

(19) 대한민국특허청(KR)
(12) 등록특허공보(B1)

(51) Int. Cl.⁶
C03B 5/00

(45) 공고일자 1999년02월18일

(11) 등록번호 특0173137

(24) 등록일자 1998년10월28일

(21) 출원번호	특1993-025382	(65) 공개번호	특1994-011377
(22) 출원일자	1993년11월26일	(43) 공개일자	1994년06월21일
(30) 우선권 주장	9224852.5 1992년11월27일 영국(GB) 9310720.9 1993년05월25일 영국(GB)		
(73) 특허권자	필킹턴 그라스 리미티드 안 윌리엄 맥키티릭; 어네스트 프랭크 스미스 영국 머시사이드 더블유에이10 3티티 세인트 헬렌스 프리스코트 로드		
(72) 발명자	리차드 쿼크 영국 랭카셔 엘39 6알와이 옴스커크 오그혼튼 타운 그린 세프톤 가든스 27 데이비드 알란 버드 영국 랭카셔 엘40 1티이 엔알 옴스커크 러포드 하이센즈 애비뉴 51 안 니겔 윌리엄 솔버 영국 머시사이드 피알8 6피엘 사우스포트 커존 로드 32 로빈 맥스웰 맥킨토시 영국 파볼드 더블유엔8 744 뉴버그 도우 메도우 7		
(74) 대리인	이병호, 최달용		

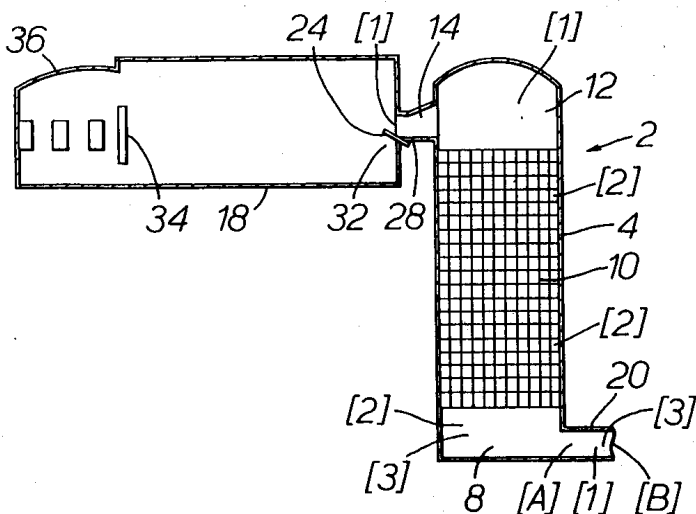
심사관 : 홍순철

(54) 복열식 유리 용해로, 그 작동 방법 및 그 용해로를 나오는 폐가스중의 유해물질 배출을 감소시키는 방법

요약

본 발명은, 열교환기로서 작용하는 밀폐된 재생기를 갖는 로를 나오는 폐가스중의 NOx 배출을 최소화시키기 위한 성형 유리 제품 제조용 유리 용해로 작동 방법에 관한 것인바, 그 방법은 소정 생산 속도로 소정 품질의 유리가 확보되도록, 그리고, 재생기를 통해서 로를 나오는 폐가스가 가연성 물질을 함유하도록 보장기 위하여 화학양론적 연소를 위해 필요한 것을 초과하는 연료를 공급하고, 대기로 유출하는 폐가스가 허용가능한 수준의 가연성 물질과 허용가능한 수준의 NOx를 함유하도록 보장기 위하여 상기 가연성 물질을 충분한 공기와 반응시킨다. 선택적으로는, 그 로를 실질적으로 화학양론적 조건으로 작동시킬 수 있으며, 폐가스가 용해 챔버를 나올 때 그 폐가스에 연료를 공급한다. 본 발명은 또한 이 방법에 이용되는 교차 연소형 복열식 판유리 용해로를 나오는 폐가스중의 CO 배출을 감소시키는 방법을 제공하는바, 그 방법은, 650℃ 이상의 온도에서, 공급 연료에 대한 연소 공기를 기초로, 약 8%의 과잉 공기로 CO를 연소시킴으로써 재생기내에서 폐가스로부터 CO를 제거하는 것을 포함한다.

대표도



명세서

[발명의 명칭]

복열식 유리 용해로, 그 작동 방법 및, 그 용해로를 나오는 폐가스중의 유해 물질 배출을 감소시키는 방법

[도면의 간단한 설명]

제1도는 단부 연소형 복열식 로의 개략적 단면도.

제2도는 제1도에 도시된 로의 개략적 부분 평면도.

제3도 내지 제7도는 본 발명의 장치 및 방법을 채용한 경우 작동 변수에 따라 NOx 및 CO와 같은 폐가스중의 물질들의 변동을 보여주는 그래프.

* 도면의 주요부분에 대한 부호의 설명

2 : 로	8,12 : 챔버
4,6 : 재생기	10 : 체커 구조체
14,16 : 포트	20,22 : 공기 도입구
24,26 : 버너	28,30 : 목부분

[발명의 상세한 설명]

본 발명은 성형 유리 제품 제조용 복열식 유리 용해로의 재생기로부터 유출하는 폐기 가스중의 NOx 함량을 감소시키는 방법에 관한 것이다. 여기서 NOx라 함은 NO 및 NO₂와 같은 질소 산화물을 약칭한 것이다.

아화학양론적으로(Substoichiometrically)(즉, 완전 연소를 위해 필요한 것보다 더 적은 공기:연료비로) 작동하는 연료 버너는 화학양론적 조건으로 작동하는 경우 보다 더 적은 NOx를 발생시키게 된다. 함은 오랫동안 주지된 사실인 바, 그와 같은 방식으로 작동하도록 설계된 버너는, 예컨대, 본 기술분야에서 종래 기술로서 검토되는 미국 특허출원 제4878830호에 개시되어 있다. 일본 특허출원 소 55-8361호(공고 제 48134/84호)는, 포트(port), 재생기, 열교환 챔버 혹은 연도 근처에서 로안에 추가의 연료를 주입할 목적으로 재연소 버너를 이용한 유리 용해로 작동 방법을 개시하고 있다. 미국 특허출원 제4347072호는 일본 특허출원 소 55-8361호의 그 명세서에 개시된 방법으로 유리 용해로를 작동함에 있어서의 문제점들을 논의하고 있다. 미국 특허출원 제4347072호는 용해된 유리 위에서 연료 연소시의 폐가스내로 탄화수소를 공급하고, 그후, 열 에너지를 용해 공정에 공급하기 위하여 로내에서 과잉 연료를 연소시킴에 의해 변형된 작동 방법을 설명하고 있다.

용해 조건이 감소하는, 즉, 아화학양론적 조건으로 유리 용해로를 작동시키면 제조되는 유리의 품질이 조악하게 되는 것으로 생각되어 왔다.

대형 유리 재조자인 PPG 명의의 미국 특허출원 제4559100호는, 용해 유리 근처의 조건이 아화학양론적으로 되는 것을 방지함으로써 유리의 품질 조악화를 회피하는 방법을 설명한다. 그 방법은, 유리 위에 O₂가 풍부한 영역과 그 위의 연료가 풍부한 영역을 제공함과 아울러, 전체적으로 비교적 낮은 과잉 공기를 공급하며, 최소한, 연소가스가 용해 챔버로부터 유출하는 시간까지는 연소를 완료하기에 충분한 유량 및 체적의 추가 연료를 용해 챔버에 주입할 필요가 있다. 아화학양론적 조건은 분명 유리 탱크내에서 시시각각으로 우연히 발생했으며, 그 조건들이 유리를 조악화하기 때문에, 작업자로 하여금 작동에 관계없이 계속해서 로의 조건들을 감소시키는데 주의를 기울이도록 했다.

본 발명자들은 이제, 로에서 나와 재생기로 들어가는 폐가스가 완전 연소되지 않은 연료를 포함하도록 보장함으로써 유리 용해 탱크의 연도 시스템에서 나오는 폐가스중의 NOx의 양을 감소시킬 수 있다는 것을 발견했다. 비화학양론적 조건으로 작동시킨다고 하는 전술의 모든 제안들은 용해 챔버와 관련된 것으로서, 용해 챔버내에서는 항상 산화 조건이 유지되도록 보장하고, 과잉 연료가 공급되는 경우, 그것이 재생 시스템에 들어가기 전에 연소되거나, 혹은, 연료가 재생기를 통과함에 따라 그 조건이 일관되게 유지되도록 보장하는 것이다.

