

(19) 대한민국특허청(KR)
(12) 특허공보(B1)

(51) Int. Cl. ⁶ F23D 17/00	(45) 공고일자 1997년06월 13일	(11) 공고번호 특1997-0009487
(21) 출원번호 특1993-0001374	(24) 등록일자 1997년06월 13일	(65) 공개번호 특1993-0017607
(22) 출원일자 1993년02월02일	(43) 공개일자 1993년09월20일	
(30) 우선권주장 7/831, 149 1992년02월04일 미국(US)		
(73) 특허권자 에어프로덕츠 앤드 케메칼즈 인코오포레이티드	윌리엄 에프. 마시	
(72) 발명자 미합중국 펜실베니아 18195-1501 알렌타운 해밀턴 블레바드 7201 에드워드 로버트 바자리언		
	미합중국 펜실베니아 18104 알렌타운 그린리프 스트리트 2150 제임스 프랑시스 헤프론	
	미합중국 펜실베니아 17961 오위그스버그 브릭힐 로우드 1581 찰스 에드워드 보우컬 주니어	
(74) 대리인 미합중국 펜실베니아 19438 해리스 빌 브랜치 로우드 792 나영환, 도두형		

심사관 : 성낙훈 (책자공보 제5061호)

(54) 공기-연료 혼합물의 연소중에 발생하는 질소산화물 발생량의 감소 방법

요약

내용없음.

대표도

도1

명세서

[발명의 명칭]

공기-연료 혼합물의 연소중에 발생하는 질소산화물 발생량의 감소 방법

[도면의 간단한 설명]

제1도는 통상의 연소방법에서 산화제 함유된 산소 백분율에 대해 백만 BTU당 생성된 NO의 파운드수의 관계를 나타낸 그래프.

제2도는 본 발명에 따른 방법을 예시하기 위해 사용된 장치의 종방향의 대략도.

제3도는 산소-연료 공급원으로부터의 전체 연소 공정의 백분율에 대해 발생된 BTU당 생성된 NO의 파운드 수의 관계를 나타낸 그래프.

제4도는 제3도의 실험 결과에 의해 산화제중의 산소 농도에 대해 발생된 백만 BTU당 NO의 파운드 수의 관계를 나타낸 그래프.

제5도는 연료와 산화제가 완전히 혼합되어 단열 반응되었다고 가정한 상태에서, 서로 다른 세가지의 산소-연료비의 산화제 중의 전체 산소에 대해 발생된 백만 BTU당 NO의 파운드 수의 관계를 나타낸 그래프.

* 도면의 주요부분에 대한 부호의 설명

- | | |
|---------------------|--------------------|
| 10 : 이중 연료 공기-연료 버너 | 12 : 분무식 공기 통로 |
| 16 : 연료도관 | 18 : 연료유입구 |
| 20 : 주연소 공기 통로 | 22 : 공기 유입 통로 |
| 24 : 버너 장착 플랜지 | 30 : 공기 통로 |
| 32 : 연료 통로 | 34 : 분무식 공기 통로 |
| 36 : 산소-연료 버너 | 40 : 내측 도관(산화제 도관) |
| 44 : 전방 단부 | 46 : 연료 장착부 |
| 48 : 산화제 유입 장착부 | |

[발명의 상세한 설명]

본 발명은 공기-연료의 연소 방법에 관한 것이다.

대부분의 연소 방법에는 천연가스, 연료 오일, 프로판, 페유 및 그밖의 탄화수소 등과 같은 연료와 함께 연소되는 산화제(oxidizer)로서 공기가 사용된다.

다수의 공기-연료의 연소 방법의 실시에 있어, 연소 공기를 산소로 농축시키음으로써 개량될 수 있는 것으로 알려져 있다. 연소 공기의 농축은 화염 온도 및 열효율 모두를 증가시키는 반면, 연도(煙道) 가스의 용적은 공기 또는 산화제의 산소 농도의 증가에 따라 감소한다. 고순도의 산소를 농축시키는데 드는 비용은 연소를 향상시켜 생산성을 높임으로써 상쇄시킬 수 있다. 산화제의 전 산소 함유량 35%까지의 저수준의 농축은 기존의 공기-연료 장치에 약간의 변형을 가함으로써 일반적으로 적용될 수 있다.

