

 (19) 대한민국특허청(KR) (12) 공개특허공보(A)	(11) 공개번호 10-2012-0033227 (43) 공개일자 2012년04월06일
(51) 국제특허분류(Int. Cl.) <i>C01B 3/08</i> (2006.01) <i>C01B 3/52</i> (2006.01) <i>F23D 14/28</i> (2006.01) <i>H01M 8/06</i> (2006.01) (21) 출원번호 10-2011-0075174 (22) 출원일자 2011년07월28일 심사청구일자 2011년07월28일 (30) 우선권주장 1020100073672 2010년07월29일 대한민국(KR)	(71) 출원인 충남대학교산학협력단 대전 유성구 궁동 220 충남대학교 (72) 발명자 이종현 대전광역시 유성구 도룡동 스마트시티 202-703 배기서 대전광역시 서구 관저동 990 대자연마을아파트 107동 1303호 조성석 대전광역시 중구 동서대로1321번길 43 (용두동) (74) 대리인 김중관, 권오식, 박창희

전체 청구항 수 : 총 12 항

(54) 발명의 명칭 양성금속 및 합금을 이용하여 물속에 저장된 수소를 고속으로 대량 생산하는 제조방법

(57) 요약

본 발명은 양성금속 및 합금을 이용하여 물속에 저장된 수소를 고속으로 대량 생산하는 제조방법에 관한 것이다. 보다 구체적으로, 본 발명은 물과 양성금속 및 합금을 반응시켜 수소를 생산한다. 수소저장은 기존의 방법과는 달리 이미 물속에 저장된 것을 이용하는 기술로 많은 비용으로 충전소를 만들어야 하는 단점이 있으나 본 발명에 따른 수소 제조방법은 수소 저장 및 충전 과정을 필요하지 않게 된다. 종래에는 주로 천연가스에서 수소를 생산하기 때문에 화석연료 소모와 함께 가스가 동시에 만들어지기 때문에 수소 정제 단계가 필요하여 비용이 많이 든다. 기존 수소 생산법으로 만들면 수소의 운송이 필요하나, 본 발명은 수소를 운송 할 필요 없이 있는 자리에서 수소를 생산하여 이용하는 기술이다.

본 발명은 수소생산과 관련하여 수소생산속도를 높이는 기술과 양성금속 및 합금을 재생하는 기술을 제공한다.

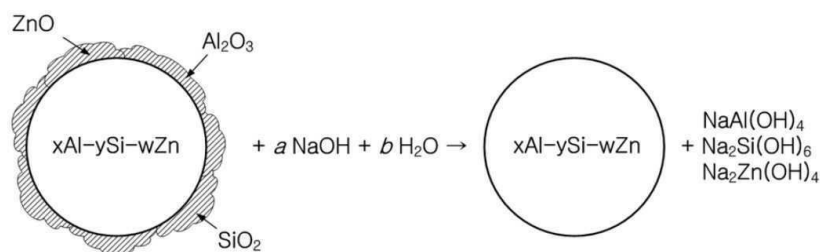
본 발명은 박편 및 분말형태의 양성금속 및 합금 제조방법을 제공한다.

본 발명은 양성금속 및 합금이 물과 격렬하게 반응하여 수소와 수산화물을 생성시킬 때 반응기 파이프로 수소와 함께 가성소다 용액이 방출되는 것을 막아주는 망 및 망을 이용한 수소 제조방법을 제공한다.

본 발명은 양성금속 및 합금의 수산화물을 재처리하여 양성금속 및 합금을 재생하는 기술, 가성소다 용액의 회수 방법, 및 물을 이용하여 수소와 가성소다 증기를 정제하는 방법을 포함한다.

본 발명은 생산된 수소와 반응열을 이용하는 방법도 포함한다.

대표도 - 도1



이 발명을 지원한 국가연구개발사업

과제고유번호 2010-1022

부처명 교육과학기술부

연구사업명 녹색성장분야 전문대학원 육성사업

연구과제명 녹색에너지기술 맞춤형 전문인력 양성 사업

주관기관 충남대학교

연구기간 2010.05.01 ~ 2013.02.28

특허청구의 범위

청구항 1

규소 또는 아연 중에서 선택되는 어느 하나 또는 둘 이상을 알루미늄과 합금한 양성금속 및 합금을 물과 반응시켜 수소를 방출하는 것을 특징으로 하는 수소 제조방법.

청구항 2

제1항에 있어서,

상기 양성금속 및 합금은 $x\text{Al}-y\text{Si}-w\text{Zn}$ 인 것으로, $x=60\sim 100\text{wt}\%$, $y=0\sim 40\text{wt}\%$, $w=0\sim 30\text{wt}\%$, $y+w\neq 0$ 인 것을 특징으로 하는 수소 제조방법.

