



**(19) 대한민국특허청(KR)**  
**(12) 등록특허공보(B1)**

(45) 공고일자 2011년12월07일  
 (11) 등록번호 10-1089764  
 (24) 등록일자 2011년11월29일

(51) Int. Cl.  
*C10L 9/00* (2006.01) *B02C 15/00* (2006.01)  
 (21) 출원번호 10-2009-0072679  
 (22) 출원일자 2009년08월07일  
 심사청구일자 2009년08월07일  
 (65) 공개번호 10-2011-0015123  
 (43) 공개일자 2011년02월15일  
 (56) 선행기술조사문헌  
 KR1020100013463 A  
 KR1020010024644 A  
 KR1019890011984 A  
 JP06128574 A

(73) 특허권자  
 한국지질자원연구원  
 대전 유성구 가정동 30번지  
 (72) 발명자  
 신희영  
 대전 유성구 어은동 한빛아파트 121-1405  
 배인국  
 대전광역시 서구 삼천동 가람아파트 7-501호  
 (74) 대리인  
 임승섭

전체 청구항 수 : 총 8 항

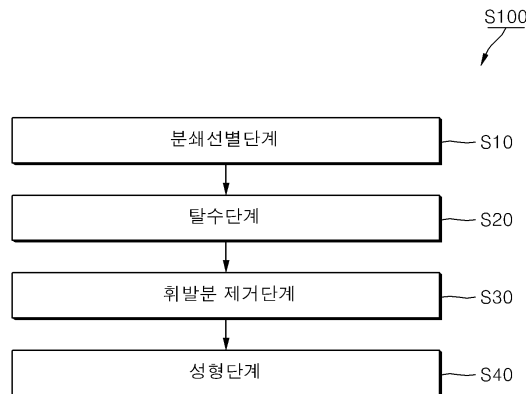
심사관 : 김지수

**(54) 저등급 석탄의 고품위화 방법**

**(57) 요약**

본 발명은 회분 및 수분 함량이 많은 저등급탄을 고품위화 하기 위한 방법을 제공한다. 본 발명에 따른 저등급 석탄의 고품위화 방법은 고정탄소분과 회분과 휘발분 및 수분을 포함하는 저등급 석탄을 고품위화하기 위한 것으로서, 저등급 석탄을 수증에서 마찰에 의하여 분쇄시켜 고정탄소분을 선별하는 분쇄선별단계, 선별된 고정탄소분을 탈수시키는 탈수단계 및 선별된 고정탄소분을 상호 마찰시켜 메카노-케미칼 효과를 발생시킴으로써 고정탄소분에 고착되어 있는 휘발분을 제거하는 휘발분 제거단계를 포함하여 이루어진 것에 특징이 있다.

**대표도** - 도1



이 발명을 지원한 국가연구개발사업

과제고유번호 NP2007-007-02

부처명 지식경제부

연구관리전문기관

연구사업명 국가지질조사 및 자원탐사사업

연구과제명 국내외 석탄 자원확보를 위한 활용기술 개발

기여율

주관기관 한국지질자원연구원

연구기간 2008년 01월 01일 ~ 2009년 12월 31일

---

**특허청구의 범위**

**청구항 1**

고정탄소분과 회분과 휘발분 및 수분을 포함하는 저등급 석탄을 고품위화하기 위한 것으로서,

상기 저등급 석탄을 수중에서 마찰에 의하여 분쇄시켜 고정탄소분을 선별하는 분쇄선별단계;

상기 선별된 고정탄소분을 탈수시키는 탈수단계; 및

상기 선별된 고정탄소분을 상호 마찰시켜 상기 고정탄소분에 고착되어 있는 휘발분을 제거하는 휘발분 제거단계;를 포함하여 이루어진 것을 특징으로 하는 저등급 석탄의 고품위화 방법.

**청구항 2**

제1항에 있어서,

상기 휘발분 제거단계에서,

고정탄소분과 마찰볼을 통형의 유성밀(planetary mill)에 함께 수용하고, 상기 유성밀을 회전시킴으로써 상기 마찰볼과 고정탄소분 사이의 마찰을 통해, 고정탄소분에 고착되어 있는 휘발분이 기화되어 제거되는 것을 특징으로 하는 저등급 석탄의 고품위화 방법.

**청구항 3**

제2항에 있어서,

상기 휘발분 제거단계에서 상기 고정탄소분은 마찰을 통해 미분화됨으로써 상기 고정탄소분에 고착되어 있던 휘발분이 외부로 노출되어 기화되며, 상기 미분화된 고정탄소분은 다시 응집(agglomeration)되는 것을 특징으로 하는 저등급 석탄의 고품위화 방법.

**청구항 4**

제1항 또는 제2항에 있어서,

상기 분쇄선별단계에서, 수중에서 분쇄된 상기 고정탄소분이 상방으로 부상시켜 선별하기 위하여 상기 고정탄소분을 소수성(疏水性)으로 만드는 포수제(捕收劑)를 수중에 첨가하는 것을 특징으로 하는 저등급 석탄의 고품위화 방법.

