



(19) 대한민국특허청(KR)
(12) 공개특허공보(A)

(11) 공개번호 10-2011-0098298
(43) 공개일자 2011년09월01일

(51) Int. Cl.

F27B 3/00 (2006.01) F27B 3/28 (2006.01)

F27B 3/20 (2006.01)

(21) 출원번호 10-2010-0017854

(22) 출원일자 2010년02월26일

심사청구일자 2010년02월26일

(71) 출원인

고려대학교 산학협력단

서울 성북구 안암동5가 1

(72) 발명자

윤우영

서울특별시 서초구 반포1동 724 서초그린빌라 401

(74) 대리인

조영현, 나승택

전체 청구항 수 : 총 10 항

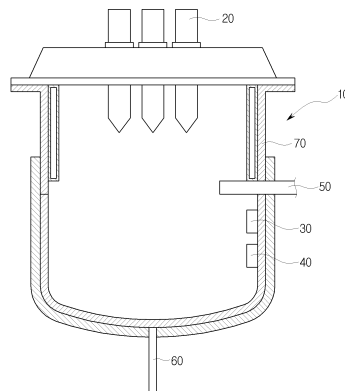
(54) 열량조절이 가능한 전기로 및 이를 이용한 금속 및 실리콘의 용융방법

(57) 요약

본 발명은 열량조절이 가능한 전기로 및 이를 이용한 금속 및 실리콘의 용융방법에 관한 것으로서, 열량조절이 가능한 전기로에 있어서, 상기 전기로는 온도에 따라 설정된 열량이 투입되도록 열량공급을 조절하는 열량조절부; 상기 전기로 내부의 온도를 측정하여, 상기 열량조절부에 전달하며, 설정된 온도를 초과하여 가열되는 것을 방지하는 온도조절부;를 포함하여 이루어지며, 열량공급에 있어서, 상기 열량조절부는 상기 온도조절부에 우선하여 작동하고, 상기 열량조절부는 시편의 상변태시 필요한 잠열을 고려하여 온도에 따라 필요한 열량 투입을 조절할 수 있는 것을 특징으로 한다.

본 발명에 의하면, 종래와 달리, 온도를 목표로 열량을 제어할 뿐만 아니라, 투입열량 자체를 제어함으로써, 시편의 가열뿐만 아니라 상변태 또한 용이하게 조절할 수 있으며, 금속 등을 용융하는 경우에 상변태로 인한 잠열을 고려하여 목표온도에서도 열량을 공급함으로써 용융잠열을 고려한 열량투입이 가능한 장점이 있다. 뿐만 아니라, 각 시편에 따른 상변태온도와 잠열의 상호관계를 사전에 계산하여 저장할 수 있어 시편마다 세팅할 필요가 없으며, 시편에 최적화된 용융작업을 진행할 수 있는 장점이 있다.

대표도 - 도2



특허청구의 범위

청구항 1

열량조절이 가능한 전기로에 있어서,

상기 전기로는 상기 전기로 내부의 온도에 따라 설정된 열량이 투입되도록 열량공급을 조절하는 열량조절부;를 포함하여 이루어지는 것을 특징으로 하는 열량조절이 가능한 전기로

청구항 2

제 1항에 있어서,

상기 전기로 내부의 온도를 측정하여, 상기 열량조절부에 전달하며, 설정된 온도를 초과하여 가열되는 것을 방지하는 온도조절부;를 더 포함하며, 열량공급에 있어서, 상기 열량조절부는 상기 온도조절부에 우선하여 작동하는 것을 특징으로 하는 열량조절이 가능한 전기로

청구항 3

제 1항 또는 제 2항에 있어서,

상기 열량조절부는 시편의 상변태시 필요한 잠열을 고려하여 온도에 따라 필요한 열량 투입을 조절할 수 있는 것을 특징으로 하는 열량조절이 가능한 전기로

청구항 4

제 1항 또는 제 2항에 있어서,

상기 열량조절부는 시편의 종류에 따른 상변태온도 및 필요잠열을 사전에 저장할 수 있어, 시편의 종류에 따라 자동으로 열량 투입을 조절할 수 있는 것을 특징으로 하는 열량조절이 가능한 전기로

청구항 5

제 1항 또는 제 2항에 있어서,

상기 투입된 열량에 의해 시편이 용융되는 경우에 발생하는 액체를 시편으로부터 제거하는 액체제거부;를 더 포함하는 것을 특징으로 하는 열량조절이 가능한 전기로

청구항 6

제 5항에 있어서,

상기 액체제거부는, 상기 전기로 내부의 공기를 제거하는 공기제거장치, 상기 전기로 내부에 불활성기체를 공급하는 기체공급장치, 또는 상기 전기로를 100 RPM 내지 500RPM의 속도로 회전시키는 회전장치 중 적어도 하나를 포함하는 것을 특징으로 하는 열량조절이 가능한 전기로

청구항 7

열량조절이 가능한 전기로를 이용한 금속 및 실리콘의 용융방법에 있어서,

시편을 전기로에 투입하는 준비단계;

상기 전기로에 설정된 열량을 투입하여 상기 시편을 용융시키는 용융단계;

