



(19) 대한민국특허청(KR)
(12) 등록특허공보(B1)

(45) 공고일자 2012년03월23일
 (11) 등록번호 10-1122370
 (24) 등록일자 2012년02월23일

(51) 국제특허분류(Int. Cl.)
B01F 17/00 (2006.01) *B01F 3/12* (2006.01)
C01F 7/02 (2006.01) *C01B 33/20* (2006.01)
 (21) 출원번호 10-2008-7029345
 (22) 출원일자(국제) 2007년05월11일
 심사청구일자 2008년12월01일
 (85) 번역문제출일자 2008년12월01일
 (65) 공개번호 10-2009-0007474
 (43) 공개일자 2009년01월16일
 (86) 국제출원번호 PCT/US2007/068779
 (87) 국제공개번호 WO 2007/140103
 국제공개일자 2007년12월06일
 (30) 우선권주장
 11/439,547 2006년05월24일 미국(US)
 (56) 선행기술조사문헌
 US20030134742 A1
 전체 청구항 수 : 총 3 항

(73) 특허권자
유오피 엘엘씨
 미국 60017 일리노이주 데스 플레이니스 이스트
 앨콘퀸 로드 25
 (72) 발명자
카나치레브, 블라디슬라브 아이.
 미국 일리노이주 60017-5017 데스플레인즈 이스트
 알콘퀸 로드 25 피.오. 박스 5017 유오피엘엘씨
롭플라, 피터, 삼세
 미국 엘에이 70821 바톤 루지 1200 에어라인 하이
 웨이 유오피 엘엘씨
 (74) 대리인
김성기, 김진희

심사관 : 김의태

(54) 발명의 명칭 **열수 안정성 알루미늄**

(57) 요약

흡착제 및 촉매 담체로 사용되는 전이 알루미늄의 열수 안정성은 나트륨 실리케이트와 같은 가용성 규소 무기 화합물로 처리함으로써 개선되는데, 여기서 규소 화합물은 액체 첨가에 의해 미립자를 형성하는 제조 단계에서 알루미늄 분말과 혼합된다. 규소 함유 미립자는 500℃ 미만의 온도에서 가열하여 활성화하고 열적 활성화 전 또는 후에 콜로이드 실리카 용액으로 처리되어, 열수 안정성이고 분진이 적은 알루미늄을 제조한다. 최종 생성물 중 실리카 총 함량은 일반적으로 5 질량% 미만이다.

특허청구의 범위

청구항 1

실리카 화합물을 함유하는 용액을 다량의 알루미늄 분말과 함께 혼합하여 알루미늄 미립자를 생성하는 단계;

상기 알루미늄 미립자를 경화시키는 단계; 및

이후 생성된 경화 알루미늄 미립자를 활성화하여 열수 안정성 알루미늄 흡착제를 생성하는 단계

를 포함하는 열수 안정성 알루미늄 흡착제를 제조하는 방법으로서,

상기 열수 안정성 알루미늄 흡착제는 0.4 내지 4 중량%의 실리카를 함유하는 코어, 셸 및 외표면을 포함하는 실리카 함유 알루미늄 입자를 포함하고, 상기 실리카는 상기 코어에 걸쳐 균질하게 분포되고, 상기 셸은 상기 외표면으로부터 상기 코어를 향해 50 μm 이하로 연장되며, 상기 셸은 평균적으로 상기 코어보다 2배 이상의 실리카를 함유하는 것인 방법.

청구항 2

제1항에 있어서, 상기 알루미늄 미립자를 경화시키는 단계 이전 또는 이후에 상기 알루미늄 미립자를 물 또는 콜로이드 실리카 용액으로 분무하는 단계를 더 포함하는 방법.

청구항 3

제1항에 있어서, 상기 실리카 화합물은 알칼리 금속 실리케이트 및 알칼리 토금속 실리케이트로 이루어진 군으로부터 선택되는 1종 이상의 화합물인 방법.

청구항 4

삭제

청구항 5

삭제

청구항 6

삭제

청구항 7

삭제

청구항 8

삭제

청구항 9

삭제

청구항 10

삭제

명세서

기술분야

본 발명은 열수 안정성 알루미늄, 그 제조방법 및 건조제로서의 용도에 관한 것이다. 특히, 본 발명은 전이 알루미늄을 가용성 규소 무기 화합물로 처리하는 방법에 관한 것이다.

