

한국전력공사 무상특허

2 마이크로와 열원을 적용한 석탄화력 발전소 혼합연소용하수 슬러지탄의 제조방법 및 제조방법(등록번호: 1010411710000)

하수슬러지를 석탄화력 발전소의 혼합 연료로 사용하기 위해 습분함량이 80%이상인 슬러지를 마이크로와 열원 적용 및 소수성(Hydrophobic)의 유연탄 혹은 무연탄 혼합을 통해 기존 400℃ 보다 250℃ 이상 낮은 150℃ 이하 온도로 건조하여 미분탄 발전소의 혼합연료로서 조건을 맞추는 데 있다.

관리번호 : PT200800009

※ 기술분류 : 발전/화학환경, 기술이전 조건 : 무상
이 기술의 특허는 다음 장에 있습니다.



(19) 대한민국특허청(KR)
(12) 공개특허공보(A)

(11) 공개번호 10-2010-0018818
(43) 공개일자 2010년02월18일

(51) Int. Cl.

C10L 5/46 (2006.01)

(21) 출원번호 10-2008-0077498

(22) 출원일자 2008년08월07일

심사청구일자 2008년08월07일

(71) 출원인

한국전력공사

서울특별시 강남구 삼성동 167번지

(72) 발명자

김재관

대전광역시 유성구 지족동 반석마을아파트 306동 1102호

김미영

경기도 평택시 팽성읍 신대리 211

(뒷면에 계속)

(74) 대리인

이범일

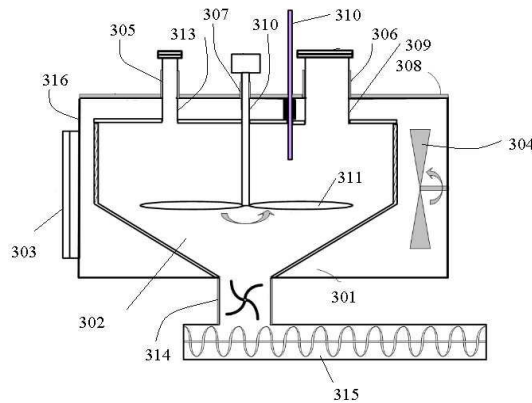
전체 청구항 수 : 총 7 항

(54) 마이크로파 열원을 적용한 석탄화력 발전소 혼합연소용하수 슬러지탄의 제조방법 및 제조장치

(57) 요약

본 발명은 생활 하수슬러지를 석탄화력 발전소의 혼합 연료로서 사용하기 위해 습분함량이 80%이상인 슬러지를 마이크로파 열원 적용 및 소수성의 유연탄과 무연탄 혼합기술을 통해 기존의 400℃ 보다 250℃ 이상 낮은 150℃ 이하 온도에서 건조하여 석탄화력 발전소 혼합연소용 하수 슬러지탄을 제조하는 방법 및 이 방법을 수행하기 위한 제조장치를 제공하기 위한 것이다.

대표도 - 도4



(72) 발명자

김성철

대전광역시 유성구 전민동 엑스포아파트 306동 40
1호

이현동

대전광역시 서구 변동 22-111번지

특허청구의 범위

청구항 1

수분함량이 80% 이상인 하수슬러지를, 소수성의 유연탄과 무연탄과 혼합하여 마이크로파를 투과하는 유전율이 낮은 테프론 재질의 마이크로파 건조 반응기에 공급하는 단계;

상기 마이크로파 건조 반응기에서 상기 하수슬러지와 유연탄 및 무연탄의 혼합물을 200 내지 500 rpm의 속도로 교반하면서 마이크로파를 공급하는 단계;

상기 마이크로파 열원에 의해 400℃ 이상에서 분해 및 건조가 이루어지는 하수슬러지의 간극수, 모관결합수, 내부보유수의 난해성 수분을 150℃ 이하의 온도에서 건조시켜서 수분함량을 10% 이하의 하수슬러지탄으로 제조하는 단계; 및

상기 건조된 하수슬러지탄을 배출하여 분쇄기로 분쇄하는 단계로 이루어지는 것을 특징으로 하는 마이크로파 열원을 적용하여 석탄화력 발전소 혼합연소용 하수 슬러지탄을 제조하는 방법.

청구항 2

제 1항에 있어서, 상기 유연탄 및 무연탄의 혼합비율은 전체 혼합물에 대해 5 내지 15중량%로 혼합하는 것을 특징으로 하는 마이크로파 열원을 적용하여 석탄화력 발전소 혼합연소용 하수 슬러지탄을 제조하는 방법.

청구항 3

제 1항에 있어서, 상기 하수슬러지의 건조단계는 105 내지 150℃의 온도 범위에서 0.15 내지 1시간 동안 건조시켜서 되는 것을 특징으로 하는 마이크로파 열원을 적용하여 석탄화력 발전소 혼합연소용 하수 슬러지탄을 제조하는 방법.