최근에는, 연소 방법에 대한 환경 오염 문제가 심각하여 거론되고 있다. NOx로 알려진 질소산화물은 대기에서 산성비나 스모그, 또는 저온에서 오존을 형성시키는 유해물질이 밝혀졌고, 오존은 지구 온실화의 주원인이었다. 미합중국의 연방정부는 오염 방지에 대한 새로운 법령을 제정하였다. 이 새로운 조항은 공기-연료 혼합물의 연소에 따른 NOx 형성을 제어하는데 대한 관심을 부추겼다.

또한, 연소시 저수준의 산소 농축이 NOx 배출량의 가장 심각한 증가의 원인인 것으로 밝혀졌다. 공업용 연소 방법에 있어서, NOx 발생의 90% 이상이 산화 질소 또는 NO의 형태이다. 그리고, 산화제에서 전체 산소 함유량이 90% 이상인 고수준의 산소 농축은 동일한 연소 속도에서 공기를 사용한 것보다 NOx가 덜 생성된다는 것이 밝혀졌다. 그러나, 이러한 고수준의 산소 농축은 기존의 처리 방법에서는 비경제적이며, 실제로 재료상의 문제점을 초래하였다.

과거에는 NOx의 배출량을 줄이기 위해 두 가지의 방법에 사용되었다. 첫번째 방법은 NOx가 대기로 방출되기 전에 배기 가스에서 NOx를 제거하는 방법이다. 연소 공정으로부터 배기 가스의 후처리는 선택적인 촉매 또는 비촉매를 이용하고 그리고 산화, 흡입 및 환원 처리들의 조합으로 NOx를 세정(洗淨)한다. 이러한 처리는 일반적으로 비용이 많이 들며 후처리 장치가 고장날 경우 연소 공정 전체를 멈추어야 된다는 문제점이 있다. 두번째 방법으로는, 어떤 방법을 이용하여 연소공정을 변형시켜 최초의 장소에서 NOx 형성을 최소화시키는 방법이다. 이 두번째 방법의 예로써, 화염속으로 물 또는 증기를 주입시켜 저수준의 NOx 버너(burner)라 불리는 장치와 같이 연소 공정에서 과잉 공기를 감축시키는 방법이다.

이러한 기술들은 열효율을 감소시키게 되며, NOx 발생량이 감소를 약간 밖에 실현시키지 못하였다.

본 발명은 NOx 생성을 최소화하는 한편 생산성을 향상시키기 위해 기존의 공기-연료 연소 장치에 산소-연료 연소를 이용하는 방법을 제공하는 것이다. 산소-연료 연소는 공기-연료 연소에 의해 차폐(shield)되며, 연료 농후(濃厚) 상태에서 연소가 일어나도록 제어된다.