[0001]

배경 기술

- [0002] 공업용 활성 알루미나 흡착제는 바이엘 공정으로부터 유래된 수산화알루미늄(Gibbsite, ATH) 분말의 고속(플래시) 하소 후 습식 입상화(wet agglomeration) 및 열 활성화에 의해서만 제조된다. 이러한 흡착제는 전이 알루미나 상의 X선 회절 패턴을 나타낸다. 이들은 일반적으로 수분 및 기타 오염물에 대해 우수한 흡착 특성과 높은 BET 표면적을 가진다. 이로 인해 이들은 각종 공업용 스트림의 처리에 적절하게 된다.
- [0003] 활성 알루미나를 이용하는 대부분의 흡착 공정은 흡착된 물을 제거하고, 다음 흡착 순환을 위해서 흡착제가 활성이 되도록 빈번한 열 재생을 필요로 한다. 재생 중, 흡착제는 고온, 압력 및 높은 수분 함량의 동시적인 효과를 경험하고 고온의 액상 물이 흡착제 베드에 스며들어, 열수적인 노화 및 흡착 성능의 손실을 초래한다.
- [0004] 재생 순환을 통한 성능의 손실이 일부 건조제 응용에서는 적고 흡착제는 수많은 순환을 계속할 수 있는 반면, 성능이 매우 빠르게 열화되어, 가장 안정한 알루미나 흡착제에 대해서도 문제가 되고 있는 일부 가혹한 적용 분야가 있다.
- [0005] 천연 가스 건조는 가혹한 적용의 가장 현저한 예를 나타낸다.
- [0006] 활성 알루미나는 20년동안 NG 건조에 폭넓게 사용되어 왔다. 그러나, 열수적 노화에 의해 초래되는 짧은 수명은 대부분의 유니트에서 활성 알루미나를 분자체로 대체시켰다. 이럼에도 불구하고, 흡착제 베드의 입구 부분은 여전히 중질 탄화수소 및 액체의 잔류물(carryover)을 다룰 수 있는 또 다른 흡착제의 보호층을 필요로 한다.
- [0007] 알루미나는 보호층으로 사용되는 경우 그 건조 성능을 신속하게 잃는다. 따라서, 베드의 평형 부분에서 추가적인 건조 능력 및 중질 탄화수소에 대한 보호를 제공할 열수 안정성 알루미나가 필요하다. 높은 물 농도에서 활성 알루미나는 건조제로서 분자체보다 우수하다는 것이 공지되어 있다.
- [0008] 가혹한 건조제 적용의 또 다른 예는 순환 흡착제 성능이 신속하게 저하되는 압축 공기용 일부 내부적으로 가열된 건조기이다.
- [0009] 활성 알루미나의 열수 안정성에서의 개선이 필요하다는 것이 인식되어 왔다는 사실에도 불구하고(R. Dale Woosley의 문헌["Activated Alumina Desiccants" in ALUMINA CHEMICALS - SCIENCE AND TECHNOLOGY HANDBOOK edited by L.D. Hart, American Ceramic Society, 1990, page 241-250] 참조), 열수 안정성 알루미나를 제조하는데 있어서 보고된 성공은 부족한 상태이다.
- [0010] 미국특허 제4,778,779호(Murrell 등)에는 다공성 감마 알루미나 지지체의 외부 표면에 지지된 벨크 실리카의 개별 입자를 포함하는 조성물을 개시되어 있다. 수성 콜로이드 실리카는 실리카 물질의 공급원으로서 청구되어 있다. 스팀의 존재에서 500°C 이상으로 가열하는 것은 알루미나 표면 상 실리카의 적어도 일부를 분산시키는데 요구된다. 물질 안정성의 개선이 아닌 활성 크래킹 촉매의 제조가 Murrell 등에 의한 발명의 주안점이다. 알루미나 및 실리카 성분이 활성 알루미노실리케이트 상을 형성하기 위해서는 고온이 필요하다.
- [0011] 미국특허 제4,013,590호는 산화알루미늄의 기계적 및 열적 특성이 유기 용매에 용해된 유기 규소 화합물로 이들을 포화시킨 후 500°C에서의 제어된 산화 및 열 처리를 통해 개선되었음을 개시하고 있다. 콜로이드 실리카는 이러한 목적으로 작용하지 않으며 이것은 "부정적인" 예로서 특허문헌에 기재되어 있다.
- [0012] 상기 특허문헌 및 기타 문헌들은 고온 처리에 대한 알루미나의 BET 표면적 안정성을 다루고 있다. 이러한 선행 기술 개발의 주안점은 배출 가스 처리를 위한 촉매와 같은 고온 응용에서 알루미나 상 변화를 지연시키는 것이다. 세륨, 희토류 및 알칼리 토류 원소 이외에, 규소 또한 알루미나에 안정화 효과를 가지는 것으로 밝혀졌다. 논문 "Stabilization of Alumina toward Thermal Sintering by Silicon Addition"(저자 Bernard Beguin et al., J. OF CATALYSIS, 127,595-604, (1991))에는 스팀의 존재 하 1050° 내지 1220°C에서 소결에 대한 알루미나의 열적 안정성이 연구되어 있다. 저자는 알루미나의 히드록실기가 규소 함유 전구체와 반응하는 것으로 가정한다.
- [0013] W.R. Grace의 미국특허 제5,147,836호; 미국특허 제5,304,526호 및 미국특허 제6,165,351호는 열수 안정성 실리카 "안정화된" 에타 알루미나를 수득하는데 사용되는 실리카 함유 베이어라이트 알루미나의 제조를 포함한다. 후자는 특히 접촉 분해용 촉매 조성물을 제조하는데 사용될 수 있다. 나트륨 실리케이트는 추가적으로 혼합되고 반응하여 베이어라이트 알루미나를 침전시키는 수산화마그네슘, 나트륨 알루미늄에이트 및 황산알루미늄에 첨가된다.
- [0014] 또한, 인은 소결 및 알파 알루미나로의 상 전이와 관련하여 감마 알루미나의 열적 안정성을 개선시키는데 유용