상기 시편의 용융으로 발생하는 액체를 상기 시편으로부터 제거하는 액체제거단계;를 포함하여 이루어지는 것을 특징으로 하는 열량조절이 가능한 전기로를 이용한 금속 및 실리콘의 용융방법

청구항 8

제 7항에 있어서,

상기 용융단계에서, 투입되는 열량은 상기 시편의 종류에 따른 상변태온도 및 필요잠열을 사전에 계산하여, 이를 토대로 상기 시편의 상변태시 필요한 잠열을 고려하여 온도에 따라 필요한 열량 투입을 조절하는 것을 특징으로 하는 열량조절이 가능한 전기로를 이용한 금속 및 실리콘의 용융방법

청구항 9

제 7항 또는 제 8항에 있어서,

상기 준비단계에서, 상기 시편은 금속, 금속합금, 실리콘 또는 실리콘-금속합금 중 어느 하나인 것을 특징으로 하는 열량조절이 가능한 전기로를 이용한 금속 및 실리콘의 용융방법

청구항 10

제 7항 또는 제 8항에 있어서,

상기 액체제거단계는, 상기 전기로 내부의 공기의 압력이 0.00001 내지 0.001mmHg가 되도록 공기를 제거하는 방식, 20 내지 200bar의 압력으로 상기 전기로 내부에 불활성기체를 공급하는 방식 또는 상기 전기로를 100 RPM 내지 500 RPM의 속도로 회전시키는 방식 중 적어도 하나를 이용하는 것을 특징으로 하는 열량조절이 가능한 전기로를 이용한 금속 및 실리콘의 용융방법

명세서

기술분야

[0001] 본 발명은 열량조절이 가능한 전기로 및 이를 이용한 금속 및 실리콘의 용융방법에 관한 것으로, 더욱 상세하게는 단순히 온도로 열량을 조절하는 종래 전기로와 달리, 시편의 상변태온도와 필요잠열을 계산하여 열량을 적절히 공급함으로써, 전기에너지 낭비를 방지하며, 목표온도의 도달시간을 예측할 수 있고, 용융시간을 단축시킬뿐만 아니라, 효과적인 분별용융도 가능한 열량조절이 가능한 전기로 및 이를 이용한 금속 및 실리콘의 용융방법에 관한 것이다.

배경기술

[0002] 현재 상용되고 있는 대부분의 전기로는 목표로 하는 온도를 달성하도록 구성되어 있다. 즉, 목표로 하는 온도를 세팅하면, 전기로에 투입되는 열량을 제어하여 목표온도 이상으로 가열되지 않도록 온도컨트롤러를 통해 제어한다. 이는 세팅한 온도를 맞추는 것에는 유리하도록 목표 온도 10~20도 이전부터 투입 열량을 급격히 줄여주면서 서서히 목표 온도에 도달하도록 하고 가능한 목표 온도 이상으로의 승온이 일어나지 않도록 제어하는 방식이다.

[0003] 이러한 제어 방식은 목표 온도에 도달하고 그 이상으로의 가열을 방지하는 데는 유리하나, 목표온도에서 용융과 같은 상변태가 일어나는 경우 이에 필요한 잠열을 발열체가 공급하지 못해 상변태가 일어나지 않는 문제가 발생한다. 그러므로 현재 전기로를 이용하여 용융 등을 목적으로 하는 경우, 용융온도보다 50도 이상 높은 온도로 세팅하는 것이 일반적이다. 그러나 이러한 경우라도 세팅온도에 근접할수록 열량 공급이 급격히 줄어들어 용융시간이 길어지거나 이때 투입되는 열량을 알 수 없어 실제로 용융에 얼마큼의 시간이 필요한지를 판단할 수 없

는 단점이 있다.

[0004] 또한, 도 1에 나타난 바와 같이, 용융점에서는 같은 온도이지만, 액체와 고체가 동시에 존재할 수 있으므로, 용융을 위해서는 액체로의 상변태를 위한 잠열을 공급하여야만 한다. 일반적인 전기로는 온도만을 세팅함으로써 잠열을 공급하지 않고 이로 인해 용융이 일어날 수 없다. 용융점 이상으로의 세팅 또한 PID 온도 조절의 특성상 목표 온도 근처에서는 투입 열량을 급격히 감소시킴으로 실제의 용융이 일어나기까지의 온도 세팅과 시간을 알기 매우 어려운 문제가 있다.

[0005] 또한, 전기로를 용융뿐만 아니라 금속 고체의 동소변태가 일어나는 구간에서의 승온에 이용하는 경우에는 철, 유리 등과 같이 여러 상을 가지고 있는 고체에서 동소변태 이상의 온도로 승온하려는 경우 단순히 온도만을 세팅할 경우 동소변태 구간에서는 이에 필요한 잠열을 공급하지 못해 승온속도가 떨어지며, 작업시간이 예기치 않게 길어지는 문제가 있다.

[0006]

발명의 내용

해결하려는 과제

[0007] 본 발명은 상기 문제점을 해결하기 위한 것으로서, 본 발명의 목적은, 종래와 달리, 온도를 목표로 열량을 제어할 뿐만 아니라, 투입열량 자체를 제어함으로써, 시편의 가열뿐만 아니라 상변태 또한 용이하게 조절할 수 있는 전기로를 제공하는 것이다.