연소시 농축 산소를 사용할 경우 일어나는 전술한 문제점은, 과도한 NOx 배출량의 증가라는데 있다. 대부분의 공업용 연소 방법에 있어서, NOx 배출량의 90% 이상이 산화질소 혹은 NO의 형태이다. 제1도는 산소-질소 산화제, 즉 공기중의 산소 농도의 함수로서, 단일, 화학량론적(산소 연료가 반응시 과부족이 없는 상태), 메탄 화염에 대한 NO의 평형 예측도를 도시한 것이다. 산화질소 혹은 NO의 단위는 연료의 백만 BTU 총 연소 속도(firing rate)당 NO의 파운드이다. 제1도는 저수준의 산소 농축에서 NO가 크게 증가하는 것을 나타내며, 그 결과는 종래의 공기-연료 버너로 여러번의 측정 결과에 의해 증명된 것이다. 비록 고수준의 농축에 의해 동일한 연소 속도에서 공기를 사용했을 때보다 NOx가 더 적게 발생되었지만, 고수준의 산소 농축을 실용화시키는데는 경제적으로나 처리 공정 및 원료의 공급에 있어서 더 많은 제약을 받게 된다. 본 발명에 따른 공정은 NOx 발생량을 최소화시키는 한편, 생산성을 증대시키기 위해 기존의 공기-연료 장치에 산소-연료 버너를 추가 부착시킴으로써 쉽게 달성된다. 제2도에 도시된 바와 같이, 이종 연료 공기-연료 버너(10)는 동일한 축상으로 배치된 공기 유입구 장착부(14)를 구비하는 관형의 제1분무식 공기 통로(12)와, 연료 유입구(18)를 구비한 연료 도관(16)을 포함하며, 이 연료 도관(16)의 전방 단부는 연소 공기 유입 통로(22)를 구비한 주연소 공기 통로(20)를 형성하는 동축의 도관으로 에워싸여 있다. 버너(10)의 전방 단부에는 세라믹 재질로 만든 버너용 타일(26)을 구비한 버너 장착 플랜지(24)가 형성되어 있다. 상기 주 연소 공기 통로(20)의 전방 단부는 분무식 공기 통로(34)의 환상의 말단 둘레에 배치된 환형의 연료 통로(32)의 종축과 평행하게 배치된 다수의 공기 통로(30)들이 형성된 플레이트(28)까지 연장한다. 산소-연료 버너(36)는 공기 통로(12) 내에서 그것과 동일축상으로 배치된다. 이 산소-연료 버너(36)는 내측 도관(40)(혹은, 산화제 도관) 둘레에 동일 축상에 배치된 외측 도관을 구비한 동축 데이타관의 버너이다. 내측 도관은 버너의 전방 단부(44)에 인접하고 다수의 반경방향으로 이격된 스페이서(42)에 의해 외측 도관으로부터 이격되어 있다. 상기 산소-연료 버너는 본 발명의 실시시예에 따라, 연료가 장착부(46)를 통해 유입되어 내측 도관(40)의 외측으로 안내된 다음 버너의 전방 단부(44)로 유출되도록 구성되어 있다. 산소는 산화제 유입 장착부(48)에 의해 산화제 도관(40)의 중심까지 도입된다. 산화제 도관(40)은 버너(36)의 배출 단부의 내측 지점까지 연장하기 때문에 산소-연료 혼합물의 적합한 연소가 발생할 수 있다. 또한, 산소 및 연료의 통과 방식을 역으로 만들 수도 있다. 동축 산소-연료 버너는 당업자들에게 널리 알려져 있으며, 일례로 펜실베니아주 알렌턴 소재 에어프로덕츠 앤드 케미컬즈 회사에서 시판되는 k-테크 버너를 들 수 있다.

작동에 있어서, 버너(10)는 천연 가스가 장착부(18)를 통해, 그리고 주요 연소 공기는 유입 통로(22)를 통해 송출되도록 구성되어 있기 때문에, 연소는 산소-연료 버너(36)의 전방 단부쪽에서 발생한다. 산소-연료 버너(36)는 장착부(48)를 통해 산소를, 그리고 장착부(46)를 통해 천연 가스 등의 연료를 도입시킴으로써 버너(36)의 전방 단부(44)에서 산소-연료 화염 또는 연소가 발생되도록 사용된다.

NOx 발생량을 최소화시키기 위해, 산소-연료 버너는 농후 연료 조건하에서 작동된다. 농후 연료의 의미는, 산소-연료 버너에 있어 연료에 대한 산소의 비율, 산소-연료 버너가 화학량론적 조건(산소 연료의 반응시 과부족이 없는 상태)에서 작동된다고 가정할 경우 산소-연료 화염의 산소비로 나눌때, 그 당량비(equivalence ratio; 실제 연소 상태에 있어서의 연료와 산소의 공급량의 비율, 연료와 산소가 완전 연소하는 경우의 연료와 산소의 비로 나눈 값)가 1.2 범위, 1.35, 양호하게는 1.33(즉, 0.6-0.68, 바람직하게는 0.66의 연료 대 산소의 비)을 나타내는 것을 의미한다. 더욱이, 작동시 산소-연료 화염은 공기-연료 화염에 의해 에워싸이도록 진행된다. 제2도에 도시된 장치에 있어서, 이와 같은 현상은 산소-연료 연소가

공기-연료 연소의 내부에서 일어나도록 공기-연료 버너의 내부에 산소-연료 버너를 장치함으로써 쉽게 이루어진다. 산소-연료 화염이 공기-연료 화염과 분리되는 다른 형상을 가질 수도 있으며, 이때, 두 화염은 생성된 후 합류된다.