하다는 것이 밝혀졌다(예를 들어, A. Stanislaus 등의 논문 ["Effect of Phosphorus on the Acidity of gamma - Alumina and on the Thermal Stability of gamma - Alumina Supported Nickel-Molybdenum Hydrotreating Catalysts", published in APPLIED CATALYSIS, 39, 239-253 (1988)] 참조). 열적 안정성을 개선시키는 것 이외에, 인은 공급원 알루미늄의 산성도를 변경시킨다.

[0015] 1992년에, Alcan은 "Alumina - Alkali Metal Aluminum Silicate Agglomerate Acid Adsorbent"라는 명칭의 미국특허 제5,096,871호를 얻었다. 이 특허는 알루미늄의 열수 안정성의 개선에 대하여 언급하고 있지는 않으나, 알루미늄 분말의 응집 공정에서 나트륨 실리케이트 및 나트륨 알루미늄에이트를 추가하여 알루미늄의 내부 표면에 알칼리 금속 알루미늄 실리케이트 피복을 형성하는 것을 기재하고 있다. 이러한 알칼리 금속 피복은 산 성분의 흡착제로서 작용하도록 응집물의 작용성을 제공한다.

발명의 상세한 설명

[0016] **발명의 개요**

[0017] 본 발명은 알루미늄 건조제의 열수 안정성을 크게 개선시키고 동시에 활성 알루미늄의 분진 형성을 감소시킨다. 이 개질된 흡착제는 낮은 반응성을 보유하며 반응성 스트림 중의 응용에 여전히 적절하다.

[0018] 활성 알루미늄을 제조하기 위한 현존하는 방법은 본 발명에 기재된 열수 안정성 알루미늄의 제조를 용이하게 사용할 수 있다. 사용되는 첨가제는 저렴하며 환경에 불리한 효과가 예상되지 않는다. 열적으로 안정한 알루미늄 담체를 제조하는 종래의 방법에서와 같은 열 처리는 필요하지 않다.

[0019] 본 발명의 열수 안정성 알루미늄 건조제는 수명을 연장시키고 흡착제의 열적 재생을 이용하는 모든 공정의 성능을 개선시킬 것이다. 천연 가스 건조와 같은 가혹한 재생 적용은 본 발명으로부터 특히 유익할 것이다.

[0020] 수산화알루미늄의 급속 하소에 의해 형성된 전이 알루미늄 상은 높은 BET 표면적을 가지며 물에 대해 매우 반응성이다. 응집에 의해 비드를 형성하게 해주고 장기간, 특히 흡착제의 열적 재생의 가혹한 조건에서, 흡착 동안 수분의 빠른 포집을 허용하므로 이러한 특징은 일반적으로 유용한 반면, 이것은 알루미늄의 노화 공정을 가속시키는 비가역적인 재수화 효과를 초래한다.