청구항 3

제2항에 있어서,

상기 $x\text{Al}-y\text{Si}-w\text{Zn}$ 은 Al, Al-Si, Al-Zn, Al-Si-Zn인 것을 특징으로 하는 수소 제조방법.

청구항 4

제1항에 있어서,

상기 양성금속 및 합금은 물과의 반응으로 표면에 생성되는 양성산화물($\text{Al}_2\text{O}_3\text{SiO}_2\text{ZnO}_2$) 및 양성수산화물($\text{Al}(\text{OH})_3\text{Si}(\text{OH})_4\text{Zn}(\text{OH})_2$)을 용해시키기 위해 가성소다 용액을 더 포함하는 것을 특징으로 하는 수소 제조방법.

청구항 5

제4항에 있어서,

상기 양성금속산화물을 용해시키기 위한 가성소다 용액의 농도는 12~24%인 것을 특징으로 하는 수소 제조방법.

청구항 6

제4항에 있어서,

상기 양성금속수산화물을 용해시키기 위한 가성소다 용액의 농도는 12~28%인 것을 특징으로 하는 수소 제조방법.

청구항 7

제1항에 있어서,

상기 양성금속 및 합금은 박편(flake) 또는 분말(powder) 형상인 것을 특징으로 하는 수소 제조방법.

청구항 8

제7항에 있어서,

상기 양성금속 및 합금은 셀룰로스계 섬유망, 내열성 합성 섬유망, 철강망 속에 넣어 가성소다 용액과의 반응으로 발생하는 용액 방출을 방지하며 불순물을 저장하는 것을 특징으로 하는 수소 제조방법.

청구항 9

제8항에 있어서,

상기 양성금속 및 합금은 수소 발생 후, 망 밖으로 나오는 양성금속수산화물을 회수하여 건조과정을 거쳐 양성금속산화물로 만든 후, 빙정석에 녹여 전기분해하여 재생하는 것을 특징으로 하는 수소 제조방법.

청구항 10

제1항에 있어서,

상기 수소 생산에서 발생하는 반응열을 난방용으로 활용하는 것을 특징으로 하는 수소 제조방법.

청구항 11

제10항에 있어서,

상기 반응열에 의하여 증발하는 가성소다 증기를 제거하기 위하여 가성소다 증기와 혼합된 수소가스를 정제 챔버를 통과시켜 가성소다 증기는 물에 용해시키고 수소가스만 통과시키는 것을 특징으로 하는 수소 제조방법.

청구항 12

제1항에 있어서,

상기 생산된 수소는 저장하지 않고 바로 연소기나 수소연료전지에 주입하여 열이나 전기로 사용되는 것을 특징으로 하는 수소 제조방법.

명세서

기술 분야

[0001] 본 발명은 수소의 저장 및 충전 없이 수소를 생산 및 이용하는 방법에 관한 것으로, 보다 구체적으로 물과 양성 금속 및 합금을 반응시켜 생산속도를 향상시키고 대량으로 수소를 생산할 수 있는 제조방법에 관한 것이다. 또한, 본 발명은 양성금속 및 합금을 재생할 수 있으며, 상기 양성금속 및 합금의 박편 또는 분말을 제조하는 방법에 관한 것도 포함한다.

배경 기술

[0002] 현재 우리는 석유경제 시대에 살고 있다. 화석연료의 대표는 석유라고 할 수 있다. 석유는 매장량이 한정되어 있고 재생이 불가능하고 연소 시 이산화탄소(CO₂)를 비롯한 환경을 오염시키는 가스를 방출한다. 이러한 이유로 환경 친화적인 에너지개발에 총력을 기울이고 있다.

[0003] 친환경 에너지 중에는 수소에너지가 환경오염도 없으면서 높은 에너지밀도를 갖기 때문에 연소용 및 연료전지용으로 주목을 받고 있다. 현재 수소생산의 96%는 천연가스, 석유, 석탄 등의 화석연료를 이용하여 수증기개질에 의해 이루어지고 있다. 화석연료를 수증기로 개질하면 이산화탄소(CO₂)와 수소가 생성된다. 이 방법은 화석연료를 사용하기 때문에 안정된 공급이 불가능하고 재생성이 없어 한시적이다. 또한 CO₂가 생성되기 때문에 환경오염을 피할 수 없으며 대규모 수소생산 공정의 경우 개질기가 고압(15~25bar) 및 고온(850℃ 이상)에서 운전되기 때문에 비용이 많이 든다. 이러한 방법으로 수소를 제조하게 되면 수소정제, 저장, 수송 등의 수소인프라 기술과 비용이 많이 들게 된다.

