



(19) 대한민국특허청(KR)

(12) 등록특허공보(B1)

(45) 공고일자 2016년03월28일

(11) 등록번호 10-1606649

(24) 등록일자 2016년03월21일

(51) 국제특허분류(Int. Cl.)

B22F 9/04 (2006.01) B22F 9/10 (2006.01)

(21) 출원번호 10-2014-0124104

(22) 출원일자 2014년09월18일

심사청구일자 2014년09월18일

(56) 선행기술조사문헌

JP10182125 A*

KR101218043 B1

KR100896739 B1

2013년도 대한금속재료학회 추계학술대회 초록집,
초록c1-1, 162쪽(발표일:2013.10.25)

*는 심사관에 의하여 인용된 문헌

(73) 특허권자

한국기술교육대학교 산학협력단

충남 천안시 동남구 병천면 충절로 1600, 내 (한
국기술교육대학교)

(72) 발명자

김기영

서울 서초구 서초중앙로 200, 6동 1105호 (서
초동, 삼풍아파트)

신종식

충북 청주시 청원구 공항로59번길 9-10

(뒷면에 계속)

(74) 대리인

이한욱, 이성렬, 이성준

전체 청구항 수 : 총 5 항

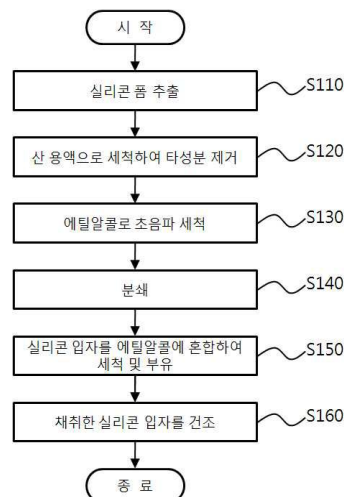
심사관 : 정상익

(54) 발명의 명칭 실리콘 분말 제조방법 및 실리콘 분말

(57) 요약

본 발명은 알루미늄-실리콘 합금의 실리콘을 추출하여 순도가 높은 실리콘 분말로 형성하는 실리콘 분말의 제조 방법에 관한 것으로, 용융된 알루미늄-실리콘 합금을 원심 분리하여 실리콘 폼(foam)을 추출하는 단계, 상기에서 원심 분리된 폼(foam) 형태의 실리콘을 산 용액으로 세척하고, 표면에 용착된 타 성분들을 제거하여 플레이크(flake) 형태로 형성하는 단계, 상기에서 타성분이 제거된 플레이크는 에틸알콜로 초음파 세척하는 단계, 상기에서 세척된 플레이크를 분쇄하는 단계, 상기에서 분쇄된 실리콘 입자를 에틸알콜에 혼합하여 세척 및 부유시키는 단계, 및 상기에서 분리된 실리콘 입자를 건조시켜 분말화시키는 단계를 제공한다.

대표도 - 도1



(72) 발명자

윤지원

부산 동래구 삼어로 9, 102동 1305호 (안락동, 현대아파트)

서금희

충남 천안시 서북구 백석3로 91, 202동 1503호 (백석동, 백석그린빌2차아파트)

명세서

청구범위

청구항 1

용융된 알루미늄-실리콘 합금을 원심 분리하여 실리콘 폼(foam)을 추출하는 단계;

상기 실리콘 폼(foam) 형태의 실리콘을 산 용액으로 세척하고, 표면에 용착된 타 성분들을 제거하여 플레이크(flake) 형태로 형성하는 단계;

상기 타 성분이 제거된 플레이크는 에틸알콜로 초음파 세척하는 단계;

상기 초음파 세척된 플레이크를 분쇄하는 단계;

상기 분쇄된 실리콘 입자를 에틸알콜에 혼합하여 세척 및 부유시키는 단계; 및

상기 부유된 실리콘 입자를 건조시켜 분말화시키는 단계;를 포함하는 것을 특징으로 하는 실리콘 분말의 제조방법.

청구항 2

청구항 1에 있어서,

상기 실리콘 폼을 추출하는 단계는 실리콘을 포함한 합금을 용융시켜 용탕을 제조하는 단계;

상기 실리콘이 초정을 형성하는 온도로 상기 용탕을 공냉하는 단계;

상기 실리콘이 초정을 형성하면 상기 용탕을 원심 분리하는 단계; 및

상기 원심 분리를 통해, 상기 실리콘 이외의 성분은 원심분리기의 외부로 분리시키고, 원심분리 전보다 고순도의 실리콘 폼을 원심분리기 내부에서 채취하는 단계;로 이루어지는 것을 특징으로 하는 실리콘 분말의 제조방법

청구항 3

청구항 2에 있어서,

상기 원심 분리하는 단계에서 원심분리를 위한 회전수에 따른 중력가속도(g)값은 35 내지 1250g인 것을 특징으로 하는 실리콘 분말의 제조방법.

청구항 4

청구항 1에 있어서,

상기 플레이크를 분쇄하는 단계에서 플레이크는 유성 분쇄기(planetary mill), 에어제트 분쇄기(air jet mill), 볼밀(ball mill), 및 냉간 정수압 프레스(cold isostatic press; CIP) 중 어느 하나 또는 둘 이상을 동반하여 분쇄하는 것을 특징으로 하는 실리콘 분말의 제조방법.

청구항 5

청구항 4에 있어서,

상기 냉간 정수압 프레스의 압력은 100 내지 $2,500\text{kgf/cm}^2$ 범위 인 것을 특징으로 하는 실리콘 분말의 제조방법.

청구항 6

삭제

청구항 7

삭제

청구항 8

삭제

발명의 설명

기술 분야

[0001] 본 발명은 실리콘 분말 제조방법에 관한 것으로, 더욱 상세하게는 알루미늄-실리콘 합금의 실리콘을 추출하여 순도가 높은 실리콘 분말로 형성하는 실리콘 분말 제조방법에 관한 것이다.

배경 기술

[0002] 일반적으로 합금은 두 가지 이상의 원소를 포함한 금속 화합물이기 때문에 이러한 금속 화합물로부터 하나의 원소만으로 이루어진 물질을 분리해 내는 것은 매우 어려운 일이다.