[0021] 열수 노화는 표면적이 높은 알루미늄 상을 BET 표면적이 낮으며 불량한 흡착제인 결정성 보에마이트(A10OH)로의 전환으로 구성되어 있는 것으로 널리 알려져 있다. 결정성 보에마이트의 형성은 X선 회절, 적외선 분광법 및 TGA(thermal gravimetric analysis)와 같은 수개의 기술로 관찰될 수 있다.

[0022] 재수화에 대해 보다 안정한 알루미늄 상을 형성하므로, 고온에서의 활성화는 알루미늄의 열수 안정성을 어느 정도 증가시킨다. 불행히도, BET 표면적 및 흡착 능력은 고온 하소 후에 감소한다. 반면, 이러한 접근법은 알루미늄의 열수 안정성을 보통 수준으로만 개선시킬 뿐이다.

[0023] 본 발명은 실리카 화합물을 포함하는 용액을 다량의 알루미늄 분말과 함께 혼합하여 알루미늄 미립자를 생성하는 단계, 알루미늄 미립자를 경화시키는 단계 및 그후 상기 경화된 알루미늄 미립자를 활성화하여 열수 안정성 알루미늄 흡착제를 생성하는 단계를 포함하는 열수 안정성 알루미늄 흡착제를 제조하는 방법을 제공한다. 본 발명의 바람직한 구체예에서, 알루미늄 미립자는 물 또는 콜로이드 실리카 용액으로 처리된다.

[0024] 열수 안정성 알루미늄 흡착제는 코어, 셸 및 외표면을 포함하는 실리카 함유 알루미늄 입자를 포함한다. 코어는 0.4 ~ 4 중량%의 실리카를 함유하고, 상기 실리카는 코어에 걸쳐 균질하게 분포하며 셸은 외표면으로부터 코어를 향해 50 μm 이하로 연장되어 있다. 일반적으로 셸은 코어보다 실리카를 평균적으로 2배 이상 함유한다.

발명의 상세한 설명

[0026] 본 발명에서, 본 발명자들은 활성 알루미늄 제조 공정 중 실리카를 도입함으로써 재수화에 대한 알루미늄의 안정성이 유의적으로 증가함을 밝혀냈다. 놀랍게도, 열수 안정성의 중요한 개선을 달성하는데 고온이나 활성화제는 불필요하다. 본 명세서에서 사용되는 바와 같은 "실리카"라는 용어는 실리카의 콜로이드 용액으로부터 규산 또는 알칼리 금속 실리케이트에 이르기까지 다양한 규소 무기 화합물을 지칭한다. 본 발명의 목적에 적절한 가용성 무기 규소 화합물은 문헌[Ullmann's ENCYCLOPEDIA OF INDUSTRIAL CHEMISTRY, Sixth Edition, Wiley-VCH, 2003, Vol. 32, pages 411-418]에 개시되어 있다.

[0027] 또한, 규소 화합물에 대해 친화성이 강한 전이 알루미늄의 존재에 따라 이들의 용해도가 향상되기 때문에, 한정

된 용해도를 가진 무기 규소 화합물은 본 발명의 목적에 유용하다. 따라서, 주변 액체를 통해 고체 무기 화합물로부터 전이 알루미늄으로 개별 규소 모이어티의 이동이 촉진될 수 있다.

[0028] 실리카 화합물의 긍정적인 효과를 설명하는 하나의 이론은 신속하게 재수화하기 쉬운 알루미늄 표면 상에 가장 활성인 부위에 실리카 종이 부착하는 경향이 있다는 것이다. 따라서, 실리카 종은 알루미늄의 원치 않는 히드록실 화합물의 형성에 따라 이들이 물과 더 반응하는 것을 방지함으로써 그러한 재수화 부위를 "비활성화"시킬 것이다.

[0029] 콜로이드 실리카로 활성 알루미늄 비드를 단지 분무하는 것이 열수 안정성을 개선시키더라도, 가용성 실리카 화합물을 예를 들어 회전조에 알루미늄 비드를 형성하는데 사용되는 노듈화 액체에 혼합하는 때에 매우 강한 개선이 이루어진다.