[0004] 수소를 생산한 후 이용하려면 수소저장기술이 필요하다. 수송용 연료전지 시스템에서 자동차가 500~600km를 주행하려면 5kg의 수소를 저장해야 한다. 수소충전소는 수소를 일시 저장했다가 연료전지 자동차 등에 공급하는 과정에서도 고용량 수소저장시스템이 필요하다. 수소저장기술은 크게 고압기체저장, 액체저장, 수소저장재료이용방법이 있다. 고압기체저장은 강철이나 경량복합재료탱크에 350~700bar의 압력으로 수소를 저장하는데 고압에서 안정한 탱크 제작기술, 제작단가 절감기술, 고압기체 고속충전기술이 상용화 되지 못하고 있다. 현 기술수준에서 수소저장탱크가 포함된 시스템을 기준으로 약 4~6wt%(20kg/m³)의 수소저장용량을 가지고 있다.

[0005] 액체수소저장기술은 수소를 액화온도(-253℃)까지 냉각하여 액화시켜 수소를 저장하는 기술이다. 액화수소는 -253℃에서 70.8kg/m³의 밀도를 나타낸다.

[0006] 현재의 기술수준에서는 극저온 저장탱크가 포함된 시스템을 기준으로 약 (5~6wt%)의 수소저장용량을 갖는데 수소를 액화시킬 때 많은 에너지가 소모되며, 지속적으로 수소가 기화되므로, 고효율 액화기술과 함께 단열 용기 개량, 비등으로 손실된 수소의 자동회수 및 이용기술이 필요한 형편이다. 수소저장재료에 의한 수소저장기술은 수소를 고체나 액체재료에 저장하는 방법이다. 금속수소화물의 경우 현재기술수준에서 저장탱크가 포함된 시

시스템을 기준으로 약 20kg/m^3 (1?3wt%)의 수소저장능력이 있으나 저장/방출 능력이 현저히 낮아 실제 수송용 연료 전지시스템에 적용할 수가 없다.

[0007] 화석연료에 의한 수소생산의 문제점은 화석연료를 사용하여 수소를 생산하기 때문에 환경오염을 줄일 수 없고 가채량이 한정되어 있고 개질기의 시설비, 운전비 등의 비용이 많이 드는 것이다. 수소저장의 문제는 저장용량이 적고, 고압시설비가 많이 들고 고압용기 개발이 어려운 것이다. 또 경제성과 안정성이 낮고 수소저장 및 방출속도가 연료전지 체계에 맞지 않는다.

[0008] 이러한 문제점을 해결하기 위하여 수소생산과 수소저장에 관한 연구가 많이 이루어지고 있다. 친환경적 수소생산을 위해 물에 활성금속 Al, Mg, Zn, Na등을 반응시켜 수소를 생산하는 연구가 주목받고 있으나 Mg, Zn는 물과 반응하기 어렵고, Na는 보관 및 취급이 어렵고 Al은 덩어리 상태에서 수소발생 속도가 작은 것이 문제이다.

[0009] 또 다른 연구에서는 알루미늄에 전기화학적으로 귀한금속(Fe, Cu, Ni, Co, Sn)을 첨가하여 용해, 주조, 압연, 시효열처리 공정을 거쳐 입계에 금속간 화합물을 석출시켰다. 석출된 알루미늄합금을 알칼리용액에 침지시켜 입계부식과 갈바닉 부식을 유도하여 수소생산속도를 높이고자한 특허도 있다. 이 특허에서 입계부식이나 갈바닉 부식에 의한 수소생산속도는 순 알루미늄 덩어리보다는 높다(순수한 덩어리 형태의 알루미늄 수소생성속도 4.6ml/min , 포일형태의 Al-1wt%Fe의 수소발생속도 83ml/min). 실용적으로 사용하려면 1000ml/min 의 속도를 가져야 하기 때문에 실용성이 없다. 또한 공정이 너무 복잡하게 많고 생산시간이 많이 걸리고 비용이 높은 것이 흠이다.

발명의 내용

해결하려는 과제

[0010] 상기와 같은 수소생산 및 수소저장에 관련된 문제점을 해결하고자 본 발명은 양성금속 및 합금 $x\text{Al-ySi-zZn}$ 과 물(H_2O)을 반응시켜 수소의 생산속도를 높이고 대량생산이 가능한 제조방법을 제시하는 것을 목적으로 한다. 또한, 상기 본 발명에 따른 양성금속 및 합금을 이용한 수소 제조방법은 안전하고 지속가능한 에너지 생산을 할 수 있는 제조방법을 제시하는 것을 목적으로 한다.