[0003] 종래에는 합금을 분리하기 위하여 하나의 원소와 반응하는 화학 용매를 이용하여 합금 중에서 일정한 원소만을 용해하는 방법으로 합금을 서로 분리하거나, 합금원소 중 비중이 낮거나 화학적으로 반응하는 일정한 원소만을 태워버리고 남은 물질만을 선택하여 취하는 방법 등을 사용하기도 하였다.

[0004] 그러나 이러한 방법들은 제조공정이 복잡하거나, 원하는 물질 이외의 다른 성분금속을 다시 제거해야 하는 등의 문제가 있을 뿐만 아니라, 순도가 높은 단일 금속으로 분리하기 위한 효율이 떨어지는 문제점이 있었다.

[0005] 다른 방법으로는, 합금을 구성하는 물질들 사이에 비중 차를 이용하여 원심분리하는 방법이 사용되기도 하였다.

[0006] 이와 관련된 대한민국 등록특허 0182230호(이하 '종래기술 1'이라 함)는 원심력을 이용하여 합금을 각각 순금속 및 경사합금(gradient alloy)으로 분리하여 정제하는 장치 및 그 방법에 대하여 제시하고 있다. 종래기술 1은 가열로 내에서 합금을 용융한 후, 약 1시간 정도 용융된 합금에 원심력을 가하여 합금을 이루는 각 금속의 비중 차를 이용하여 금속들을 분리하는 방법에 관한 것이다.

[0007] 종래기술 1은 합금을 이루는 각 금속들의 비중 차이에 의해 하나의 분리관 내에서 원심분리가 이루어지기 때문에, 도가니 내부에서 원심력을 많이 받은 바깥 부분은 비중이 큰 금속들이 모이고, 원심력을 적게 받은 안쪽 부분에는 비중이 작은 금속들이 모이게 된다. 이러한 원심분리 방법을 이용한 금속의 분리 방법은 하나의 금속 물질만을 분리하기 위해선 또 다른 공정이 필요할 뿐 아니라, 합금 내에서 순수한 물질을 분리하는 것에 어려움이 있다.

[0008] 또한, 일본 등록특허 2636162호(이하 '종래기술 2'라 함)는 알루미늄 합금재의 탈철법이 기재되어 있다. 종래기술 2는 철 함유량이 높은 알루미늄 합금재를 용융한 후, 이를 원심 분리하여 원심분리기 외벽에는 비중이 높은 철을 함유한 성분들이 모이고, 나머지 성분들은 원심분리기 내측에서 하부의 구멍을 통해 외부로 배출되는 것으로 알루미늄 합금재 내에서 철 성분을 낮추는 방법에 관한 것이다.

[0009] 종래기술 2는 합금을 구성하는 금속원소의 비중차를 이용하여 알루미늄 합금에서 철을 제거하는 것으로, 비중이 유사한 금속들에는 사용할 수 없으며, 미응고 상태에서 금속들을 분리하기 때문에 하나의 순물질만을 고순도로 얻기에는 어려움이 있다.

[0010] 또한, 종래의 고순도 실리콘을 얻어 이를 분말로 형성하는 공정은 복잡할 뿐만 아니라 공정 중에 실리콘의 오염 가능성이 높다는 문제가 있었다.

[0011] 이와 관련된 선행기술로는 미국등록특허 제4661335호(공개일:1987.04.28., Novel silicon powder having high

purity and density and method of making same)가 있다.

발명의 내용

해결하려는 과제

- [0012] 본 발명은 합금 제조 이전에 합금 내에 첨가되었던 성분의 순도보다 합금 분리 후 획득한 성분의 순도를 더 향상시킬 수 있는 실리콘 분말 제조방법 및 실리콘 분말을 제공하기 위한 것이다.
- [0013] 또한, 본 발명은 실리콘 분말을 수득하는 공정이 복잡하지 않고, 실리콘 분말의 높은 순도를 유지하는 실리콘 분말 제조방법을 제공하기 위한 것이다.
- [0014] 본 발명이 이루고자 하는 기술적 과제들은 이상에서 언급한 기술적 과제들로 제한되지 않는다.

과제의 해결 수단

- [0015] 상기 과제를 달성하기 위한 본 발명의 실리콘 분말의 제조방법은, 용융된 알루미늄-실리콘 합금을 원심 분리하여 실리콘 폼(foam)을 추출하는 단계; 상기에서 원심 분리된 폼(foam) 형태의 실리콘을 산 용액으로 세척하고, 표면에 용착된 타 성분들을 제거하여 플레이크(flake) 형태로 형성하는 단계; 상기에서 타성분이 제거된 플레이크는 에틸알콜로 초음파 세척하는 단계; 상기에서 세척된 플레이크를 분쇄하는 단계; 상기에서 분쇄된 실리콘 입자를 에틸알콜에 혼합하여 세척 및 부유시키는 단계; 및 상기에서 분리된 실리콘 입자를 건조시켜 분말화시키는 단계;를 포함하는 것을 특징으로 한다.
- [0016] 구체적으로, 상기 실리콘 폼을 추출하는 단계는 실리콘을 포함한 합금을 용융시켜 용탕을 제조하는 단계; 상기 실리콘이 초정을 형성하는 온도로 상기 용탕을 공냉하는 단계; 상기 실리콘이 초정을 형성하면 상기 용탕을 원심 분리하는 단계; 및 상기 원심분리를 통해, 상기 실리콘 이외의 성분은 원심분리기의 외부로 분리시키고, 원심분리 전보다 고순도의 실리콘 폼을 원심분리기 내부에서 채취하는 단계;로 이루어지는 것을 특징으로 한다.
- [0017] 또한, 상기 원심 분리하는 단계에서 원심분리를 위한 회전수에 따른 중력가속도(g)값은 35 내지 1250g인 것을 특징으로 한다.
- [0018] 또한, 상기에서 분쇄단계에서 플레이크는 유성 분쇄기(planetary mill), 에어제트 분쇄기(air jet mill), 볼밀(ball mill), 및 냉간 정수압 프레스(cold isostatic press; CIP) 중 어느 하나 또는 둘 이상을 동반하여 분쇄하는 것을 특징 한다.
- [0019] 또한, 상기 냉간 정수압 프레스의 압력은 100 내지 2,500kgf/cm² 범위 인 것을 특징으로 한다.
- [0020] 상기 과제를 달성하기 위한 다른 본 발명의 실리콘 분말은 실리콘 분말 제조방법에 의해 제조되는 것을 특징으로 한다.
- [0021] 또한, 상기 실리콘 분말의 입자 크기는 100 μ m 미만인 것을 특징으로 한다.
- [0022] 또한, 상기 실리콘 분말의 순도는 99.90% 내지 99.99%인 것을 특징으로 한다.