**청구항 5**

제4항에 있어서,

상기 포수제는 식유 42 ~ 69 중량%와, 석유 31 ~ 58중량%를 혼합하여 형성된 것을 특징으로 하는 저등급 석탄의 고품위화 방법.

**청구항 6**

제4항에 있어서,

상기 분쇄선별단계에서는,

상기 고정탄소분이 수중에서 상방으로 부상하는 것을 보조하도록 기포를 공급하며,

상기 공급된 기포가 일정 시간동안 유지될 수 있도록 하는 기포제를 공급하는 것을 특징으로 하는 저등급 석탄의 고품위화 방법.

**청구항 7**

제1항에 있어서,

상기 저등급 석탄과 물을 함께 수용하도록 수용부가 형성되어 있는 분쇄기 본체와,

상기 분쇄기 본체의 수용부에 수용되어 상기 저등급 석탄과의 충돌 및 마찰을 통해 상기 저등급 석탄을 분쇄하

는 다수의 마찰볼과,

상기 분쇄기 본체에 회전가능하게 설치되어, 상기 석탄과 마찰볼이 상호 충돌 및 마찰되도록 교반해주는 교반기 및

상기 수용부 상측에 설치되며, 일정한 크기 이하의 입자만 통과할 수 있는 투과공이 다수 형성되어 있는 스크린을 구비하는 마모분쇄기를 사용하여 상기 분쇄선별단계를 수행하는 것을 특징으로 하는 저등급 석탄의 고품위화 방법.

### 청구항 8

제7항에 있어서,

상기 스크린의 투과공은 한 변의 길이가 50 ~ 200 마이크로미터로 형성되는 것을 특징으로 하는 저등급 석탄의 고품위화 방법.

## 명세서

### 발명의 상세한 설명

#### 기술분야

[0001] 본 발명은 석탄의 개질방법에 관한 것으로서, 특히 회분, 수분 및 휘발분 함량이 많은 저등급 석탄으로부터 고장탄소분만을 분리하여 고품위의 석탄으로 개질하는 방법에 관한 것이다.

#### 배경기술

[0002] 최근 원유의 값이 폭발적으로 상승하면서 원유를 대체할 수 있는 에너지원을 확보하고자 하는 노력이 증대되고 있다. 태양에너지, 바이오 에너지 등 기존의 화석연료를 대체할 수 있는 새로운 에너지원에 대한 연구가 활발히 진행되고 있으나, 산업적 이용에는 아직 많은 한계가 있다. 이에 최근에는 석탄에 대한 수요가 다시 증대되고 있으며, 국내에서는 대부분의 탄광이 폐광된 상태이므로 그 수요를 충족시키기 위하여 호주, 인도네시아 등 해외로부터 석탄을 수입해오고 있는 실정이다.

[0003] 수입된 석탄은 화력발전소의 에너지 발전용으로 사용되는 것이 대부분이지만, 최근에는 석탄 자체를 연소시키는 방식에서 탈피하여 석탄으로부터 액화가스를 제조하여 사용하거나 석탄가스화복합발전을 통해 환경문제도 함께 풀 수 있는 방안들이 시도되고 있다.

[0004] 기존의 방식과 같이 석탄을 직접 연소시켜 화력발전을 하기 위해서는 무연탄, 유연탄 등의 고품위 석탄이 사용되어야 하며, 석탄을 이용하여 액화가스를 제조하기 위해서도 회분 함량이 적은 무연탄, 유연탄 등이 사용되어야 한다. 즉, 회분 함량, 수분량 등이 높아 무연탄 등에 비하여 상대적으로 발열량이 적은 이른바 저등급 석탄을 이용하여 화력발전을 하거나 액화가스화 하는 데에는 많은 제약이 따르게 된다.

[0005] 그러나, 호주, 인도네시아나 중국 등 외국으로부터 수입되는 석탄의 량에 있어서 경상경비 절약 차원에서 보조탄으로 쓰이는 저등급 석탄의 수입량이 늘어나는 형편인 바, 저등급 석탄을 이용하여 액화가스 등의 석탄청정연료를 제조하기 위한 기술개발이 활발하게 진행되고 있지만 만족할 만한 성과를 얻지 못하고 있는 실정이다.

[0006] 이에 저등급 석탄을 직접 이용하여 액화가스를 제조하는 시도에 앞서 저등급 석탄을 고품위화하는 과정을 선행한 후, 고품위의 석탄을 이용하면 보다 양질의 석탄청정연료를 제조할 수 있을 것으로 기대된다.

[0007] 더욱이, 고품위화된 석탄은 직접적으로 화력발전에 사용되거나, 무연탄이나 유연탄과 혼합하여 화력발전에 사용될 수 있는 바, 저등급 석탄을 고품위화하는 방법의 개발이 시급히 요청되고 있다.

