

소각로의 종류별 처리기술

(3)

■ 환경관리공단 발행 「폐기물소각처리실무」

3. 유동연소식 소각로

가. 개요

1) 구조

유동상 소각로는 수형의 원통 또는 장원통 혹은 각형 등 여러가지 형이 있고 연소부와 공기공급부분으로 이루어졌다. 외판은 보통 강판제이고 내면은 내화벽돌 및 단열벽돌 또는 단열 캐스터블로 내장된 내화구조물이다. 연소부와 공기공급부의 사이에 로상이 있고 내열강재도 있으며 내화벽돌에 의한 아치구조도 있다. 로상의 위에는 모래 등의 불활성무기물을 유동매체로 이용하고 로상의 공기분출부에서 나오는 공기에 의해 유동층을 형성하고 유동모래를 600°C에서 800°C 정도로 유지하고 그 열을 이용하여 오니 등을 순간적으로 연소할 수 있다. 유동매체를 정지했을 때의 높이는 600mm에서 1,000mm로 하고 유동용 및 연소용공기는 상온 또는 열회수에 의한 가열, 예열기에 의한 고온 공기에서도 잘 유동상태를 유지하도록 한다.

오니 등 피소각물의 발열량에 따라서는 조연이 필요하며 보통 건타입의 노즐로 중유, 등유 등을 모래층에 분사하여 직접 연소로 가열한다. 모래층의 온도제어는 이 조연유량의 증감에 의해 조정

할 수 있다.

오니 등의 피소각물은 통상 순간적으로 소각되어 무기물만의 재로 되지만 이 대부분의 연소배가스와 함께 로외로 배출된다. 최근에는 상당히 큰 입자의 무기물 소각 잔사를 로상에서 로외로 배출하는데 이때 잔사와 함께 나오는 모래만을 다시 로내에 넣는 시스템도 있다. 동종의 로로써는 다단로와 결합한 건조단향유동소각로, 선회류식소각로, 유동건조와 결합된 유동소각로 등이 있다. 또 이와 같은 유동소각로는 건류로도 사용할 수 있다.

2) 특징

가) 로상부는 모래 등의 유동매체가 균일하게 유동층을 형성하므로 오니 등의 피소각물과 연소용공기가 이상적으로 혼합하고 오니의 성상이나 공급량이 변동하여도 조작이 용이하여 자동운전이 가능하다.

나) 수분증발과 소각이 동시에 순간적으로 이루어지고 고온의 균일한 배가스 온도를 유지하므로 약취의 발생이 없고 거의 열작감량은 아주 낮다.

다) 유동층의 열용량이 크므로 장치는 소형화가 가능하며 로내에 국부적 과열부분이 발생하지 않으므로 내화물의 손상이 적다.

라) 유동층식 소각로는 로내부

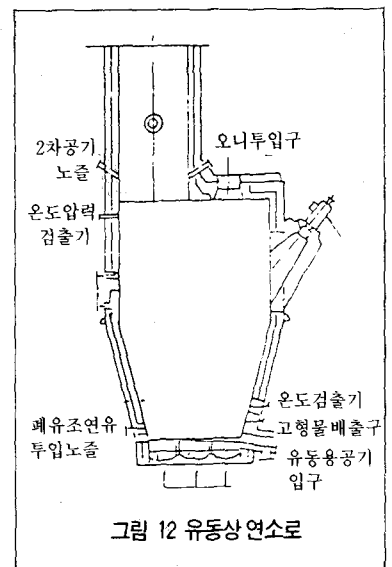
에 기계적 구동부분이 없으므로 고장이 적다.

마) 운전정지시의 온도 강하가 없으므로 시동에서 소각 개시까지 시간이 짧고 간헐적인 운전도 가능하다.

바) 공기 과잉률이 적어 통상 $m = 1.2 \sim 1.4$ 로 운전하기 때문에 배가스 처리장치의 규모가 적다.

사) 펌프로 이송가능한 폐유, 폐액이나 탈수케익, 공장, 일반잡개 등을 한로에서 소각 처분할 수 있다.

