프(220)로 이동하고, 상기 제2 대류 루프(220)를 따라 냉각 구역(300)을 통과한다.
- [0314] 냉각구역(300)에서, 상기 제2 대류 루프(220)를 따라 순환하는 유리는 제2 탱크 넥(320)을 통과하고 이어서 작업단부(330)를 통과한 다음 유리 플로우 채널(400)을 통해 혼성로(10)에서 최종적으로 빠져나간다.
- [0315] 도 6은 제1 실시예에 따른 혼성로(10)를 제2의 혼성 작동모드로 보여주며, 이하 도 5와 비교하여 설명한다.
- [0316] 제2의 혼성 작동모드에서, 전기용융구역(110)과 화염용융구역(120)은 용융 유리를 얻기 위해 동시에 사용되며, 결과적으로 두 가지 다른 에너지원, 전기와 연료가 각각 사용된다.
- [0317] 그러나 전기와 연료의 비율은, 특히 상기 선택 기준에 따라 그리고 각 용융 구역(110, 120)이 혼성로(10)의 공칭 인장속도와 관련하여 생성할 수 있는 최대 인장속도의 한계 내에서, 유리하게 자유롭게 매개변수화할 수 있다.
- [0318] 그러므로 전극(115)에 에너지를 공급하는 데 사용되는 전기와 오버헤드 버너(125)에 에너지를 공급하는 연료는 동일한 비율로, 50/50 또는 다른 비율로 사용될 수 있다.
- [0319] 바람직하게는 전기가 연료에 비해, 예를 들어 60/40 또는 심지어 80/20 비율(즉, 전기 80%, 연료 20%)로 더 많이 사용된다.
- [0320] 또는 연료가 전기보다 선호될 수도 있으며, 특히 각각의 탄소 발자국(CO<sub>2</sub>)에 기반한 생태적 이유로 그렇다. 예를 들어 수소(H<sub>2</sub>) 또는 바이오가스에 의해 유리하게 만들어진 연료의 경우일 수 있지만, 전기는 재생 가능하고 탈탄소화된 에너지로 생산된 것이 아니고 석탄과 같은 화석 연료에서 생산되었을 경우이다.
- [0321] 도 6에 도시된 바와 같이, 유리화 가능한 혼합물은 전기용융구역(110) 및 화염용융구역(120)에 존재하며, 각각 제1 충전장치(610) 및 제2 충전장치(620)에 의해 공급되며, 제1 실시예에서 가로로 배열된 제1 배치충진기(batch charger)(622) 및 제2 배치충진기(624)를 각각 포함한다.
- [0322] 전기용융구역(110)에 의해 생성된 용융 유리는 도 5에서 설명한 바와 같이 탱크 넥(160)을 통해 흐르지만, 이 용융 유리는 화염용융구역(120)에서 생성된 용융 유리와 화염용융구역에서 혼합된다. 이 혼합물에서 생성된 용융 유리는 제1 대류 루프(210)를 따라 정제구역(200)으로 순환한다.
- [0323] 전기용융구역(110)과 화염용융구역(120)이 직렬로 배열되어 있기 때문에 전기용융구역(110)에 의해 생성된 용융 유리는 혼합을 위해 하류 화염용융구역(120)으로 흐른다.
- [0324] 유리하게도, 분리장치(170) 또는 공기 순환 냉각장치(510)와 같은 냉각수단(500)을 포함하는 탱크 넥(160)이 이러한 흐름, 특히 유리의 온도를 제어하는 데 사용될 수 있다.
- [0325] 정제구역(200)에서 냉각구역(300)을 거쳐 플로우 채널(400)로 가는 용융 유리의 경로는 도 5를 참조하여 이전에 설명한 것과 동일하므로, 여기서 반복할 필요 없이 그것을 참조하는 것이 좋겠다.
- [0326] 도 7은 제1 실시예에 따른 혼성로(10)를 제3의 화염용융 작동모드로 도 6과 비교하여 설명된다.