청구항 4

80%이상의 수분을 함유하는 하수슬러지를 공급하기 위한 습 하수슬러지 이송 벨트 콘베이어(31), 유연탄 및 무연탄 저장호퍼(34)로부터 로터리 밸브(35)를 통해서 적정량씩 공급하기 위한 진동판(36), 상기 습 하수슬러지 이송 벨트 콘베이어(31)와 진동판(36)으로부터 공급된 습 하수슬러지와, 유연탄 및 무연탄을 주입하기 위한 투입구(32), 상기 투입구(32)를 통해서 투입된 습 하수슬러지와, 유연탄 및 무연탄 혼합물을 마이크로파 반응장치(30)로 이송하기 위한 스크류 이송장치(33)로 구성되어 있는 원료 공급부와,

상기 원료 공급부로부터 공급된 습 하수슬러지와, 유연탄 및 무연탄 혼합물에 마이크로파 열원을 적용하여 건조시키기 위한 마이크로파 건조 반응장치(30)를 포함하는 건조 반응부와,

상기 건조 반응부에서 건조되어 증발되는 증기를 응축시켜 저장하기 위한 증기냉각수 저장조(37), 냉각수 공급 펌프(38)에 의해 공급되는 냉각수로 상기 마이크로파 반응장치(30)에서 증발한 증기를 응축시키기 위한 응축기(39)로 구성되는 슬러지 수분 회수부와,

상기 마이크로파 반응장치(30)에서 건조 및 제조된 하수 슬러지탄을 화력발전소 연료규격인 200mesh 분말로 분쇄하기 위한 건조 슬러지탄 분쇄기(40)와 분쇄된 슬러지탄을 저장 호퍼(41)로 이송하기 위한 분쇄 건조 하수슬러지탄 이송장치(42)로 구성되는 하수슬러지탄 가공부로 이루어진 것을 특징으로 하는 마이크로파 열원을 적용하여 석탄화력 발전소 혼합연소용 하수 슬러지탄을 제조하는 장치.

청구항 5

제 1항에 있어서, 상기 마이크로파 건조 반응장치(30)는 마이크로파 공급기(303)가 설치되어 있는 마이크로파 공급 동공(301)과 마이크로파 건조 반응기(302)로 구성되어 있다

상기 마이크로파 공급 동공(301)은 마이크로파 열원을 공급하기 위한 공급부로서, 상기 마이크로파 건조 반응기(302) 내부로 마이크로파를 공급하기 위한 마이크로파 공급기(303), 상부하부 판에서 반사 및 투과된 마이크로파를 반응기(302)로 다시 반사시키기 위한 마이크로파 반사 교반기(304), 상기 반응기(302) 내부에서 발생된 건조 수증기를 배출하도록 도와주는 알루미늄 산화물 재질로 이루어진 건조수증기 배출구(305), 유연탄 및 무연탄과 슬러지 원료를 공급하기 위한 슬러지 원료 공급구(306), 상기 원료 공급구(306), 교반장치 축 삽입구(307),

건조수증기 배출구(305)의 표면에 알루미늄 재질의 마이크로파 누설 쇼크(308)가 부착되어 있으며,

상기 마이크로파 건조반응기(302)는 마이크로파 반응부로서, 마이크로파의 투과를 목적으로 하는 유전율이 낮은 테프론 재질로 되어 있으며, 건조시키고자하는 습 하수슬러지와 첨가제인 유연탄 및 무연탄이 공급되는 원료 공급관(309), 상기 원료 혼합물을 교반하고 마이크로파 반사역할을 위한 교반장치 축(310)에 연결된 스테인 레스 재질의 교반기(311), 마이크로파 건조반응기(302) 내부의 온도를 측정하여 마이크로파 출력을 제어하기 위한 스테인레스 스틸 차폐 열전대 온도계(312), 건조수증의 증발을 위한 건조 수증기 배출관(313), 함수율 10%이하로 건조된 하수 슬러지탄을 하부로 배출하는 건조슬러지 배출 밸브(314), 건조슬러지 배출밸브(314)에서 배출된 슬러지탄을 분쇄기로 이송하는 스크류 이송장치(315)로 구성되어 있는 것을 특징으로 하는 마이크로파 열원을 적용하여 석탄화력 발전소 혼합연소용 하수 슬러지탄을 제조하는 장치.

청구항 6

제 5항에 있어서, 상기 마이크로파 공급 동공(301)의 마이크로파 공급 동공 판(316)은 마이크로파 투과저항이 높은 알루미늄 재질로 구성하는 것을 특징으로 하는 마이크로파 열원을 적용하여 석탄화력 발전소 혼합연소용 하수 슬러지탄을 제조하는 장치.

청구항 7

제 5항에 있어서, 상기 건조수증기 배출구(305)는 마이크로파 공급 동공 외부로 누설되는 것을 방지하기 위하여 마이크로파가 투과하지 않는 알루미늄 산화물 재질로 이루어진 것을 특징으로 하는 마이크로파 열원을 적용하여 석탄화력 발전소 혼합연소용 하수 슬러지탄을 제조하는 장치.

명세서

발명의 상세한 설명

기술분야

[0001] 본 발명은 마이크로파 열원을 적용하여 석탄화력 발전소 혼합연소용 하수 슬러지탄을 제조하는 방법 및 제조 장치에 관한 것이다. 더욱 상세하게, 본 발명은 생활 하수슬러지를 석탄화력 발전소의 혼합 연료로서 사용하기 위해 습분함량이 80%이상인 슬러지를 마이크로파 열원 적용 및 소수성(Hydrophobic)의 유연탄 혹은 무연탄 혼합기술을 통해 기존의 400℃ 보다 250℃이상 낮은 150℃ 이하 온도에서 건조하여 석탄화력 발전소 혼합연소용 하수 슬러지탄을 제조하는 방법 및 제조장치에 관한 것이다.

배경기술

[0002] 세계적으로, 전체 에너지 수요의 약 80%는 화석연료에 의존하고 있으며, 화석연료 중 약 50%는 석탄에 의존하고 있다. 국내의 경우에도 전체 전력 생산의 약 30% 정도는 계속 석탄으로 유지될 전망이다. 환경문제가 21세기의 중요한 테마로 부상하면서 화석연료 사용에 의한 유해 대기오염물질의 배출이 문제가 되고 있으며 그 규제는 점차 강화되어, 최근에는 SO₂와 NO_x에 강화된 규제가 적용되고 있고, CO₂ 규제도 2013년부터는 구체화되고 있다.