본 발명은, 재생기 통과시의 폐가스에 가연성 물질이 존재하도록 함으로써 복열식 유리 용해 탱크로부터의 방출 연도 가스중의 NOx의 양을 최소화할 수 있다는 점을 발견한 것에 기초한다. 이 가연성 물질은 불연소 연료, 열의 작용에 의해 연료에서 발생된 가연성 물질 및 이 열분해로 발생된 다른 기(radical)의 혼합물이다. 이 물질의 일부는 폐가스중의 NOx와 반응하여 그것을 무해한 물질로 전환시킬 수 있다. 재생기에 공기가 도입하여, 폐가스로부터의 NOx를 제거하는 공정의 효율을 저하시키는 내화 패킹, 혹은 체커 구조체(checkerwork structura)내에서의 제어되지 않은 연소를 회피하기 위하여, 밀폐된 재생기로 작업하는 것은 필수적이다. 특히, 버너들은 재생기의 포트 목부분 내화재나 버너 불력내에 봉합된다. 과열에 의해 체커 구조체를 손상시키기도 하는 그 구조체내에서의 비제어 연소를 야기시키는 과잉 공기가 그 구조체내에 전혀 없도록 보장된다. 가연성 물질은, 재생 시스템내의 온도 조건에 종속하여, 바람직하게는 그 물질이 재생기의 체커 구조체를 벗어난 후에, 혹은 체커 구조체내의 지점에서 공기를 부가함으로써 연소된다.

본 발명에 따라, 열교환기로서 작용하는 밀폐된 재생기를 갖는 로 시스템에서 나오는 폐가스중의 NOx의 배출을 최소화하기 위하여 성형 유리 제품 제조용 유리를 용해하는 복열식 용해로를 작동하는 방법이 제공된다. 본 발명의 방법은, 소정 생산 속도로 소정 품질의 유리를 확보함과 아울러 재생기를 통해서 로로부터 나오는 폐가스가 가연성 물질을 함유하도록 보장할 수 있도록 화학양론적 연소를 위해 필요한 양을 초과하는 연료를 공급하고, 대기로 유출하는 폐가스가 허용가능한 수준의 가연성 물질 및 허용가능한 수준의 NOx를 함유하도록 보장할 만큼 충분한 공기와 상기 가연성 물질을 반응시키는 단계를 포함한다. 재

생기들은 체커 구조체들을 내장하는 것이 바람직하다.

그 로는 단부 연소형 혹은 교차 연소형 로일 수 있다. 성형 유리 제품의 실례는 병이나 단지, 음료용 그라스, 식탁용 식기류, 압축 그라스웨어 같은 용기가 있다.

본 발명을 실행하는 한가지 방법 (이후 타입 1 작동이라 칭함)은, 용해 지역에 과잉 연료를 공급하고, 가연성 물질이 폐가스와 혼합된 상태로 밀폐된 재생기를 통해서 로로부터 유출하도록 허용함으로써 로의 용해 지역내에서는 실질적으로 아화학양론적 조건으로 작동하는 것이다. 본 발명의 다른 한 형태(이후 타입 2 작동이라 칭함)에 있어서, 용해로내의 조건들은 실질적으로 화학양론적으로 되도록 한정량의 연소 공기로 조작되며, 폐가스가 용해 지역에서 나와 밀폐된 재생기 구조체내로 도입할 때 폐가스에 연료가 공급된다. 그러한 구조에 있어서, 과잉 공기는 혹은 과잉 연료는 용해로내에 존재할 수 있다. 이 후기 로 연료(post furnace fuel)는 현존의 버너에 의해, 혹은 포트 입구 영역에 부가된 별도의 연료 버너를 통해서 부가된다. 두 경우에 있어서, 공기는 폐가스가 재생기의 체커 구조체를 떠날 때 폐가스에 부가되어, 그 부가된 공기로 가연성 물질을 연소시킴으로써 실질적으로 모든 가연성 물질을 제거한다.

통상의 가스 연소형 유리 용해로에 있어서는, 약 5%의 과잉 공기로 용해 작업이 이루어지는 바, 그 공기는 굴뚝 배기 가스중에 약 $2500\text{mg}/\text{m}^3$ 함량의 NO_x 를 발생시킨다. 이 명세서에서, 농도(예컨대, mg/m^3)의 기준은, 탈루프트(TALuft) 조건, 즉, 건폐가스(dry waste gas) 체적중에서 건조 상태로 측정하여 8% O_2 의 조건에서이며, NO_x 배출은 NO_2 배출로 표현된다.

체적 측정치는 모두 760mmHg 및 0°C 조건으로 하며, ppm(part per million)은 체적의 항으로 정해진다. 본 발명자들은 공지의 로에 있어서 보다는 적은 양의 과잉 공기로 작동하면, 즉, 화학양론이나 아화학양론적 조건을 이용하는 경우에는 용해 챔버내에서 더 적은 NO_x 가 발생될 뿐 아니라 잉여 연료가 재생기에 존재하는 NO_x 를 N_2 로 환원시킨다는 사실을 발견했다. 이 이중의 효과는 연도 배기 가스에서 방출되는 NO_x 의 양을 상당히 감소시킨다. 본 발명은 $500\text{mg}/\text{m}^3$ 미만의 NO_x 가 굴뚝에서 배출하는 것을 성취할 수 있다.

본 발명자들은, 실질적으로 환원 조건하에서 유리 용해로나 탱크를 작동시키면, 유리의 품질이 조악하게 된다는 이전의 믿음에도 불구하고, 반응 조건이 실질적으로 아화학양론적으로 되도록 그러한 양의 연료 및 연소 공기를 탱크로 공급하면서 아무런 역효과 없이 작업할 수 있다는 것을 발견했다. 본 발명자들은, 이것이 로내에서 매우 세심한 화학양론적 제어가 이루어지고, 또, 불충분한 공기 보다는 오히려 과잉 연료를 사용하는 경우에만 가능하며, 혹은 용해 공정에 불충분한 에너지가 공급되면 유리의 품질이나 생산 속도가 저하된다는 것을 발견했다. 출구 포트 입구에서의 산소량뿐 아니라 이 위치에서 불연소 가연성 물질의 양도 탐지하는 것이 바람직하다. 로안의 조건이 실질적으로 아화학양론적이면, 만족스런 속도 및 품질로서 용해 유리를 생산키 위해 필요한 열량을 제공키 위하여 충분한 연료가 연소되도록 보장할 필요가 있다.

본 발명의 다른 태양에 있어서, 용해 챔버 및 밀폐된 재생기를 구비하고 성형 유리 제품 제조용 유리를 용해하는 복열식로에서 연료의 연소에 의해 발생된 폐가스중의 NO_x 양을 감소시키는 방법이 제공되는 바, 이 방법은, 실제 연소된 연료 부분이 용해 챔버에서 발생하는 용해 및 정련 공정의 열 투입 조건에 의해 할당된 것에 미달되지 않도록 보장하면서, 아울러, 용해 챔버내에서의 평균 화학양론비가 완전 연소를 실행하는데 필요한 것보다 실질적으로 더 적도록 보장키 위하여, 용해 챔버중의 적어도 하나 이상의 지점에서 가스중의 가연성 물질과 산소 양자 모두를 측정하여, 그 측정에 따라 연료 및 연소 공기의 공급을 조정하고, 폐가스가 용해 챔버(때로는 용해 정련 겸용 챔버라 칭함)를 나온 후, 그리고, 대기로 방출하기 전에 그 폐가스에 추가의 연소 공기를 공급함으로써 폐가스중에 잔류하는 어떤 가연성 물질도 실질적으로 완전 연소되도록 보장한다.

상기 로는 단부 연소형 혹은 교차 연소형일 수 있다. 바람직한 단부 연소형 로는 용해 정련 겸용 챔버의 단부를 따라 배치된 한쌍의 포트와, 각기 상기 포트들과 하나씩 개별적으로 연통하는 한쌍의 재생기를 구비한다.

본 발명의 바람직한 방법에서 이용되는 단부 연소형 로는 대개 용기 생산을 위해 용해된 유리를 제조하는데 이용된다.

본 발명은 가스중의 가연성 물질은 물론 산소를 측정할 수 있다. 이러한 측정은 예컨대 포트 입구에서 용해 정련 겸용 챔버를 나오는 폐가스상에서 수행될 수 있다.

전술한 바이지만, 가연성 물질이 폐가스와 함께 재생기를 통과하도록 보장하는 다른 한 방법은 폐가스로의 포트 목부분을 통과할 때 그 폐가스에 연료를 공급하는 것이다. 이는, 재연소 버너 위치에 연료 공급 수단을 위치시킴으로써 실행될 수 있다. 재연소 버너들을 유출하는 폐가스의 경로내에 위치될 수 있다. 그 연료들은 그 가스와 같은 방향 혹은 역방향으로 폐가스에 공급될 수 있다. 재연소 버너는 폐가스 흐름에 연료를 공급하는 별도의 수단일 수 있으며, 연료를 폐가스 흐름에 도입시키기 위하여 폐가스 출구상의 비연소(non-firing) 버너들이 이용될 수도 있다. 용해 정련 겸용 챔버내의 조건들은, NO_x 감소 공정을 위해 필요한 것보다 더 많은 연료를 연소시키는 것을 회피하기 위해서 화학양론 조건에 혹은 그 미만으로 유지되는 것이 바람직하다.