[0030] 열수 안정성 및 분진성(dustiness)의 강한 개선은 실리카의 존재 하에서 알루미늄 미립자를 형성한 후 콜로이드 실리카 용액으로 미립자를 분무함으로써 얻어질 수 있다. 실리카의 양은 0.1 내지 8 중량% 범위일 수 있다. 5% 미만의 실리카를 첨가하는 것은 열수 안정성의 강한 개선을 산출하는데 충분하다. 통상적으로 2%의 실리카를 첨가하는 것이 탁월한 열수 안정성을 가진 알루미늄을 생성하는데 충분하다.

[0031] 본 발명의 흡착제는 코어, 셸 및 외표면을 포함하는 실리카를 함유하는 알루미늄 입자를 포함하는 열수 안정성 알루미늄 흡착제이다. 코어는 코어에 걸쳐 균질하게 분포된 실리카 0.4 내지 4 중량%를 함유한다. 셸은 외표면으로부터 코어를 향해 50 μm 이하로 연장되고, 셸은 코어보다 평균적으로 2배 이상 실리카를 함유한다.

[0032] 본 발명의 흡착제는 기체 및 액체 스트림의 정제와 건조를 위한 열 순환식 공정(thermal swing process)에 사용될 수 있다. 처리될 수 있는 기체 스트림의 가장 중요한 유형 중에는 공기 분리 산업에서 공기 예비정제 및 정제와 같은 다양한 산업 공정에서의 공정 가스, 천연 가스가 있다. 압력 순환식 흡착 공정은 무분진 조작과 결합하여 화학적 공격 및 재수화에 대한 장기간 안정성을 가진 이러한 흡착제로 운용될 수 있다.

[0033] 하기 실시예들은 본 발명을 예시한다.

[0034] 실시예 1

[0035] UOP(일리노이주 테스플레인스 소재)에 의해 제조된 플래시 하소된 알루미늄 분말 A-300을 0.4 kg/분 속도로 122 cm 회전조 안으로 공급하였다. 또한, 0.2 kg/분의 속도인 물을 펌프 및 노즐 어셈블리를 이용하여 연속적으로 공급하였다. 보다 큰 알루미늄 비드의 형성을 개시하기 위해 소량의 30x40 메쉬 알루미늄 시드를 먼저 노듈화 장치에 충전하였다. 물질 22.7 kg(8x14 메쉬 공칭 입자 크기)이 축적될 때까지 조작을 계속하였다. 샘플을 밀폐 컨테이너에 저장하여 경화하였다. 이어서, 샘플 2.0 kg을 30.5 cm 포트 안에 충전하고 120 cc 물을 분무하면서 5분간 회전시켰다. 그런 다음 샘플을 400°C에서 1시간 동안 강제 공기 순환 방식의 오븐을 이용하여 즉시 활성화시켰다. 본 발명자들은 이 샘플을 AIWW로 지칭하였으며, 여기서 W는 형성 및 추가적인 분무 조작에서 사용된 물을 표시한다.

[0036] 실시예 2

[0037] 알루미늄 미립자 2.0 kg을 콜로이드 실리카 용액(Nalco 1130)으로 분무한다는 것을 제외하고는 실시예 1에 기재된 절차를 사용하여 휘발성 유리 알루미늄을 기준으로 계산된 0.8 질량% SiO₂를 첨가하였다. 본 발명자들은 이 샘플을 AIWSi로 명명하였으며, 여기서 Si는 분무 조작에 사용된 실리카를 나타낸다.

[0038] 실시예 3

[0039] 0.2 kg/분의 속도로 나트륨 실리케이트 용액을 펌프 및 노즐 어셈블리를 이용하여 연속적으로 공급하면서, UOP(일리노이주 테스플레인스 소재)에 의해 제조된 플래시 하소된 알루미늄 분말 A-300을 0.4 kg/분 속도로 122 cm 회전조 안으로 공급하였다. 이 용액은 Grade 40 나트륨 실리케이트 1부 및 물 8부로 이루어졌다. 보다 큰 알루미늄 미립자의 형성을 개시하기 위해 소량의 30x40 메쉬 알루미늄 시드를 먼저 노듈화 장치에 충전하였다. 물질 22.7 kg이 축적될 때 까지 조작을 계속하였다. 입자 크기 분획 8x14 메쉬를 분리하고, 밀폐 컨테이너에서 경화하였다. 이어서, 샘플 2.0 kg을 30.5 cm 포트 안에 충전하고, 120 cc 물을 분무하였으며, 실시예 1에 기재된 바와 같이 활성화시켰다. 이 샘플의 실리카 함량은 휘발성 유리 알루미늄을 기준으로 계산하여 2.2 질량%이다. 이

샘플은 AISiW로 명명한다.