화염 온도의 감소와 사용 가능한 산소기(基)의 감량으로 인해, 농후 연료 화염의 활용으로 NO_x 발생량이 줄어들 수 있다는 것이 아래의 설명을 통해 잘 알 수 있을 것이다. 연료를 완전히 산화시킬 충분한 산소가 없다는 사실 때문에 최대의 화염 온도를 얻지 못한다. 추가적으로, 산소는 열역학적으로 질소 산화물을 생성하기 위해 질소와 결합하기 전에 주로 탄소 및 질소와 결합하는 경향이 있다. 그러나, 환경 오염의 문제를 일으킬 수 있는 농후 연료 조건하에서는, 미연소 탄화수소의 배출량이 증가하게 되며, 연소 공정의 전체 열효율은 감소하게 된다.

제2도에 따라 설치된 장치의 실제 실시험에 있어서, 고순도의 산소(즉, 99%의 산소)가 산소-연료 버너에 사용되었고, 95체적%의 메탄과 0.32체적%의 질소를 함유한 천연 가스가 연료로 사용되었다. 제3도에 도시된 바와 같이, x축은 산소-연료 연소 공급으로 발생된 전체 연소 속도의 크기를 나타낸 것이다. 산소-연료 50%의 경우를 예로들면, 전체 연소 속도의 절반은 산소-연료이고 나머지 절반은 공기-연료이다. 산소-연료 버너의 당량비는 1.00 내지 1.33에서 변동하게 되는데, 1.0은 메탄에 대한 화학량론적 비이다. 제3도에서, 산소-연료가 사용되지 않는 경우(0%의 산소-연료), 공기-연료의 당량비는 변동하였다. 이 곡선들은 산소-연료 화염이 더욱 농후 연료로 됨에 따라 NO의 양이 급격히 기울어지는 것을 보여준다.

또한, 이 곡선들은 중간 범위의 산소-연료 공급에서는 피크가 존재하는 것을 보여주지만, 정확한 피크는 이러한 실험 중에 측정되지 않았다.

제4도는 산화제 중의 전체 산소 농도를 기준으로 한 데이터만 제외하고 제3도에 나타난 동일한 데이터를 나타낸 그래프로, 이 실험은 마치 산소가 공기와 미리 혼합된 것으로 간주될 수 있다. 예를 들면, 전체 연소 속도가 공기-연료 버너와 산소-연료 버너 사이에서 균등하게 나누어지고 양 버너가 화학량론적 조건하에 있다고 가정하면, 공기와 예비 혼합된 산소에 대한 평형 산소 농도는 34.6%가 된다.

이 곡선은 제5도에 도시된 이론적인 NO_x 곡선과 쉽게 비교할 수 있기 때문에 도움이 된다. 제5도의 곡선은 연료와 산화제가 완전히 혼합되어 있다고 가정했을 경우의 평형 예측도이다. 제5도의 곡선들은 산소의 농축 수준이 40%로 증가했을 때, NO_x는 증가되는 것으로 예상하고 있다. 그러나, 제3도의 실험 데이터는 농축 정도가 30-40%에 근접함에 따라 NO_x가 줄어드는 것을 나타낸다. 이것은 산소-연료 버너를 공기-연료 버너에 삽입시킴으로써 만들어지는 분리된 화염 영역에 기인한 것으로 밝혀졌다. 종래의 산소-연료 버너는 화염 온도가 높아졌을 것이다.

도면에 나타난 곡선을 전체의 연소 속도를 기초한 것이며, 더 많은 산소에 의해 효율이 증가되는 효과를 반영하지 않았다. 만약, NO의 파운드/순 MMBTU를 기준으로 측정한다면 NO_x는 더욱 낮아질 것이다.