- [0327] 이 제3 작동모드에서는 용융 유리가 화염용융구역(120)에 의해서만 생산되므로, 사용되지 않은 전기용융구역(110)에는 점선 화살표로 표시된 바와 같이 정지 상태인 제1 충전장치(610)에 의해 유리화 가능한 혼합물이 공급되지 않는다.
- [0328] 이러한 이유로, 도 7에서는, 위에서 설명한 도 5 및 6과 비교하여, 상기 전기용융구역(110)에 유리화 가능한 혼합물의 층(112)이 보이지 않는다.
- [0329] 유리화 가능한 혼합물은 혼성로(10)의 상기 제2 충전장치(620)를 형성하는 제1 배치충진기(622) 및 제2 배치충진기(624) 각각에 의해 양쪽에서 상기 화염용융구역(120)으로 횡으로 도입된다.
- [0330] 상기 유리화 가능한 혼합물은 유리하게는 수소(H<sub>2</sub>) 또는 바이오메탄(CH<sub>4</sub>)과 같은 바이오가스로 구성된 연료를 연소하는 동안 버너(125)에 의해 생성된 화염에 의해 용융된다.
- [0331] 용융 유리는 상기 화염용융구역(120)과 정제구역(200) 사이에서 종방향으로 확장되는 제1 대류 루프(210)를 따라 순환한다.
- [0332] 유리하게도, 용융 유리는 특히 유리 비역류 분리장치(170)에 의해서 상류, 즉 전기용융구역(110) 방향에 위치한 탱크 넥(160) 으로 들어가지 않고 화염용융구역(120)에 남아 있다.
- [0333] 도 3 및 도 4에 도시되고 상기 설명된 바와 같이, 유리 비역류 분리장치(170)는 유리하게는 용융 유리에 부분적으로 잠길 수 있는 댐(172) 및/또는 탱크 넥(160) 바닥(165)의 적어도 하나의 높임턱(161)을 포함한다.
- [0334] 이 제3의 화염 작동모드에서 전기 용융이 없다는 것은 반드시 전기용융구역(110)의 완전한 정지를 의미하지는 않는다.
- [0335] 전극(115)은 전기가 공급되어 전기용융구역(110)에서 탈유리화 온도 이상의 온도를 유지하는 것이 바람직하다. 그러나 제1 충전장치(610)에 의해 유리화 가능한 혼합물이 도입되지 않으면, 용융 유리는 생성되지 않는다.
- [0336] 유리하게도, 전기용융구역(110)에서 이러한 온도를 유지하는 것은 따라서 제1의 전기용융 작동모드 또는 제2의 혼성 작동모드로의 더 빠른 전환을 가능하게 하는 대기모드에 해당한다.
- [0337] 또는, 상기 제3의 모드를 장시간 동안 작동하려고 계획된 경우, 전기용융구역(110)을 종료할 수 있다. 바람직하게는, 유리를 화염용융구역(120)에 잡아두기 위하여 댐(172)과 같은 수단이 탱크 넥(160)에 배열된다.
- [0338] 도 6의 경우와 같이, 정제구역(200)에서 냉각구역(300)을 거쳐 채널(400)까지의 용융 유리 경로는 도 5를 참조하여 이전에 설명한 것과 동일하므로, 이를 참조하는 것이 좋겠다.
- [0339] 이하에서는 제1 실시예와 비교하여 도 8 내지 도 12에 도시된 바와 같은 본 발명에 따른 혼성로(10)의 제2 실시예에 대하여 설명한다.
- [0340] 이 제2 실시예에서, 혼성로(10)는 적어도 제1 전기용융구역(110A) 및 제2 전기용융구역(110B)를 갖는 용융 구역(100)을 포함한다.
- [0341] 이 제2 실시예에서, 혼성로(10)는 우선적으로 두 개의 전기용융구역(110A 및 110B)을 포함하며, 또는 두 개 이상의 전기용융구역을 포함할 수 있다.
- [0342] 혼성로(10)가 단일 전기용융구역(110)을 갖는 제1 실시예와 비교했을 때, 이 제2 모드에서 적어도 두 개 이상의 전기용융구역을 갖는다는 사실은 다양한 이점을 더 제공한다.
- [0343] 전기 용융에서 전달되는 인장속도에 따라, 유리하게는 전기용융구역(110A 및 110B) 중 하나만 사용하도록 선택할 수 있다.
- [0344] 또한, 예를 들어, 상기 전기용융구역 중 다른 하나에서 유지 관리 또는 기타 작업을 수행해야 하는 경우 용융 구역 중 하나만 사용할 수도 있다.
- [0345] 유리하게는, 상기 전기용융구역(110A 및 110B)은 함께 사용하도록 설계되었다.
- [0346] 유리하게는, 두 개의 전기용융구역(110A 및 110B)은 위에서 설명한 제1 실시예의 전기용융구역(110)과 유사한 설계이므로, 자세히 설명하지 않겠다.
- [0347] 혼성로(10)의 두 개의 전기용융구역(110A 및 110B)은 또한 전극(115)을 포함하는데, 예를 들어 도 9에 도시된 바와 같이 각 구역에 6개가 있다.