연소를 완료하고, 아울러, 대기로 유출하는 가스들이 실질적으로 가연성 물질이 없도록 보장키 위하여 가연성 물질을 정화할 수 있는 온도의 재생기 연도 시스템내의 위치에 2차적 공기가 도입된다. 재생 시스템이 도입 공기에 대해 실질적으로 밀폐되어 2차적 공기의 주입량이 제어될 수 있고 연소가 주로 재생기 패킹, 즉, 체커 구조체 외부에서만 발생하도록 하는 것이 필수적이다.

출구 포트 입구에 존재하는 가연성 물질 및 산소의 양은 구입가능한 기구를 이용하여 그 자체로 혹은 추출 분석에 의하여 측정될 수 있다. 그러한 기구들은 산소를 측정하는 지르코늄 탐침과 가연성 물질을 측정하는 촉매 셀(catalytic cell)을 포함할 수 있다. 텔리다인 980 가스 분석기(Teledyne 980 gas analyser)가 이 목적에 적합하다. 랑콤 6500(Lancom 6500) 휴대용 연도 가스 분석기나 시그날 화학 발광

(Signal chemiluminescence) 분석기를 이용하면 NOx를 측정할 수 있다.

본 발명은 또한 열교환기 기능을 하는 밀폐된 재생기를 가지는 성형 유리 제품 제조용의 복열식 유리 용해로에서 나오는 폐가스중의 CO의 배출량을 감소시키는 방법을 제공하는 바, 이 방법은, 예컨대, 650℃보다 더 높은 온도에서, 공급되는 연료의 연소 공기를 기초로 한 8% 과잉 공기중에서 CO를 연소함으로써 재생기의 폐가스로부터 CO를 제거하는 것을 포함한다.

본 발명은 또한 성형 유리 제품 제조용 복열식 유리 용해로를 제공하는 바, 이 로는 체커 구조체를 내장하고 열교환기로서 작용하는 밀폐된 재생기를 구비함과 아울러, 로에서 나오는 폐가스중의 NOx 배출을 감소시키는 장치를 구비하는 바, 그 장치는 폐가스가 로의 용해 챔버를 나올 때 그 폐가스내에 추가의 공기를 공급하는 공기 공급 수단을 구비함으로써, 굴뚝의 폐가스중의 NOx 방출물이 탈루프트 조건하에서 측정했을 때 500mg/m³ 미만까지 감소된다.

이제, 첨부 도면을 참고로 단지 예를들면서 본 발명의 실시예들에 대해 설명하기로 하겠다.

제1도 및 제2도는 단부 연소형으로서, 통상 용기를 제조하는데 이용되는 유리를 용해하는데 채용되는 복열식 유리 용해로(2)를 도시하고 있다. 그러나, 선택적으로는 교차 연소형 로도 채용될 수 있다. 그 교차 연소형 로는 복수 포트형 로일 수 있다.

예시된 실시예의 로(2)는 나란하게 배치된 한쌍의 재생기(4,6)를 함체한 단부 연소형이다. 그 재생기(4,6)에는 검사, 가연성 물질의 완전 연소를 위한 공기의 주입, 측정 기구등을 위한 개방 가능한 도입구멍(access hole)이 설치될 수 있다. 각각의 재생기(4,6)는 하부 챔버(8), 그 하부 챔버(8)위의 내화재 체커 구조체(refractory checkerwork structure; 10) 및 그 구조체 위의 상부 챔버(12)를 구비하고 있다. 각각의 재생기(4,6)는 각기 상부 챔버(12)를 로(2)의 용해 정련 겸용 챔버(18)와 연결시키는 개별적인 포트(14,16)와, 재생기(4,6)의 개별적인 연소 공기 도입구(20,22)와 연통하는 공기 도입구(20,22)를 구비한다. 연소 공기 도입구(20,22)는, 연소 공기 공급원과 연통가능함은 물론, 배기 가스용 굴뚝(도시되지 않음)과 연통되도록 배치되어 있다. 각기 하나씩만 도시되어 있는 하나 이상의 버너(24,26)가 각각의 포트(14,16)의 목부분(28,30)에 배치되어 있다. 버너(24,26)는, 유리 용해로에 이용하기에 적합한 천연가스, 액화 석유가스, 연료유 혹은 다른 가스상이나 액상 연료와 같은 연료를 연소시켜 챔버(18)내에서 유리 원료를 용해 및 정련하기 위한 열을 공급하도록 설치되어 있다. 용해 정련 겸용 챔버(18)에는 돌출부(33)가 배치되어 있는 일단부(32)에서 유리 원료가 공급되며, 타단부에는 용해 유리 분배기(36)를 구비하는 바, 상기 분배기는 일련의 포트(38)를 구비하여, 그 포트를 통해서 용해 정련 겸용 챔버(18)로부터 용해 유리를 제거할 수 있다. 유리는 용해 정련 겸용 챔버로부터 목부분을 통해서 분배기(36)로 이동할 수 있다.

작동시, 재생기(4,6)는 연소 공기 및 배기 사이클 사이에서 교번하여 사이클을 수행한다. 그러므로, 예를 들면, 한 사이클에서는 공기가 도입구(20)를 통과하여 재생기(4)의 하부 챔버(8)내로 들어간다. 연소 공기는 그후에 재생기(4)의 체커 구조체(10)에서 예열되어 그 구조체를 통해서 상승하며, 그후, 연소 공기는 상부 챔버(12), 포트(14) 및 목부분(28)을 통과하여 용해 정련 겸용 챔버(18)에 공급된다. 버너(24)가 작동된다. 용해 정련 겸용 챔버(18)로부터 나온 배기 가스는 다른 재생기(6)의 포트(16)를 통과하고 다른 재생기(6)를 통해서 하강하여 도관(22)을 통해서 제거된다. 가스 흐름은 다음 사이클에서 반대 방향으로 흐르며, 버너(24) 대신에 버너(26)가 작동된다.

버너(24,26)는, 예컨대, 관통 포트 구조, 측부 포트 구조, 혹은 하부 포트 구조등 여러가지 가능한 구조로 장착될 수 있다. 예컨대, 천연가스와 같은 연료가 버너(24)(본 실시예에서는 하부 포트 버너임)로부터 예열된 도입 공기 흐름내로 공급되는 바, 그 공기는 연소 사이클중에서 재생기(4)로부터 나온다. 결과적인 화염 및 그 화염중에서 발생된 연소 생성물은 포트(14)로부터 용해중인 유리의 표면을 가로질러 이동하여 열을 그 용해 정련 겸용 챔버(18)내의 유리에 전달한다.

각각의 포트 입구에서, 그리고 굴뚝의 기초부에서는 물론 재생기(4,6)의 출구에서 용해 정련 겸용 챔버(18)를 나오는 가스중의 가연성 물질 및 산소 두가지 모두를 측정하는 수단이 설치된다. 폐가스의 경로중의 측정 지점들은 제1도에서 [1]로 도시되어 있다. 용해로(2)는, 불연소, 부분 연소 혹은 열분해 물질이 재생기로 들어가므로, 실질적으로 완전한 연소가 발생하고 가연성 물질이 전혀, 혹은 극히 적은 양만 굴뚝을 통해서 대기로 나가도록 보장기 위하여, 폐가스가 용해 챔버를 나온 후에 그 폐가스에 추가의 공기를 부가할 필요가 있음을 의미하는 방법으로 작동된다. 공기는 연도내의 구멍을 통해서 의도적으로 부가되거나, 혹은, 로가 필요로 하는 공기의 약 10% 정도가 자연적인 스며들음에 의해 들어갈 수 있다. 추가의 공기는 제1도의 [2]에서 공급될 수도 있다. 어떤 잔류 가연성 물질의 최종 연소는 그후 [3]으로 도시된 지점에서 이루어진다. 폐가스중의 가연성 물질의 약 70%는 일산화탄소이고 나머지는 주로 수소이다.

본 발명의 일실시예(즉, 타입 1작동)에 따라서 제1도 및 제2도에 도시된 유리 용해로를 작동함에 있어서, 공급된 연소 공기 및 버너에 공급된 연료는, 용해 챔버내에서 혹은 용해 챔버를 따라 여러 지점에서, 공급된 연소 공기가 공급되는 연료의 완전 연소를 위해 필요한 것보다 더 적도록 보장기 위하여, 존재하는 산소 및 가연성 물질의 양을 포트 입구 및 체커 상부에서 측정함에 의해 제어된다.