발명의 효과

- [0023] 이상에서 설명한 바와 같이 본 발명은 실리콘-알루미늄 합금의 실리콘을 추출하여 순도가 높은 실리콘 분말을 얻을 수 있다는 효과가 있다.
- [0024] 또한, 본 발명은 알루미늄-실리콘 합금 스크랩을 재활용할 수 있다는 효과가 있다.
- [0025] 또한, 본 발명은 순도가 높고 미세한 분말 형태의 실리콘을 얻을 수 있다는 효과가 있다.

도면의 간단한 설명

- [0026] 도 1은 본 발명의 실시 예에 따른 실리콘 분말 제조방법을 나타낸 흐름도이다.
- 도 2는 본 발명의 실시 예에 따른 실리콘 분말 제조방법의 실리콘 추출을 나타낸 흐름도이다.
- 도 3은 본 발명의 실시 예에 따른 실리콘 분말 제조방법의 용탕 온도에 따른 상태를 나타낸 도면이다.
- 도 4는 본 발명의 실시 예에 따른 실리콘 분말 제조방법의 실리콘 추출을 위한 원심 분리를 나타낸 도면이다.
- 도 5는 본 발명의 실시 예에 따른 실리콘 분말 제조방법의 플레이크를 나타낸 도면이다.
- 도 6 내지 도 12는 다양한 분쇄방법에 의해 분쇄된 실리콘 분말의 SEM 이미지이다.
- 도 13은 표 1의 입자 분포를 나타낸 그래프이다.
- 도 14는 본 발명의 실시 예에 따른 실리콘 분말 제조방법의 실리콘 부유 상태를 나타낸 도면이다.
- 도 15는 본 발명의 실시 예에 따른 실리콘 분말 제조방법의 실리콘 분말을 XRD(X-ray diffraction)성분 분석한 결과를 나타낸 그래프이다.

발명을 실시하기 위한 구체적인 내용

- [0027] 이하, 첨부된 도면을 참조하여 본 발명의 바람직한 실시예를 상세하게 설명한다. 도면들 중 동일한 구성요소들은 가능한 어느 곳에서든지 동일한 부호로 표시한다. 또한 본 발명의 요지를 불필요하게 흐릴 수 있는 공지 기능 및 구성에 대한 상세한 설명은 생략한다.
- [0028] 도 1은 본 발명의 실시예에 따른 실리콘 분말의 제조방법을 나타낸 흐름도로서, 먼저, 용융된 알루미늄-실리콘 합금에서 실리콘 플레이크를 추출한다(S110).
- [0029] 여기서, 실리콘 폼을 추출하는 방법은 알루미늄-실리콘 합금의 용탕을 형성하고(S111), 실리콘이 초정 형성하는 온도로 용탕을 공냉하며(S112), 공냉된 용탕을 원심 분리하여(S113), 이전단계 보다 순도가 높은 고순도 실리콘 폼을 추출한다(S114).
- [0030] 이때, 용융된 용탕의 온도가 서서히 낮아지게 되면 820도 부근에서는 Al-Si 용탕에서 고체가 정출되기 시작하고, 이때, 생겨나는 고체를 초정상이라 부른다. 여기서, Al-Si 용탕에서 초정상은 순수한 Si이다.
- [0031] 또한, 용탕의 온도가 820도 이상에서 합금은 모두 액체상태가 되고, Al-Si 합금에 Si이 30wt%가 들어간 경우 도 3의 세로라인처럼 그려지게된다. 이처럼, Si의 초정이 정출되는 온도는 약 820도 전후가 된다.
- [0032] 나아가, 용탕의 온도가 577도 부근에 다다르면 초정 실리콘은 성장을 멈추고 액체로 존재하던 물질들이 Al과 Si이 섞여진 고체로 바뀌게된다.
- [0033] 그러므로, 알루미늄-실리콘 합금에서 실리콘을 추출하려면 약 577도가 되기 전인 알루미늄과 실리콘이 섞인 고체가 만들어지기 전에 초정 실리콘만을 모은다.
- [0034] 즉, 용탕을 공냉하여 초정 실리콘을 형성하면, 용탕에 원심력을 가하여 용탕을 구성하는 성분을 원심분리한다.
- [0035] 본 발명의 실시예의 원심 분리로 이용하여 실리콘 폼을 추출하는 단계는 도 4에 도시한 바와 같이, 577도가 되기 전에 초정상(순수한 Si)만이 고체로 존재하고 나머지는 액체로 존재하고 있을 때, 즉 반-고체 상태일 때 도가니(Crucible)에 회전을 가하여 원심력을 이용해 액체는 바깥으로 보내고 고체만을 수집하는 것이다. 여기에서의 고체가 실리콘 폼이다.
- [0036] 여기서, 원심분리기의 회전수에 따른 중력가속도 g값은 35 내지 1250일 수 있으며, 중력가속도가 35g미만인 경우 초정을 형성하는 실리콘을 알루미늄과 분리하는데 원심력이 약해 실리콘을 분리하는 수율이 저하될 수 있으며, 중력가속도가 1250g를 초과하는 경우는 원심력이 과다하게 작용하여 초정을 형성한 실리콘폼을 형성하지 못하므로 분리 효율이 떨어지는 문제점이 발생할 수 있다.
- [0037] 이어, 원심 분리된 폼(foam) 형태의 실리콘을 산 용액으로 세척하여, 표면에 용착된 타 성분들을 제거하여 플레이크(flake) 형태로 형성한다(S120). 원심분리로 수집된 실리콘 폼은 액체와 완벽하게 분리 되지 않아 많은 알루미늄(Al)을 포함하고 있지만, 산으로 세척 하게 되면 순수한 실리콘(Si)을 플레이크 형태로 얻게 된다.
- [0038] 이때, 실리콘 폼을 세척하는 산은 황산, 질산 및 염산 중 어느 하나이거나 둘 이상의 혼합물일 수 있다.
- [0039] 도 5는 산으로 세척하여 얻은 실리콘 플레이크로 도면과 같은 형태로 얻게 된다.