아) 다단로와 결합한 소각로에서는 소각물이 다단로부에서 예비 건조하고 미세 입자화되므로 순간적으로 완전연소가 가능하고 발열



량이 낮은 고함수 오니 등의 소각 경우에는 다른 소각로와 비교하여 특히 연료소비량의 저감이 현저하다.

3) 통상 사용되는 분야

하수, 분뇨 등의 초침, 종침 및 혼합오니, 화학, 석유, 식품, 제지 공업 등의 수처리에서 발생하는 오니, 함유폐수, 공장잡개 등

나. 설비 성능조건

1) 투입제한

가) 투입물의 크기 및 형상

통상의 오니, 폐유등에서는 크기, 형상에는 제한이 없다. 동식물성 잔사, 일반공장 잡개(종이, 나무조각, 섬유조각 등) 및 탈수오니로써 수분이 아주 낮은 괴상(塊狀) 물로는 50mm 이하로 파쇄를 할 필요가 있다.

나) 투입물의 물성

(1) 함유수분

소각로의 전처리 탈수기의 기종에 따라 다르지만 특별한 제한은 없다.

오니 등의 피소각물은 통상 순간적으로 소각되어 무기물만의 재로 되지만 대부분이 연소배가스와 함께 로외로 배출된다. 최근에는 상당히 큰 입자의 무기물 소각 잔사물 로상에서 로외로 배출하는데 이때 잔사와 함께 나오는 모래만을 다시 로내에 넣는 시스템도 있다.

(2) 발열량

특별한 제한은 없다.

(3) 유해물질

처리대상물이 크롬 등과 같이 연소방법에 있어서 환원성인가 산화성인가 판단할 필요가 있는 경우 일반적으로 알카리금속을 함유한 오니 등은 모래와 반응하여 용융체를 형성하므로 그 함유량을 알면 연소 온도 범위를 제한하는

등 고려할 필요가 있다.

2) 처리물의 성상

가) 재

(1) 열작감량

10% 이하

(2) 중금속류

대상물의 물성에 따른다.

나) 연소배가스

온도는 800°C 전후이고 소각로 출구의 연소가스 중에는 배진이나 유동용 모래가 함유하고 SO_x, NO_x, HCl 등의 유해물질이 함유된다.

다) 폐수

발생되는 폐수로는 습식집진 방식이나 배연 탈황 설비 등의 유해가스 흡수설비에서 발생하고 pH, SS, BOD, COD, 중금속(처리대상물에 따라 다름) 등의 처리가 필요하다.

3) 처리능력범위

수분 75% 정도의 활성오니 탈수 케익으로 7~10톤/m²·일의 처리능력이 있다. 장치 규모로는 수 100kg/시간에서 100톤/일까지 처리능력의 범위이다.

4) 고장요인

가) 알카리금속류의 다량 혼입에 의해 크링카 발생

나) 모래마모 감량 대책 부족

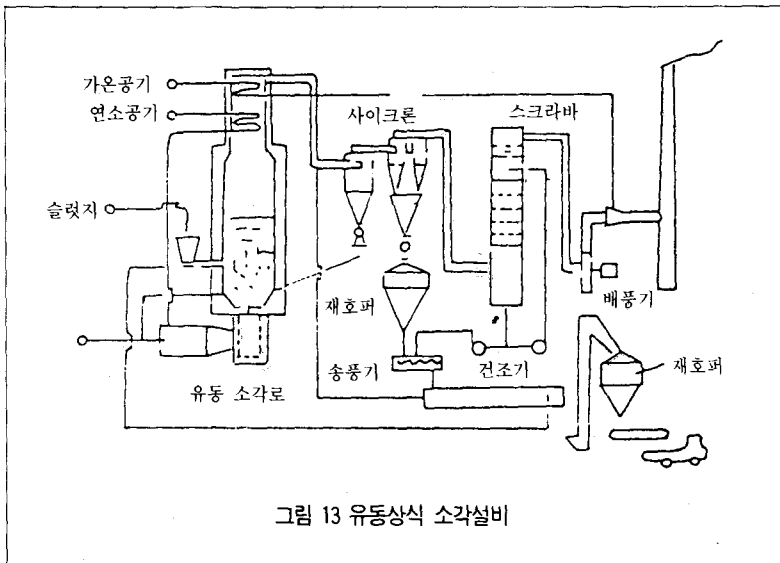
다) 괴상(塊狀) 침적물, 금속편 등의 배출기구가 필요

5) 부대설비

가) 공급설비

(1) 오니

탈수기와 소각로와의 사이에 동시간의 차가 있는 경우에는 오니를 저류하고 연속적 또는 정량적으로 로에 공급하는 장치가 필요하다. 오니 저류 호퍼, 정량 배출기, 콘베아, 투입기