[0003] 바이오매스는 석탄과 석유 다음으로 세계에서 세 번째로 풍부한 에너지원이다. 세계 에너지의 약 14%에 해당하는 1,250백만 TOE를 차지하고 있으며, 개발도상국의 경우에는 전체 에너지의 약 35%를 바이오매스로 공급하고 있고, 선진국의 경우에도 중요한 에너지원으로 자리 잡고 있어서 미국의 경우 약 70백만 TOE, 유럽의 경우에는 국가마다 다르지만 약 20~40백만 TOE를 바이오매스가 공급하고 있다. 바이오매스에는 전통적인 농림부산물과 Energy Crop이 포함되며 화석연료를 제외한 슬러지, 폐기물 등이 모두 포함된다.

[0004] 특히, 생활폐기물인 하수슬러지에 관해 미국의 경우 DOE와 EPRI에서 주관하고 유럽에서는 EU에서 주관하는 슬러지 혼합연소 연구결과, 대규모의 미분탄 발전소에 적용하는 경우 발전소에 유효할 뿐만 아니라 환경적으로도 매우 유효하다는 결론이 도출되었다.

[0005] 우리나라의 경우, 2001년 7월부터 일정규모 이상의 배출시설에서 발생하는 슬러지는 직매립을 금지하고 있다. 최근에는 슬러지 처리규제의 강화에 따라 폐기처분하여야 할 폐기물에서 가연성 유기물질을 다량 함유하고 있는 슬러지 특성을 이용하여 자원으로 재활용하려는 추세에 있으며, 슬러지 대신 바이오고형물(Biosolids)로 칭하기도 한다. 따라서, 정부는 2011년 하수슬러지 연료화를 포함한 신재생에너지 보급목표를 1차에너지 대비 5%, 전력생산량 대비 7%를 목표로 하고 있으며, 에너지관련 9개 공기업과 정부 간 자발적 신재생에너지 개발공급 협약

체결('05.7.25)에 따라 2008년 까지 1.1조원을 목표로 신재생에너지에 투자하고 있다.

[0006] 특히 발전회사들은 2011년까지 RDF 및 하수슬러지 연료전용 발전소 건설을 목표로 하여, 하수 슬러지탄 연료화에 대한 석탄화력 발전소 현장 적용을 위해 전력연구원과 공동연구 중에 있다. 그러나, 국내에서 연간 650만 톤 가량 발생하는 하·폐수 슬러지를 주축으로 한 유기성 슬러지의 대부분이 함수율이 70~80%여서 곧바로 연료로 활용할 수 없어 효율적인 건조과정을 거쳐야 하며, 건조 후 고위 발열량 또한 2,000~4,000kcal/kg 정도여서 자소성이 떨어지고, 연소 특성이 기존의 고품의 화석연료와는 전혀 다른 특성을 보이고 있어 그 자체로는 연료로 활용하기 어렵다. 따라서, 독립적인 연료로 만들어 기존의 화석연료를 사용하고 있는 연소로에서 연료로 사용하기 위해서는 열량을 보장하여 4,500 kcal/kg 이상으로 유지하고, 연소의 특성을 유연탄 혹은 무연탄의 성상과 유사하게 보정해 줄 필요가 있다.

[0007] 표 1 : 건조에 의한 다양한 하수슬러지 함수율과 적용가능한 후처리 공정

함수율	후처리 공정 적용 예
60~65%	유동층 소각로 적용 가능
45~35%	일반 쓰레기와 혼합소각 가능
25~15%	시멘트 킬른에서의 소각 용융연료, 일반쓰레기의 소각 및 용융 연료, 퇴비화
10%이하	석탄화력 발전소 연소연료

[0009] 특히, 하수슬러지의 석탄화력 발전소에 연료화를 위해서는 상기 표 1과 같이 함수율을 10%이하로 낮추어야 한다. 그러나 슬러지내의 수분은 도 1과 같이 자유수, 내부수(간극수), 표면수, 결합수 등으로 구분되며 슬러지 수분 중 상당 부분을 차지하고 있는 것은 슬러지 표면에 부착하고 있는 자유수와 표면수이고, 슬러지의 분자와 분자 사이에 존재하는 수분이 내부수이며, 결합수는 슬러지 분자에 화학적으로 결합되어 있다. 하수슬러지 자유수와 표면수는 100±5℃에서 건조되지만 내부수와 결합수는 약 400℃에서 파괴 및 건조가 일어나므로 기존의 건조방법으로는 슬러지 내부까지 이 높은 온도를 유지하기가 곤란하다.

발명의 내용

해결 하고자하는 과제

[0010] 이와 같은 문제점들을 개선하기 위하여 안출된 본 발명은 추출시 열원 적용기술을 가열로 및 전기로와 같은 직간접가열방식이 방식이 아닌 마이크로파 열원을 적용하여 습분함량이 80%이상인 슬러지를 소수성의 유연탄 및은 무연탄 혼합기술을 통해 기존의 400℃ 보다 250℃이상 낮은 150℃이하 온도에서 건조하여 석탄화력 발전소 혼합연소용 하수 슬러지탄을 제조하는 방법 및 이 방법을 수행하기 위한 장치를 제공하고자 하는데 그 목적이 있는 것이다.