공급되는 연료에 필요한 화학양론적 공기량 보다 더 많이 공급되는 연소 공기를 백분율 과잉 공기(percentage excess air)로 표현하는 것은 일반적인 것이며, 이러한 상황에서 이는 양(positive)의 항이다. 공기의 양이, 용이한 제어를 목적으로, 완전 연소를 위해 필요한 것보다는 더 적은 본 실시예에 있어서 백분율 과잉 공기는 음(negative)의 항으로 표현된다. 이는, 과잉 공기의 양의 변화가 탐지되어, 같은 방법으로, 완전 연소를 위해 필요한 것보다 더 많게, 혹은 더 적게 공급되는지 여부가 공표된다는 것을 의미한다. 본 발명의 일실시예에 있어서, 각각의 포트에서 공급된 연료 및 연소 공기의 양은, 로의 용해 챔버내의 과잉 공기량이 화학양론적 연소 공기의 -3% 내지 -10% 범위에 있도록, 보다 바람직하게는 -8% 내지 -10% 범위내에 있도록 측정값에 따라 조정된다. 예시된 바와 같은 복수 포트형 로의 경우, 포트마다의 과잉 공기량은 첫번째 포트의 -15%에서 최종 포트의 0%까지 상승하는 것이 바람직하다. 첫번째 포트와 최종 포트사이의 중간 포트에 공급된 공기의 양은 -15%의 같은 수준이거나, 혹은, 그 단계에서 평균 -9%를 제공하도록 하강할 수 있다.

제3도는 NOx 배출량이 로의 포트 입구에서의 과잉 공기 수준과 어떤 관련이 있는지를 보여준다. 실선은

포트 입구에서의 NOx 농도를 나타내고, 점선은 굴뚝에서의 NOx 농도를 나타낸다. 포트 입구에서 -2% 미만의 낮은 과잉 공기량에서, 굴뚝에서의 NOx 농도가 포트 입구에서의 그것에 비해 감소되며, 또, 이는 포트 입구와 굴뚝 사이의 재생기에서 NOx 감소가 이루어짐을 의미한다는 것을 알 수 있을 것이다. 탈 NOx 반응(de-NOx reaction)은 주로 체커 구조체내에서 과잉 연료가 NOx 종을 감소시키는 결과 그 구조체내에서 주로 이루어졌다. 음의 과잉 공기값은 대응하는 양의 과잉 연료값과 등가이다. 타입 1 작동을 위해서는, 탈 NOx 반응 개시를 위해 포트 입구에서, 화학양론치에 비해서 적어도 3%의 공기 결핍, 즉, 최대 약 -3%의 과잉 공기가 있어야 하며, 이는 체커 상부에 최대 약 -3%의 과잉 공기가 있도록 함으로써 체커 구조체중에 과잉 연료를 초래하여 그 안의 NOx를 감소시킨다. 보다 더 많은 양의 음의 과잉 공기, 즉, 보다 큰 과잉 공기 결핍시 재생기의 상부 챔버에서 약간의 탈 NOx가 이루어짐을 발견했다.

복수 포트형 로의 경우, 최종 포트가 선행 포트보다 더 적은 환원, 즉, 더 많은 산화 조건에 유지되는 한, 유리의 품질에는 어떠한 악영향도 없다는 것을 발견했다. 과잉 공기 수준을 위해 선택된 값은 NOx의 필요한 배출 한계뿐 아니라 용해 챔버를 나오는 불연소 물질에 따른 열적으로 불리한 조건에도 관련되며, 작동되는 용해로의 구조 및 배출과 관련한 국부 조건에 따라 변동하게 된다. 몇몇 경우에 있어서, 상류 포트에서 약 -4% 정도로 유지되고 최종 포트에서 약 -1 내지 0%까지 상승하는 수준의 과잉 공기로 작동하는 것도 충분히 가능할 수도 있다. 페가스(산소 및 가연성 물질 모두)를 정규 기준으로 탐지하면, 각각의 포트 입구에서의 과잉 공기의 엄격한 제어를 유지하여 NOx 배출량의 어떤 허용 불가능한 상승이나 유리 품질의 저하를 회피하기 위하여, 필요한 경우 연료 및 연소 공기 모두의 공급을 조정할 수 있다. 각각의 포트에 대한 최적의 공기 및 연료 수준은 목표 배출량을 확보하기 위하여 각각의 포트에 대해 설정할 필요가 있다. 이는, 정밀한 양이 각각의 포트의 특정 특성에 종속하기 때문이다. 포트 마다의 최적화를 위하여, 연결 연도에서 NOx 농도를 측정하고 굴뚝에서는 휴대용 측정 장치를 이용하여 점검한다.

타입 2 작동에서, 용해로는 실질적으로 화학양론적 조건에서, 즉, 약 0%의 과잉 공기로 작동되며, 로 챔버의 외부에서 페가스에 과잉 연료가 공급된다. 이것이 후기 로 연소 연료 추가(post-furnace combustion fuel addition)이다. 연료는 비연소측상의 포트 하부 버너에 의해 편리하게 추가될 수 있다. 효율성 및 체커 구조체의 안전을 위하여, 후기 로 연료는 포트 입구의 과잉 공기가 화학양론 조건에 근접하거나 보다 이상적으로 아화학양론적인 경우에만 추가되어야 한다. 포트 입구에서의 페가스중에 과잉 공기가 존재하기 때문에, 추가된 연료의 일부가 소모되어 상부 챔버 및 체커 구조체중의 페가스의 온도를 상승시키고, 결국, 체커 구조체의 온도를 상승시킨다.

제4도는 포트 입구(실선) 및 굴뚝(점선)에서의 NOx 농도와 포트 입구에서의 과잉 공기간의 관계를 보여준다. 화학양론적 조건에서 작동을 하면, 굴뚝에서의 NOx 농도가 후기 연소 연료의 양을 증가시키면서 부가함에 의해 감소될 수 있음을 알 수 있는바, 그 연료는 체커 구조체중에서 NOx 환원이 이루어지도록 하여 굴뚝 가스중의 NOx 농도를 감소시킨다. 재생기 위에서 탈 NOx 반응을 개시하기 위하여, 일차 연료의 백분율로서 적어도 3%, 바람직하기로는 약 8 내지 10%의 과잉 연료가 추가된다. 타입 2 작동의 장점은 비점화측에 부가 연료를 분사하는 추가의 장치를 설치하는 외에 유리 용해로에 대한 실질적 변경이 전혀 불필요하다는 점이다. 실제로, 타입 2 작동은 용해 탱크중에 한정된 양의 과잉 공기로서 실행될 수 있다. 아울러, 타입 2 작동은 용해 탱크가 아화학양론적 조건인 경우에는 작업하기에 적절치 않은 특별한 유리에 일반적으로 적합하다.

타입 1과 타입 2의 혼성 조건을 이용함으로써 NOx 환원을 성취하도록 로를 작동하는 것도 또한 가능하다. 그러한 작동에 있어서, 로는 출구 포트의 입구에서 바람직하기로는 최대 -2%의 과잉 공기로 아화학양론적 조건으로 작동되며, 바람직하기로는 최소 3%의 과잉 연료가 비점화측상에서 페가스내로 분사된다. 제5도는 비점화측으로 연료를 부가하는 경우 체커 상부에서의 과잉 공기에 대한 굴뚝 연도에서의 NOx 농도간의 관계를 보여준다. 약 -2%의 과잉 공기 근처에서 연료를 부가하면 NOx 농도가 현저히 감소됨을 알 수 있을 것이다.

본 발명의 다른 한 실시예에 있어서, 유리 용해로는 로의 충전 단부에서 전기 가열 수단으로 열을 공급함으로써 로의 열에 의한 연소가 감소되는 종류이다.

타입 1 및 타입 2의 두 작동에 있어서, 그리고 또한 타입 1, 2 혼성 작동에 있어서, NOx를 감소시키는데 필요한 원료 연료의 높은 수준의 주입은 대개 소정 속도 및 품질로서 유리를 생산하는데 통상 이용되는 것을 5 내지 15% 초과한다.

유리 용해로에 필요한 연료의 증가에 따른 재정적 위험 부담을 최소화하기 위하여, 또, NOx를 감소시키기 위하여, 예컨대, 로에 공급되는 연소 공기에 증기를 부가함으로써 가스 용해로의 전체 열 효율을 개선하여 증가된 연료비를 상쇄하는 방식으로 작동할 수 있다.

연소를 위해 로에 공급되는 공기의 화학양론적 체적의 통상은 체적으로 약 6%의 수준인 증기를 부가하면(모든 체적은 0°C, 760mmHg로 정해진 것임) 유리 용해로의 열효율을 5%까지 향상시킬 수 있다. 연소 공기중에 존재하는 방사열을 받는 가스중의 양을 증대시킴으로써 체커 구조체와, 보다 중요하게는, 재생기 구조체의 상부 사이의 방사 열 전달을 향상시키면 공기의 예열이 향상된다.