(2) 폐유, 폐액 등
액저류탱크, 정량 공급펌프
(3) 일반잡개등
크레인, 호이스트, 파쇄기, 자
선기, 저류호퍼 및 정량압출기, 콘
베아, feeder 등
나) 조연연소설비
(1) 시동용
로본체 상부에 설치하여 시동시
만 모래를 가온한다.

(2) 조연용
직접 연료를 로내에 투입하여
유동층중에서 염으로 되어 모래층
온도를 일정하게 유지한다(건타
입 노즐).

(3) 열풍발생로(꼭 필요한 것은
아님)
시동용과 조연용의 겸용으로써
미리 열풍으로 로내에 보내는 방
식. 이 경우도 (2)의 노즐과 병용
하는 것이 많다.

(4) 공기 예열기(꼭 필요한 것
은 아님)
고온 배가스에서 열회수하여 유
동용 및 연소용 공기로써 로내에
예열공기를 보낸다.

(5) 보조설비
연료 저장 탱크, 서비스탱크, 펌
프유니트, 버너, 조연노즐, 송풍
기

다) 배가스 처리 설비
(1) 건식법
배가스의 탈황을 필요로 하지
않는 경우 또는 건식 탈황으로 충
분한 경우, 다음의 설비가 필요하
다. 싸이크론 또는 멀티싸이크론,
스테라라이저 또는 켄칭타워(건
식탈황가능), 전기집진장치(건
식), 배풍기, 연돌 등이 필요하다.

(2) 습식법
집진설비와 배가스탈황법이 전

**최종적으로 유동사는
쓰레기 속의 불연물을
대용시키는 것이 되기
때문에 모래의 양이
당초보다 많아지게 되고
로 외로 일정량의 유동사를
배출할 필요가 있다.
이처럼 유동사를 순환
사용하기 위한
순환형식에는 “직투형”,
“정유형”, “역송형”이
있다.**

부 습식으로 이루어지는 경우 다
음 설비가 필요하다. 열교환기, 켄
칭타워 또는 가스냉각기, 젯트스
크라버, 벤츄리스크라버, 기타습
식집진기(배연 탈황장치와 겸용),
전기집진장치(습식), 배풍기, 백
연방지(필요시), 연돌 등이 필
요하다.

(3) 건식, 습식 병용 방식
(1)과 (2)의 조합에 의해 구성된
다. 주로 집진설비를 건식법으로
배가스탈황 등 유해가스 흡수설비
를 습식법으로 한다.

라) 폐수처리설비
습식배가스 처리설비나 유해가
스 제거 설비에서의 배출수를 처
리한다.

마) 재처리설비
재의 냉각, 집진대책(물을 사용
하여 혼연)이 필요. 오히려 중급
속 등의 유해물질이 있으면 고화
등의 처리도 필요하다.

바) 제어설비
안정된 운전을 유지하기 위해
최소한 다음의 계기가 필요하다.

(가) 온도기록계, 조절계, 지시
계 등
(나) 압력지시계, 조절계 등

다. 안정운전 조건
1) 내열, 내마모, 내식성 유지
2) 폭발방지
슬러지에 기름이 함유된 경우는
프리보드 부분에서 이것이 가스화
하여 그대로 냉각설비에 도입될
가능성도 있다. 로내온도가 낮고
유동모래의 온도가 냉각될때는 버
너의 화염이 짧아질 가능성이 있
다.

휘발성 가연물이 다량으로 들어
올때는 로내압의 이상 상승이 일
어나고 수분이 이상으로 많은 슬
러지가 많이 들어오면 로내온도에
이상 전하가 일어난다.