실험에 사용된 공기-연료 버너는 혼합 능력이 낮기 때문에 비정상적으로 낮은 NO_x를 보여주었다. 대부분의 공기-연료 버너들은 백만 BTU당 NO의 파운드 수가 0.1 이상이 되는데, 이것은 본 발명의 공기-연료 버너가 종래의 것 보다 우수하다는 것을 의미한다.

산소-연료 버너를 운전함으로써, 농후 연료 화염의 온도는 크게 감소되었다. 추가적으로, 산소-연료 버너의 외측 화상부내의 천연 가스는 내부의 고순도 산소가 공기-연료 버너 중의 질소에 도달하는 것을 지연시키는 보호벽 역할을 한다. 화염은 농후 연료이기 때문에, 대부분의 산소는 그것이 공기-연료 스트림(stream)과 혼합되기 전에 탄화수소 연료를 산소시킨다. 산소-연료 화염의 온도 조건을 감소시키며 공기-연료 화염 중의 질소로부터 내부의 고순도 산소를 보호함으로써 낮아지게 되는 화염 온도는, 배기 가스내의 NO_x를 예상하지 못할 정도로 감소시키는 것으로 밝혀졌다. 실험 데이터로부터, 전체 연소 속도의 최소한 3분의 2이상이 산소-연료 버너를 사용함으로써 이루어졌을 때 양호한 조건이 발생한다는 사실을 알게 되었다. 실험 데이터와 전술한 결과를 분석하면, 양호한 작동 조건은 농후 연료의 산소-연료 화염과 화학량론적 조건에 근접한 공기-연료 화염을 활용하는 것이다.

본 발명과 상반되는 조건을 사용하는 경우, 공기-연료 화염의 화염 온도를 약간 감소시키며, 산소-연료 화염의 화염 온도를 상당히 크게 증가시킬 것이다. 이러한 관점에 있어서, 화염 중의 열 NO_x 생성은 온도에 따라 지수(exponent)적으로 증가하며, 본 발명의 실시예와 상대의 결과를 초래하는 높은 피크의 화염은 본 발명에 의한 방법보다 더 높은 NO_x를 생성하게 될 것이다. 비록 두개의 버너를 이용하여 농후 연료는 NO_x의 발생량을 줄이지만 열효율에 대한 문제가 생긴다. 산소 농축은 열효율은 증가시키는 것으로 판명되었기 때문에 본 발명은 비록 산소-연료 화염이 농후 연료가 되어도 생산성을 향상시키게 되는데, 그 이유는 산소 농축이 농후 연료에 의한 항상성 감소 보다 더 중요하기 때문이다. 대부분의 산업용 노에서는, 화염 영역을 벗어난 배기 가스 내에 남은 연료를 연소시키는 배가 장치와 노속으로 공기를 침투시키기 때문에 미연소 탄화수소의 배출은 존재하지 않을 것이다.

본 발명은 최소의 비용으로 기존의 장치를 용이하게 개량시킬 수 있다. 본 발명은 통상 저수준의 산소 농축으로 발생하는 NO_x의 배출량 증가라고 하는 불이익도 없이 생산성을 증대시킨다. 생산성을 높이기 위해 공기-연료 노에 설치한 종래의 산소-연료 버너는 현재 NO_x 발생에 대한 문제가 제기되기 전까지 사용되었다.

전술한 본 발명은 첨부된 청구 범위에 한정된다.

(57) 청구의 범위

청구항 1

공기-연료 혼합물의 연소중에 발생하는 질소 산화물 발생량의 감소방법으로서, (a) 연소 공정에 의해 발생된 총 열의 50% 내지 90%를 공급하게 될 산소-연료 연소를 연소중 질소로부터 차폐시키기 위해 공기-연료 혼합물을 이용하는 방식으로, 상기 공기-연료 연소에 의해 차폐된 산소-연료 혼합물을 연소시키는 단계와; (b) 전 연소 공정중, 상기 산소-연료 혼합물의 당량비가 1.2 내지 1.35로 되도록 하여 농후 연료

조건으로 유지시키는 단계와; 그리고 (c) 상기 공기-연료 혼합물을 화학량론적 조건으로 유지시키는 단계를 포함하는 것을 특징으로 하는 질소산화물 발생량의 감소방법.