[0040] 실시예 4

[0041] 구형 미립자를 제조하고 실시예 3에 기재된 바와 같이 경화시켰다. 물 대신, 미립자를 콜로이드 실리카 용액으로 분무하였고, 실시예 2에 기재된 바와 같이 활성화시켰다. Si가 형성 및 물질 제조의 최종 분무 단계에서 모두 사용된다는 점을 나타내기 위해 이 샘플을 AISiSi로 명명한다.

[0042] 전기 압력 스팀 멸균 소독기(All American, model # 25X)에서 샘플을 열수 안정성에 대해 시험하였다. 동일한 샘플의 6개의 부분, 각각 5 g을 멸균 소독기 내에 위치시키고 117 ~ 138 kPa 및 122 ~ 125°C에서 17.5 시간동안 스팀처리 하였다. FTIR 법을 이용하여 보에마이트 형성을 위한 처리 후 샘플을 시험하였다. 개별 샘플을 병합함으로써 복합 샘플을 제조하였고, 300°C 활성화 단계를 갖는 표준 방법을 사용하여 BET 표면적을 측정하였다. 또한, BET 표면적은 열수 처리 전에 샘플에 대해 측정하였다.

[0043] 표 1은 기타의 상업적 건조제에 대한 데이터를 포함하여, 모든 데이터를 비교한 것이다.

[0044] [표 1]

샘플	상세	처리전 BET m ² /g	처리후 BET m ² /g	차이	
				m ² /g	% 감소
AIWW	실시예 1	359	181	178	49.6%
AIWSi	실시예 2	359	211	148	41.2%
AISiW	실시예 3	317	318	-1	-0.3%
AISiSi	실시예 4	305	321	-16	-5.2%
CA-1	시판 알루미늄	343	200	143	41.7%
CA-2	시판 알루미늄	360	200	160	44.4%
SCA	시판 Si 코팅 알루미늄	340	264	84	24.7%
SA	시판 실리카 알루미늄	677	512	165	24.4%

[0045]

[0046] 표 1은 콜로이드 실리카를 도입하는 것이 열수 안정성을 증가시키는데 도움을 준다는 것을 보여준다 - AIWW와 AIWSi 샘플, 그리고 SCA 샘플과 CA-2 샘플을 비교(SCA는 알루미늄 비드의 실리카 코팅에 의해 제조됨). 그러나, 열수 안정성의 강한 증가는 미립자를 형성하면서 Si가 도입되는 때에 관찰된다- 실시예 3 및 4. 샘플 AISiW 및 AISiSi는 열수 처리 후 신규 샘플을 하는 것 보다 더 높은 BET 표면적을 가진다.

[0047] 표 2는 콜로이드 실리카로 분무하는 것이 Si 노듈화된 알루미늄 미립자의 분진성을 감소시키는데 필요하다는 것을 보여준다. 나트륨 실리케이트와 같은 무기 실리카 화합물의 존재 하에서 노듈화한 후 콜로이드 실리카로 분무함으로써 열수 안정성 및 분진성이 모두 크게 개선된다.

[0048] 분진성은 알루미늄 및 기타 흡착제에 대해 실시한 대로 탁도 측정을 이용하여 측정하였다.

[0049] [표 2]

샘플	상세	탁도 NTU 단위
AIWW	실시예 1	44.0
AIWSi	실시예 2	10.6
AISiW	실시예 3	107.0
AISiSi	실시예 4	35.4

[0050]

- [0051] 이 데이터는 노듈화 액체로 2-3% 이하의 SiO_2 를 도입하는 것은 알루미늄의 열수 안정성을 크게 증가시킬 것이라는 점을 시사한다. 그런 다음, Si 노듈화된 물질이 물 노듈화된 알루미늄보다 더 분진이 많은 경향이 있으므로 추가적으로 1-2%의 SiO_2 를 첨가하는 콜로이드 실리카로의 처리가 요구된다.
- [0052] 저렴하고 쉽게 구입할 수 있으므로 본원에서는 나트륨 실리케이트를 사용하였다. 기타 실리카 화합물을 사용할 수도 있다.
- [0053] 알칼리 금속 실리케이트의 가능한 잇점은 활성 알루미늄실리케이트가 열적 처리로 형성된다면 일부 산 부위를 "중화"할 수 있는 알칼리 금속을 이것이 함유한다는 것이다.