이러한 위험에 대처하기 위해
방폭설비(폭발구동), 시동용버너
화염 확인 및 프레임의 안정유지
설비(자동제어장치), 배가스진급
방출구, 조연유의 자동공급정지
제어 등의 설치가 요망된다.

3) 유지관리
주로 수직형의 입체적 설비로써
유지, 보수 또는 감시의 주요 부분
이 높은 곳에 위치해 있다. 수리작
업에 지장이 없는 충분한 폭을 두
어 가교를 계획, 점검, 측정, 수리
를 요하는 부위에 설치한다.

라. 환경보전에 필요한 조건
유동상 소각로는 슬러지를 취급
하는 경우가 많다. 연소가스에서
는 악취가 발생하지 않지만 오히려
저류조에서는 악취가 발생한다.
저류조를 사이로와 같이 밀폐형으
로 하든가 또는 악취공기를 포집
하여 연소공기원으로 사용한다.

마. 유동상식소각로 본체설비

1) 유동사와 순환기구

가) 유동사

유동사는 일반적으로 규사를 사용하는데 순환 사용중 쓰레기속의 불연물과 배출된다. 모래의 직경은 약 1mm이고 이 모래는 약 700°C 정도에서 작열한 상태가 되고 이에 의해 유동사는 감소한다.

나) 순환기구

유동사의 순환기구는 그림 14에 나타낸 것처럼 불연물배출장치에 의해 유동사와 불연물을 강제적으로 배출하고 유동사와 불연물은 슛트(slit)상 등의 진동체로 분류하고 유동사는 바켓형의 콘베이어로 로 내로 되돌려 재사용한다. 최종적으로 유동사는 쓰레기 속의 불연물을 대응시키는 것이 되기 때문에 모래의 양이 당초보다 많아지게 되고 로 외로 일정량의 유동사를 배출할 필요가 있다. 이처럼 유동사를 순환 사용하기 위한 순환형식에는 그림 14에 나타낸 것

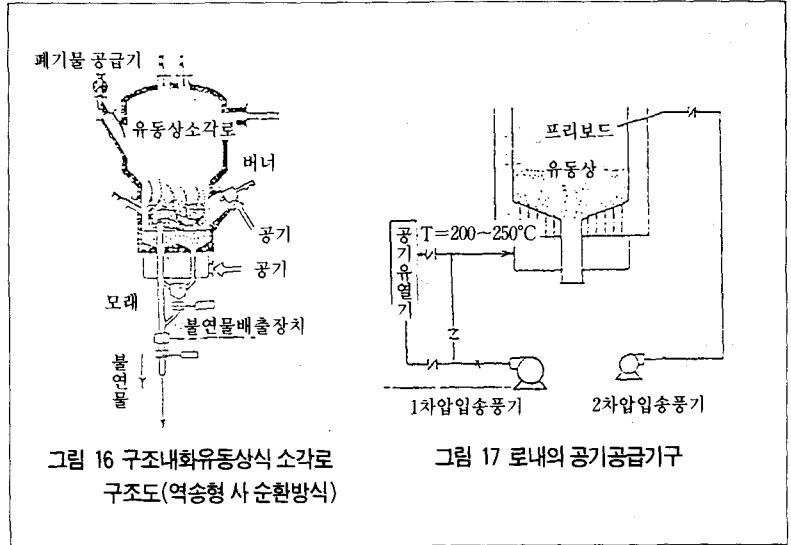


그림 16 구조내회유동상식 소각로 구조도(역송형 사순환방식)

그림 17 로내의 공기공급기구

처럼 “직투형”과 그림 15에 나타낸 것같은 유동사를 항상 유동사 병커에 저장하고 그 저장조(병커)에서 정량단위로 배출하는 “정유형”과 그림 16에 나타낸 것같은 압축공기를 사용하여 모래와 불연물을 분리하고 모래는 공기압에 의해 로 내로 역송하는 “역송형”이 있다.