청구항 2

제1항에 있어서, 상기 산소-연료 연소는 공기-연료 연소의 내측에서 동일 축상에서 일어나는 것을 특징으로 하는 질소산화물 발생량의 감소 방법.

청구항 3

제1항에 있어서, 산소-연료 혼합물 중의 연료는 메탄, 프로판, 연료 오일, 폐유, 탄화수소 연료 및 그 혼합물로 구성된 군에서 선택되는 것을 특징으로 하는 질소산화물 발생량의 감소 방법.

청구항 4

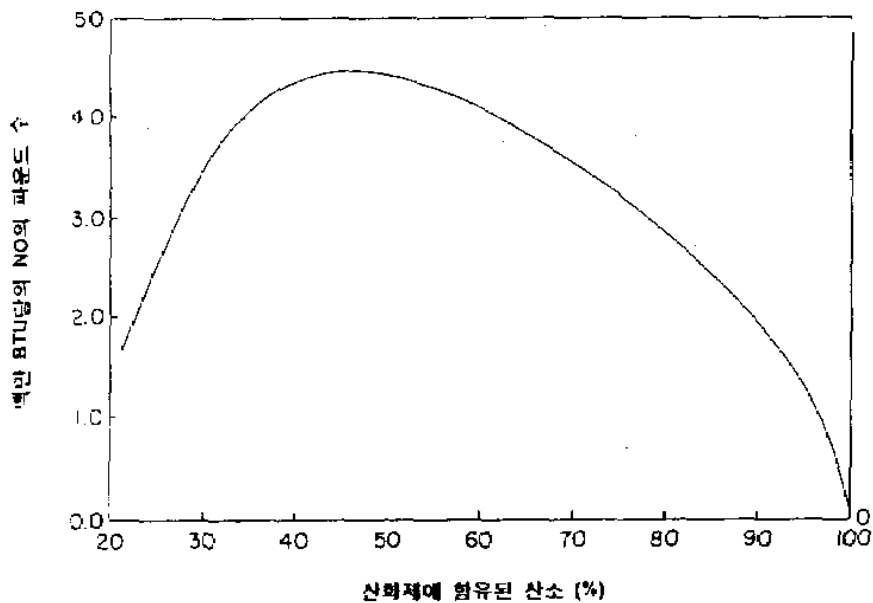
제1항에 있어서, 공기-연료 연소 및 산소-연료 연소에 사용되는 연료는 메탄, 프로판, 연료오일, 폐유, 탄화수소 연료 및 그 혼합물로 구성된 군에서 선택되는 것을 특징으로 하는 질소산화물 발생량의 감소 방법.

청구항 5

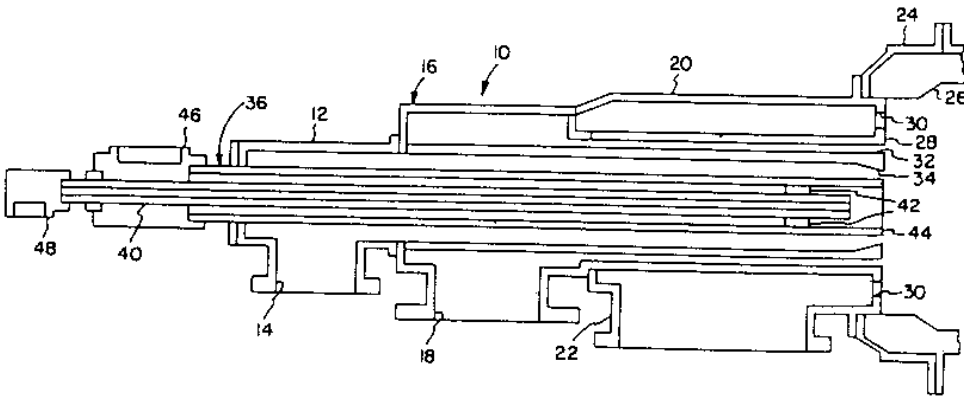
제1항에 있어서, 공기-연료 연소에 사용되는 연료는 오일이며, 산소-연료 연료에 사용된 연료는 메탄인 것을 특징으로 하는 질소산화물 발생량의 감소 방법.