- [0040] 이어, 타성분이 제거된 플레이크는 에틸알콜로 초음파 세척한다(S130).
- [0041] 이어, 세척된 플레이크를 분쇄한다(S140).
- [0042] 이때, 플레이크는 유유성 분쇄기(planetary mill), 에어제트 분쇄기(Air jet mill), 볼밀(ball mill), 및 냉간 정수압 프레스(cold isostatic press:CIP) 중 어느 하나 또는 둘 이상을 동반하여 분쇄될 수 있다.
- [0043] 즉, 각 단독으로 분쇄하거나 두 개 이상의 분쇄기를 순차적으로 활용하여 분쇄할 수 있다. 여기서 두 개의 분쇄 방법을 이용하여 플레이크를 분쇄함으로써 더욱 미세한 실리콘 입자를 얻을 수 있다.
- [0044] 도 6은 볼 직경이 5mm인 볼밀로 플레이크를 1시간 처리한 것이고, 도 7는 플레이크를 냉간 정수압 프레스로 1500kgf/cm²로 5번 실시한 것이다.
- [0045] 또한, 도 8은 1500kgf/cm²으로 5번 냉간 정수압 프레스로 분쇄한 후, 볼밀로 1시간을 더 분쇄한 것으로, 도 6 및 도 7과 같이 단일로 분쇄한 것 보다 더욱 실리콘 입자가 미세해 진 것을 확인 할 수 있다.
- [0046] 도 9는 플레이크를 유성 분쇄기로 분쇄한 것이고, 도 10은 Si ingot을 유성 분쇄기로 분쇄한 것이다. 여기서, ingot보다 플레이크가 더 미세하게 분쇄되는 것을 확인할 수 있다.
- [0047] 도 11은 플레이크를 유성 분쇄기로 분쇄한 후, 추가적으로 air jet mill로 분쇄한 것이고, 도 12은 Si ingot을 유성 분쇄기로 분쇄 한 후, 추가적으로 air jet mill로 분쇄한 것으로, 도 9 및 도 10의 비교와 마찬가지로 동일한 분쇄를 선택하는 경우 ingot보다 플레이크가 더욱 미세하게 분쇄된 것을 알 수 있다.
- [0048] 이와 같이 분쇄된 실리콘 입자는 크기가 수 내지 수백 μm 로 다양하였고, 대부분이 0.1 내지 100 μm 의 범위에 있다.
- [0049] 하기 [표 1]은 유성 분쇄기 또는 에어제트 분쇄기를 사용하여 실리콘 플레이크를 분쇄하여 얻어진 실리콘 입자 분포를 나타낸 것이다.

표 1

X(μm)	Flake_mill	Ingot_mill	Flake_Jet	Ingot_Jet
< 0.1	0.4	0.2	0.6	0.1
0.2-10.0	57.4	42.1	78.4	57.1
10.1-20.0	27.9	28.9	18.2	27.6
20.1-30.0	10	14.9	2.5	10.1
30.1-40.0	3.2	7.5	0.2	3.6
40.1-50.0	0.9	3.6	0	1.1
50.1-60.0	0.2	1.7	0	0.3
> 60.1	0	1.1	0.1	0.1
total(%)	100	100	100	100
mode(μm)	10.998	16.240	6.332	10.306

- [0051] 여기서, [표 1]의 Flake_mill은 실리콘 플레이크를 유성 분쇄기(planetary mill) 공정을 거쳐 분쇄한 것이고, Ingot_mill은 2N 실리콘 잉곳 조각을 유성 분쇄기(planetary mill) 공정을 거친 것이며, Flake_jet은 플레이크를 유성 분쇄기 공정 후 에어제트 분쇄기(air jet mill) 공정을 거쳐 분쇄한 것이고, Ingot_jet은 2N 실리콘 잉곳 조각을 유성 분쇄기 공정 후 에어제트 분쇄기(air jet mill) 공정을 거친 것이다.
- [0052] 이와 같은 공정을 거쳐 형성된 입자 크기에 따라 나타낸 그래프가 도 13이다.
- [0053] 도 13은 [표 1]의 입자 분포를 나타낸 것이며, Flake_mill의 그래프 선이 Ingot_jet과 겹쳐져 있어 육안으로 그래프를 살펴보면 3개의 레퍼런스만 표시되어 있는 것처럼 보이게 된다. 이들의 분포가 완벽히 일치하는 것은 아니나 표에서도 알 수 있듯이 상이한 수치가 미미하여 그래프 상으로는 일치한 것으로 표시된다.
- [0054] 또한, 도 13은 [표 1]의 입자 분포를 나타낸 것이며, Flake_mill과 Ingot_jet의 입자 분포가 거의 일치 하는 것으로 나타나며, 이는 [표1]에서 확인 할 수 있다. 에어제트분쇄를 하지 않고, 플레이크에 유성분쇄를 실시하는 것만으로도 잉곳 조각에 유성분쇄를 실시한 후, 에어제트 분쇄까지 실시한 분말과 유사한 입도분포를 갖는 분말을 제작 할 수 있다.