NOx를 감소시키는데 필요한 로에서 연소되는 연료의 5 내지 15% 상승으로부터 유도되는 페가스의 사용가능한 열량의 증대는 이러한 목적이나, 혹은 다른 목적을 위해 증기를 발생시키는데 직접 이용될 수 있다.

로 작동 및 다른 배출물에 대한 본 발명에 따른 탈 NOx 작용의 효과도 또한 조사됐다. 후기 로 연료 부가는 로로부터 방출하는 SO₂에는 어떤 장기간의 효과는 갖지 않았으며, 굴뚝에서 측정된 페가스중에서 아무런 H₂S, HCN 혹은 NH₃는 전혀 발견되지 않았다.

아울러, 로의 연소후 연료 부가는 굴뚝 연도에 연결된 정정식 침전기로부터 회수된 분진의 조성에 영향을 주지 않았다.

본 발명자들은 또한 유리 용해로의 굴뚝으로부터 배출되는 일산화탄소를 탐지했다. 상부 챔버나 혹은 체커 구조체 안으로 스며드는 공기를 거의 공급치 않는 밀폐된 재생기를 사용하면, 그리고, 로가 화학양론적으로, 혹은 아화학양론적으로 작동하면, 포트 입구에서 추가된 약간의 연료가 로의 라이더 아치에, 즉,

재생기의 하류에 불연소 가스로서 여전히 존재하게 된다. 그 불연소 가스들은 굴뚝으로부터 배출되기 전에 연소되어야 하며, 불연소 가스들은, 통상 70%가 일산화탄소로 존재하고 나머지는 주로 수소인 복잡한 혼합물이다. 아울러, 부가된 연료는 연소에 의해 간단한 분석으로 예상되는 것보다는 30% 이상까지의 일산화탄소같은 가연성 물질을 발생시킬 수 있다.

일산화탄소 및 다른 가연성 물질을 산화시키기 위해서는 완전 연소가 발생하도록 체커 구조체의 하류에서 폐가스에 충분한 공기가 부가될 필요가 있다. 그러한 공기가 자연적으로 스며들(inleakage) 결과로서 존재하거나, 혹은, 체커 구조체의 하류에서 폐가스에 부가될 수도 있다. 일단 충분한 공기가 존재하면, 산화가 적정 속도로 발생할 수 있을 만큼 온도가 충분히 높을 필요가 있다. 재생기 기초부 및 연도중의 일산화탄소 및 다른 가연성 물질의 연소는, 차가운 공기의 스며들이 과도하지 않다고 가정하면, 열 방출이 수반되어 폐가스의 온도를 높인다. 예시를 위하여 예를 들면, 본 발명자들은 굴뚝 가스중의 일산화탄소 배출물들은, 재생기 기초부 및 연도 지역의 온도가 650℃ 이상이고 가연성 물질의 완전 연소에 충분한 공기가 존재하면, 정규 수준 또는 그 미만까지 감소된다는 것을 발견했다. 놀랍게도, 본 발명자들은, 재생기 기초부 및 연도 영역내의 온도가 650℃ 이상이면 탈 CO 반응이 개시되어 가스들의 잔류 시간이 긴 로의 중앙 연도로 진전되어 완벽한 CO 제거를 보장한다는 것을 발견했다.

굴뚝 배출물중에 허용가능하게 낮은 CO 수준은 버너나 버너들(즉, 제1도에 도면부호(27)로 도시된 바와 같은 버너)을 사용하여 재생기 기초부에 가열 공기를 공급함으로써 온도를 약 700℃까지 상승시킴으로써 성취될 수 있다. 라이더 아치에서, 혹은 심지어 체커 구조체 보다 더 높은 지점에서 잉여의 비가열 공기를 간단히 부가하는 것은, 그 온도가 너무 낮기 때문에, 즉, 약 650℃의 한계치 미만이기 때문에 하부의 재생기 챔버에서의 효과적인 일산화탄소의 전소(burnout)를 확보하기에는 충분치 않음을 발견했다. 로가 모든 포트에 후기 연소 연료를 공급하면서 작동된 경우에는 굴뚝에서 약 180ppm의 낮은 수준의 CO가 확보됐는데, 이는 주연도에서 활발한 연소가 이루어져, 상기 주연도의 온도가 680℃까지 상승함에 따라 모든 폐가스가 약 650℃의 임계 온도에 도달하기 때문이다. 내화 라이닝이 주연도내에서 CO 연소에 의해 확보되는 것보다 더 큰 온도 설계 한계를 갖는 경우, 그 보다 더 높은 연도 온도가 용해로로 용이하게 수용될 수 있다. 나아가서, 폐열 보일러가 굴뚝 연도내에서 설치되는 경우, 미리 설정된 보일러 입구 온도가 상승되거나, 혹은 보일러의 열용량이 초과되지 않도록 보일러 입구를 바이패스시킬 필요가 있을 있다. 또한, 폐가스가 오염물 처리 장치 및 정전 침전기를 통과하기 전에 그 가스를 냉각하는 것이 필수적일 수도 있다. 이는, 물의 분무나 별도의 공기 희석에 의해 성취될 수 있다. 재생기 기초부 및 연도 영역내에서의 완전한 연소를 위해 충분한 공기를 보장기 위하여, 적절한 위치에서 공기의 스며들을 완화시킬 수 있다.

본 발명자들은, CO 및 다른 가연성 물질의 연소를 성취하기 위한 재생기 시스템내의 이상적인 위치가 라이더 아치 아래에 있는 하부 챔버내라는 결론을 내렸다. 본 발명자들은, 최대 CO 연소가 약 8%의 스며들 공기로 이루어져 CO 수준을 약 2000ppm까지 감소시켰음을 알았다. 제6도는, 제1도 및 제2도의 포트(2) 라이더 아치에서의 공기 부가에 관련한 CO 수준간의 관계(실선) 및 온도와 공기 부가간의 관계(점선)를 보여주는데, CO 수준 및 온도는 연결 연도의 실질적으로 중심인 위치 B에서 측정됐다. 공기가 스며들기 앞서, 라이더 아치에 약 3 내지 6%의 불연소 가스가 있었으며, 폐가스의 온도는 650℃ 미만이므로 온도와 산소량이 너무 낮아 CO 제거를 시작할 수 없었다. 공기는 라이더 아치 수준 바로위의 청소 구멍을 통해서 포트(2)에서 하부 챔버내로 스며들 수 있도록 허용됐으며, 이는 25000-30000ppm이었던 라이더 아치에서의 농도를 감소시키는바, 연결 연도 위치 B에서 약 5000ppm CO에서 연결 연도 위치 B에서 약 2000ppm까지 감소시킨다.

제6도에서 볼 수 있는 바와 같이, 8%의 공기 부가로 최대의 탈 CO가 발생할 때까지 스며드는 공기의 증가로 CO의 연소를 증대시켜 약 2000ppm의 CO량을 발생시켰다. 이 수준보다 더 높은 공기가 스며드는 경우, 이상의 일산화탄소 연소는 성취되지 않았다. 공기 부가량이 증대됨에 따라, 온도는, 역시 약 8%의 백분율 부가 공기로 최대 약 650° 까지 상승했다. 폐가스 온도는 거의 이 백분율 값으로 스며들 때 상승했으나, 그후 스며드는 수준이 점차로 높아지면서 그 온도는 점차 하강했다. 이는, 소정 수준을 넘어 스며들면 그러한 스며들에 의해 폐가스가 효과적으로 냉각되어 CO의 산화를 억제한다는 것을 보여준다. 연도의 육안 검사를 통해서 CO의 산화를 나타내는 옅은 청색의 희미한 불꽃이 발견됐는데, 이 불꽃은 라이더 아치에서 혹은 바로 그 아래에서 시작하여 연도까지 이어지며, 청소 구멍에서 스며들 공기가 폐가스와 만났다. 제6도에 도시된 그 결과는 효과적인 일산화탄소의 연소가 약 8%의 스며들 공기값 및 약 650℃ 이상의 온도에서 성취될 수 있음을 나타낸다.

일산화탄소를 전소시키기 위하여, 라이더 아치 아래 지점에서 열을 추가함으로써 공기와 CO 혼합물의 온도가 상승했다. 그 온도는 재생기내에서 연도 덤퍼를 이동시킴에 의해 온도도 상승될 수도 있다. 900℃까지의 온도로 공기를 공급할 수 있는 천연 가스 점화식의 과잉 공기 버너는, 본 실시예에서는, 제1도에 도시된 로의 한 포트에만 배치된다. 이 버너는, 포트 연료의 약 6%에 상당하는 약 800℃ 이상의 공기를 약 50m³/시간인 버너 가스의 속도로서 공급했다. 폐가스의 온도는 약 20 내지 30℃까지 상승됐다. 이는, 제거되는 CO가 증대되기 때문에 제1도에 도시된 바와 같이 연결 연도 위치 B에서 300mg/m³ 미만의 CO 수준이 성취될 수 있도록 한다.