[0008] 또한, 금속 등을 용융하는 경우에 상변태로 인한 잠열을 고려하여 목표온도에서도 열량을 공급함으로써 용융잠열을 고려한 열량투입이 가능한 전기로를 제공하는 것을 목적으로 한다.

[0009] 뿐만 아니라, 각 시편에 따른 상변태온도와 잠열의 상호관계를 사전에 계산하여 저장할 수 있어 시편마다 세팅할 필요가 없으며, 시편에 최적화된 용융작업을 진행할 수 있는 전기로를 제공하는 것을 목적으로 한다.

[0010] 또한, 잠열이 필요한 상변태가 일어나는 온도구간에서도 시편의 승온이 가능하므로, 종래와 달리, 평형 용융점 이상으로 목표온도를 세팅할 필요가 없어 전기에너지를 현저히 절약할 뿐만 아니라, 목표온도 도달시간을 미리 예측할 수 있으며, 용융시간 또한 현저히 짧아지므로 경제성이 향상된 전기로를 제공하는 것을 목적으로 한다.

[0011] 또한, 종래와 달리, 상변태에 필요한 열량조절이 자유로워 합금 등을 고체/액체 공존 구간에서의 부분적 용융을 통해 정련을 유도하는 분별용융이 가능할 뿐만 아니라, 그 효율 또한 높은 전기로를 제공하는 것을 목적으로 한다.

[0012] 뿐만 아니라, 용융 중에 발생하는 액체를 최적의 방법으로 시편에서 제거시킴으로써 분별용융의 효율을 현저히 높일 수 있는 전기로를 제공하는 것을 목적으로 한다.

과제의 해결 수단

[0013] 상기와 같은 목적을 달성하기 위한 본 발명에 따른 열량조절이 가능한 전기로는, 열량조절이 가능한 전기로에 있어서, 상기 전기로는 온도에 따라 설정된 열량이 투입되도록 열량공급을 조절하는 열량조절부;를 포함하여 이루어지는 것을 특징으로 한다.

[0014] 또한, 상기 전기로는 상기 전기로 내부의 온도를 측정하여, 상기 열량조절부에 전달하며, 설정된 온도를 초과하여 가열되는 것을 방지하는 온도조절부;를 더 포함하며, 열량공급에 있어서, 상기 열량조절부는 상기 온도조절부에 우선하여 작동하는 것을 특징으로 한다.

[0015] 상기 열량조절부는 시편의 상변태시 필요한 잠열을 고려하여 온도에 따라 필요한 열량 투입을 조절할 수 있는 것을 특징으로 하며, 상기 열량조절부는 시편의 종류에 따른 상변태온도 및 필요잠열을 사전에 저장할 수 있어, 시편의 종류에 따라 자동으로 열량 투입을 조절할 수 있는 것을 특징으로 한다.

[0016] 또한, 상기 전기로는 상기 투입된 열량에 의해 시편이 용융되는 경우에 발생하는 액체를 시편으로부터 제거하는 액체제거부;를 더 포함하는 것을 특징으로 하며, 상기 액체제거부는, 상기 전기로 내부의 공기를 제거하는 공기 제거장치, 상기 전기로 내부에 불활성기체를 공급하는 기체공급장치 또는 상기 전기로를 100 RPM 내지 500RPM의 속도로 회전시키는 회전장치 중 적어도 하나를 포함하는 것을 특징으로 한다.

[0017] 다음으로, 상기와 같은 목적을 달성하기 위한 본 발명에 따른 열량조절이 가능한 전기로를 이용한 금속 및 실리

콘의 용융방법은, 열량조절이 가능한 전기로를 이용한 금속 및 실리콘의 용융방법에 있어서, 시편을 전기로에 투입하는 준비단계; 상기 전기로에 설정된 열량을 투입하여 상기 시편을 용융시키는 용융단계; 상기 시편의 용융으로 발생하는 액체를 상기 시편으로부터 제거하는 액체제거단계;를 포함하여 이루어지는 것을 특징으로 한다.

[0018] 상기 용융단계에서, 투입되는 열량은 상기 시편의 종류에 따른 상변태온도 및 필요잠열을 사전에 계산하여, 이를 토대로 상기 시편의 상변태시 필요한 잠열을 고려하여 온도에 따라 필요한 열량 투입을 조절하는 것을 특징으로 한다.

[0019] 또한, 상기 준비단계에서, 상기 시편은 금속, 금속합금, 실리콘 또는 실리콘-금속합금 중 어느 하나인 것을 특징으로 하며, 상기 액체제거단계는, 상기 전기로 내부의 공기의 압력이 0.00001 내지 0.001mmHg가 되도록 공기를 제거하는 방식, 20 내지 200bar의 압력으로 상기 전기로 내부에 불활성기체를 공급하는 방식 또는 상기 전기로를 100 RPM 내지 500 RPM의 속도로 회전시키는 방식 중 적어도 하나를 이용하는 것을 특징으로 한다.