2) 로 내 공기 공급기구

유동상식 소각로의 내부에 공급할 공기에는 그림 17에 나타낸 것같이 유동화 및 일차연소에 제공하는 일차공기와 프리보드부에 공급하는 이차연소의 이차공기가 분해공급된다.

가) 일차공기.

일차공기는 유동화 및 일차연소용 공기로써 공기예열기에 의해 약 200~250°C로 예열한 공기를 일차압입 송풍기로 로 하부에서 산기장치를 거쳐 로 내에 공급한다. 다시 일차연소에 상당하는 유동상부는 저산소분위기로 유지한다. 일차압입 송풍기의 토출압력은 산기장치와 로 형식에 따라서도 다르지만 개략 아래의 각 기구의 압손의 합계치가 된다.

(1) 유동화 및 산기장치에 의한 압손 1,500~2000mmAq

(2) 공기예열기에 의한 압손 100~200mmAq

(3) 먼지에 의한 압손 100~200mmAq

이들의 압손을 합계한 여유를

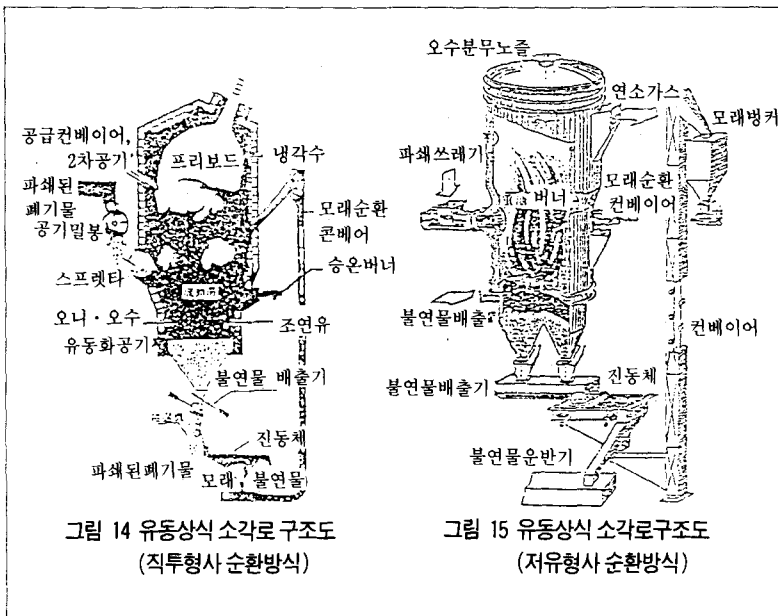


그림 14 유동상식 소각로 구조도 (직투형사 순환방식)

그림 15 유동상식 소각로구조도 (저유형사 순환방식)

감안하여 약 2,000~2,500mmAq가 된다.

나) 이차공기

이차공기는 이차입인 송풍기로 종이나 플라스틱과 미연소가스와 미연비산재를 연소시키기 위해서 프리보드부에 공기 노즐로 공급한다. 이 공기는 예열하지 않고 상온인 채 로내로 공급하고 그 토출압은 로 내 압의 변동에 대해서도 고려를 할 필요가 있고 일반적으로 300~500mmAq 정도로 하고 있다.

3) 조연장치

조연장치인 버너 설치 목적으로 시동시의 유동사의 승온과 쓰레기 질이 나쁜 경우에 보조연료로써 온도를 유지하기 위해 이용된다.

가) 설치위치

유동층을 효과적으로 가열 승온하는데 위치가 좋고 그것때문에 유동층 표면을 미끄러지는 듯한 위치로 하는데 유동사에 의한 마모도 고려한 위치로 해야만 한다.