- [0348] 이 제2 실시예에서, 상기 구역(110A 및 110B) 각각은 제1 실시예의 상기 용융 구역(110)보다 작은 표면적을 갖는다.
- [0349] 바람직하게는, 전극(115)은 유리화 가능한 혼합물에 잠기도록 표면에 배열되고, 침지전극(115)은 수직으로 연장된다.
- [0350] 바람직하게는, 상기 전기용융구역(110A 및 110B)은 제1 실시예의 전기용융구역(110)의 인장속도 이상의 인장속도를 전달할 수 있다.
- [0351] 유리하게도, 상기 전기용융구역(110A 및 110B)은 로의 공칭 인장속도 이하의 최대 인장속도, 즉 공칭 인장속도의 0%와 100% 사이, 바람직하게는 100%까지 제공할 수 있어 전기용융만으로 상기 공칭 인장속도를 얻을 수 있다.
- [0352] 도 9에 도시된 바와 같이, 제1 전기용융구역(110A) 및 제2 전기용융구역(110B)은 화염용융구역(120)의 양쪽에 가로로 배치된다.
- [0353] 바람직하게는, 제1 전기용융구역(110A) 및 제2 전기용융구역(110B)은 로의 종축(A-A')에 직교로 배치된다.
- [0354] 유리하게도, 제1 충전장치(610)는 유리화 가능한 혼합물을 제1 전기용융구역(110A)에 공급하기 위한 제1 배치충진기(612)와 유리화 가능한 혼합물을 제2 전기용융구역(110B)에 공급하기 위한 제2 배치충진기(614)를 포함한다.
- [0355] 제1 배치충진기(612) 및 제2 배치충진기(614)는 도 9 내지 도 12에 화살표로 개략적으로 표시되어 있다. 제1 배치충진기(612) 및 제2 배치충진기(614)는 각각 제1 전기용융구역(110A) 및 제2 전기용융구역(110B)에 유리화 가능한 혼합물을 공급하도록 횡방향으로 배열되어 있다.
- [0356] 유리하게도, 제1 충전장치(610)를 형성하는 제1 배치충진기(612) 및 제2 배치충진기(614)는 상기 제1 및 제2 전기용융구역(110A 및 110B) 각각의 용융 유리조(113)의 표면 위에 균일한 층(112)으로 유리화 가능한 혼합물을 퍼뜨리도록 구성되어 있다.
- [0357] 유리하게도, 상기 전기용융구역(110A 및 110B)과 상기 화염용융구역(120)은 직렬로 배열되어 있어서, 상기 용융구역(110A 및 110B) 각각에 의해 생성된 용융 유리가 하류에 위치한 화염용융구역(120)으로 흐른다.
- [0358] 제1 전기용융구역(110A)과 제2 전기용융구역(110B)은 각각 제1 탱크 넥(160A)과 제2 탱크 넥(160B)에 의해 화염용융구역(120)에 연결된다.
- [0359] 유리하게도, 제1 탱크 넥(160A)과 제2 탱크 넥(160B)은 제1 실시예에 따른 탱크 넥(160)과 동일하므로 더 자세히 설명하지 않는다.
- [0360] 유리하게도, 혼성로(10)는 상기 탱크 넥(160A 및 160B) 각각에 유리 비역류 분리장치(170)를 포함한다.
- [0361] 바람직하게는, 각 분리장치(170)는 제1 실시예의 도 3을 참조하여 설명된 바와 같이 적어도 하나의 바닥(165) 높이턱(161)을 포함한다.
- [0362] 유리하게도, 혼성로(10)는 또한 상기 제1 탱크 넥(160A) 및 제2 탱크 넥(160B) 각각에 유리화 가능한 혼합물을 유지하는 데 적합한 대기 분리수단(174) 및 고정수단(176)을 포함한다.
- [0363] 유리하게도, 혼성로(10)는 냉각수단(500), 바람직하게는 공기 냉각장치(510)를 포함하는데, 이는 제1 실시예에 대해 상기 설명된 것과 동일하며, 도 8 내지 도 12에 개략적으로 도시되지 않았다.
- [0364] 바람직하게는, 상기 화염용융구역(120)에 유리화 가능한 혼합물을 공급하기 위한 상기 제2 충전장치(620)는 적어도 하나의 스크류 배치충진기를 포함한다.
- [0365] 도 9에 도시된 바와 같이, 제2 충전장치(620)는 화염용융구역(120)의 상류, 즉 로의 종축(A-A')을 따라, 종방향으로 로와 대면하여 배치된다.
- [0366] 유리화 가능한 혼합물 충전장치(620)를 제외하고, 제2 실시예에 따른 혼성로(10)는 오버헤드 버너(125)를 포함하는 화염용융구역(120)을 포함하는데, 이는 제1 실시예에 대해 상기 설명된 것과 동일하며, 따라서 이에 대한 설명이 참조될 것이다.
- [0367] 혼성로(10)는 각각 제1 실시예의 정제구역(200) 및 냉각구역(300)과 동일하며, 이에 대한 설명이 유리하게 참조

되며, 동일한 참조 기호가 제2 실시예를 나타내는 도 8 내지 12에서 사용되었다.