제7도는, CO량과 버너의 천연가스 주입량간의 관계(실선) 및 연결 연도 위치 A 및 B에서의 온도와 천연가스 주입량과의 관계(점선)를 보여준다. 버너의 가스 주입량이 상승함에 따라, 위치 A 및 위치 B에서의 온도는 개별적으로 상승하고 CO 농도는 신속하게 감소함을 알 수 있다. 추가로, 가스 주입량이 증가함에 따라, 라이더 아치 아래 과잉 공기도 또한 증가하는데 이는 버너가 가열된 공기를 공급하고 있기 때문이다. 약 650℃에서 CO 수준이 약 800mg/m³까지 감소됨을 볼 수 있을 것이다.

본 발명의 방법의 타임 2 작동에 있어서, 후기 로 연료가 포트에 부가되는 경우, 폐가스 온도의 상승이 탐지됐고, 과잉의, 그러나 자연적으로 스며드는 공기로 자연 발화의 징후인 라이더 아치의 불꽃이 그 온도 상승에 수반됐다. 그러한 연소는 연소 생성물중에 존재하는 일산화탄소를 일부 산화시킬 수 있다. 주연도내의 폐가스 온도가 650℃ 이상의 온도를 확보한 경우, 극히 양호한 탈 CO가 성취됐으며, 그 연소는 측정지점을 지나 주연도내로 이어지는 것으로 판명됐다. 공기의 자연적인 스며들음으로, 모두 6개의 포트와

주연도내의 평균 CO량은 약 500ppm이었고 굴뚝에서는 CO가 약 180ppm으로 감소됐다. 그러므로, 본 발명의 방법은 또한 유리 용해로부터의 CO 배출을 감소시킬 수 있다.

약 650℃ 및 그 위의 비교적 낮은 온도에서 CO를 산화 제거하는 것은, 특히, 연료가 메탄인 경우, 연료 연소 생성물인 폐가스중에 존재하는 H₂O에 의해서 지원되는 것으로 믿어진다. 가스중에 H₂O가 존재하면, CO 산화 발생 온도 및 최대 CO 산화 발생 온도를 낮추는 것으로 믿어진다.

본 발명은 성형 유리 제품 제조용 유리 용해로부터 누출되는 NO_x를 로의 작동 및 구조에 심각한 변화를 가하지 않고, 또, 유리 품질에 부정적 영향을 주지 않고 500mg/m³ 미만까지 상당히 감소시킬 수 있는 중요한 기술적 장점을 제공할 수 있다. 다른 배출물들은 용이하게 제어될 수 있는바, 요컨대, CO의 배출은 300mg/m³ 미만까지 하향 제어될 수 있으며, 분진의 재순환 및 정전 침전은 영향받지 않는다. NO_x 배출을 감소시키면서 유리의 품질 및 생산 속도를 유지하기 위하여 15%까지 더 많이 필요한 연료 때문에 열효율은 감소된다. 그러나, 비싼 탈 NO_x 촉매 시스템이 채용되지 않기 때문에, 본 발명의 방법은 쉽고도 비용 효율적으로 현존하는 유리 용해로에 채택될 수 있다. 그러므로, 본 발명은, 가령, 종래 기술의 선택적 촉매 환원(SCR), 선택적 비촉매 환원(SNCR) 및 산소 연료 기술과 같은 다른 NO_x 제어 기술 대신에, 더 작은 자본 및 더 적은 작동 비율을 초래한다.

다음의 예들은 예시를 위한 것으로 발명을 한정코자 하는 것은 아니다.

[실시예 1]

제1도 및 제2도에 도시된 것과 유사한 편자(horseshoe)형 구조를 가지며, 밀폐된 3중 통과 재생기를 구비한 단부 연소형 복열식 로를 하루 75톤의 유리 용해 출력으로 작동했다. 출발 재료는 55중량%의 유리 부스러기를 포함했으며, 하부 포트 버너인 버너에는 중유가 공급됐다. 로는 양질 제품(quality pressed wear)용 유리를 2톤/m²/일의 속도로 생산했다. 이 로의 작동시, 포트 입구에서의 폐가스 온도는 평균 1430℃였다. 출구 포트 입구에서의 과잉 공기의 양은 배기 가스중에 1000mg/m³의 수준의 NO_x를 제공하는 +15%였다.

본 실시예에 따라, 연소는 출구 포트 입구에서의 과잉 공기 수준이 -5%까지 떨어지도록 변경됐다. 이는, 굴뚝 기초부에서의 배기 가스중의 NO_x 수준이 250mg/m³까지 떨어지게 했다. 그러므로, 본 발명은 로를 화학양론적 조건으로 작동함으로써 배기 가스중의 NO_x를 약 75% 감소시킬 수 있다.

[실시예 2]

실시예 1의 것과 유사한 구조의 복열식 로를 출구 포트 입구에서 약 -7%의 과잉 공기 수준으로 작동했는데, 이는 굴뚝 기초부에서 약 275mg/m³ 수준의 NO_x를 발생했다. 프로판 가스의 유량은 용해 공정을 위하여 로에 공급되는 열 투입량의 약 15%에相当했다. 굴뚝 기초부에서 NO_x 수준을 측정한 결과 약 100mg/m³으로 감소된 것으로 판명됐다.

본 명세서에서, 과잉 공기의 양 및 NO_x의 양은 0℃ 및 760mmHg로 정규화됐다. 실시예 1 및 2에서, NO_x 농도는 습한 폐가스중의 NO₂의 상당 질량으로서 표현되었으며, 다만, 실시예 3에서는 상당 질량이 건조 폐가스중의 NO₂ 값이다. 체적은 또한 건조 시료에 대해 계산된 8% 산소량으로 정규화되어 있다.

[실시예 3]

이 NO_x 감소 기술은 용기 제조용의 4포트 교차 연소형 로에 적용됐다. 투명한 soda 석회 실리카 유리를 용해하여 병과 단지를 제조했다. 로는 하부 포트 버너를 통해 중유를 연소시켰다. 평균 출력 약 650KW의 전기 부스트가 설치됐다. 그 결과는 다음 표에 요약되어 있다. NO_x 배출량은 자연소 버너를 적용함에 의해서 1785mg/m³의 초기 수준으로부터 500mg/m³ 미만까지 감소됐다. 로 연료인 중유의 유량은 평균 약 1550/hr였다.

[표 1]

	NOx 감소기술에 따른 결과			
	1	2	3	4
	초기조건	화학 양론적 조건 근처까지 조절한 후	재연소 버너로 후기로 연료를 공급한 경우	재생기 기초부에 고성능 과잉 공기 버너를 장착한 경우
장입량(톤/일)	300	316	327	327
재연소 버너 가스 -m/hr	0	0	120	120
-%	-	-	8.6	8.6
과잉 공기 버너 연료-%	-	-	-	4.0
연소 조건				
과잉 공기 %	24	~ 0	~ 0	~ 0
NOxmg/m @8%O ₂	1785	1300	1175	1175
굴뚝 %O ₂	10.0	7.7	7.0	7.1
ppm CO	10	1225	1830	165
과잉 공기 %	90	57	49	50
NOxmg/m @8%O ₂	1765	1270	295	295
COmg/m @8%O ₂	16	1660	2410	215

컬럼 1은 출구 포트 입구에서 측정했을 때 NOx 배출량이 평균 1785mg/m인 기본 조건을 보여준다. 그 포트 입구에서의 평균 과잉 공기는 24%였다. 그에 대응하는 굴뚝에서의 NOx 배출량은 1765mg/m이었다. 재연소 버너를 경유하여 출구 포트 입구에서 폐가스 흐름에 천연가스를 부가할 준비를 하는 중에 과잉 공기는 0%로 효과적으로 화학양론치로 감소됐다. 화학양론적 조건하에서 포트 입구에서 측정된 NOx 배출량은 1300mg/m(굴뚝에서는 1270mg/m)으로 떨어졌다.

재연소 버너를 이용하여 4개의 포트 모두의 폐가스 흐름에 천연가스를, 용해로에 공급된 화석 연료 에너지의 8.6% 수준까지, 단계별로 공급했다.

그 결과, 이러한 적용에 있어서 재연소 연료가 필요로 하는 연료는 다음과 같음을 보여줬다.

탈 NOx의 개시를 위해서는 4%

NOx의 상당한 감소를 위해서는 6%

500mg/m 미만을 성취키 위해서는 8%

123m/hr의 로의 폐가스에, 재연소 버너로서 작용하는 측부 포트 가스 버너를 통해 천연가스를 공급했다.