- [0055] 또한, 플레이크에 유성 분쇄 후 에어제트분쇄까지 실시하는 경우 최빈값 기준으로 최대 6.332um의 분말을 획득할 수 있으나, 잉곳조각을 사용하는 경우 10.306um에 그치므로, 플레이크를 사용하여 분쇄하는 것이 잉곳조각을 사용하는 것보다 효율적으로 분말을 획득할 수 있다.
- [0056] 그리고, 상기 [표 1]에 표시된 mode는 최빈값으로 가장 빈번히 관찰된 값을 의미하고, 최빈값과 분포도를 통해 미세정도를 분석할 수 있다.
- [0057] 이와 같은 실험을 통해 본 발명의 실시예에서 유성 분쇄기(planetary mill) 또는 에어제트 분쇄기(air jet mill)가 실리콘 플레이크 분쇄에 효과적임을 알 수 있다.
- [0058] 또한, 산으로 세척한 플레이크 형태의 실리콘을 유연성을 갖는 몰드에 넣어 냉간 정수압 프레스로 고압을 가한다. 이처럼 냉간 정수압 프레스로 처리하는 경우 10내지 50 μ m의 미세한 고순도 실리콘 분말을 수득할 수 있다.
- [0059] 플레이크 형태의 실리콘을 냉간 정수압 프레스 장치에 넣고 압력을 가하게 되면 실리콘 플레이크가 압력에 의해 분쇄되어 분말이 수득된다.
- [0060] 여기서, 냉간 정수압 프레스의 압력은 100 내지 2,500kgf/cm²인(9.80MPa - 245.17MPa) 것이 바람직하다.
- [0061] 본 발명의 실시예를 통해 미세한 사이즈의 실리콘 분말로 제조될 수 있다. 또한, 이와 같은 압력으로 반복하여 분쇄하면 더욱 미세한 사이즈의 분말을 얻을 수 있다.
- [0062] 이어, 분쇄된 분쇄 실리콘을 에틸알콜에 공급하여 실리콘입자를 분리시킨다(S150). 이때, 분쇄된 실리콘은 뭉치게되어 에틸알콜에 혼합하면서 분리되고, 분쇄된 실리콘의 입자의 크기에 따라 도 14와 같이 가라앉은 입자와 부유된 입자로 구분될 수 있다.
- [0063] 입자가 부유하는 하거나 가라앉은 것은 미세한 콜로이드 입자의 브라운 운동에 의해 발생한다.
- [0064] 이와 같이 분리된 입자는 용도에 따라 입자의 크기별로 선택적으로 사용될 수 있다.
- [0065] 마지막으로, 분리된 실리콘 분말을 건조시켜 분말화 시킨다(S160). 이때, 부유되거나 가라앉은 실리콘 분말을 각각 분리하여 건조하고, 분리된 실리콘 분말을 건조시키는 환경은 오븐에서 약 90 내지 100도의 온도에서 수분이 증발되는 시점까지로 한다.
- [0066] 하기의 표 2은 ICP 분석을 이용하여 수득된 실리콘 분말의 불순물을 분석한 결과이다.

표 2

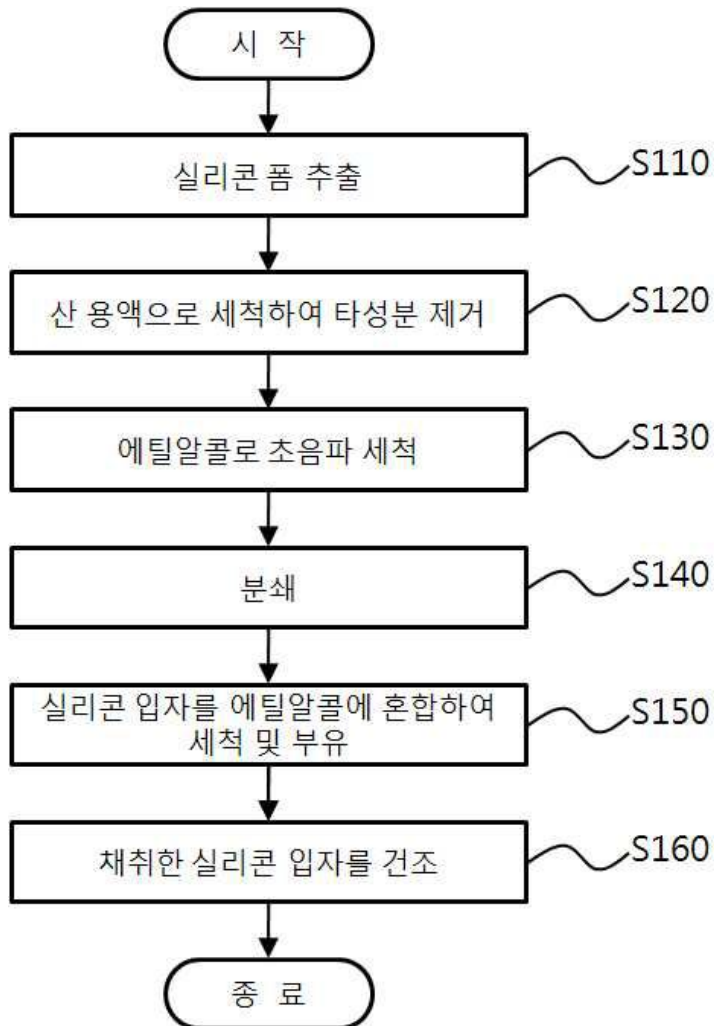
성분	Al	B	Ca	Cu	Fe	Ti	P	Zr	SUM	Si
단위	ppm	ppm	ppm	ppm	ppm	ppm	ppm	ppm	ppm	%
Si powder	57.6	14.5	0.1	4.3	4.4	5.8	50.0	1.9	198.0	99.98

- [0068] 본 발명의 실시예와 같은 실리콘 분말 제조방법으로 실리콘 분말을 제조한 결과, 상기와 같이 순도 99.98%의 결과를 얻었으며 산세 시간을 조절하면 4N까지 순도가 향상될 가능성이 있음을 확인하였다.
- [0069] 여기서, 사용된 알루미늄-실리콘 합금의 실리콘 순도는 99%대로 본 발명에 따른 실리콘 분말 제조방법을 거쳐 순도가 99.98%로 향상되었음을 확인하였다.
- [0070] 또한, 실리콘 분말의 순도는 알루미늄-실리콘 합금 내의 실리콘의 함량에 따라 결과적인 실리콘 분말의 순도에 영향을 미쳐 실리콘 분말의 순도는 상이할 수 있으나, 합금의 순도보다 1 내지 2N으로 향상된 분말을 얻을 수 있다.
- [0071] 본 발명이 실시예와 같은 방법으로 얻어지는 고순도 실리콘 분말은 스퍼터링(sputtering)용 타겟 등에 이용될 수 있으며, 수 nm의 경우 전극재료(2차 전지)로도 사용할 수 있다.
- [0072] 또한, 도 15는 실리콘 분말을 XRD(X-ray diffraction) 성분 분석한 결과를 나타낸 것으로, 입자의 크기에 따라 존재하는 실리콘 상들의 방위는 차이가 있으나 모두 실리콘의 피크로 검출되었음을 확인할 수 있다.
- [0073] 따라서, 본 발명은 실리콘-알루미늄 합금의 실리콘을 추출하여 순도가 높은 실리콘 분말을 얻을 수 있다는 효과가 있으며, 알루미늄-실리콘 합금 스크랩을 재활용할 수 있다는 효과가 있다.
- [0074] 상기와 같은 실리콘 분말 제조방법 및 실리콘 분말은 위에서 설명된 실시예들의 구성과 작동 방식에 한정되는