- [0368] 도 8 내지 도 12에 도시된 이 제2 실시예에서, 제1 전기용융구역(110A) 및 제2 전기용융구역(110B)은 화염용융구역(120)의 양쪽에 가로로 배열된다.
- [0369] 또는, 제1 전기용융구역(110A) 및 제2 전기용융구역(110B)은 화염용융구역(120)의 종축 상류에 나란히 배열되고, 탱크 벽(160A, 160B)은 로의 세로축(A-A')에 평행하게 또는 비스듬히, 즉 상기 세로축(A-A')에 대해 특정 예각으로 확장된다.
- [0370] 이 실시예에서, 제2 충전장치(620)는 화염용융구역(120)에 대해, 바람직하게는 종축(A-A')에 직교하여 가로로 배열된다.
- [0371] 바람직하게는, 제2 충전장치(620)는 도 2에 도시된 제1 실시예에서와 같이 제1 배치충진기(622)와 제2 배치충진기(624)를 포함하며, 즉, 유리화 가능한 혼합물을 공급받을 화염용융구역(120)의 양쪽에 가로로 배열되고, 로의 종축(A-A')에 직교한다.
- [0372] 유리하게도, 제2 실시예에 따른 혼성로(10)는 여러 작동모드에서 작동할 수 있으며, 이는 또한 에너지 유연성을 제공한다.
- [0373] 제1 실시예에서와 같이, 혼성로(10)는 각각 제1의 전기용융모드, 제2의 혼성모드 및 제3의 화염용융모드를 특징으로 한다.
- [0374] 유리하게도, 혼성로(10)는 도 8에 개략적으로 도시된 제어장치(UC)에 의해 제어되어, 상기 설명된 선택 매개변수 중 적어도 하나, 즉 경제적 기준, 생태적 기준 및 적어도 하나의 기술적 기준에 따라 상기 작동모드 중 하나를 선택할 수 있다.
- [0375] 도 11은 본 발명의 제2 실시예에 따른 혼성로(10)를 제2의 전기용융 작동모드로 도시하는데, 여기서 용융 유리는 전기용융만에 의해서, 즉 에너지원으로 화염용융구역(120)을 사용하지 않고 전기를 사용하여 생산된다.
- [0376] 따라서, 화염용융구역(120)과 관련된 오버헤드 버너(125)와 제2 충전장치(620)는 모두 정지 상태에 있고 화염이 없으며, 화살표를 점선을 사용하여 표시된다.
- [0377] 도 11에 도시된 바와 같이, 제1 전기용융구역(110A) 및 제2 전기용융구역(110B)는 바람직하게는 유리화 가능한 혼합물의 층(112)으로 균일하게 덮여 있으며, 이 층(112)은 제1 탱크 벽(160A) 및 제2 탱크 벽(160B)의 상류로 종방향으로 확장되는 고정수단(176)에 의해 억제된다.
- [0378] 이로써, 제1 전기용융구역(110A) 및 제2 전기용융구역(110B) 각각에 제1 로(612) 및 제2 로(614)에 의해서만 유리화 가능한 혼합물이 공급된다.
- [0379] 제1 전기용융구역(110A) 및 제2 전기용융구역(110B) 각각에 의해 생성된 용융 유리는 제1 탱크 벽(160A) 및 제2 탱크 벽(160B)을 가로질러 정제구역(200)의 제1 대류 루프(210)가 통과하는 화염용융구역(120)으로 흐른다.
- [0380] 그런 다음 용융 유리는 정제구역(200) 및 냉각구역(300)을 통과하여 플로우채널(400)로 통과한다.
- [0381] 이 제2 실시예에 따른 혼성로(10)에서 전기용융을 사용하는 제1 작동모드는 도 5를 참조하여 제1 모드에 대해 이전에 설명한 것과 동일하므로 더 자세히 설명하지 않는다.
- [0382] 도 12는 유리화 가능한 혼합물 용융이 상기 제1 및 제2 전기용융구역(110A 및 110B)과 화염용융구역(120)에서 공동으로 수행되는 제2의 혼성 작동모드에서 본 발명의 제2 실시예에 따른 혼성로(10)를 도시한다.
- [0383] 도 12에 도시된 바와 같이, 두 개의 전기용융구역(110A 및 110B)과 화염용융구역(120)은 유리화 가능한 혼합물의 층(112)으로 덮여 있다.
- [0384] 제1 및 제2 전기용융구역(110A, 110B)은 제1 및 제2 배치충진기(612, 614)에 의해 각각 공급되는 반면, 화염용융구역(120)은 혼성로(10)의 상류에 있는 제2 충전장치(620)에 의해 종방향으로 공급된다.
- [0385] 그러므로, 이 혼성 작동모드에서, 제1 및 제2 전기용융구역(110A, 110B)에 의해 생성된 용융 유리 부분은 전기로 얻어지고, 다른 부분은 도 12에 도시된 화염을 생성하기 위한 오버헤드 버너(125)에 사용된 연료로 얻어진다.
- [0386] 제1 실시예와 대조적으로, 화염용융 작동의 제3 실시예는 도면에 도시되지 않았다.