발명의 효과

[0020] 본 발명의 열량조절이 가능한 전기로 및 이를 이용한 금속 및 실리콘의 용융방법에 따르면, 종래와 달리, 온도를 목표로 열량을 제어할 뿐만 아니라, 투입열량 자체를 제어함으로써, 시편의 가열뿐만 아니라 상변태 또한 용이하게 조절할 수 있는 장점이 있다.

[0021] 또한, 금속 등을 용융하는 경우에 상변태로 인한 잠열을 고려하여 목표온도에서도 열량을 공급함으로써 용융잠열을 고려한 열량투입이 가능한 장점이 있다.

[0022] 뿐만 아니라, 각 시편에 따른 상변태온도와 잠열의 상호관계를 사전에 계산하여 저장할 수 있어 시편마다 세팅할 필요가 없으며, 시편에 최적화된 용융작업을 진행할 수 있는 장점이 있다.

[0023] 또한, 잠열이 필요한 상변태가 일어나는 온도구간에서도 시편의 승온이 가능하므로, 종래와 달리, 평형 용융점 이상으로 목표온도를 세팅할 필요가 없어 전기에너지를 현저히 절약할 뿐만 아니라, 목표온도 도달시간을 미리 예측할 수 있으며, 용융시간 또한 현저히 짧아지므로 경제성이 향상되는 장점이 있다.

[0024] 또한, 종래와 달리, 상변태에 필요한 열량조절이 자유로워 합금 등을 고체/액체 공존 구간에서의 부분적 용융을 통해 정련을 유도하는 분별용융이 가능할 뿐만 아니라, 그 효율 또한 높은 장점이 있다.

[0025] 뿐만 아니라, 용융 중에 발생하는 액체를 공기, 불활성 기체 등을 이용하여 최적의 방법으로 시편에서 제거시킴으로써 분별용융의 효율을 현저히 높일 수 있는 장점이 있다.

도면의 간단한 설명

[0026] 도 1은 고체/액체의 상변화시 온도에 따른 열량의 변화를 나타낸 그래프
 도 2는 본 발명에 의한 열량조절이 가능한 전기로의 일 실시예에 대한 단면도
 도 3은 실리콘-알루미늄 합금의 온도에 따른 열량변화를 나타낸 그래프
 도 4는 본 발명에 따른 열량조절이 가능한 전기로를 이용한 금속 및 실리콘의 용융방법을 순차적으로 나타낸 순서도

발명을 실시하기 위한 구체적인 내용

[0027] 이하, 본 발명에 의한 열량조절이 가능한 전기로 및 이를 이용한 금속 및 실리콘의 용융방법에 대하여 본 발명의 바람직한 하나의 실시형태를 첨부된 도면을 참조하여 상세히 설명한다. 본 발명은 하기의 실시예에 의하여 보다 더 잘 이해될 수 있으며, 하기의 실시예는 본 발명의 예시목적만을 위한 것이고, 첨부된 특허청구범위에 의하여 한정되는 보호범위를 제한하고자 하는 것은 아니다.

[0028] 도 2에 나타난 바와 같이, 본 발명에 의한 열량조절이 가능한 전기로는 열량조절부(30), 온도조절부(40) 및 액체제거부(50)를 포함하여 이루어진다. 열량조절부(30), 온도조절부(40) 및 액체제거부(50)를 제외한 전기로의 구성은 공지된 어떤 것이든 무방하다.

[0029] 먼저, 열량조절부(30)는 전기로(10) 내부의 온도에 따라 설정된 열량이 투입되도록 열량공급을 조절하는 장치이다. 이는 종래와 달리, 설정된 온도에 맞추어 열량을 공급하는 것이 아니라, 승온되는 온도에 맞춰 미리 설정된

열량을 공급하는 것으로, 온도가 아닌 열량을 기준으로 한다는 특징이 있다.

[0030] 여기서, 열량조절부(30)는 미리 세팅된 시편의 상변태시 필요한 잠열을 고려하여 해당 온도에 따라 필요한 열량의 투입을 자유롭게 조절할 수 있는 특징이 있다. 이는 종래 목표온도만을 설정했기 때문에 상변태로 인한 잠열을 발열체가 공급하지 못하여 상변태가 일어나지 않거나, 이를 위해 용융온도보다 50도 이상 높은 온도로 세팅해서 에너지가 낭비되며, 이러한 경우에도 목표온도에 근접할 수록 열량공급이 줄어들어 용융시간이 길어지는 문제를 해결하기 위함이다.

[0031] 즉, 해당 시편 및 현재 온도에 맞는 열량을 공급함으로써, 해당 시편의 용융시 필요잠열을 최소한의 에너지로 공급할 수 있게 된다. 또한, 열량공급이 일정하고 계획적으로 공급되므로, 용융시간이 현저히 단축되며, 사전에 용융시간을 예측할 수 있다는 장점이 있다.

[0032] 또한, 상기 열량조절부(30)는 시편의 종류에 따른 상변태온도 및 필요잠열을 사전에 저장하고, 이를 활용할 수 있으므로, 이 후에는 시편의 종류만 세팅하면 이에 따라 자동으로 열량투입을 조절할 수 있어 작업성이 현저히 향상되는 효과가 있다.