[0008] 한편, 상기한 바와 같이, 저등급 석탄은 모두 호주, 인도네시아 등 해외로부터 수입되고 있는 실정인데, 저등급 석탄의 경우 수분의 함량이 높아 무게와 부피가 크므로 물류에 있어서 이롭지 않으며, 휘발분으로 인해 자연발화가 쉽게 일어나서 이동이 용이하지 않다는 문제점이 있다.

[0009] 이에 물류의 경제성과 안정성의 관점에서 저등급 석탄을 고품위화하고 자연발화를 억제시키는 방법 및 장치의 개발이 시급하게 요구되고 있다.

**발명의 내용**

**해결 하고자하는 과제**

[0010] 본 발명은 상기한 문제점을 해결하기 위한 것으로서, 저등급 석탄으로부터 회분, 휘발분 및 수분을 제거하여 석탄 내 고정탄소분의 함량이 높아지도록 개질함으로써 저등급 석탄을 고품위화 할 수 있도록 구조가 개선된 저등급 석탄 고품위화 방법을 제공하는데 그 목적이 있다.

**과제 해결수단**

[0011] 상기 목적을 달성하기 위한 본 발명에 따른 저등급 석탄의 고품위화 방법은, 고정탄소분과 회분과 휘발분 및 수분을 포함하는 저등급 석탄을 고품위화하기 위한 것으로서, 상기 저등급 석탄을 수중에서 마찰에 의하여 분쇄시켜 고정탄소분을 선별하는 분쇄선별단계, 상기 선별된 고정탄소분을 탈수시키는 탈수단계 및 상기 선별된 고정탄소분을 상호 마찰시켜 상기 고정탄소분에 고착되어 있는 휘발분을 제거하는 휘발분 제거단계를 포함하여 이루어진 것에 특징이 있다.

[0012] 본 발명에 따르면, 상기 분쇄선별단계에서, 수중에서 분쇄된 상기 고정탄소분이 상방으로 부상시켜 선별하기 위하여 상기 고정탄소분을 소수성(疏水性)으로 만드는 포수제(捕收劑)를 수중에 첨가하는 것이 바람직하며, 상기 포수제는 식유 42 ~ 69 중량%와, 석유 31 ~ 58중량%를 혼합하여 형성된 것이 더욱 바람직하다.

[0013] 또한 본 발명에 따르면, 상기 고정탄소분이 수중에서 상방으로 부상하는 것을 보조하도록 기포를 공급하며, 상기 공급된 기포가 일정 시간동안 유지될 수 있도록 하는 기포제를 공급하는 것이 바람직하다.

[0014] 또한 본 발명에 따르면, 상기 저등급 석탄과 물을 함께 수용하도록 수용부가 형성되어 있는 분쇄기 본체와, 상기 분쇄기 본체의 수용부에 수용되어 상기 저등급 석탄과의 충돌 및 마찰을 통해 상기 저등급 석탄을 분쇄하는 다수의 마찰볼과, 상기 분쇄기 본체에 회전가능하게 설치되어, 상기 석탄과 마찰볼이 상호 충돌 및 마찰되도록 교반해주는 교반기 및 상기 수용부 상측에 설치되며, 일정한 크기 이하의 입자만 통과할 수 있도록 한 변의 길이가 50 ~ 200 마이크론인 투과공이 다수 형성되어 있는 스크린을 구비하는 마모분쇄기를 사용하여 상기 분쇄선별단계를 수행하는 것이 바람직하다.

[0015] 또한 본 발명에 따르면, 상기 휘발분 제거단계에서, 고정탄소분과 마찰볼을 통형의 유성밀(planetary mill)에 함께 수용하고, 상기 유성밀을 회전시킴으로써 상기 마찰볼과 고정탄소분 사이의 마찰을 통해, 고정탄소분에 고착되어 있는 휘발분이 기화되어 제거되는 것이 바람직하다.

[0016] 또한 본 발명에 따르면, 상기 휘발분 제거단계에서 상기 고정탄소분은 마찰을 통해 미분화됨으로써 상기 고정탄소분에 고착되어 있던 휘발분이 외부로 노출되어 기화되며, 상기 미분화된 고정탄소분은 다시 응집(agglomeration)되는 것이 바람직하다.

**효과**

[0017] 본 발명에 따르면, 저등급의 석탄으로부터 고정탄소분을 매우 간단하고 경제적으로 분리해낼 수 있으며, 추출된 탄소분을 이용하여 고품위의 석탄을 용이하게 제조할 수 있다는 장점이 있다.

[0018] 또한, 본 발명에 의하여, 저등급 석탄으로부터 고정탄소분을 분리함으로써 부피와 무게가 줄어들어 물류에 있어서 경제적일 뿐만 아니라, 자연발화의 위험성도 제거되어 안전성이 보장된다는 장점이 있다.