과제 해결수단

[0011] 본 발명의 석탄화력 발전소 혼합연소용 하수 슬러지탄을 제조하는 방법은, 수분함량이 80% 이상인 하수슬러지를, 소수성의 유연탄과 무연탄과 혼합하여 마이크로파를 투과하는 유전율이 낮은 테프론 재질의 마이크로파 건조 반응기에 공급하는 단계;

[0012] 상기 마이크로파 건조 반응기에서 상기 하수슬러지와 유연탄 및 무연탄의 혼합물을 200 내지 500 rpm의 속도로 교반하면서 마이크로파를 공급하는 단계;

[0013] 상기 마이크로파 열원에 의해 400℃ 이상에서 분해 및 건조가 이루어지는 하수슬러지의 간극수, 모관결합수, 내부보유수의 난해성 수분을 150℃ 이하의 온도에서 건조시켜서 수분함량을 10% 이하의 하수슬러지탄으로 제조하는 단계; 및

[0014] 상기 건조된 하수슬러지탄을 배출하여 분쇄기로 분쇄하는 단계로 이루어지는 것을 특징으로 한다.

[0015] 본 발명의 방법에 의하면, 상기 유연탄 및 무연탄의 혼합비율은 전체 혼합물에 대해 5 내지 15중량%로 혼합하는 것이 바람직하며, 상기 하수슬러지의 건조단계는 105 내지 150℃의 온도 범위에서 0.15 내지 1시간 동안 건조시키는 것을 특징으로 한다.

[0016] 또한, 본 발명에 따른 마이크로파 열원을 적용한 석탄화력 발전소 혼합연소용 하수 슬러지탄의 제조장치는 80% 이상의 수분을 함유하는 하수슬러지를 공급하기 위한 습 하수슬러지 이송 벨트 컨베이어, 유연탄 및 무연탄 저

장호퍼로부터 로터리 밸브를 통해서 적정량씩 공급하기 위한 진동판, 상기 습 하수슬러지 이송 밸트 콘베이어와 진동판으로부터 공급된 습 하수슬러지와, 유연탄 및 무연탄을 주입하기 위한 투입구, 상기 투입구를 통해서 투입된 습 하수슬러지와, 유연탄 및 무연탄 혼합물을 마이크로파 반응장치로 이송하기 위한 스크류 이송장치로 구성되어 있는 원료 공급부와,

- [0017] 상기 원료 공급부로부터 공급된 습 하수슬러지와, 유연탄 및 무연탄 혼합물에 마이크로파 열원을 적용하여 건조시키기 위한 마이크로파 건조 반응장치를 포함하는 건조 반응부와,
- [0018] 상기 건조 반응부에서 건조되어 증발되는 증기를 응축시켜 저장하기 위한 증기냉각수 저장조, 냉각수 공급펌프에 의해 공급되는 냉각수로 상기 마이크로파 반응장치에서 증발한 증기를 응축시키기 위한 응축기(39)로 구성되는 슬러지 수분 회수부와,
- [0019] 상기 마이크로파 반응장치에서 건조 및 제조된 하수 슬러지탄을 화력발전소 연료규격인 200mesh 분말로 분쇄하기 위한 건조 슬러지탄 분쇄기와 분쇄된 슬러지탄을 저장 호퍼로 이송하기 위한 분쇄 건조 하수슬러지탄 이송장치로 구성되는 하수슬러지탄 가공부로 이루어진 것을 특징으로 한다.
- [0020] 본 발명의 장치에 따르면, 상기 마이크로파 건조 반응장치는 마이크로파 공급기가 설치되어 있는 마이크로파 공급 동공과 마이크로파 건조 반응기로 구성되어 있다
- [0021] 상기 마이크로파 공급 동공은 마이크로파 열원을 공급하기 위한 공급부로서, 상기 마이크로파 건조 반응기 내부로 마이크로파를 공급하기 위한 마이크로파 공급기, 상부하부 판에서 반사 및 투과된 마이크로파를 반응기로 다시 반사시키기 위한 마이크로파 반사 교반기, 상기 반응기 내부에서 발생된 건조 수증기를 배출하도록 도와주는 알루미늄 산화물 재질로 이루어진 건조수증기 배출구, 유연탄 및 무연탄과 슬러지 원료를 공급하기 위한 슬러지 원료 공급구, 상기 원료 공급구, 교반장치 축 삽입구, 건조수증기 배출구의 표면에 알루미늄 재질의 마이크로파 누설 쇼크가 부착되어 있으며,
- [0022] 상기 마이크로파 건조반응기는 마이크로파 반응부로서, 마이크로파의 투과를 목적으로 하는 유전율이 낮은 테프론 재질로 되어 있으며, 건조시키고자하는 습 하수슬러지와 첨가제인 유연탄 및 무연탄이 공급되는 원료 공급관, 상기 원료 혼합물을 교반하고 마이크로파 반사역할을 위한 교반장치 축에 연결된 스테인 레스 재질의 교반기, 마이크로파 건조반응기 내부의 온도를 측정하여 마이크로파 출력을 제어하기 위한 스테인레스 스틸 차폐 열전대 온도계, 건조수분의 증발을 위한 건조 수증기 배출관, 함수율 10%이하로 건조된 하수 슬러지탄을 하부로 배출하는 건조슬러지 배출 밸브, 건조슬러지 배출밸브에서 배출된 슬러지탄을 분쇄기로 이송하는 스크류 이송장치로 구성되어 있는 것을 특징으로 한다.
- [0023] 또한, 상기 마이크로파 공급 동공의 마이크로파 공급 동공 판은 마이크로파 투과저항이 높은 알루미늄 재질로 구성되어 있으며, 상기 건조수증기 배출구는 마이크로파 공급 동공 외부로 누설되는 것을 방지하기 위하여 마이크로파가 투과하지 않는 알루미늄 산화물 재질로 이루어져 있다.