나) 종류와 용량

버너의 종류에는 오일버너와 가스버너가 있는데 일반적으로는 오

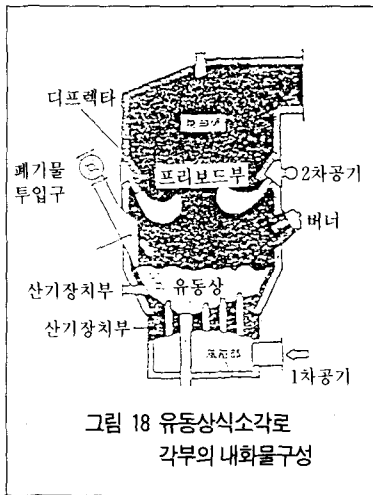


그림 18 유동상식소각로 각부의 내화물구성

표 2 내화물의 물리적 분류

분 류	종 류	정 의·특 징	사용품
내화벽돌 (일정형상을 갖는것)	소성내화벽돌	원료배합물을 성형후소성한것, 전용원료사용을 전용(리본드) 벽돌이라고함.	●
	불소성내화벽돌	성형후 소성하지 않고 결합재로 경화시킨것, 화학결합(케미칼본드) 벽돌이라고함.	
	전주내화벽돌	원료를 전용하여 소요형상으로 주조한 것, 일반적으로 내마모성, 내침식성은 뛰어나지만 열스폴링에 약하다.	
내화물타르 (벽돌쌓기용)	열경성물타르	시공후 가열에 의해 소결하여 강도를 발생하는 것	
	기경성물타르	화학결합재에 의해 시공후 상온에서 경화접착하는 것	
	수경성물타르	수경성 시멘트를 배합하여 그 수화로 강도를 발생	
부정형내화물 (일정형상을 갖지 않음)	플라 스틱	가볍게 균하 사용하는 연토상의 내화재료, 대부분은 가열	
	내 화 물	에 의해 소요 강도를 발생한다.	
	라 밍 내 화 물	강하게 쪼려 균하 사용하는 분립상내화재료, 기경성도 많	●
		다.	
	가 닝 내 화 물	관에 의해 분사시공용내화물, 습식시공용, 건식시공용으	
		로 나눔	
슬 링 내 화 물	샌드 슬링거에 의해 투사시공용의 분립상내화물		
압 입 용 내 화 물	그라우프럼프 등에 의해 압인시공용내화재료, 내화물타르나 캐스타블 등도 사용된다.		
캐 스타 블	알루미나시멘트 등을 배합한 분립상의 수경성내화물, 물과 혼합하여 흘려넣거나 다져서 시공함, 단열용가공질인 것은 경량캐스타블이라함	●	

일버너가 경제적인 시점에서 보급되고 있다. 또, 쓰레기의 질이 상당히 나쁜 경우는 유동층내에 오일을 압축공기를 이용하여 불어넣는 오일관을 설치하는 것도 가능하다. 버너용량은 유동상식 소각로의 기중에 의해서도 다르지만 유동상이 약 700°C까지 승온가능한 공급열량을 필요로 한다.

4) 축로재와 축로구조

축로는 그림 18에 나타난 것처럼 유동상식 소각로의 각부에 적합한 내화물의 선정 및 축로법이 있는데 이것은 각 유동상식 소각로 메이커의 노하우(Know-how) 사항이 되어 있다.

가) 축로재

축로재로써 내화물은 표 2에 나타냈는데 유동상식 소각로의 경우는 정형내화물과 부정형 내화물을

조합시킨 축로구조의 것과 부정형 내화물뿐인 축로구조가 있다. 정형내화물은 점토질의 고내열성인 SK 32-SK 34인 것이 많이 이용되고 있다.

또, 부정형내화물(캐스타블내화물)은 표 3에 나타난 것 같이 이용되고 있다.

나) 로 각부의 축로구조

축로구조로써 일반적인 정형내화물과 부정형내화물의 조합에 의한 유동상식 소각로일 경우에 관해서 설명하기로 한다.

(1) 유동상부의 축로

유동상부는 유동사가 유동상을 형성하는 부분이고 유동사에 의한 마모를 고려하여 내화 내마모 벽돌을 표면에, 그 뒷쪽에 단열 벽돌 또는 캐스타블 내화물, 그리고 열보온재의 3층으로 하는 예가 많다.

(2) 산기장치부의 축로

산기판식 구조인 경우에 로 하부에 내화물을 사용하는 유동식 소각로에 관해서 설명한다. 이 경우에 내화물으로써는 유동사나 소각잔사에 의한 마모를 고려할 필요가 있고 초내마모성이고 고강도의 내화물을 이용하는 것이 바람직하다.