과제의 해결 수단

[0011] 본 발명에서는 수소의 저장과 수소생산에 관한 기존의 문제점을 물과 $x\text{Al-ySi-zZn}$ 의 양성금속 및 합금을 사용함으로써 해결할 수 있다.

[0012] 물(H_2O)은 값이 저렴하면서 쉽게 구할 수 있는 안전한 수소 저장 재료로서, 저장하고 있는 수소량은 11.1wt%이다($\text{H}_2/\text{H}_2\text{O}=0.111$).

[0013] 물은 다른 저장재료보다 3배이상의 많은 수소를 저장하고 있다. ($\text{MgH}_2:2\text{g}/26\text{g}=0.077$ (7.7wt%의 수소 저장), $\text{TiH}_2:2\text{g}/50\text{g}=0.04$ (4.0wt%의 수소 저장), $\text{ZrH}_2:2\text{g}/93\text{g}=0.02$ (2.0wt%의 수소 저장))

[0014] 물에 저장된 수소는 양성금속 및 합금을 사용하여 고속으로 다량을 쉽게 방출시킬 수 있다, 수소저장재료에 저장된 수소는 가열 작업을 거쳐야 하며 그 양도 적고 방출속도도 작다.

[0015] 본 발명은 물을 이용하여 수소를 다량으로 안전하게 저장함으로써 수소저장의 문제점을 해결하였다.

[0016] 물(H_2O)은 다량의 수소를 안전하게 저장하고 있기 때문에 언제든지 필요한 만큼의 수소를 방출시켜 값싸고 안전하게 CO_2 가스 정제과정이 필요 없는 순수한 수소를 생산할 수 있다.

[0017] 물(H_2O) 속에 저장된 수소를 방출시켜 수소를 생산하려면 물과 잘 반응하는 물질이 필요하다.

[0018] 본 발명에서는 물(H_2O)에 저장된 수소를 빠른 시간에 고속으로 다량 방출시켜 수소를 생산함으로써, 화석연료에서 수소를 생산하여 생기는 문제점을 해결하였다.

[0019] 본 발명에서는 양성금속 및 합금을 이용하여 물에서 안전하게 다량의 수소를 고속으로 생산할 수 있게 하였다.

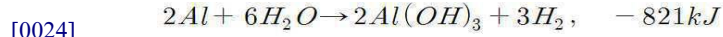
[0020] 양성금속 규소(Si), 아연(Zn)은 단독으로는 물과 반응하여 수소를 발생시킬 수 없기 때문에 알루미늄(Al)과 합

금함으로써 물과 반응하여 수소를 방출시킬 수 있도록 하였다.

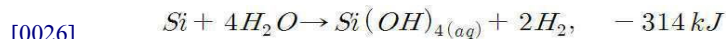
[0021] 본 발명은 물과 반응할 수 있는 양성금속 및 합금이 $xAl-ySi-wZn$ 구성비를 가져야 물과 반응하여 빠른시간에 고속으로 다량의 수소를 생산할 수 있다.

[0022] 상기 $xAl-ySi-wZn$ 구성비에서, x, y, w 는 $x=60\sim 100wt\%$, $y=0\sim 40wt\%$, $w=0\sim 30wt\%$ 의 범위를 갖는 것이 바람직하며, 상기 조성 범위 시 수소를 고속으로 다량 방출시킬 수 있다.

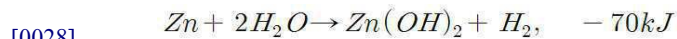
[0023] $x=100wt\%$ 일 때 양성금속 알루미늄(Al)으로 생산할 수 있는 수소의 양은 하기와 같다.



[0025] 즉 알루미늄(Al) 1kg을 이용하여 물(H_2O) 2kg에서 111g의 수소와 15,200kJ의 열을 생산할 수 있다. 알루미늄이 존재할 때, 규소(Si)가 생산할 수 있는 수소의 양은 하기와 같다.



[0027] 즉 규소(Si) 1kg을 이용하여 물 2.6kg에서 143g의 수소와 11,200kJ의 열을 생산할 수 있다. 알루미늄이 존재할 때, 아연(Zn)이 생산할 수 있는 수소의 양은 하기와 같다.