**발명의 실시를 위한 구체적인 내용**

[0019] 본 발명에서 처리 대상이 되는 저등급 석탄이란 일반적으로 아역청탄, 갈탄 이하의 품위를 지니는 석탄을 말하며, 고등급 석탄이란 회분 함량이 적은 것으로서 일반적으로 무연탄, 역청탄 등을 의미한다.

[0020] 즉, 석탄은 발열량을 기준으로 고급석탄과 저급석탄을 구별하기도 하지만, 고정탄소분, 회분, 휘발분, 수분 등 석탄이 가지고 있는 성분의 함량을 기준으로 석탄을 분류할 수 있는데, 고정탄소분이 높고 회분, 휘발분 및 수분의 함량이 낮을수록 고품위의 석탄으로 분류하며, 그 반대로 고정탄소분이 대략 50~60 중량% 정도이며 회분, 휘발분 및 수분이 많이 포함되어 있는 경우를 저등급 석탄으로 분류한다.

[0021] 여기서, 회분은 석탄을 연소시킨 후에 재로 잔류하게 되는 성분을 말하는 것으로서 점토나 이산화 규소 등 이른바 실리카 광물이 대부분을 차지하며, 휘발분이란 타르 등의 성분을 말한다.

- [0022] 이하, 첨부된 도면을 참조하여, 본 발명의 바람직한 실시예에 따른 저등급 석탄의 고품위화 방법에 대하여 더욱 상세히 설명한다.
- [0023] 도 1은 본 발명의 바람직한 실시예에 따른 저등급 석탄의 고품위화 방법의 개략적 흐름도이다.
- [0024] 도 1을 참조하면, 본 발명의 바람직한 실시예에 따른 저등급 석탄의 고품위화 방법(S100)은 분쇄선별단계(S10), 탈수단계(S20), 휘발분 제거단계(S30) 및 성형단계(S40)를 구비한다.
- [0025] 분쇄선별단계(S10)는 저등급 석탄(c)을 작게 분쇄하는 단계이다. 즉, 저등급 석탄(c)은 고정탄소분과 회분과 수분이 포함되어 있는 바, 저등급 석탄(c)을 분쇄함으로써 고정탄소분을 회분 및 수분으로부터 분리하기 위함이다. 본 발명에서는 저등급 석탄(c)을 분쇄하기 위하여, 도 2에 도시된 바와 같은 마모분쇄기(100)를 사용한다.
- [0026] 마모분쇄기(100)는 분쇄기 본체(10)와 교반기(20)와 다수의 마찰볼(30)과 스크린(50)을 구비한다.
- [0027] 분쇄기 본체(10)는 일정한 용량의 용기로서, 그 내부에 저등급 석탄(c)과 물을 수용하기 위한 수용부(11)가 형성된다. 저등급 석탄(c)은 탄광에서 채굴된 뒤 운송되어 대략 직경 50mm 이하의 크기로 분쇄된 상태로 분쇄기 본체(10)의 수용부(11)에 수용된다.
- [0028] 또한, 분쇄기 본체(10)의 수용부에는 다수의 마찰볼(30)이 저등급 석탄(c)과 함께 수용된다. 이 마찰볼(30)은 석탄보다 높은 경도를 지니며, 본 실시예에서는 스틸 재질의 마찰볼(30)이 사용된다. 마찰볼(30)들은 후술할 교반기(20)의 교반 작용시 저등급 석탄(c)과 충돌 및 마찰됨으로써, 저등급 석탄(c)을 매우 미세한 크기의 입자로 분쇄하는 작용을 한다.
- [0029] 물(w)은 저등급 석탄(c)과 마찰볼(30)의 적재 높이 이상의 높이까지 수용부(11)에 채워져서, 석탄과 마찰볼이 없이 물로만 채워진 영역이 형성된다.