도면

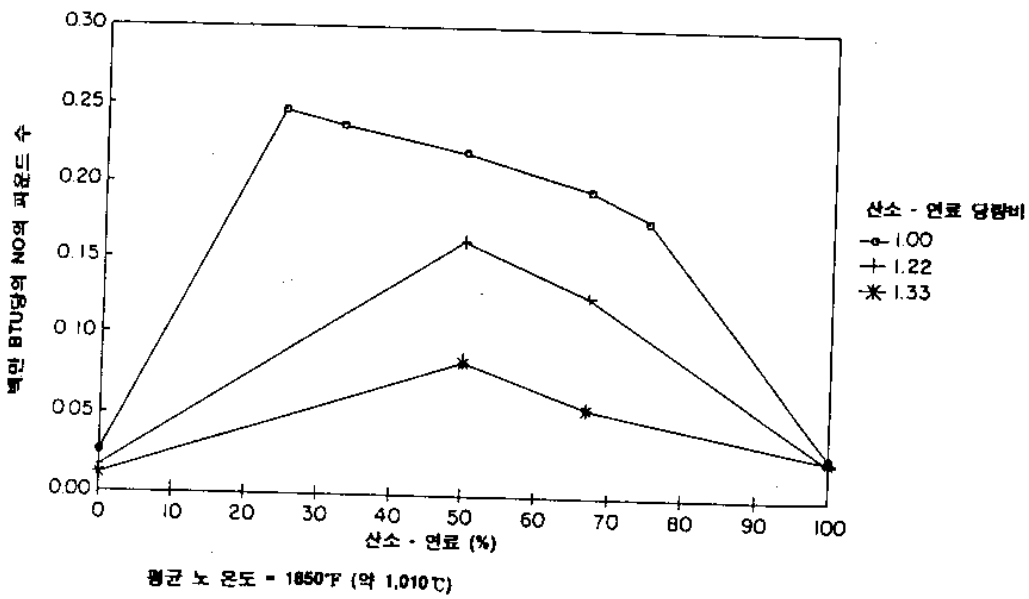
도면1



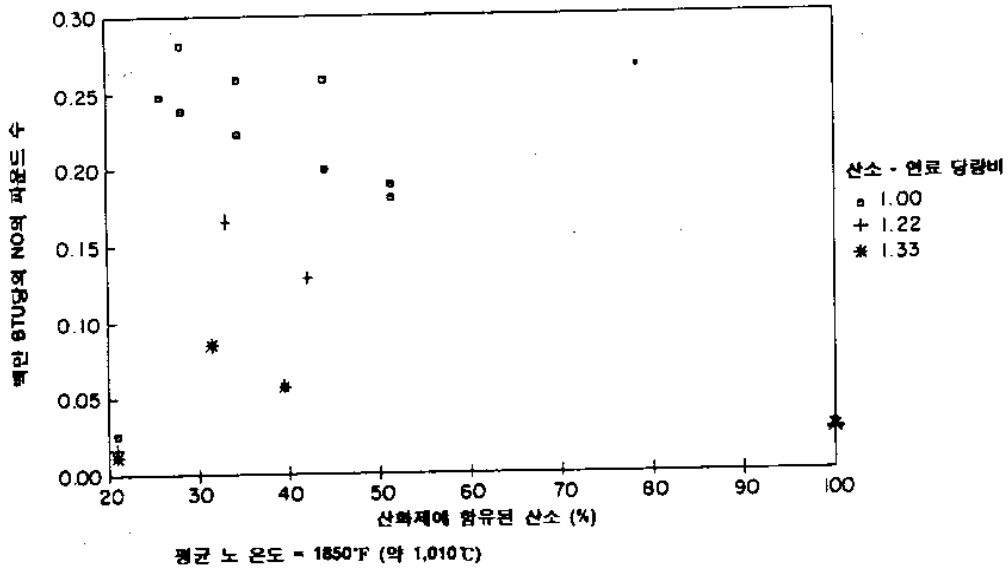
도면2



도면3



도면4



도면5