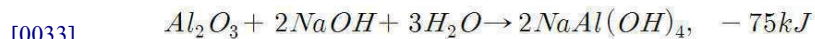


[0029] 즉 아연(Zn) 1kg을 이용하여 물 554g에서 31g의 수소와 1,070kJ의 열을 생산할 수 있다.

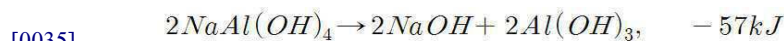
[0030] 물에서 수소를 가장 많이 생산할 수 있는 양성금속 및 합금의 조성은 알루미늄이 가장 많아야 하고 ($x=60\sim 100wt\%$), 그 다음은 규소(Si)가 많아야 한다($y=0\sim 40wt\%$), 아연(Zn)은 되도록 적게 포함되는 것이 바람직하다($w=0\sim 30wt\%$).

[0031] 양성금속 및 합금 $xAl-ySi-wZn$ 이 물과 반응하여 수소를 방출 시키려면, 양성금속 및 합금 분말 및 박편 표면에 형성된 양성금속 산화물($Al_2O_3SiO_2ZnO_2$) 피막을 제거하여야 한다. 이 피막 용해 속도에 의해 수소발생 시작시간이 결정된다.

[0032] 본 발명에서는 가성소다를 이용하여 이 문제를 해결하였다. 알루미늄(Al)이 존재할 때 생성된 양성금속 산화물은 가성소다 용액과 하기와 같은 반응에 의해 용해된다.



[0034] 즉 1몰(102g)의 산화 알루미늄을 완전히 용해시키는데 최대 2몰(80g)의 가성소다가 필요하다.

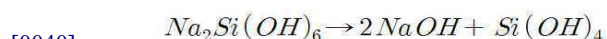


[0036] 즉 이 반응에 의해 가성소다(NaOH)가 100% 재공급되므로 반응이 진행됨에 따라 물(H_2O)은 소모되고 가성소다의 농도는 점점 높아지게 된다.

[0037] 알루미늄이 존재할 때 SiO_2 는 가성소다용액과 하기와 같은 반응을 한다.



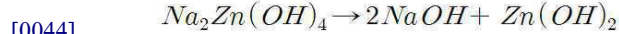
[0039] 즉 1몰(60g)의 산화규소(SiO_2)를 완전히 용해시키는데 최대 2몰(80g)의 가성소다가 필요하다.



[0041] 이 반응에 의해 가성소다가 100% 재공급되고 있으므로 물만 공급해 주면 반응은 계속될 수 있다. 알루미늄이 존재할 때 ZnO와 가성소다용액 간에 하기와 같은 반응이 이루어진다.



[0043] 즉 1몰(81g)의 산화아연을 완전히 용해시키는데 최대 2몰(80g)의 가성소다가 필요하다.



[0045] 이 반응에 의해 가성소다가 100% 재공급되므로 물만 공급하면 반응은 계속될 수 있다.

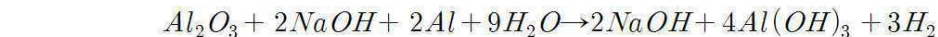
[0046] 결론적으로 산화알루미늄(Al_2O_3) 1kg을 용해시키는데는 0.78kg의 가성소다(NaOH)가 필요하고, 산화규소(SiO_2) 1kg을 용해시키는데는 1.3kg의 가성소다가 필요하며, 산화아연(ZnO) 1kg을 용해시키는데 필요한 가성소다의 양은 0.99kg이다. 양성금속 및 합금 $_xAl-{}_ySi-{}_wZn$ 표면에 생성되는 양성금속 산화물은 분말(직경 $d=100\sim200\mu m$)일 때 1% 정도이고 박편(두께 $t=100\sim200\mu m$)일 때 0.1%정도 된다. $x=100\%$ 인 순수 알루미늄 분말 1kg에는 1g정도의 산화알루미늄(Al_2O_3)이 생성된다. 1g의 산화알루미늄(Al_2O_3)을 완전히 용해시키는데는 0.78g의 가성소다가 필요하다.

[0047] 본 발명에서는 양성금속산화물피막을 완전 용해시켜 수소를 방출시키는 시작시간을 결정하는 가성소다의 양과 농도를 결정하는 기술을 제공한다.

[0048] 상기의 반응을 도 1에서 나타내었다.

[0049] 양성금속 산화물을 용해하고 양성금속 및 합금 $_xAl-{}_ySi-{}_wZn$ 과 물(H_2O)이 반응하여 수소를 방출시키려면 최대 60%의 가성소다 용액이 필요하다.

[0050] 양성금속 산화물을 용해시키고 양성금속 및 합금 이 물과 반응하여 수소를 방출시키는 전체 반응은 하기와 같다.