- [0030] 교반기(20)는 샤프트(21)와 교반부(22)를 구비한다. 샤프트(21)는 수직하게 배치되며, 모터 등의 구동수단(미도시)에 연결되어 구동력을 제공받는다. 샤프트(21)의 하부는 분쇄기 본체(10)의 수용부(11) 내에 배치되며, 이 부분에 교반부(22)가 형성된다. 교반부(22)는 수평방향을 따라 형성되어, 샤프트(21)가 회전될 때 저등급 석탄(c)과 마찰볼(30)이 상호 마찰될 수 있도록 한다. 또한, 교반부(22)는 후술할 포수제와 기포가 수용부(11)에 공급되었을 때, 포수제와 기포가 분쇄된 석탄입자와 충분히 접촉될 수 있도록 수용부(11) 내에 포함된 석탄 등을 교반하는 역할을 행하게 된다.
- [0031] 상기한 바와 같은 구성의 마모분쇄기(100)를 이용하여 대략 직경 50mm 이하의 저등급 석탄(c)을 분쇄시키면, 저등급 석탄(c)은 매우 미세하게 분쇄되며, 고정탄소분과 회분 및 수분으로 분리된다. 회분은 고정탄소분으로부터 거의 분리되어, 고정탄소분에는 회분이 대략 2~5% 포함되어 있는 형태가 된다. 분쇄 전의 저등급 석탄은 회분 함량이 대략 20% 이상인데 비하여 마모분쇄기(100)를 통해 분쇄된 후에는 회분이 2~5%로 작게 포함되게 되어 회분이 획기적으로 줄어든다.
- [0032] 회분이 2~5%의 함량으로 포함된 경우에는 화력발전용으로 사용하기에 적합하며, 액화가스를 제조하기에도 적합한 수준이 된다. 즉, 저등급 석탄을 분쇄하는 과정에서 회분이 석탄으로부터 상당 부분 분리됨으로써 고품위화가 가능한 것이다.
- [0033] 한편, 이렇게 수용부(11) 내에서 분쇄과정을 통해 미세한 석탄입자(고정탄소분)가 형성되면, 석탄입자를 회분과 분리하여 마모분쇄기(100)로부터 추출해야 한다. 여기서, 석탄입자(r)란 저등급 석탄(c)이 마모분쇄기(100)에서 분쇄되어, 고정탄소분이 주성분을 이루며 2~5%의 약간의 회분과, 고정탄소분에 부착되어 있는 휘발분 등을 포함하는 형태를 말한다.
- [0034] 분쇄된 석탄입자를 회분으로부터 분리하기 위하여 본 발명에서는 스크린(50)과 부선시약 공급장치(60), 기포공급장치(미도시)를 구비한다.
- [0035] 스크린(50)은 분쇄기 본체(10)의 수용부(11)에 설치되는데, 저등급 석탄(c)과 마찰볼(30)이 적재된 위치보다 높은 위치에 배치된다. 즉, 저등급 석탄(c)과 마찰볼(30)이 놓여진 부분의 상측에 물(w)만 수용된 영역에 설치된다. 이 스크린(50)은, 도 3에 도시된 바와 같이, 격자형으로 형성되어 다수의 정사각형 투과공(51)이 형성된다. 이 투과공(51)의 한 변의 길이는 대략 50마이크론에서 200마이크론 정도로 형성되며, 본 실시예에서는 150마이크론으로 형성된다. 이에 따라, 150마이크론 보다 작은 크기의 석탄입자만이 스크린(50)을 통과할 수 있다.