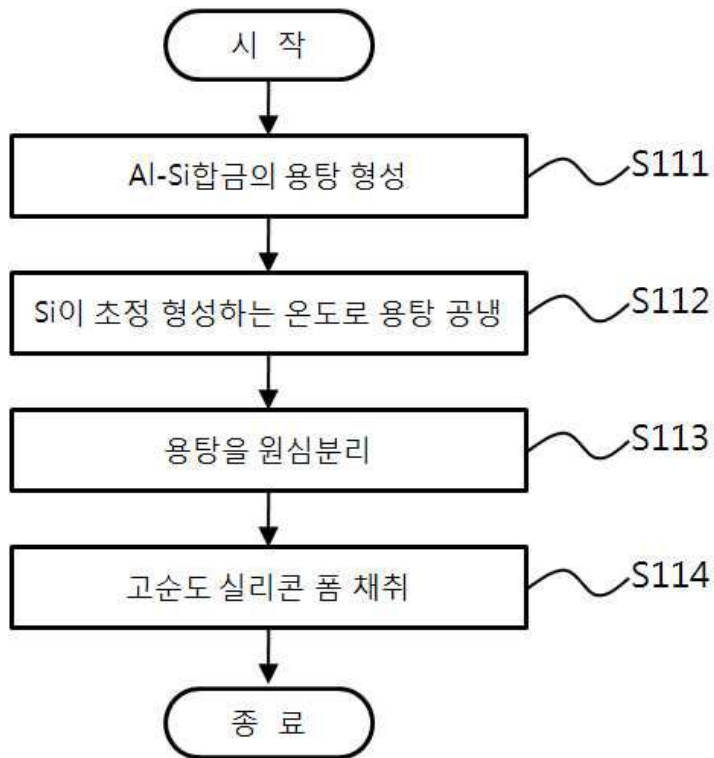
것이 아니다. 상기 실시예들은 각 실시예들의 전부 또는 일부가 선택적으로 조합되어 다양한 변형이 이루어질 수 있도록 구성될 수도 있다.