- [0387] 도 12와 비교했을 때, 화염용융 작동모드는 용융이 오버헤드 버너(125)에 의해서, 여기서는 부스트 전기 가열 수단이 없는 상태에서 상기 버너(125)에 의해서만 달성되고, 제1 및 제2 전기용융구역(110A, 110B)을 사용하지 않는다는 점에서 구분된다.
- [0388] 도 1 내지 7에 도시된 제1 실시예와 도 8 내지 12에 도시된 제2 실시예는 본 발명의 비제한적인 예로서만 주어졌다.
- [0389] 본 발명은 유리를 생산하기 위한 혼성로(10), 특히 플로트 유닛을 공급하기 위한 혼성로(10)에 관한 것으로, 종축(A-A')을 갖는 상기 혼성로(10)는 또한 다음을 포함한다:
- [0390] - 제1 충전장치(610)에 의해 유리화 가능한 혼합물이 공급되기에 적합한, 전극(115)를 포함하는 적어도 하나의 전기용융구역(110);
- [0391] - 적어도 하나의 상기 제1 충전장치(610)와 분리된 제2 충전장치(620)에 의해 유리화 가능한 혼합물이 공급될 수 있는, 적어도 하나의 오버헤드 버너(125)를 포함하는 화염용융구역(120),
- [0392] 여기서 상기 적어도 하나의 전기용융구역(110)과 직렬로 배열된 화염용융구역(120)은 서로 독립적으로 작동하도록 구성되어 상기 용융구역(110, 120) 중 하나 또는 둘 다를 선택적으로 사용할 수 있도록 하여, 로(10)에 에너지 유연성을 제공한다.
- [0393] 유리하게도, 본 발명에 따른 혼성로(10)는 플로트 유리 유닛(도시되지 않음)을 공급할 수 있다.
- [0394] 또 다른 측면에 따르면, 본 발명은 혼성 유리 생산로(10)와 용융 금속조 상의 플로트 유리 유닛을 포함하는 평판유리 제조용 어셈블리에 관한 것으로, 상기 금속조는 하류에 배치되어 적어도 하나의 플로우 채널(400)을 통해 상기 로(10)에 의해 유리가 공급된다
- [0395] 또 다른 측면에 따르면, 본 발명은 본 발명에 따른 혼성로(10)에서, 특히 용융 금속조에 플로트 유리 유닛을 공급하기 위해 구현되는 유리 생산방법에 관한 것이다.
- [0396] 상기 유리 생산방법은 위에서 설명한 상기 혼성로 작동모드 중 하나에 따라 작동하는 혼성로(10)에서 수행되는 적어도 하나의 용융 단계를 포함하며, 다음에서 선택적으로 선택된다:
- [0397] - 용융 유리가 적어도 하나의 상기 전기용융구역(110)에 의해서만 생산되는 제1의 전기용융 작동모드;
- [0398] - 용융 유리가 적어도 하나의 상기 전기용융구역(110)과 상기 화염용융구역(120)에 의해 공동으로 생산되는 제2의 혼성 작동모드;
- [0399] - 용융 유리가 적어도 하나의 상기 화염용융구역(120)에 의해서만 생산되는 제3의 화염용융 작동모드.
- [0400] 유리하게도, 혼성로에서 용융 단계를 구현하기 전에, 유리 생산방법은 경제적 기준 및/또는 생태적 기준 및/또는 적어도 하나의 기술적 기준과 같은 적어도 하나의 선택 매개변수를 기초로 상기 로 작동모드 중 하나를 선택하는 것으로 구성된 적어도 하나의 작동모드 결정단계를 포함한다.
- [0401] 따라서, 상기 결정단계는 다음을 포함하는 적어도 하나의 선택 매개변수를 기초로 상기 작동모드 중 하나를 선택하는 데에 있다:
- [0402] - 유리화 가능한 혼합물을 용융하는 데 사용되는 전기 에너지 및 추가로 사용되는 연료 각각의 비용에 기반하는 경제적 기준;
- [0403] - 전기 에너지 및 상기 연료와 각각 연관된 탄소 발자국(CO<sub>2</sub>)을 기반으로 하는 생태적 기준, 및
- [0404] - 상기 적어도 하나의 전기용융구역(110) 및/또는 화염용융구역(120)을 통해 얻을 수 있는 용융 유리의 양과 관련하여 생산될 인장속도를 기반으로 하는 적어도 하나의 기술적 기준 및/또는 생산될 유리의 조성 또는 유리화 가능한 혼합물의 컬릿 함량을 기반으로 하는 적어도 하나의 기술적 기준.
- [0405] 유리하게도, 혼성로(10)의 작동모드 중 하나를 선택하기 위한 상기 결정단계는 혼성로(10)와 연관된 제어 장치(UC)를 통해 수행된다.
- [0406] 유리하게도, 결정단계의 끝에서 제2의 혼성 작동모드가 선택되면, 이 방법은 원하는 인장속도를 얻기 위해 적어도 하나의 상기 전기용융구역(110) 및 화염용융구역(120)에 의해 각각 생산될 용융 유리의 양을 결정하는 추가 결정단계를 포함한다.

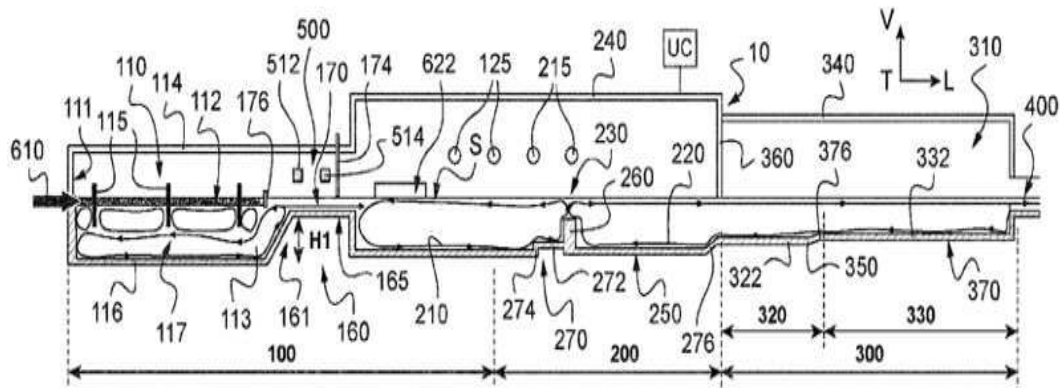
- [0407] 상기 추가 결정단계는 또한 적어도 하나의 상기 전기용융구역(110) 및 화염용융구역(120)의 각각의 기여도를 결정하는데, 예를 들어 50/50의 비율 또는 전기 에너지가 연료보다 선호될 때 80/20의 비율이다.
- [0408] 바람직하게는, 상기 원하는 인장속도는 혼성로(10)의 공칭 인장속도와 동일하다.
- [0409] 유리하게도, 제어장치(UC)는 해당 로의 제어 매개변수, 특히 전극(115) 및/또는 오버헤드 버너(125)의 제어 매개변수를 결정할 뿐만 아니라 로의 작동모드에 따라 적어도 하나의 상기 전기용융구역(110) 및/또는 화염용융구역(120)에 충전되는 유리화 가능한 재료의 양을 조절하고 상기 인장속도를 얻기 위하여 제1 충전장치(610) 및/또는 제2 충전장치(620)의 제어 매개변수를 결정한다.