- [0036] 또한, 분쇄기 본체(10)의 상측에는 포수제와 기포제를 공급하기 위한 부선시약 공급장치(60)가 마련된다. 부선시약 공급장치(60)에서는 일정한 양의 포수제와 기포제를 일정 간격으로 공급한다.
- [0037] 포수제(捕收劑)는 미세하게 분쇄된 석탄입자를 소수성으로 만들어 줌으로써, 포수제와 결합된 석탄입자가 수용부(11)의 물의 상측으로 부유하도록 하기 위한 것이다. 포수제는 특정한 고체입자의 표면에 선택적으로 부착하여 소수성을 증가시키는 역할을 담당하며, 주로 탄화수소 사슬의 이극성(異極性) 화합물로서 유극기(有極基)는 이온화하여 광물 표면에 작용할 수 있는 활성을 가진다. 이러한 포수제로는 기름, 탄화 수소기를 가진 유기산(주로 지방족)과 그 알칼리염, 탄소 수소기를 가진 염기(주로 지방족)와 그 염이 있다. 기름 종류에는 동물유 · 식물유 · 광물유 등이 있으며, 특히 불포화도가 높은 물기름은 히드록시기 · 카르복시기 · 메톡시기 · 황 · 질소기를 가지고 있어 포수작용을 한다.
- [0038] 본 발명에서는 사람이 섭취가능한 식유 또는 기사용된 폐식유와 석유를 혼합하여 포수제를 형성한다. 조성은 식유 42 ~ 69 중량%와, 석유 31 ~ 58중량%를 사용한다. 본 실시예에서는 식유 60중량%와 석유 40중량%의 조성으로 포수제를 형성하였다. 본 포수제는 석탄입자에 부착되어 석탄입자를 소수화시킴으로써, 석탄입자가 물(w)의 상측으로 부유하도록 하는 성질을 부여한다.
- [0039] 또한, 기포제는 분쇄기 본체(10)의 하단에 설치된 기포공급장치(미도시)에서 수용부(11)로 공급된 기포가 수용부(11)의 상측까지 그 형상을 유지하면서 부유할 수 있도록 하는 작용을 한다.
- [0040] 즉, 기포제는 한 분자 안에서 한쪽으로는 소수성 무극기를 가지며 다른 쪽으로는 친수성 유극기를 가지는 이극성 화합물로서 기포의 안전성을 유지하여 어느 시간 동안 기포가 꺼지지 않도록 하는 역할을 한다. 기포제는 탄화수소에 히드록시기나 카르복시기를 가지는 것이며, 고급알코올 · 파인유 등의 계면활성제가 사용된다.
- [0041] 상기한 바와 같이, 수용부(11)에 기포를 발생시키면서, 포수제와 기포제를 투여해주면, 미세하게 분쇄된 석탄입자는 포수제와 결합되어 소수성을 형성하게 되고, 기포에 부착되어 수용부(11)의 상측으로 부유하게 된다. 기포에 부착된 석탄입자(r)는 부유하면서 스크린(50)을 통과하여 스크린(50)의 상측에 쌓이게 된다.
- [0042] 한편, 회분은 주요 성분이 미네랄이므로 중량이 높아 부유가 용이하지 않지만, 석탄입자와 회분 사이의 분리효율을 향상시키기 위하여, 수용부(11) 내의 회분이 석탄입자와 함께 부유되는 것을 더욱 억제되도록, 실리카 광물의 부유를 억제하는 억제제를 부선시약 공급장치(60)를 통해 함께 공급할 수 있다.
- [0043] 상기한 바와 같이 분쇄선별단계(S10)가 완료되면, 탈수단계(S20)를 수행한다. 탈수단계(S20)에서는 마모분쇄기(100)의 스크린(50)보다 투과공의 크기가 더 작은 스크린(미도시)을 이용하여 석탄입자(r)를 탈수한다. 즉, 스크린(미도시) 위에 석탄입자(r)를 올려 놓은 뒤, 스크린을 직진왕복운동 시켜 석탄입자(r)의 표면에 묻은 물기를 탈수시킨다.
- [0044] 앞의 분쇄선별단계(S10)에서 이미 저등급 석탄(c)의 내부에 포함되어 있던 수분은 거의 분리된 상태이므로, 본 탈수단계(S20)에서는 석탄입자(r)의 표면에 묻어 있는 물기를 제거하게 된다. 본 탈수단계(S20)가 완료되면 석탄입자(r) 표면의 수분은 완전히 탈수된다. 다만, 석탄입자(r) 내부에는 일부 수분이 잔존하게 되는데, 대략 석탄입자(r) 전체에 대해서 5중량% 정도의 수분이 남아 있게 된다. 이러한 정도의 수분은 화력발전용 석탄으로서, 또한 액화가스 제조용으로도 문제를 야기하지 않는 수준에 해당한다.
- [0045] 상기한 바와 같이, 분쇄선별단계(S10)와 탈수단계(S20)를 거쳐 저등급 석탄으로부터 수분 및 회분을 제거하게 되면, 저등급 석탄의 부피와 중량이 수분 제거 전에 비하여 거의 절반에 육박하는 수준으로 떨어진다. 이에 선적 등 물류에 있어서 매우 유리한 조건을 제공할 수 있다.
- [0046] 탈수단계(S20) 후에는 휘발분 제거단계(S30)를 수행한다. 휘발분은 저등급 석탄의 자연 발화에 큰 영향을 미치는 것으로서, 휘발분이 제거되지 않은 상태로 저등급 석탄을 적재하여 놓으면 약간의 온도 상승에도 자연발화가 매우 쉽게 발생하곤 한다. 이에 저등급 석탄에 대한 휘발분 제거를 하지 않고 석탄을 선적하여 장시간 이동하는 경우 자연발화의 위험을 제거하고자 계속적으로 저등급 석탄에 물을 뿌려 주어야 하는 등 관리가 용이하지 않다는 문제점이 있다.
- [0047] 휘발분은 고정탄소분에 완전히 고착되어 있으므로 상기한 분쇄선별단계(S10)에서는 고정탄소분과 상호 분리되지 않고 남아 있는 바, 휘발분을 제거하기 위해서는 별도의 공정이 요구되는 것이다.
- [0048] 휘발분 제거단계(S30)에서는 고정탄소분에 고착되어 있는 휘발분(volatile matter)을 제거하기 위하여 이른바 유성밀(planetary mill)이 사용된다. 유성밀(200)은, 도 4에 도시된 바와 같이, 통(cylinder)형으로 이루어져, 그 내부에 마찰볼(미도시)이 수용되어 있다. 본 실시예에서 유성밀은 4개가 마련되어, 구동수단에