효 과

- [0024] 본 발명에 따른 마이크로파 열원을 적용한 석탄화력 발전소 혼합연소용 하수 슬러지탄의 제조 기술은 마이크로파의 전자기파의 주파수에 해당하는 속도만큼의 분자회전 혹은 재배치에 의한 마찰력을 이용하기 때문에 기존의 열전도식 가열에 비하여 신속한 승온이 가능하고, 하수슬러지를 150℃ 이하의 낮은 온도에서 1시간 이하의 짧은 시간에 건조를 할 수 있어 불필요한 열량소비를 줄일 수 있으면서, 수분함량이 10% 이하로 매우 낮고, 보다 우수한 연소 연료가치를 갖는 화력발전소 혼합연소용 연료로서 적합한 하수슬러지탄을 제조할 수 있는 효과가 있다.

발명의 실시를 위한 구체적인 내용

- [0025] 본 발명의 석탄화력 발전소 혼합연소용 하수 슬러지탄을 제조하는 방법은 추출시 열원 적용기술을 가열로 및 진기로와 같은 직간접가열방식이 방식이 아닌 마이크로파 열원을 적용하는 것을 특징으로 한다. 즉, 마이크로파는 스펙트럼상 원적외선과 라디오파(고주파)사이에 위치(300MHz~300GHz)하는 전자기파의 일종이다. 마이크로파의 가장 큰 특징은 그 가열방식이 전자기파의 주파수에 해당하는 속도만큼의 분자회전 혹은 재배치에 의한 마찰력을 이용하기 때문에 기존의 열전도식 가열 보다 신속한 승온이 가능하다는 것이다.
- [0026] 또한 마이크로파의 에너지는 화학결합을 손상시키지 않는 낮은 에너지를 가지므로 분자구조를 변형시키거나 파괴하지 않으며, 이러한 빠른 온도상승과 화학적 안정성 때문에 마이크로파 기술은 이미 여러 화학분야에서 응용

되고 있다. 또한 마이크로파의 원리는 유전율(투과도)값이 낮은 재료의 경우 마이크로파를 투과하는 특성을 가진 반면 투과율이 높은 극성용매인 물과 같은 결합수분의 경우 마이크로파를 흡수하여 가열원으로 사용된다.

- [0027] 한편 슬러지 유기물과 같은 물질의 경우 마이크로파를 투과시키는 특성을 가지고 있다. 따라서 마이크로파 건조 장치의 경우 재료특성 및 건조하고자 하는 슬러지의 물리화학적 특성을 고려하여야 한다.
- [0028] 또한, 본 발명은 소수성을 갖는 유무연탄의 탄소성분과 친수성을 갖는 결합수분의 가용성(Wettability) 차이를 이용하는 기술을 적용하는 것을 특징으로 한다. 반응 메카니즘은 도 2와 같다. 친수성의 결합수분과 소수성인 탄소성분 사이의 척력, 반발력(Repulsion)을 높이기 위하여 일정량의 유연탄 혹은 무연탄을 촉매제로 이용하는 데, 이들은 결합수분과의 소수성을 증가시키고 표면장력을 증가시켜 슬러지와 분해를 촉진시킨다. 이때, 조사(Irradiation)되는 마이크로파가 간극수 및 모관결합수와 같은 결합수분의 분자회전력을 높여 150℃이하의 온도에서도 결합수분 및 모관결합수를 건조시켜 증기로서 분출되게 한다.
- [0029] 본 발명에 따른 마이크로파 열원을 적용한 석탄화력 발전소 혼합연소용 하수 슬러지탄을 제조하는 방법은 수분 함량이 80% 이상인 하수슬러지를, 소수성의 유연탄과 무연탄을 전체 무게분을 대비 5 내지 15중량%로 혼합하여 마이크로파를 투과하는 유전율이 낮은 테프론 재질의 마이크로파 건조 반응기에 공급한 다음에 상기 마이크로파 건조 반응기에서 상기 하수슬러지와, 유연탄 및 무연탄의 혼합물을 200 내지 500 rpm의 속도로 교반하면서 마이크로파를 공급을 한다.
- [0030] 본 발명에서 사용하는 하수 슬러지는 마이크로파를 흡수하는 높은 극성용매인 간극수, 결합수분, 내부보유수로 이루어져 있어 마이크로파 조사 시 수분들은 마이크로파를 흡수하여 분자회전력을 높여 수분자체에서 발열반응을 하기 때문에 150℃ 이하의 낮은 온도에서도 결합수분 및 모관결합수를 분해 건조할 수 있게 된다. 이때, 첨가되는 소수성을 갖는 유연탄 및 무연탄의 탄소성분은 친수성을 갖는 결합수분과의 척력/반발력이 발생하여 분해된 수분을 슬러지 고형물 외부로 밀어내는 작용을 하는 촉매역할을 하게 된다.
- [0031] 상기 마이크로파 열원에 의해 400℃ 이상에서 분해 및 건조가 이루어지는 하수슬러지의 간극수, 모관결합수, 내부보유수의 난해성 수분을 150℃ 이하, 바람직하게는 105 내지 150℃의 온도에서 0.15 내지 1시간 동안 건조시켜서 수분함량을 10% 이하의 하수슬러지탄으로 제조하고, 상기 건조된 하수슬러지탄을 배출하여 분쇄기로 분쇄하는 단계로 실시한다.
- [0032] 본 발명의 마이크로파 열원을 적용한 석탄화력 발전소 혼합연소용 하수 슬러지탄의 제조장치는 첨부한 도면에 의거하여 상세하게 설명하면 다음과 같다.
- [0033] 첨부 도면 중 도 3은 하수슬러지를 원료로 하여 화력발전소 혼합연소용 하수 슬러지탄을 제조하는 장치를 개략적으로 나타낸 도면이다. 도 3은 수분함량이 80%이상인 하수슬러지를 수분 함량 10%이하의 화력발전소 혼합연소용 하수 슬러지탄으로 제조 및 건조하기 위한 공정을 수행하기 위한 장치로서, 마이크로파 열원과 소수성의 유연탄 혹은 무연탄 혼합을 통해 400℃이상에서 분해 및 건조가 이루어지는 간극수, 모관결합수, 내부 보유수 등과 같은 난분해성 수분을 150℃ 이하에서 건조시키게 된다.
- [0034] 본 발명에 따른 마이크로파 열원 적용 및 유/무연탄 혼합을 통한 하수슬러지 건조공정은 105±5℃범위에서 건조가 이루어지는 슬러지 고형물 외부의 자유수분과 표면 부착수, 및 400℃이상에서 건조가 이루어지는 내부에 결합되어 있는 간극수, 모관결합수, 내부보유수를 150℃ 이하에서 짧은 시간에 이루어지도록 하는 것을 특징으로 한다.
- [0035] 본 발명에 따른 개발된 마이크로파 열원을 적용하여 하수슬러지를 원료로 하여 화력발전소 혼합연소용 하수 슬러지탄을 제조하는 장치는 도 3에 예시한 바와 같이,
- [0036] 80%이상의 수분을 함유하는 하수슬러지를 공급하는 습 하수슬러지 이송 벨트 콘베이어(31), 이송된 습 하수슬러지 및 유/무연탄을 혼합 주입하는 투입구(32), 투입된 슬러지 및 유/무연탄 혼합물을 마이크로파 반응장치(30)로 이송하는 스크류 이송장치(33), 상기 투입구(32)에 일정량의 유연탄을 주입하기 위해, 유연탄 저장호퍼(34)와 석탄회 배출용 로터리 밸브(35)와 상기 로터리 밸브(35)에 의해 적정량씩 유연탄을 공급하는 진동판(36)을 구성요소로 하는 유/무연탄 첨가제 공급부를 포함하는 원료 공급부와;
- [0037] 상기 원료공급부로부터 공급된 습 하수슬러지와, 유/무연탄 혼합물에 마이크로파 열원을 적용하여 건조시키기 위한 마이크로파 건조반응장치(30)를 포함하는 건조 반응부와;
- [0038] 상기 건조 반응부에서 건조되어 증발되는 증기를 응축시켜 저장하기 위한 증기냉각수 저장조(37), 상기 증기냉각수 저장조(37)의 냉각수를 응축기로 이송하는 냉각수 공급펌프(38), 상기 냉각수 공급펌프(38)에 의해 공급된