[0052] 수소발생 시작 시간을 빠르게 하려면 가성소다용액의 농도를 높여주면 된다.

[0053] 본 발명에서는 가성소다 용액의 농도가 12~24%범위에서 10초 이내에 수소가 발생된다.

[0054] 본 발명에서 양성금속 산화물을 용해시키는 가성소다용액의 농도는 4~32wt% 범위이다.(도 3)

[0055] 양성금속 및 합금 $_xAl-{}_ySi-{}_wZn$ 표면에 존재하는 양성금속산화물($Al_2O_3SiO_2ZnO_2$)을 용해시키면 양성금속 및 합금 $Al-{}_ySi-{}_wZn$ 은 물(H_2O)과 급격히 반응하여 수소가스(H_2)와 양성금속수산화물($Al(OH)_3Si(OH)_4Zn(OH)_2$)을 생성시킨다. 이때, 상기 양성금속수산화물은 양성금속 및 합금이 물과 반응하는 것을 방해한다.

[0056] 본 발명에서 양성금속수산화물을 용해시켜 수소가스가 빠른 속도로 방출될 수 있는 가성소다용액의 최대농도는 43%이다.

[0057] 양성금속수산화물 피막을 빠른 속도로 용해시키는 가성소다의 농도는 반응식에서 보는 바와 같이 최대 43%임을 알 수 있다.



[0059] 실험에 의하면 4~32% 범위에서 농도가 증가함에 따라 수소발생속도가 증가함을 보인다.(도 4)

[0060] 이상의 반응을 그림으로 나타내면 도 2와 같다. 상기 반응이 반복되면서 수소가스가 발생된다.

[0061] 실험에 의하면 12~28% 범위에서 가성소다의 농도가 증가함에 따라 수소발생 개시시간도 짧아지고 수소발생속도도 증가한다.(도 4)

[0062] 본 발명에서는 고속으로 대량의 수소를 발생시키기 위한 양성금속 및 합금 $_xAl-{}_ySi-{}_wZn$ 의 조성범위를 고안하였다.