의하여 자전 및 공전을 하게 된다.

- [0049] 마찰볼과 석탄이 유성밀(200) 내부에 수용되어, 유성밀(200)이 공전 및 자전할 때 상호 마찰된다. 석탄입자는 마찰볼과의 지속적인 충돌에 의하여 미분화되고, 미분화되는 과정에서 고정탄소분에 부착되어 있던 휘발분은 외부로 노출된다. 석탄입자와 마찰볼이 마찰되면 마찰되는 부분의 온도는 순간적으로 매우 높게 올라가는 바, 휘발분이 노출된 상태에서 마찰에 의하여 온도가 순간적으로 올라가면 휘발분은 기화되어 석탄입자로부터 제거된다. 이러한 현상은 반복된 물리적 충격에 의하여 석탄입자 내부의 휘발분이 제거된다는 측면에서는 메카노케미칼 효과(mechanochemical effect)로도 설명될 수 있음을 첨언한다.
- [0050] 한편, 휘발분 제거단계(S30)에서 석탄입자의 형상 변화과정도 도 5에 도시되어 있다. 도 5를 참조하면, 석탄입자(r)는 유성밀(200) 내부에서 분쇄되어 (a)와 같은 상태가 된다. 이 과정은 입자들이 미분화되는 과정이므로, 전체 석탄입자들의 비표면적은 증가하고 입도는 감소한다. 이러한 상태가 지속되면, 도 5의 (b)와 같이 석탄입자들의 입도가 점차 증가하여 입자들이 상호 뭉치는 현상(aggregation)이 나타난다. 그러나 이 상태에서도 입자들의 비표면적은 계속해서 커지고 있는 바, 입자들이 완전히 뭉쳐서 새로운 입자군을 형성하는 것은 아니며 약한 상태로 결합되어 있는 것이다.
- [0051] 그러나 입자들이 상호 뭉치는 현상이 지속되면 입자들이 완전히 응집(agglomeration)된다. 이에 입자들의 입도가 증가함과 동시에 비표면적이 작아 지게 되고, 결국 도 5의 (c)와 같이 새로운 입자군을 형성하게 된다. 즉, 휘발분 제거단계(S30)가 완료되면, 고정탄소분은 2차 입자로 뭉쳐지게 된다.
- [0052] 휘발분 제거단계(S30) 후에는 고정탄소분을 모아서 일정한 형상으로 성형하는 성형단계(S40)를 수행함으로써 본 실시예에 따른 제조방법이 완료된다.
- [0053] 상기한 방법에 의하여, 회분과 수분 및 휘발분이 다량 포함되어 있던 저등급 석탄으로부터 고정탄소분을 선별해냄으로써 고정탄소분의 함량이 높고 휘발분이 제거된 고품질의 석탄을 제조할 수 있다.
- [0054] 또한, 수분 등을 제거함으로써 중량과 부피도 감소하여 선적과 물류에 있어도 유리한 조건이 형성될 뿐만 아니라, 휘발분이 제거되어 자연발화 가능성이 낮아짐으로써 안정성이 보장된다.
- [0055] 본 발명은 첨부된 도면에 도시된 일 실시예를 참고로 설명되었으나 이는 예시적인 것에 불과하며, 당해 기술분야에서 통상의 지식을 가진 자라면 이로부터 다양한 변형 및 균등한 타 실시예가 가능하다는 점을 이해할 수 있을 것이다. 따라서, 본 발명의 진정한 보호 범위는 첨부된 청구 범위에 의해서만 정해져야 할 것이다.

**도면의 간단한 설명**

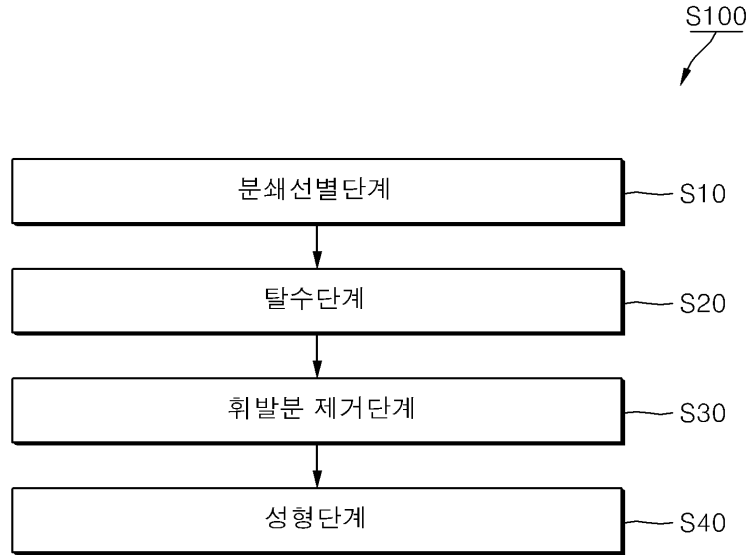
- [0056] 도 1은 본 발명의 바람직한 실시예에 따른 저등급 석탄의 고품위화 방법의 개략적 흐름도이다.
- [0057] 도 2는 분쇄선별단계에서 사용되는 마모분쇄장치의 개략적 구성도이다.
- [0058] 도 3은 도 2에 도시된 마모분쇄장치의 스크린을 상측에서 바라본 평면도로서, 스크린 투과공의 규격을 설명하기 위한 도면이다.
- [0059] 도 4는 휘발분 제거단계에서 사용되는 유성밀의 개략적 구성도이다.
- [0060] 도 5는 휘발분 제거단계에서 고정탄소분의 변화를 나타낸 도표이다.
- [0061] <도면의 주요 부분에 대한 부호의 설명>
- [0062] S100 ... 저등급 석탄의 고품위화 방법
- [0063] S10 ... 분쇄선별단계                          S20 ... 탈수단계
- [0064] S30 ... 휘발분 제거단계                        S40 ... 성형단계
- [0065] 100 ... 마모분쇄장치                            10 ... 분쇄기 본체
- [0066] 11 ... 수용부                                      20 ... 교반기
- [0067] 30 ... 마찰볼                                      50 ... 스크린
- [0068] 60 ... 부선태약 공급장치                        200 ... 유성밀
- [0069] w ... 물     c ... 저등급 석탄