**부호의 설명**

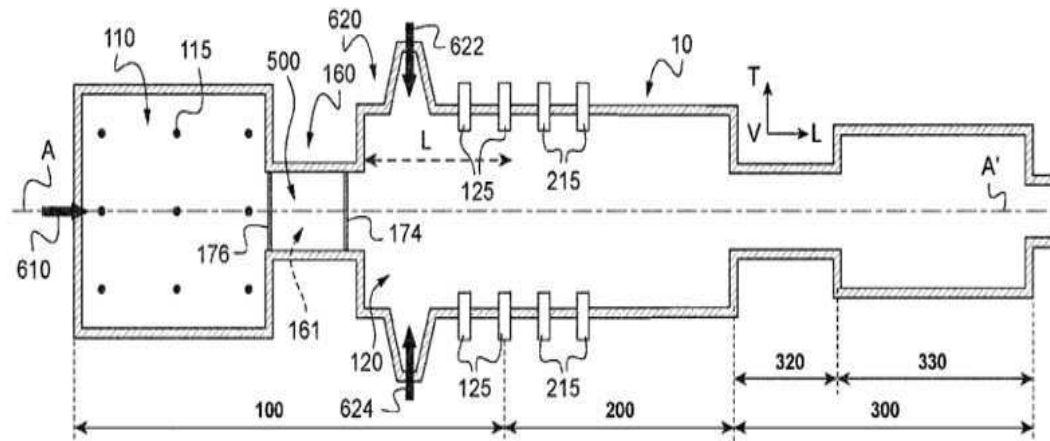
- [0410] 10 혼성로
- 110, 110A, 110B 전기용융구역
- 120 화염용융구역
- 115 전극
- 160 탱크 넥
- 161 높입턱
- 165 바닥
- 170 분리장치
- 172 댐
- 174 대기 분리수단
- 176 고정수단
- 125 오버헤드 버너
- 215 버너
- 260 돌출부
- 300 냉각구역
- 400 플로우 채널
- 500 냉각장치
- 610 제1 충전장치
- 620 제2 충전장치