[0033] 작업자가 평형상태도를 이용하여 금속, 실리콘 등의 각종 시편에 대해 상변태가 일어나는 온도와 필요열량을 계산하고, 이를 열량조절부(30)에 입력시킨다. 이는 열량조절부(30)내의 저장장치에 기록된다. 상기 저장장치는 이러한 데이터를 수시로 변경, 삭제 및 수정할 수 있어 다양한 용도로 활용이 가능하다.

[0034] 열량조절부(30)는 발열체(20)에 열량공급여부를 전달해야 하므로, 발열체(20)와 연결되어 있으며, 그 위치는 전기로(10) 외벽 또는 내벽에 부착되어 있으면 어느 곳이든 무방하나, 온도조절부(40)와도 연결되므로 온도측정이 용이하고 시편에 전달되는 열량 측정의 정확성을 높이기 위해 전기로(10)의 상·하부를 제외한곳에 위치하는 것이 바람직하다.

[0035] 다음으로, 온도조절부(40)는 상기 전기로(10) 내부의 온도를 측정하여 상기 열량조절부(30)에 전달할 뿐만 아니라, 설정된 온도를 초과하여 가열되는 것을 방지하는 것을 특징으로 한다. 이는 피드백제어의 형태를 가지고 있으며, 제어하고자 하는 대상의 출력값을 측정하여 이를 원하고자 하는 설정값과 비교하여 오차를 계산하고, 이 오차값을 이용하여 제어에 필요한 제어값을 계산하는 방식으로 전기로(10) 내부의 온도가 설정된 온도를 초과하지 않도록 조절한다.

[0036] 이는 세 개의 항을 더하여 제어값을 계산하도록 구성이 되어 있다.

$$MV(t) = K_p e(t) + K_i \int_0^t e(\tau) d\tau + K_d \frac{de}{dt}$$

[0037] 이 항들은 각각 오차값, 오차값의 적분(integral), 오차값의 미분(derivative)에 비례하기 하며, 이 세 개의 항들의 의미는 다음과 같다.

[0039] K_p (비례항)는 현재 상태에서의 오차값의 크기에 비례한 제어작용을 하며, K_i (적분항)는 정상상태(steady-state) 오차를 없애는 작용을 하고, K_d (미분항)는 출력값의 급격한 변화에 제동을 걸어 오버슈트(overshoot)을 줄이고 안정성(stability)을 향상시키는 작용을 한다.

[0040] 상기 온도조절부(40)는 단순한 가열시에는 상기 열량조절부(30)의 작동없이, 상기 제어작용에 의해, 목표온도까지 지속적으로 열량이 공급되도록 하며, 대신 목표온도 근처에서 열량공급을 제한하는 역할도 수행한다.

[0041] 다만, 열량공급에 있어서, 상기 열량조절부(30)가 상기 온도조절부(40)에 우선하여 작동하므로, 목표온도를 설정하였더라도, 열량조절부(30)를 작동시킨 경우에는 열량조절부(30)에 의해 조절되어 목표온도에서도 열량이 공급된다.

[0042] 즉, 열량조절부(30)와 온도조절부(40)는 각각 작동스위치가 포함되어, 개별작동할 수 있으며, 동시 작동시에는 열량조절부(30)가 우선하되, 온도조절부(40)가 보완하는 방식으로 작동하는 것이 바람직하다.

[0043] 다음으로, 액체제거부(50)는 상기 투입된 열량에 의해 시편이 용융되는 경우에 발생하는 액체를 시편으로부터 제거하는 장치이다. 이는 시편의 용융시 액체를 신속히 제거하는 역할을 하여, 합금, 실리콘 정련 등에서 고체/

액체 공존구간에서의 가열로 액체를 생성시키고 이를 남은 고체와 분리하여 정련을 유도하는 분별용융이 가능케 할 뿐만 아니라, 분별용융의 효율을 증가시킨다.