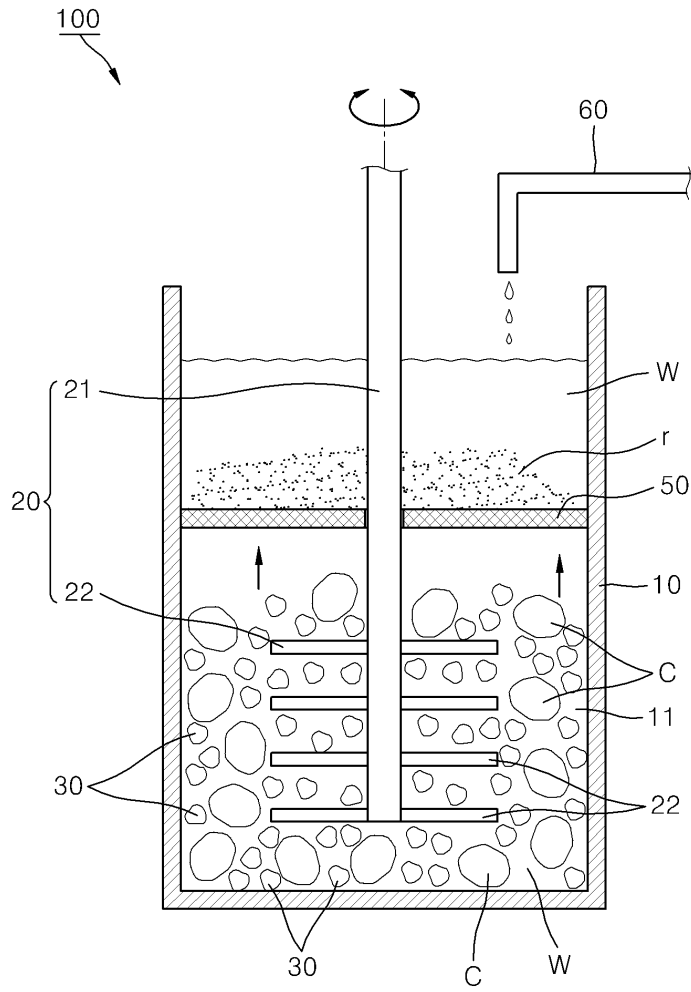
[0070] r ... 석탄입자

도면

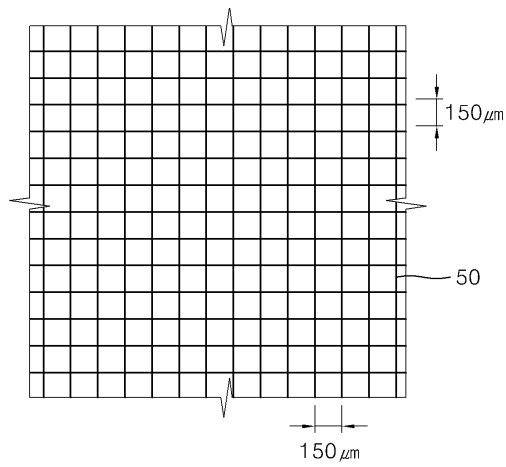
도면1



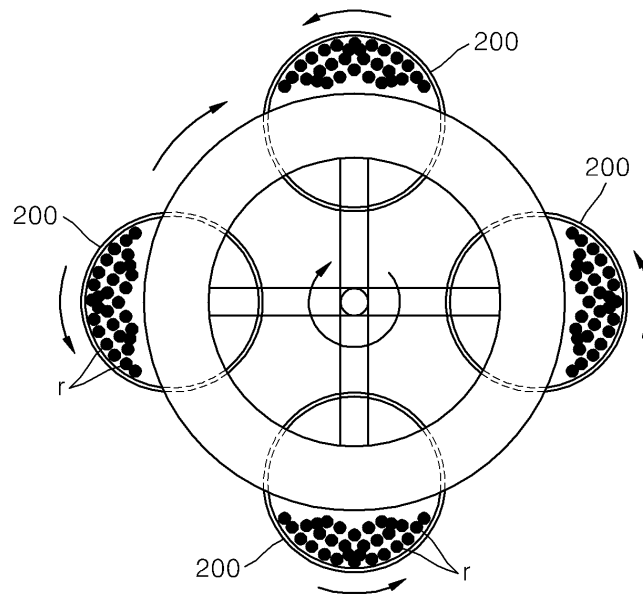
도면2



도면3



도면4



도면5