- [0063] 양성금속 알루미늄이 존재할 때 양성금속의 수소발생량은 다음과 같다.
- $$2Al + 6H_2O \rightarrow 2Al(OH)_3 + 3H_2$$
- $$Si + 4H_2O \rightarrow Si(OH)_4 + 2H_2$$
- $$Zn + 2H_2O \rightarrow Zn(OH)_4 + H_2$$
- [0064]
- [0065] 알루미늄 1몰(27g)로 1.5몰(3g)의 수소를 생산할 수 있으며, 규소 1몰(28g)로 2몰(4g)의 수소를 생산할 수 있고, 아연 1몰(65g)로 1몰(2g)의 수소를 생산할 수 있다.
- [0066] 양성금속 중에 규소가 수소를 많이 생산하므로 $xAl-ySi-wZn$ 의 경우 $x=60\sim 100\%$, $y=0\sim 40\%$, $w=0\sim 30\%$ 일 때 수소생산량이 많게 된다.
- [0067] 또한, $x>y>w$ 인 조성을 가질 때 수소발생 시작시간도 빠르고 수소발생속도 및 수소발생량도 증가하게 된다.
- [0068] 규소나 아연은 알루미늄이 존재해야 물과 반응하여 수소를 발생시킬 수 있기 때문에 알루미늄의 양인 x 의 값이 가장 커야한다.
- [0069] 본 발명에서는 수소를 고속으로 저렴하게 생산하기 위하여 양성금속 및 합금 $xAl-ySi-wZn$ 의 표면적을 증가시키는 제조방법을 고안하였다.
- [0070] 양성금속 및 합금 $xAl-ySi-wZn$ 의 표면에서 물과의 접촉면적이 넓어야 수소 발생속도가 증가한다. 양성금속 및 합금 $xAl-ySi-wZn$ 의 형태에 따른 표면적은 다음과 같으며, $x=100\%$ 인 순수알루미늄의 2.7g을 기준으로 계산한 것이다.
- [0071] 두께 $t=1cm$, 폭 $w=1cm$, 길이 $L=1cm$ 인 덩어리(bulk)의 경우 총 표면적은 $6cm^2(1cm^2/면 \times 6면)$ 이다.
- [0072] 두께 $t=100\mu m(0.01cm)$, 폭 $w=3cm$, 길이 $L=6cm$ 인 박편(flake)의 경우 총 박편의 표면적은 약 $200cm^2(36.18cm^2/1개 \times 5.6개=203cm^2)$ 이다.
- [0073] 직경 $d=100\mu m(0.01cm)$ 인 분말의 경우 분말전체의 표면적은 약 $600cm^2(3.14 \times 10^{-4}cm^2/개 \times 19.1 \times 10^5개=599cm^2)$ 이다.
- [0074] 두께 $t=14\mu m(0.0014cm)$, 폭 $w=30cm$, 길이 $L=23.8cm$ 인 상용 은박지(foil)의 경우 은박지의 총 표면적은 약 $1400cm^2(2면 \times 30cmw \times 23.8cmL/면=1428cm^2)$ 이다.
- [0075] 상기에서 보는 바와 같이 순수 알루미늄 2.7g의 경우 형상에 따른 표면적은 덩어리(bulk): $6cm^2$, 박편(flake): $200cm^2$, 분말(powder): $600cm^2$, 은박지(foil): $1400cm^2$ 이므로 수소발생속도는 덩어리(bulk)에 비해 박편(flake)은 $(200cm^2/6cm^2=33)$ 33배 이상 빠르고, 분말(powder)은 $(600cm^2/6cm^2=100)$ 100배 이상 빠르며, 은박지(foil)는 $(1400cm^2/6cm^2=233)$ 233배 이상 빠르다.
- [0076] 덩어리를 사용하면 수소생산속도가 너무 느려 수소발생기가 너무 크고 무거워 실용상의 문제가 있다. 은박지를 사용하는 경우 물과 반응시킬 때 반응기 설계가 어렵고 비용이 많이 드는 문제점이 있다. 박편이나 분말은 수소발생속도도 빠르고 수소발생기도 작기 때문에 운송비용 연료전지에 수소를 안전하게 빠르게 대량으로 저렴하게 공급할 수 있다.
- [0077] 두께 $t=100\mu m(0.01cm)$ 의 박편을 생산할 때 용금 공급 도가니에 $(1\sim 2mm) \times (4\sim 6mm)$ 인 노즐이 3개 있을 때 대량으로 저렴하게 박편을 생산할 수 있다. 수냉롤러의 외경 $d_0=30cm$ 이고 길이 $L=30cm$, 내경 $d_1=26cm$, 회전수 $20\sim 30rpm$ 일 때 저렴하고 건실한 박편을 얻을 수 있다.
- [0078] 직경 $d=100\mu m(0.01cm)$ 의 분말을 생산할 때 노즐의 직경 $D=1\sim 3mm$, 용탕유지온도 $800\sim 850^\circ C$, 공기콤포레서 압력 $p=7\sim 9kg/cm^2$ 일 때 저렴하면서도 안정한 분말을 제조할 수 있다.
- [0079] 본 발명에서 양성금속 및 합금 $xAl-ySi-wZn$ 박편이나 분말이 물과 격렬하게 반응하여 수소와 함께 분출되는 것을 방지하는 기술을 고안하였다.
- [0080] 양성금속 및 합금 $xAl-ySi-wZn$ 분말이나 박편은 물과의 반응이 격렬하여 수소와 함께 분출되거나 폭발하기 때문에 실용화를 위해서는 이들 문제점을 해결해야 한다. 이를 해결하기 위해서는 최대 가로($100\sim 200\mu m$)세로

(100~200 μ m)인 구멍을 갖는 셀룰로오스계 섬유망 (면섬유, 마섬유, 레이온계 섬유 망), 내열성 합성 섬유망 (나일론섬유, 폴리에틸렌 섬유, 폴리프로필렌 섬유, 아크릴섬유, 아세테이트섬유 망) 또는 철망(강철 망, 스테인레스강 망)을 사용한다(도 7, 도 8). 구멍크기가 이 범위 일 때 100 μ m직경이상의 분말이 물과 격렬한 반응을 할 때 빠져나갈 수가 없기 때문에 가성소다용액이 분출되거나 폭발 되는 일이 없이 수소만 빠져나가게 된다. 구멍크기가 이 범위 일 때 양성금속 수산화물은 망 밖으로 나가고 망에 불순물이 남게 되어 순수한 양성금속수산화물을 얻을수 있고 청결한 수소가스를 얻을 수 있다.

[0081] 본 발명에서 양성금속 및 합금 $xAl-ySi-wZn$ 이 물과 반응하여 양성금속수산화물과 수소를 방출할 때 생성된 양성금속 수산화물을 회수하여 전기분해를 이용하여 양성금속 및 합금 $xAl-ySi-wZn$ 을 재생할수 있는 기술을 고안하였다(도 11).