- [0044] 상기 액체제거부(50)는 상기 전기로(10) 내부의 공기를 제거하는 공기제거장치, 상기 전기로(10) 내부에 불활성 기체를 공급하는 기체공급장치 또는 상기 전기로(10)를 100 RPM 내지 500 RPM의 속도로 회전시키는 회전장치(60) 중 적어도 하나를 포함하여 이루어진다. 이는 분별용융이 최적화되어 액체를 시편에서 효과적으로 제거하기 위한 장치들로 어느 하나만 사용해도 무방하나, 동시에 사용하는 경우에는 더 빠르게 액체를 제거할 수 있어 정련 효율을 현저히 증가시킬 수 있어 바람직하다.
- [0045] 상기 공기제거장치는 전기로(10) 내부의 공기를 흡입하여 밖으로 배출시킴으로써, 전기로(10) 내부의 공기압력을 낮추는 역할을 한다. 공기제거 후, 전기로(10) 내부의 공기압력은 0.00001 내지 0.001mmHg인 것이 바람직하며, 더욱 바람직하게는 0.00005 내지 0.0001mmHg, 가장 바람직하게는 0.0008mmHg인 것이 효과적이다. 0.00001mmHg미만인 경우에는 경제성이 떨어지며, 0.001mmHg를 초과하는 경우에는 액체제거 효과가 저하될 뿐만 아니라, 시편이 산화되는 문제가 있다.
- [0046] 또한, 상기 기체공급장치는 전기로(10) 내부에 불활성기체를 공급함으로써, 그 압력에 의해 시편상의 액체를 제거하며, 불활성기체이므로 시편과 반응이 일어나지 않는 장점이 있다.
- [0047] 여기서 불활성기체는 헬륨, 네온, 아르곤, 크립톤, 제논 또는 라돈 중 적어도 하나를 사용하는 것이 바람직하며, 더욱 바람직하게는 헬륨, 네온 또는 아르곤 중 적어도 하나를 사용하는 것이 효과적이다. 헬륨, 네온 또는 아르곤가스를 사용하는 것이 경제성이 높을 뿐만 아니라, 분자량이 낮으므로 고온상에서 액체제거를 실시하는 데 유리하다.
- [0048] 상기 불활성기체는 20 내지 200 bar의 압력으로 공급하는 것이 바람직하며, 더욱 바람직하게는 50 내지 150 bar, 가장 바람직하게는 100 bar인 것이 효과적이다. 20 bar미만인 경우에는 액체제거효과가 현저히 저하되며, 200bar를 초과하는 경우에는 경제성이 떨어지는 문제가 있다.
- [0049] 상기 회전장치(60)는 전기로(10) 또는 상기 전기로 내부에 위치한 도가니(70)를 회전시킴으로써 시편에서 액체를 제거하는 역할을 하며, 이는 공정이 간단하고, 유지비용이 적어 효과적이다. 여기서 회전속도는 100 RPM 내지 500 RPM인 것이 바람직하며, 더욱 바람직하게는 200 RPM 내지 400 RPM, 가장 바람직하게는 300 RPM인 것이 효과적이다. 100 RPM 미만인 경우에는 액체제거효과가 현저히 저하되며, 500 RPM을 초과하는 경우에는 경제성이 낮은 문제가 있다.
- [0050] 상기 회전속도는 일정하게 유지하는 것이 액체제거효과를 극대화시키므로 바람직하다.
- [0051] 다음으로, 본 발명의 열량조절이 가능한 전기로를 이용한 금속 및 실리콘의 용융방법에 설명하도록 한다. 도 4에 나타난 바와 같이, 본 발명에 의한 열량조절이 가능한 전기로를 이용한 금속 및 실리콘의 용융방법은, 준비단계(S10), 용융단계(S20) 및 액체제거단계(S30)를 포함하여 이루어진다. 이는 전기로를 이용하여 금속 및 실리콘을 용융시키는데 최적화된 방법으로, 특히 전기로에서 분별용융을 할 수 있을 뿐만 아니라, 그 효율을 현저히 향상시키는 효과가 있다.
- [0052] 먼저, 준비단계(S10)는 시편을 전기로에 투입하는 단계이다. 상기 준비단계(S10)에서, 상기 시편은 금속, 금속합금, 실리콘 또는 실리콘-금속합금 중 어느 하나인 것이 바람직하며, 더욱 바람직하게는 실리콘-금속합금인 것이 효과적이다. 이는 상기에 언급한 바와 같이, 분별용융으로 인한 정련공정에 최적화된 용융방법이기 때문이다.
- [0053] 다음으로, 용융단계(S20)는 상기 전기로에 설정된 열량을 투입하여, 상기 시편을 용융시키는 단계이다. 상기 용융단계(S20)에서, 투입되는 열량은 상기 시편의 종류에 따른 상변태온도 및 필요잠열을 사전에 계산하여, 이를 토대로 상기 시편의 상변태시 필요한 잠열을 고려하여 온도에 따라 필요한 열량 투입을 조절하는 것을 특징으로 한다.
- [0054] 상변태온도를 반영하여 적절한 열량을 지속적으로 공급함으로써, 필요잠열을 효과적으로 공급하여 용융시간 단축 등의 효과가 있으며, 이에 대한 상세한 설명은 상기 본 발명의 열량조절이 가능한 전기로의 열량조절부 및 온도조절부에 대한 설명에 기재된 바와 같다.
- [0055] 마지막으로, 액체제거단계(S30)는 상기 시편의 용융으로 발생하는 액체를 상기 시편으로부터 제거하는 단계이다. 이는 용융과정에 사용되며, 특히 분별용융에서 필수적인 단계로써, 용융시 발생된 액체를 용융과정에 영향을 미치지 않으면서도 신속하고 완전히 제거하여 정련 효율을 극대화시킨다. 다만, 상기 용융단계(S20)와

액체제거단계(S30)는 연속적으로 반복되므로, 순서대로만 이루어지지 않는 않으며, 양 단계는 동시에 진행되거나 순서가 바뀔 수 있다.

[0056] 상기 액체제거단계(S30)는, 상기 전기로 내부의 공기의 압력이 0.00001 내지 0.001mmHg가 되도록 공기를 제거하는 방식, 20 내지 200bar의 압력으로 상기 전기로 내부에 불활성기체를 공급하는 방식 또는, 상기 전기로나 상기 전기로 내부에 위치한 도가니를 100 RPM 내지 500 RPM의 속도로 회전시키는 방식 중 적어도 하나를 이용하는 것이 바람직하다. 이와 같은 액체제거방식에 대한 구체적인 설명은 상기 본 발명의 열량조절이 가능한 전기로의 액체제거부에 대한 설명에 기재된 바와 같다.