재연소 버너를 사용하여, 포트 입구에서의 NOx의 수준은 평균 1175Mg/m까지 떨어졌지만, 굴뚝에서는, 밀폐된 재생기에서의 NOx의 감소 때문에, NOx 배출량이 500mg/m 미만으로 떨어졌다. 이때, 재생기의 상부 챔버에서도 약간의 탈 NOx가 이루어지고 있었으며, 체커 구조체 상부에서의 NOx 수준은 865mg/m이었다.

상기 표로부터 볼 수 있는 바와 같이, 표의 컬럼 1에서 컬럼 3으로 이동하면서 CO 배출이 점진적으로 상승했다. CO 배출량은, 과잉 공기 수준이 화학양론적으로 감소된 경우, 1200ppm이었다.

재연소 버너를 통해서 연료가 부가됨에 따라, 굴뚝에서의 CO 수준은 1830ppm까지 상승했다. 폐가스로부터 CO를 제거코자 하는 시도로서, 재생기 기초부에 제어된 양의 차가운 공기를 주입했다. 그러나, 재생기 기초부내의 온도는 소정 수준의 탈 CO를 제공하기에는 불충분했으며, 이 방법으로는 단지 1200ppm까지의 미미한 감소만이 이루어졌다.

용해로 소모량(부스트 배제)의 4%의 버너 연료 공급으로 약 900℃의 고온 공기를 공급하는 고성능 과잉 공기 버너의 도입으로 재생기 기초부내의 폐가스의 온도가 상승했다. 작은 연도 시스템내에서의 제한된 잔류 시간 때문에, 약 650℃의 필요한 완전 연소 온도는 주연도내로 연장됐으며, 따라서 소정 수준의 탈 CO가 성취될 수 있었다. 이러한 조건에서, 재생기 기초부내의 온도가 약 800℃까지 상승했으며, CO 배출량은 165ppm까지 떨어졌다.

NOx 감소를 위한 이러한 로의 작동 변경중에 유리의 품질 및 색상은 일관되게 유지됐다.

본 발명의 방법은 모든 용기 제조용 유리 용해로에 적용할 수 있는 것으로 믿어진다. 본 발명의 공정을 이용함으로써 생산되는 유리의 품질에 악영향이 미치지 않는다는 것이 본 발명자들의 믿음이었다.

비록 본 발명의 방법이 심지어 500mg/m 미만의 낮은 수준까지 NOx 배출을 감소시킴을 보여줬으나 이는 단지 실험을 기초로 얻어졌을 뿐이다.

성형 유리의 품질의 표준화된 규정이 없음은 분명하나, 다른 생산자나 다른 사용자들은 그들의 제품에 대해 다른 품질 조건을 가지고 있을 것이다. 본 발명의 공정을 이용하면 그런 어떠한 품질 조건에 대해서도 아무런 악영향을 미치지 않을 것으로 확신한다.

(57) 청구의 범위**청구항 1**

열교환기로서 작용하는 밀폐된 재생기를 갖는 로 시스템을 나오는 폐가스중의 NOx 배출을 최소화하기 위한 유리 제품 제조용의 복열식 유리 용해로 작동 방법에 있어서, 필요한 생산 속도로 소정 필요한 품질의 유리를 확보함과 아울러 재생기를 통해서 로를 나오는 폐가스가 가연성 물질을 함유하도록 보장하기 위하여 화학양론적 연소를 위해 필요한 것을 초과하는 연료를 공급하고, 대기로 나오는 폐가스가 허용가능한 수준의 가연성 물질 및 허용가능한 수준의 NOx를 함유하도록 보장하기 위하여 충분한 공기와 상기 가연성 물질을 반응시키는 것을 특징으로 하는 복열식 유리 용해로 작동 방법.

청구항 2

제1항에 있어서, 밀폐된 재생기가 체커 구조체(checkerwork structure)를 내장하는 것을 특징으로 하는 복열식 유리 용해로 작동 방법.

청구항 3

제1항에 있어서, 유리가 아 화학양론적 조건하에서 작동되는 용해 챔버내에서 용해되어 가연성 물질이 폐가스와 함께 용해 챔버를 나오는 것을 특징으로 하는 복열식 유리 용해로 작동 방법.

청구항 4

제3항에 있어서, 용해 챔버내에서 과잉 공기의 양이 최대 -3%인 것을 특징으로 하는 복열식 유리 용해로 작동 방법.

청구항 5

제4항에 있어서, 용해 챔버내에서 과잉 공기의 양이 -8 내지 -10%인 것을 특징으로 하는 복열식 유리 용해로 작동 방법.

청구항 6

전기항들중 어느 한 항에 있어서, 로가 복수 포트 로이며, 화학양론적 양은 로를 따라 첫번째 포트로부터 최종 포트까지 점차로 증가하는 것을 특징으로 하는 복열식 유리 용해로 작동 방법.

청구항 7

제6항에 있어서, 최종 포트에서의 연소 조건이 그 바로 상류의 포트에서 보다 덜 환원적(less reducing)인 것을 특징으로 하는 복열식 유리 용해로 작동 방법.

청구항 8

제1항에 있어서, 유리가 용해 챔버내에서 실질적으로 화학양론적 조건하에서 용해되며, 폐가스가 용해 챔버를 나와 밀폐된 재생기로 들어갈 때 그 폐가스에 연료가 공급되는 것을 특징으로 하는 복열식 유리 용해로 작동 방법.

청구항 9

제8항에 있어서, 공급된 주연료를 기초로 적어도 3%의 과잉 공기가 폐가스에 공급되는 것을 특징으로 하는 복열식 유리 용해로 작동 방법.

청구항 10

제9항에 있어서, 공급된 주연료를 기초로 8 내지 10% 범위의 과잉 연료가 폐가스에 공급되는 것을 특징으로 하는 복열식 유리 용해로 작동 방법.

청구항 11

제8항 내지 제10항중 어느 한 항에 있어서, 폐가스에는 로의 포트 입구에 추가 설치된 버너에 의해 연료가 공급되는 것을 특징으로 하는 복열식 유리 용해로 작동 방법.

청구항 12

제8항 내지 제10항중 어느 한 항에 있어서, 폐가스에는, 역전 사이클에서 로에 주연료를 공급하는 버너에 의해 연료가 공급되는 것을 특징으로 하는 복열식 유리 용해로 작동 방법.

청구항 13

제1항에 있어서, 유리는 아 화학양론적 조건하에서 작동되는 용해 챔버에서 용해되며, 가연성 물질은 용해 챔버에서 폐가스와 함께 나오며, 용해 챔버를 나와 밀폐된 재생기로 들어가는 폐가스에는 부가 연료가 공급되는 것을 특징으로 하는 복열식 유리 용해로 작동 방법.

청구항 14

제13항에 있어서, 용해 챔버내에서의 과잉 공기는 최대 -2%이며, 공급된 주연료를 기초로 최소 3%의 과잉 연료가 폐가스로 공급되는 것을 특징으로 하는 복열식 유리 용해로 작동 방법.

청구항 15

제1항 내지 제5항, 제7항 내지 제10항, 제13항 및, 제14항중 어느 한 항에 있어서, 재생기가 체커 구조체를 내장하며, 과잉 공기는, 폐가스의 실질적으로 완전한 연소를 보장하도록 상기 체커 구조체의 하류에서 재생기로 들어가는 것을 특징으로 하는 복열식 유리 용해로 작동 방법.

청구항 16

제1항 내지 제5항, 제7항 내지 제10항, 제13항, 및 제14항중 어느 한 항에 있어서, 굴뚝 폐가스중의 NO_x 배출물이 탈루프트(TALuft) 조건하에서 측정했을 때 $500\text{mg}/\text{m}^3$ 미만인 것을 특징으로 하는 복열식 유리 용해로 작동 방법.

청구항 17

제1항 내지 제5항, 제7항 내지 제10항, 제13항 및, 제14항중 어느 한 항에 있어서, 체커 구조체의 하류에서 650°C 보다 더 높은 온도에서 CO를 연소시킴으로써 재생기내의 폐가스로부터 CO를 제거하는 단계를 또한 포함하는 것을 특징으로 하는 복열식 유리 용해로 작동 방법.

청구항 18

제17항에 있어서, 공기가, 불연소 상태로 존재하는 연료의 양과 이용되는 일산화탄소 연소 온도에 종속하여, 일산화탄소를 실질적으로 완전 연소시키기 위해 충분한 양으로 체커 구조체의 하류에 존재하는 것을 특징으로 하는 복열식 유리 용해로 작동 방법.

청구항 19

제18항에 있어서, 재생기 구조체에는 체커 구조체 아래에서 공기가 공급되는 것을 특징으로 하는 복열식 유리 용해로 작동 방법.