냉각수로 상기 마이크로파 반응장치(30)에서 증발한 증기를 응축수로 만들어 냉각수 저장조(37)로 떨어뜨리는 역할을 하는 응축기(39)로 구성되는 슬러지 수분 회수부와;

[0039] 상기 마이크로파 반응장치(30)에서 건조 및 제조된 하수 슬러지탄을 이송시켜, 화력발전소 연료규격인 200mesh 통과 분말로 분쇄를 위한 건조 슬러지탄 분쇄기(40)와 분쇄된 슬러지탄을 저장 호퍼(41)로 이송하는 분쇄 건조 슬러지탄 이송장치(42)로 구성되는 슬러지탄 가공부로 이루어진 것을 특징으로 한다.

[0040] 도 4는 본 발명의 구성요소의 핵심인 마이크로파 반응장치(30)의 상세도이다. 마이크로파 공급 동공(Cavity)(301)은 마이크로파를 건조 반응기(302) 내부로 공급하기 위한 마이크로파 공급기(303)와, 상하부 판에서 반사되고 반응기(302)를 투과한 일부 마이크로파를 반응기로 다시 반사시키기 위한 마이크로파 반사 교반기(304)와, 마이크로파의 건조 반응기(302)의 상부 접촉부위를 통해 마이크로파 공급 동공(301) 외부로 누설되는 것을 방지하기 위해 마이크로파가 투과되지 않는 알루미늄 산화물 재질로 이루어진 건조수증기 배출구(305)와, 첨가제인 유연탄과 슬러지 원료를 공급하는 슬러지 원료 공급구(306)와, 상기 원료 공급구(306), 교반장치 축 삽입구(307), 건조수증기 배출구(305)의 표면에 알루미늄 재질의 마이크로파 누설 쇼크(308)가 부착되어 있는 마이크로파 공급부와;

[0041] 공급된 마이크로파의 투과를 목적으로 하는 유전율(Permittivity)이 낮은 테프론 재질로 되어 있되, 건조시키 고자 하는 습 하수슬러지와 첨가제인 유/무연탄이 공급되는 원료 공급관(309), 상기 마이크로파 건조반응기(302) 내부에서 슬러지 및 유연탄의 고른 혼합 및 결합수분과의 침투와 마이크로파 반사역할을 위해 교반장치 축(310)에 연결된 스테인 레스 재질의 교반기(311)와, 마이크로파 건조반응기(302) 내부의 온도를 측정하여 마이크로파 출력을 제어하는 스테인레스 스틸 차폐 열전대 온도계(312)와, 건조수분의 증발로 인한 수분함량 감소를 위한 건조 수증기 배출관(313)와 함수율 10%이하로 건조된 하수 슬러지탄을 하부로 배출하는 건조슬러지 배출 밸브(314), 건조슬러지 배출밸브(314)에서 배출된 슬러지탄을 분쇄기로 이송하는 스크류 이송장치(315)로 구성되어 있는 마이크로파 반응부로 이루어져 있는 것을 특징으로 한다.