도면

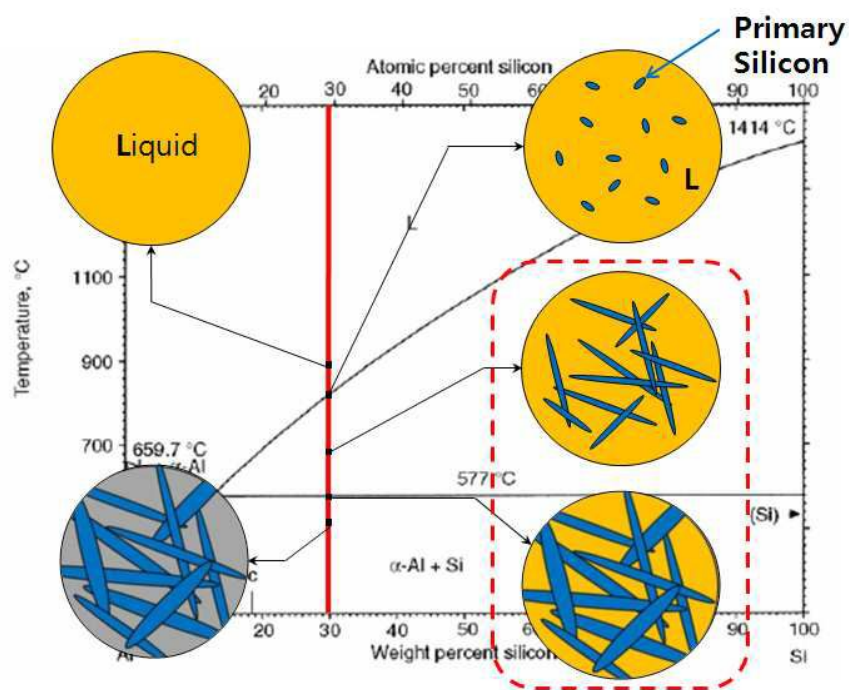
도면1



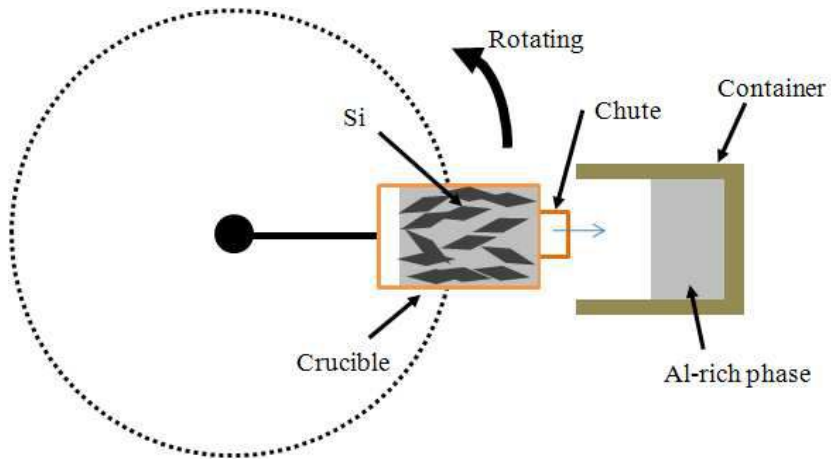
도면2



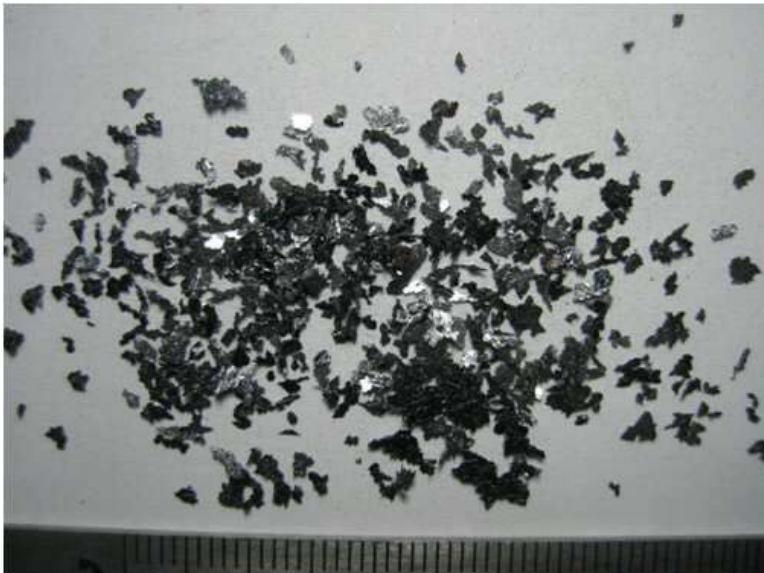
도면3



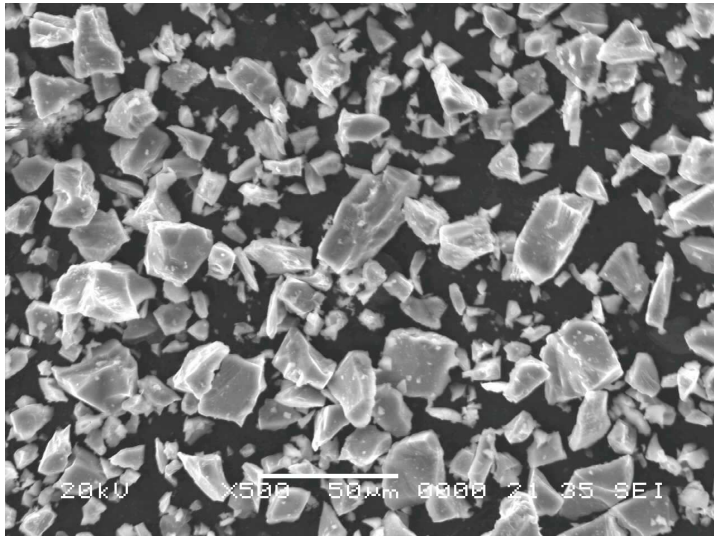
도면4



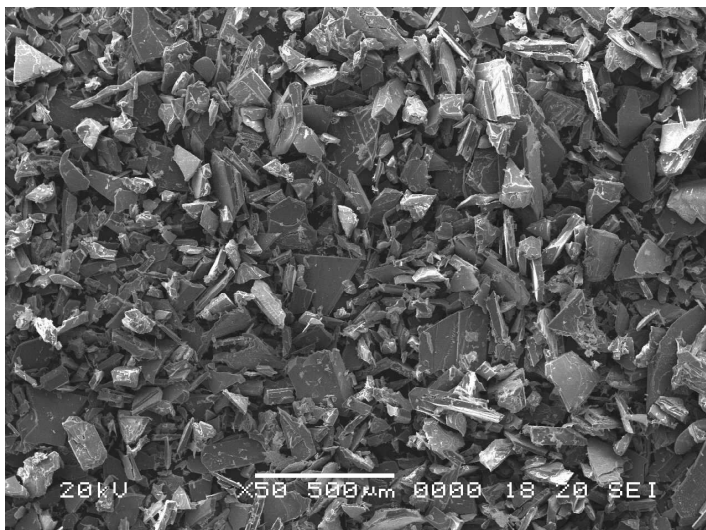
도면5



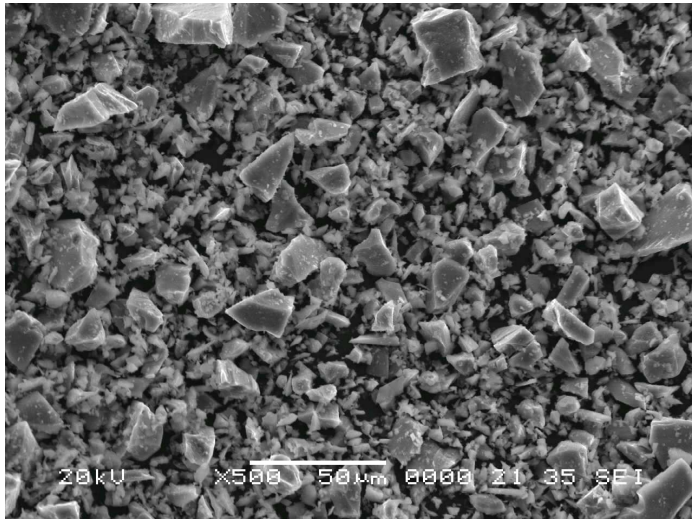
도면6