[0057] 이하에서는 본 발명의 열량조절이 가능한 전기로 및 이를 이용한 금속 및 실리콘의 용융방법의 우수성을 입증하기 위해 실험을 통해, 물질의 용융시 필요한 잠열을 계산하는 방법과 이로 인한 온도별 필요열량의 차이를 나타낸다.

[0058] 또한, 실리콘-알루미늄 합금을 이용한 용융실험을 통해 종래 전기로 및 이를 이용한 용융방법에 비해 본 발명의 전기로 및 이를 이용한 용융방법이 우수함을 입증하도록 한다.

[0059] 먼저, 이하 <표 1>에 나타난 바와 같이, 몇몇의 금속 및 실리콘 물질의 용융시 필요한 잠열을 정리하였다. 즉, 이들을 용융시키려면 용융점에서 이하와 같은 잠열을 더 투입해야 함을 알 수 있다.

표 1

[0060]

	용융온도 (°C)	잠열 (kJ/kg)
실리콘	1414	1790
철	1538	247
구리	1084	209
납	327	23
주석	231	59.2

[0061] 다음으로, 이하 <표 2>는 실리콘-알루미늄 합금의 온도에 따른 비열의 변화를 나타낸 것이고, 도 3은 99중량%의 실리콘과 1중량%의 알루미늄 합금의 온도와 열량과의 관계를 그래프로 나타내었다.

표 2

[0062]

온도 (°C)	열량 (kJ/kg)
27	0.713
127	0.785
227	0.832
327	0.849
427	0.866
527	0.883
627	0.899
727	0.916
827	0.933
927	0.950
1027	0.967
1227	1.000
1412	1.010

[0063] 도 3에서 C_p 는 시편의 비열, H는 열량, T는 온도를 나타낸다.

[0064] 이를 구하는 계산식은 다음과 같다.

$$c_p = \left(\frac{dH}{dT} \right)_p \quad \Delta H = \int_{T_1}^{T_2} c_p dT$$

[0065]

[0066] 마지막으로, 실리콘-알루미늄 합금을 이용한 용융실험을 실시하였다. 실험에 사용된 시편은 99중량%의 실리콘과 1중량%의 알루미늄 합금을 사용하였다. 실험결과는 이하 <표 3>과 같다.

표 3

[0067]

온도 (°C)	승온에 필요한 열량 (kJ/kg)	액상 생성에 필요한 열량 (kJ/kg)	총 필요열량 (kJ/kg)
577 ~ 677	88.3	23.1	111.4
677 ~ 777	89.9	2.6	92.5
777 ~ 877	91.6	4.1	95.7
877 ~ 977	93.3	5.8	99.1
977 ~ 1077	95.0	8.1	103.1
1077 ~ 1177	96.7	19.3	116.0
1177 ~ 1277	98.4	22.1	120.5
1277 ~ 1377	100.0	272.9	372.9
1377 ~ 1414	37.4	1432.0	1469.4

[0068] 도 3에 나타난 바와 같이, 용융은 577°C(공정온도)에서 시작하여 실리콘의 용융점인 1414°C까지 일어남을 알 수 있다. 이 경우 온도와 열량 그래프는 용융이 일어나지 않는 경우에 해당하는 점선 대신 부분적인 용융에 의한 잠열 발생으로 실선을 따라가게 된다. 그러므로 실리콘-알루미늄 합금의 승온은 <표 2>에 계산된 열량만을 투입하여서는 안 된다.

[0069] 즉, 상기 <표 3>에 나타난 바와 같이, 순금속이 아닌 합금계인 경우에는 특정 온도가 아닌 비교적 긴 온도구간에서 용융이 일어나며, 이 구간에서는 온도상승과 잠열을 함께 고려하여 열량을 투입해야함을 알 수 있다. 이는 동일한 실리콘 시편이 상기 <표 2>와 구간별로 온도를 측정된 <표 3>의 필요열량이 크게 차이나는 것을 통해 입증될 수 있다.

[0070] 상기와 같이, 실리콘-알루미늄 합금의 용융은 577°C 내지 1414°C 구간에서 일어나므로, 이 구간에서 용융을 일으키거나 그로 인해 생성된 액상을 제거하는 작업을 하는 경우에는 종래 전기로에서 실시되었던 방법인 단순히 시편의 비열에 의존하여 열량을 투입하기보다는 본 발명과 같이 용융잠열을 고려하여 열량을 투입하여야 목표한 용융작업을 효과적으로 달성할 수 있음을 알 수 있다.

[0071] 또한, 실리콘-알루미늄 합금에 대해 분별용융을 실시한 결과를 이하에서 설명한다. 이는 실리콘-알루미늄 합금에서 용융을 통해 고체/액체 공존구간에서 액상을 생성시키고, 이 액상을 연속적으로 시편에서 분리시킴으로써 정련을 유도한다.