[0042] 본 발명의 요부인 마이크로파 공급 동공 판(316)은 마이크로파 투과저항이 높은 알루미늄 재질로 구성하여 마이크로파의 외부 누설을 차단하며, 마이크로파 건조반응기(302)는 마이크로파 투과율이 높은 테프론 재질을 사용하여 내부로 마이크로파가 원활히 침투하고 반응기의 침식을 방지하도록 구성되어 있다.

[0043] 이와 같은 본 발명에 의한 마이크로파를 적용한 습 하수슬러지로부터 하수 슬러지탄을 제조하기 위한 방법 및 이를 수행하기 위한 장치에 대해 다음에서 실시예에 의거하여 더욱 상세하게 설명하기로 한다.

[0044] 실험예

[0045] 도 4에 도시한 바와 같은 마이크로파 반응장치(30)의 구성에서, 마이크로파 공급기(303)는 2.45GHz, 2kW, 220V, 단상이며, 마이크로파 건조반응기(302)의 용적은 2ℓ, 직경 20cm, 마이크로파 반사 교반기(304)의 회전속도는 100~500rpm 가변용, 온도계는 스테인레스 스틸 차폐 열전대 온도계(312)를 사용하였으며, 건조수증기 배출구(305)와 슬러지 원료 공급구(306)의 직경은 2인치이며, 차폐열전대 온도계(312) 설치부 직경은 1cm로 구성하였으며, 실험조건 및 그 결과는 다음과 같다.

[0046] 실험조건

[0047] 실험에 사용한 습 하수슬러지는 다음 표 2와 같다. 하수 슬러지의 경우 수분함량이 79.99(약 80)% 정도이며, 열량은 건조 기분 3,660Kcal/kg으로 무연탄과 유사한 것으로 나타나 수분을 10% 이하로 건조시 화력발전소 연료로서의 규격에 적합함을 확인할 수 있었다. 또한 첨가제로서 사용하는 수입 유연탄의 경우 수분이 0.5%이하이며, 발열량은 6,990Kcal/kg로 나타났다. 한편 실험조건은 함수율 80%정도의 대전 하수슬러지 1.5kg과 150g 유연탄을 원료로 하여 150℃에서 30분 동안 건조 반응시켰다.

[0048] 표 2. 건조대상 하수슬러지 및 첨가유연탄 성상

[0049]

종류	Calorie (Kcal/Kg)	V.M.(%)	F.C(%)	Ash(%)	Water(%)	비교
대전하수슬러지	3,660	10.85	2.02	7.14	79.99	91.1wt.%
유연탄	6,990	36.00	54.30	9.20	0.50	8.9wt.%

[0050] 발열량 : Dry base

[0051] 실험결과

[0052] 표 3. 하수슬러지탄 성상

종류	Calorie (Kcal/Kg)	V.M.(%)	F.C(%)	Ash(%)	Water(%)	비교
건조 하수 슬러지탄	4,650	42.25	22.07	25.88	9.80	

[0054] 마이크로파 열원 적용 및 유연탄 혼합을 통한 하수슬러지 건조실험 결과, 상기 표 3과 같이 수분함량 9.8%로 매우 낮아지며, 발열량 4,650Kcal/kg으로 원료 하수슬러지 보다 매우 높아 화력발전소 혼합연소용 연료로서 적합한 것으로 나타났다.

[0055] 한편, 하수 슬러지탄의 경우 도 5와 6에서와 같이 무정형(Amorphous Phase)의 고정탄소가 주성분을 이루는 것으로 나타났으며, 결정형태는 미립자들이 뭉쳐있는 형태를 보였다. 한편 금속물질의 경우 도 7과 같이 결정상의 고정탄소 외에 각종 광물질(Si, Al, Mg, Na, Fe등)의 석탄회 성분들로 유연탄 및 무연탄의 구성과 동일한 것으로 확인되어 석탄화력발전소 혼합연소용 연료로서 적합함을 확인할 수 있었다.

[0056] 또한, 도 8과 같이 하수 슬러지탄의 열감량곡선 분석결과, 유연탄과 유사하게 90℃부근에서 자유수분의 탈수가 10%범위내로 이루어지며, 220~400℃ 온도범위에서 35% 감량이 일어나는 탈휘발화반응이 일어나며, 420~500℃ 범위에서 고정탄소의 완전 연소반응이 일어나는 것으로 보아 연소 속도론적인 측면에서도 유연탄 혹은 무연탄과 동일한 한 경향으로 나타났다.

도면의 간단한 설명

[0057] 도 1은 하수슬러지탄의 수분결합 형태의 모식도이다.

[0058] 도 2는 건조시 유무연탄 혼합이 결합수부에 미치는 영향을 보여주기 위한 모식도이다.

[0059] 도 3은 본 발명에 따른 본 발명에 따른 하수슬러지탄의 전체 제조장치의 개략도이다.

[0060] 도 4는 도 3의 마이크로파 반응장치를 확대하여 나타낸 상세도이다.

[0061] 도 5는 본 발명에 따른 하수슬러지탄의 결정형태를 보여주기 위한 SEM 사진이다.

[0062] 도 6은 도 5의 XRD 분석결과를 나타낸 그래프이다.

[0063] 도 7은 본 발명에 따른 하수 슬러지탄의 EDS 분석결과를 나타낸 그래프이다.

[0064] 도 8은 본 발명에 따른 하수슬러지탄의 열감량곡선 실험결과를 나타낸 그래프이다.