도면

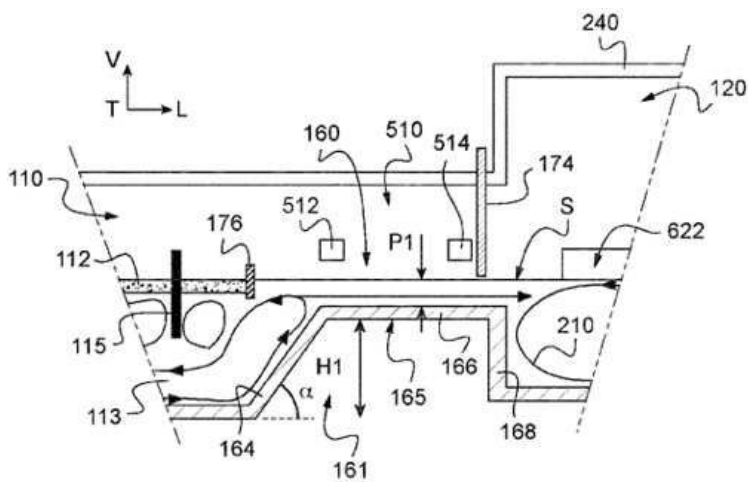
도면1



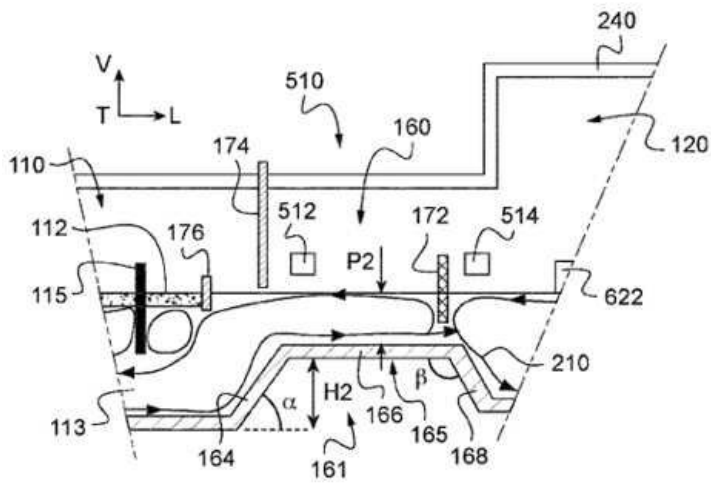
도면2



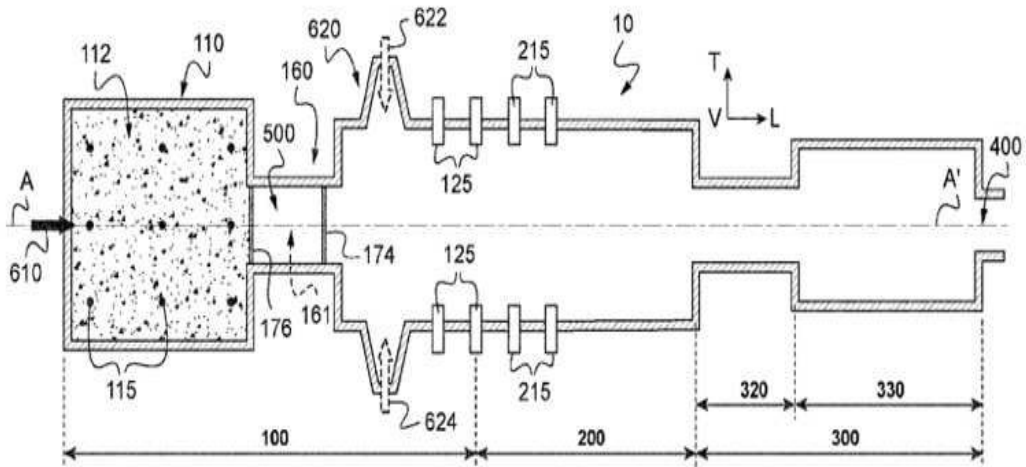
도면3



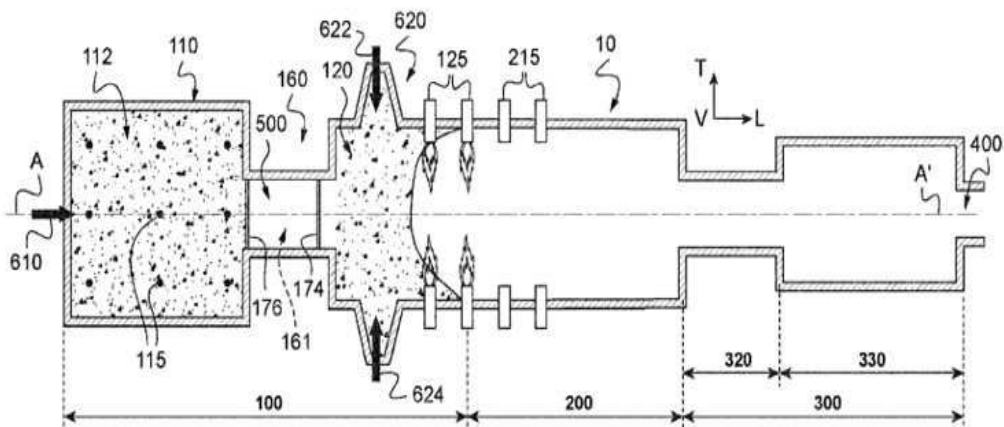
도면4



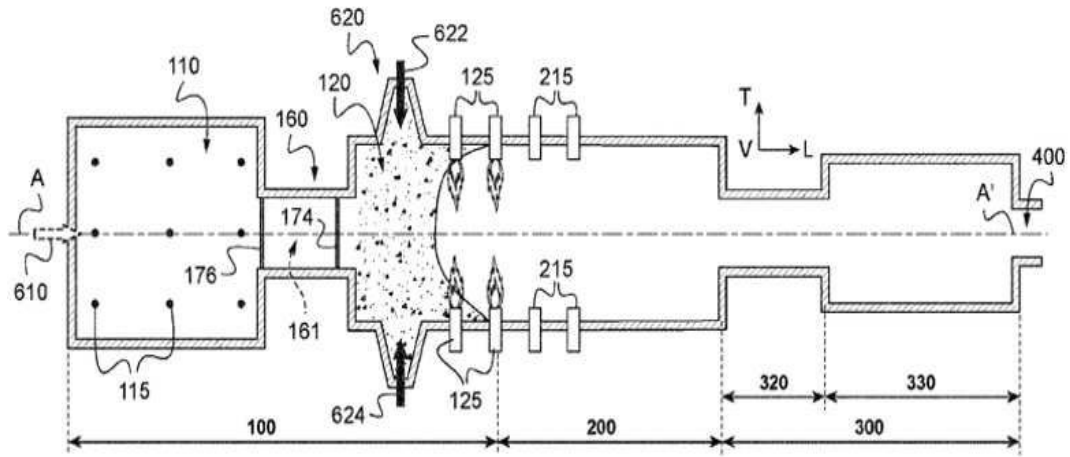