청구항 20

제18항 또는 제19항에 있어서, 굴뚝 폐가스중의 CO 배출물이 탈루프트 조건하에서 측정했을 때 $300\text{mg}/\text{m}^3$ 미만인 것을 특징으로 하는 복열식 유리 용해로 작동 방법.

청구항 21

열교환기로서 작용하는 밀폐된 재생기를 갖는 성형 유리 제품 제조용 복열식 유리 용해로를 나오는 폐가스중의 CO 배출을 감소시키는 방법에 있어서, 650°C 보다 높은 온도에서, 공급된 연료에 대한 연소 공기를 기초로 약 8%의 과잉 공기로 CO를 연소시킴으로써 재생기내의 폐가스로부터 CO를 제거하는 단계를 포함하는 것을 특징으로 하는 폐가스중의 CO 배출을 감소시키는 방법.

청구항 22

체커 구조체를 내장한 열교환기로서 작용하는 밀폐된 재생기를 구비하고, 로를 나오는 폐가스중의 NO_x 배출을 감소시키는 장치를 또한 구비하며, 상기 장치는, 폐가스가 로의 용해 챔버를 나올 때 폐가스에 부가 연료를 공급함으로써 굴뚝 폐가스중의 NO_x 배출량이 탈루프트 조건하에서 측정했을 때 $500\text{mg}/\text{m}^3$ 미만으로 감소되도록 하는 부가 연료 공급 수단을 구비하는 것을 특징으로 하는 성형 유리 제품 제조용 복열식 유리 용해로.

청구항 23

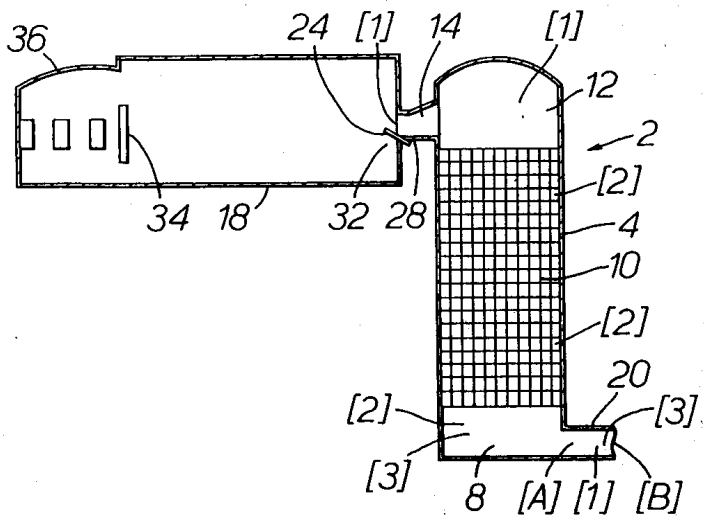
제22항에 있어서, 체커 구조체 아래에서 고온 공기를 공급하는 고온 작동 버너를 또한 구비하며, 상기 버너는, CO가 고온 공기에 의해 산화되어 굴뚝 폐가스중의 CO 배출량이 탈루프트 조건하에서 측정했을 때 $300\text{mg}/\text{m}^3$ 미만으로 감소되도록 체커 구조체 아래에서 적어도 650°C 의 온도를 유지하는 것을 특징으로 하는 성형 유리 제품 제조용 복열식 유리 용해로.

청구항 24

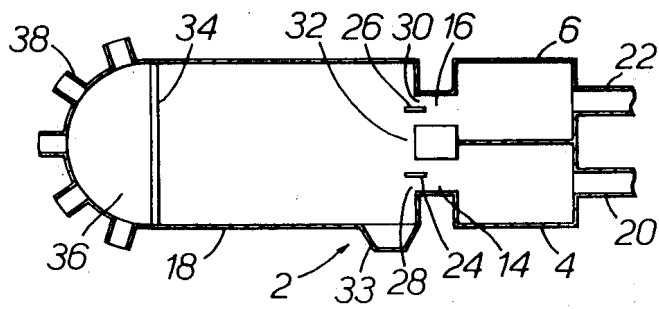
용해 챔버 및 밀폐된 재생기를 구비하는 성형 유리 제품 제조용 복열식 유리 용해로내에서 연료의 연소에 의해 발생된 폐가스중의 NO_x 양을 감소시키는 방법에 있어서, 용해 정련 검용 챔버내의 적어도 하나 이상의 지점에서 폐가스중의 가연성 물질 및 산소를 측정하는 단계, 용해 정련 검용 챔버내에서, 평균 화학양론적 양이 완전 연소를 실행하는데 필요한 것보다 실질적으로 더 낮도록 보장하는 한편으로 실질적으로 연소되는 연료 부분이 용해 공정의 열주입 조건에 의해 할당된 것 이상이 되도록 상기 측정에 따라 연료 및 연소 공기를 조정하는 단계, 폐가스가 용해 정련 검용 챔버를 나와 대기로 방출하기 전에, 그 폐가스중에 잔류하는 모든 가연성 물질을 실질적으로 완전 연소시키기 위하여 상기 폐가스에 부가 연소 연료를 공급하는 단계를 포함하는 것을 특징으로 하는 폐가스중의 NO_x 양을 감소시키는 방법.

도면

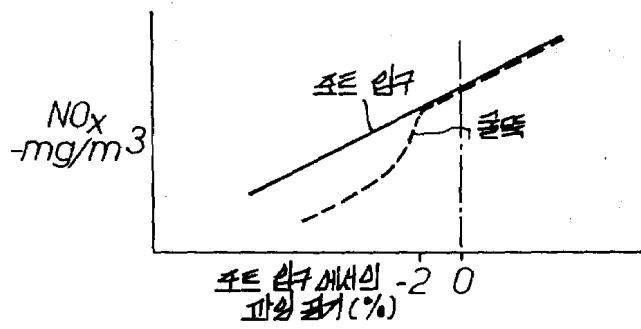
도면1



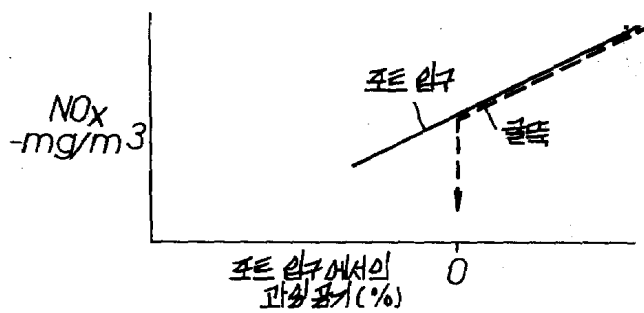
도면2



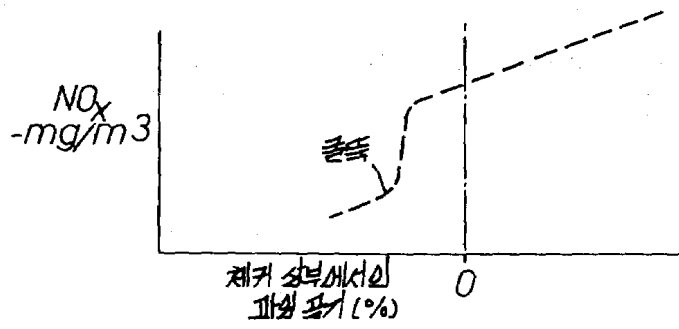
도면3



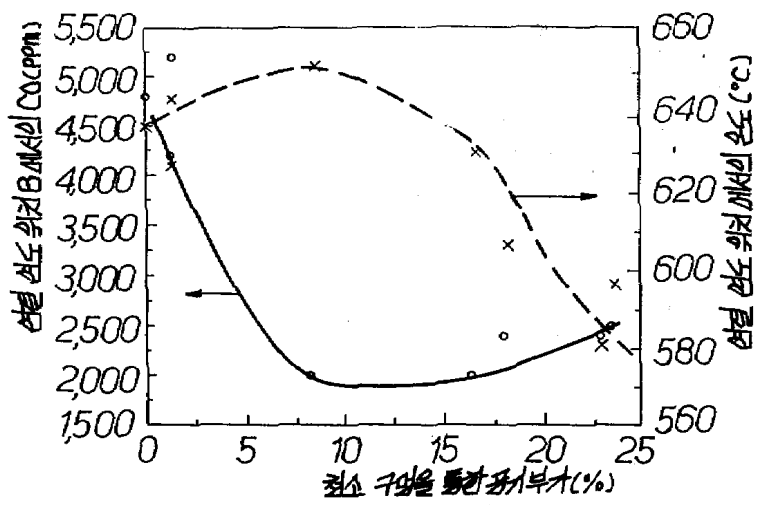
도면4



도면5



도면6



도면7