[0065] <도면의 주요부분에 대한 부호의 설명>

[0066] 30 ---- 마이크로파 반응장치

[0067] 31 ---- 습 슬러지 이송 벨트 컨베이어

[0068] 32 ---- 투입구

[0069] 33 ---- 스크류 이송장치

[0070] 34 ---- 유연탄 저장호퍼

[0071] 35 --- 로터리 밸브

[0072] 36 --- 진동판

[0073] 37 ---- 증기냉각수 저장조

[0074] 38 ---- 냉각수 공급펌프

[0075] 39 ---- 응축기

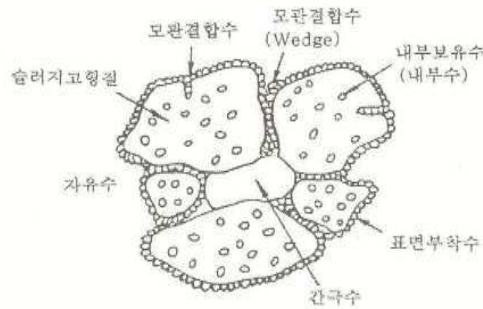
[0076] 40 ---- 건조 슬러지탄 분쇄기

[0077] 41 ---- 저장 호퍼

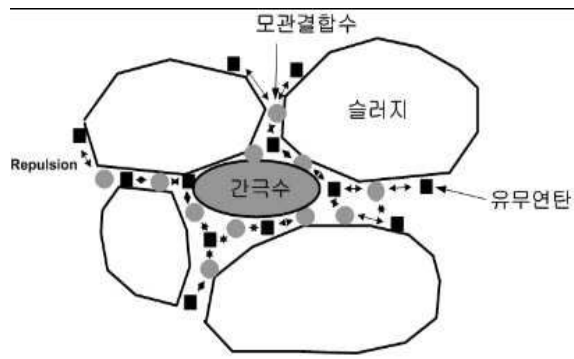
- [0078] 42 ---- 건조 슬러지탄 이송장치
- [0079] 301 ---- 마이크로파 공급 동공
- [0080] 302 ---- 마이크로파 건조 반응기
- [0081] 303 ---- 마이크로파 공급기
- [0082] 304 ---- 마이크로파 반사 교반기
- [0083] 305 ---- 건조수증기 배출구
- [0084] 306 ---- 원료 공급구
- [0085] 307 ---- 교반장치 축 삽입구
- [0086] 308 ---- 마이크로파 누설 초크
- [0087] 309 ---- 원료 공급관
- [0088] 310 ---- 교반장치 축
- [0089] 311 ---- 교반기
- [0090] 312 ---- 차폐 열전대 온도계
- [0091] 313 ---- 건조 수증기 배출관
- [0092] 314 ---- 건조슬러지 배출 밸브
- [0093] 315 ---- 스크류 이송장치
- [0094] 316 ---- 마이크로파 공급 동공 판

도면

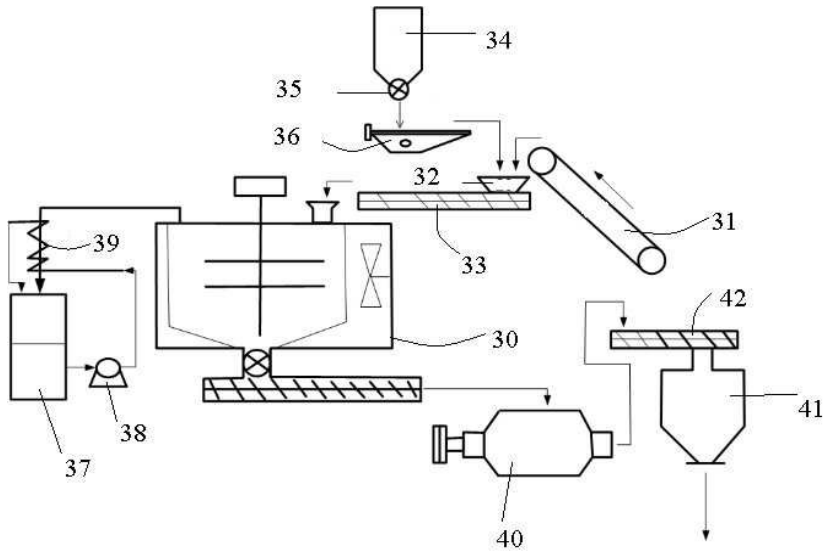
도면1



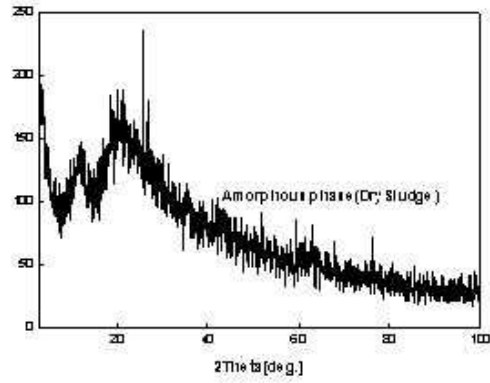
도면2



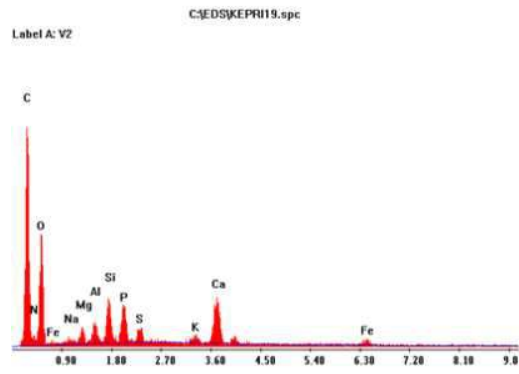
도면3



도면6



도면7



도면8