도면5



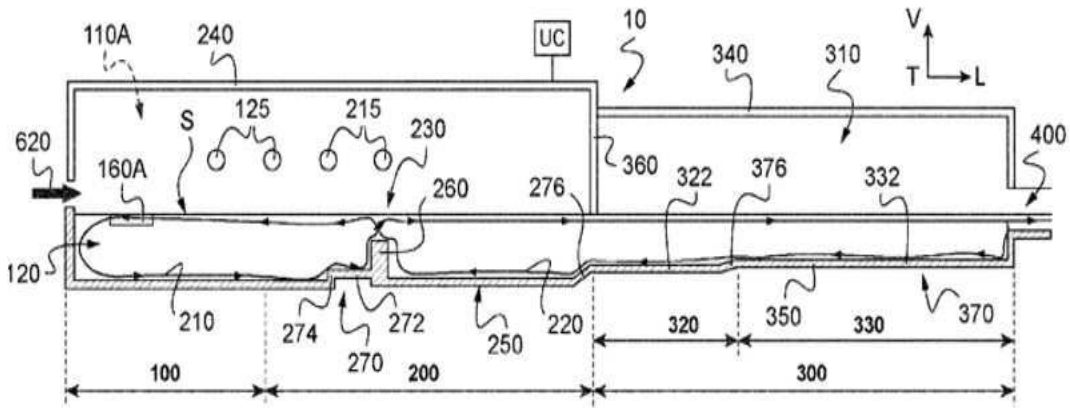
도면6



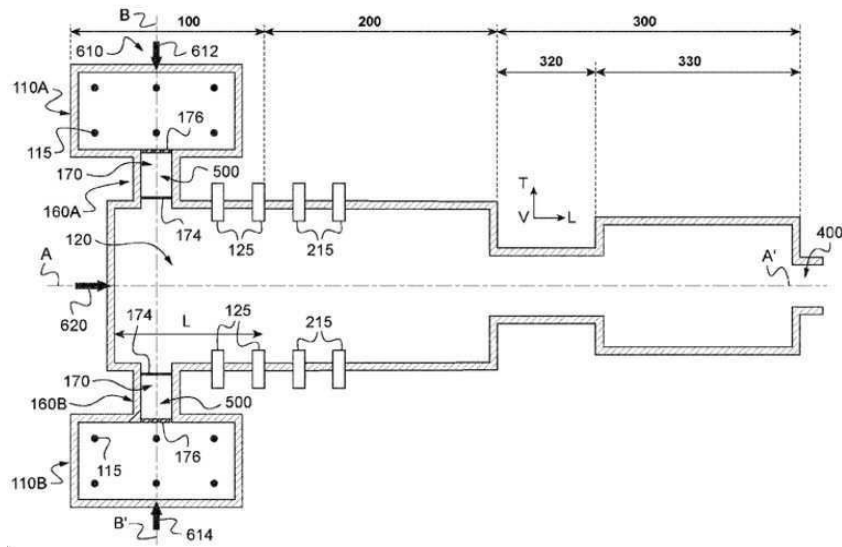
도면7



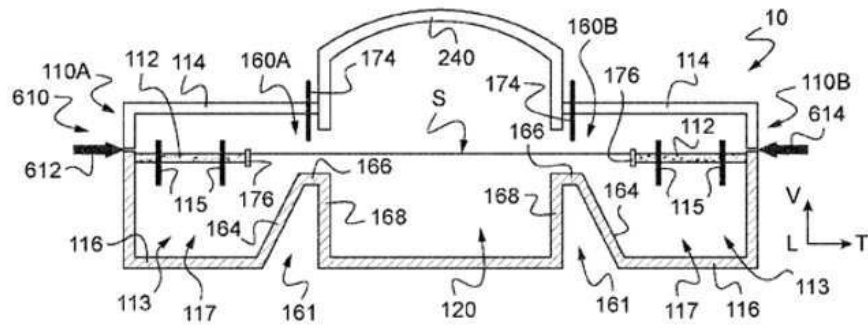
도면8



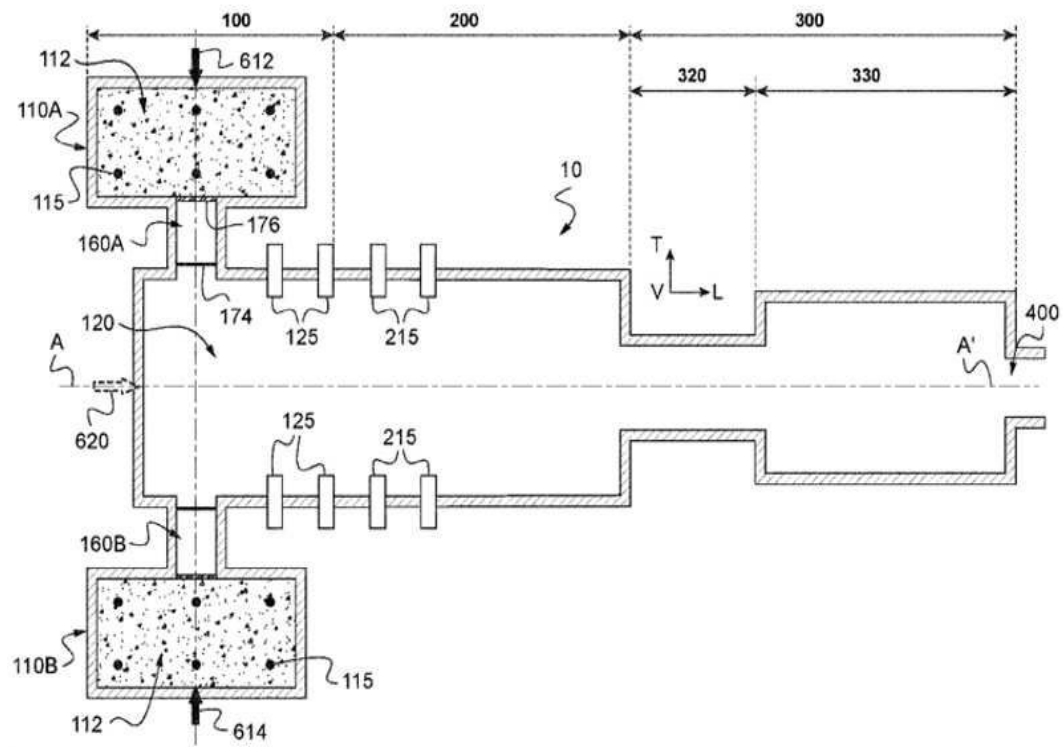
도면9



도면10



도면11



도면12