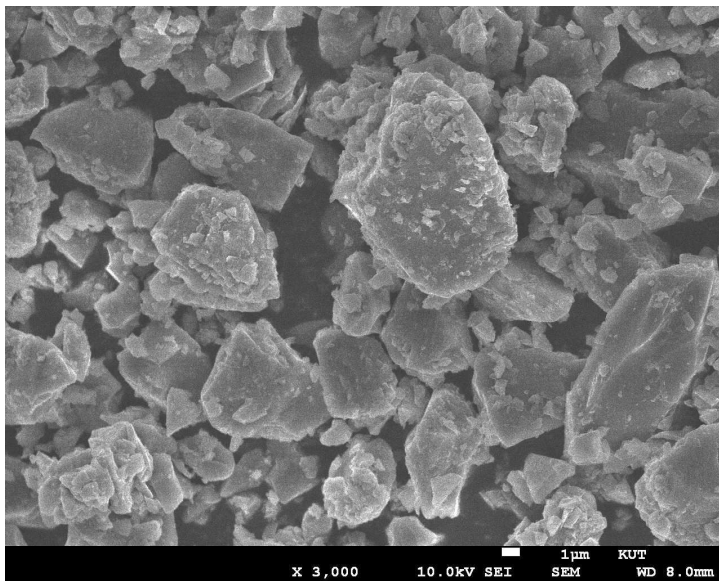
도면7



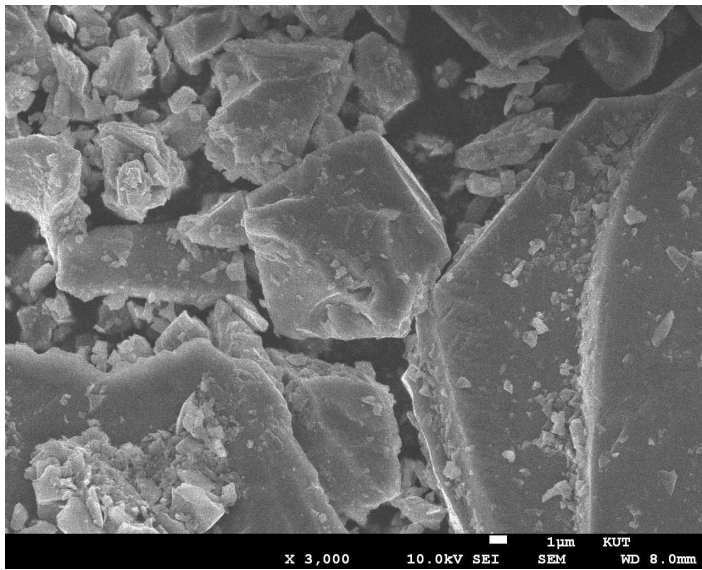
도면8



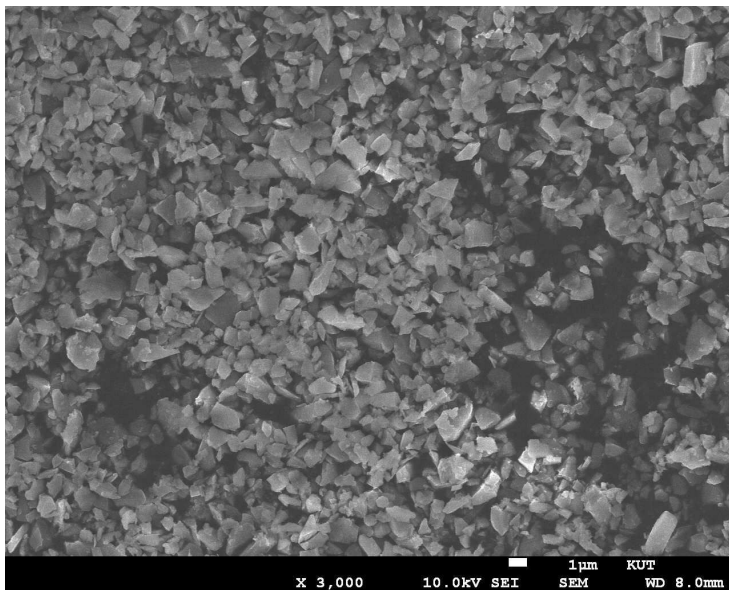
도면9



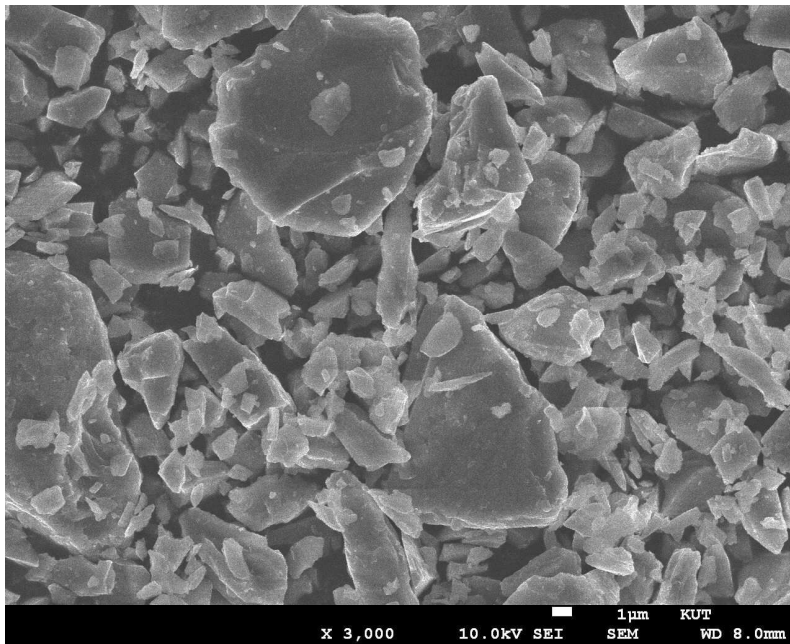
도면10



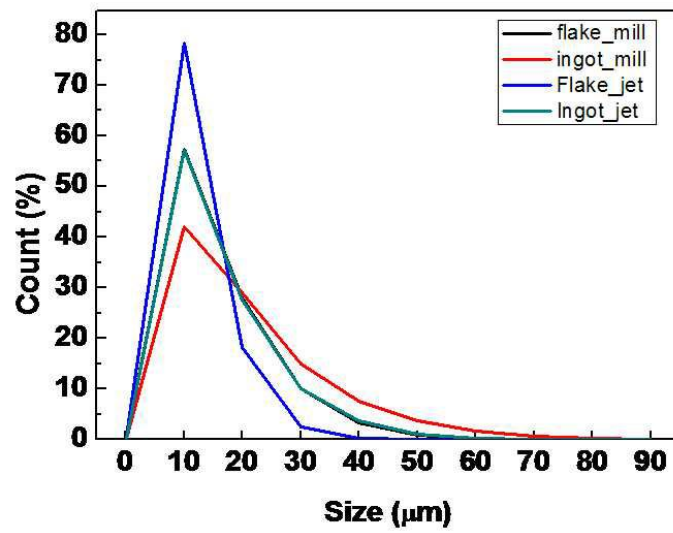
도면11



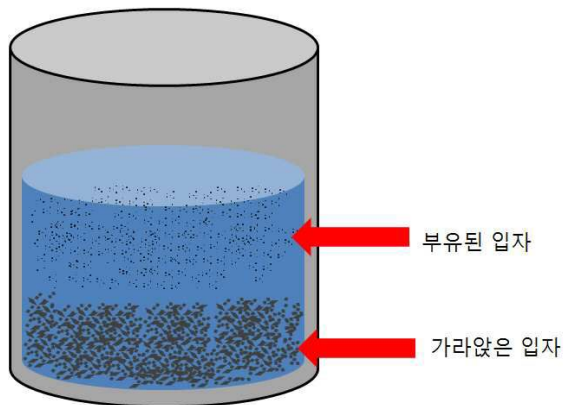
도면12



도면13



도면14



도면15