(3) 프리보드부의 축로

프리보드는 연소실이고 연소온도가 약 800~1,000°C 정도가 되기 때문에 내스폴링성⁵⁾이나 단열성이 뛰어난 내화물을 선정할 필요가 있다.

(4) 데플렉타부의 축로

데플렉타 선단부나 개구부는 이면가열에 의한 모난부분에 결손트러블이 발생하기 쉬운 부분이기 때문에 절단길이를 크게 할 배려가 최소한의 필요하다.

다) 축로 설계상의 배려사항

(1) 팽창대의 고려

캐스타블 벽구조인 경우는 열팽창량과 잔존수축율⁶⁾이 상쇄되어 외관의 열팽창량이 작아지지만 열팽창 또는 수축에 의한 벽면의 분할을 방지하기 위한 벽면 전체

쓰레기의 질이 상당히 나쁜 경우는 유동층내에 오일을 압축공기를 이용하여 불어 넣는 오일관을 설치하는 것도 가능하다.

버너용량은 유동상식 소각로의 기종에 의해서도 다르지만 유동상이 약 700°C까지 승온가능한 공급열량을 필요로 한다.

에 구멍을 여는 등의 팽창대를 취할 필요가 있다.

(2) 벽돌메지

벽돌의 메지는 벽돌하중의 균등화, 팽창의 흡수, 가스링크의 방지, 열응력 흡수 등의 역할을 다하기 위해서 메지재의 선정은 중요하다. 선정의 전체조건은 다음과 같은 것을 생각할 수 있다.

(가) 사용내화물과 유사한 것

(나) 내가스링크성에 좋을 것

(다) 내화물과의 접합력이 강하고 기밀성이 좋은 기경성인 것

(3) 내화물의 선택

연소가스의 유해가스인 염화수소(HCl)는 저온에서 생석회(CaO)나 규산(SiO₂)과 반응하여 내화물을 파괴하는 등의 우려가 있다. 또, 수증기도 탄화규소 벽돌과 반응하여 내화물을 열화시킨다고 알려져 있다. 그리고 비산재 속의 알카리 성분과 반응하여 탄화규소 내화물의 산화를 빠르게 하거나 점토질 내화물과 반응하여 내화물을 팽창시킬 경우도 있다. 다시 급열급냉에 의한 열적 스폐링이나 클링카 부착에 의한 박락에 의한 기계적 스폐링 등이 일어난다. 이와같은 것을 고려하여 내화물을 선정해야 한다.

(4) 내화물의 구조

유동상식 소각로는 로 전체를 위에서 서서히 내리고 있는 타입과 상의 위에서 하중을 지탱시키고 있는 타입이 있는데 특히 지진에 대해서는 충분한 배려가 필요하고 내진성이 있는 축로제 구조로 할 필요가 있다.

註)

- 5) Spalling, 내화물이 열충격, 급격한 온도구배의 영향 또는 결정전이를 위한 팽창 등에 의해 균열 또는 벗겨져 떨어져 나가는 것
- 6) 내화물을 정해진 온도에서 정해진 시간동안 가열한 후에 상온이 되었을 때의 길이중 최초의 길이에 의한 백분율로, 짧게 되었을 경우를 말함

표 3. 유동상식소각로재에 이용되는 부정형 내화물의 예

재 질	고강도내강 압축내화 캐스타블	연마압축 내화 캐스타블	내화 캐스타블	단열캐스타블		단열보온재		
				1,000이상	900이상	900이상	650이상	
물리	최고사용온도	1,500이상	1,200이상	1,300이상	1,000이상	900이상	900이상	650이상
	열변화율(%) at 1,000°C	-0.3이하	-0.3이하	-0.3이하	-0.7이하	-0.3이하	-	-
적	압축강도(kg/cm ³) at 1,000°C	500이상	350이상	200이상	-	-	-	-
	급속강도(kg/cm ³) at 1,000°C	120이상	70이상	25이상	-	-	-	-
질	화학성분(%)	35이상	40이상	30이상	20이상	20이상	-	-
	Al ₂ O ₃	60이하	60이하	60이하	60이하	60이하	-	-
	SiO ₂							