[0072] 본 분별용융에서는 잠열이 필요한 온도구간을 실리콘 용융점을 기준으로 구간으로 나눌 수 있으며, 실리콘 용융점 이전 구간에서는 실리콘의 용융잠열을 바로 사용할 수 없고, 온도에 따라 변하는 열량을 이용하여 잠열을 계산해야 한다. 온도 구간에 따른 잠열은 상기 <표 3>과 같다.

[0073] 예를 들면, 1377°C ~ 1414°C 구간에서 액상 실리콘으로의 변태를 위해서는 잠열인 1432kJ/kg 만큼의 열량이 더 필요하다. 이는 약 400Wh에 해당하는 큰 양이다. 즉, 온도조절이 아닌 열량을 더 주어 열량을 조절하여야 분별용융이 가능함을 알 수 있다.

[0074] 열량과 전기에너지와의 관계는 아래 식으로 간단히 계산할 수 있으므로, 이를 이용해 전기로의 전압 또는 전류를 조절하여 투입 열량을 조절한다.

[0075] $1W \cdot S = 1J = 1N \cdot m = 0.2390 \text{ cal}$

[0076] $W = IV$

[0077] $1 W \cdot h = 0.86059\text{cal}$

[0078] 이상에서 본 발명의 바람직한 실시예를 설명하였으나, 본 발명은 다양한 변화와 변경 및 균등물을 사용할 수 있다. 본 발명은 상기 실시예를 적절히 변형하여 동일하게 응용할 수 있음이 명확하다. 따라서 상기 기재 내용은 하기 특허청구범위의 한계에 의해 정해지는 본 발명의 범위를 한정하는 것이 아니다.

[0079]

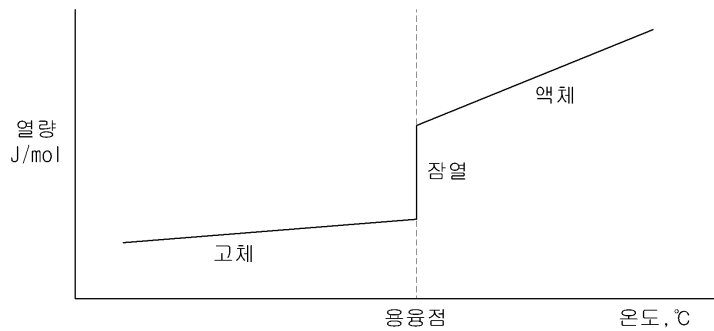
부호의 설명

[0080]

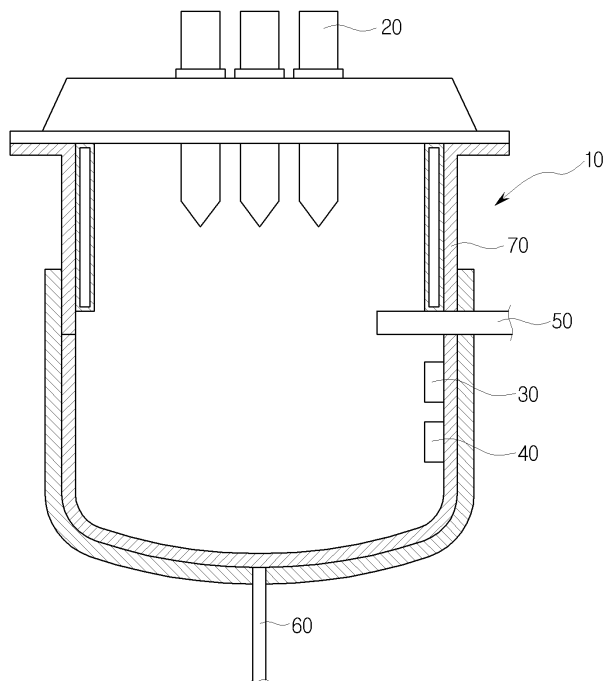
- 10: 전기로
- 20: 발열체 (전극)
- 30: 열량조절부
- 40: 온도조절부
- 50: 액체제거부
- 60: 회전장치

도면

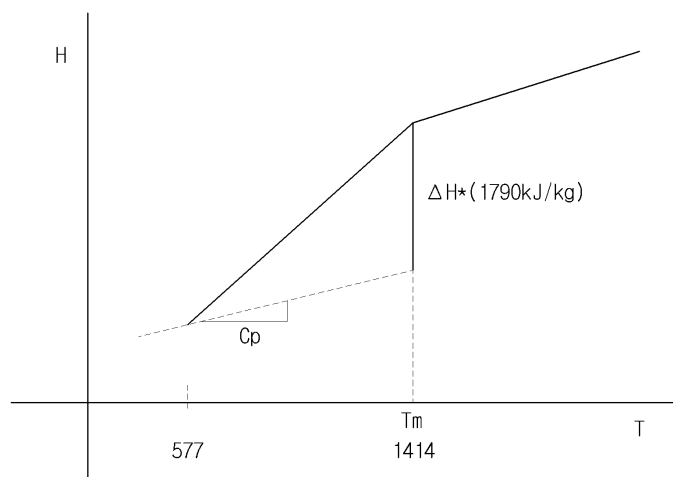
도면1



도면2



도면3



도면4