[0082] 양성금속수산화물($Al(OH)_3Si(OH)_4Zn(OH)_2$)을 건조시켜 탈수시키면 양성금속산화물($Al_2O_3SiO_2ZnO_2$)로 바뀐다.

[0083] $2Al(OH)_3Al_2O_3+3H_2O$

[0084] $Si(OH)_4SiO_2+2H_2O$

[0085] $Zn(OH)_2ZnO+H_2O$

[0086] 양성금속 혼합 산화물은 약 1000℃에서 빙정석에 대한 용해도가 높아 기존의 Hall-Heroult 알루미늄 제련 공정을 적용할 수 있다. 따라서 $Al_2O_3SiO_2ZnO_2$ 혼합 산화물을 빙정석에 용해한 후 흑연 전극을 이용하여 전류를 인가하면 다음 반응에 의하여 산화물 내의 산소가 이온화되어 용융염 내로 용해되고, 양극에서 흑연과 반응하여 이산화탄소로 방출되며, 음극에서는 양성금속이 환원되어 반응기 하부에 모이게 된다.

[0087] $Al_2O_3+SiO_2+ZnO \text{ (in } Na_3AlF_6) + 12e^- + 3C \rightarrow 2Al-Si-Zn \text{ (음극)} + 3CO_2 \text{ (양극)}$

[0088] 이를 회수하면 폐기물 발생 없이 양성금속을 전량 재활용 할 수 있다. 또한, 풍력발전이나 태양광발전으로 얻은 전기력을 이용하고 귀금속 또는 전도성 세라믹 양극을 사용하여 전기 분해 시키면 음극에서 양성금속 및 합금 $xAl-ySi-wZn$ 을 온실가스를 발생하지 않고 재생시킬 수 있다.

[0089] 상기와 같이 양성금속 및 합금 $xAl-ySi-wZn$ 을 물과 반응시켜 수소를 생산하고 양성금속수산화물을 재처리하면 양성금속 및 합금 $xAl-ySi-wZn$ 을 재생할 수 있게 된다(도 11).

[0090] 본 발명에서 양성금속 및 합금 $xAl-ySi-wZn$ 이 물과 반응하여 발생하는 다량의 반응열과 수소가스의 사용기술을 고안하였다. x=100%인 경우 알루미늄 1kg을 물 2kg과 반응시키면 15,200kJ의 반응열과 111g의 수소를 얻는다. 반응열은 건물의 난방용으로 사용할 수 있다(도 12).

[0091] 수소 1kg을 산소 8kg과 반응시키면 146,160kJ (40.6 kWh)의 반응열이 발생한다.

[0092] $2H_2 + O_2 \rightarrow 2H_2O, \quad -572kJ$

[0093] 상기 반응열을 이용하여 전력을 생산할 수 있다. 수소연료전지 자동차에 1kg의 수소(H_2)를 주입하면 120km 이상을 주행할 수 있다. 또한, 연료전지에 수소를 이용하면 자동차, 선박, 잠수함 등의 동력을 얻을 수 있다.

발명의 효과

[0094] 본 발명으로 제조되는 양성금속 및 합금 박편 및 분말은 제조비용이 싸고, 제조 공정이 간단하고, 취급이 편리하고 안전한 재료이다. 따라서 양성금속 및 합금 으로 수소를 생산하면 안전하고, 생산비용이 저렴한, 순수한 수소를 생산 할 수 있다. 본 발명은 양성금속 및 합금 을 사용하여 물에 저장된 수소를 방출시켜 수소를 생산함으로써 수소생산문제, 수소저장문제, 수소이동문제, 수소정제 문제 및 수소 안전성 문제가 모두 해결되는 효과가 있다.

도면의 간단한 설명

[0095] 도1은 양성금속산화물 용해 모식도를 나타낸 것이다.

도2는 양성금속수산화물 용해 모식도를 나타낸 것이다.

도3은 수소 발생 시작 시간 대 가성소다용액 농도를 나타낸 것이다.

도4는 수소 발생 속도 대 가성소다용액 농도를 나타낸 것이다.

도5는 양성금속Al 및 양성금속합금 Al-12Si 분말 형상 사진을 나타낸 것이다.

도6은 양성금속합금 Al-30Zn과 Al-5Si-4Cu-4Mg 분말 형상 사진을 나타낸 것이다.

도7은 양성금속합금박편 및 가성소다 분출 방지용 stainless steel mesh망 사진을 나타낸 것이다.

도8은 가성소다 분출 방지용 carbon steel mesh망 및 분출 방지용 섬유 사진을 나타낸 것이다.

도9는 양성금속 및 합금 박편 및 분말 제조도를 나타낸 것이다.

도10은 수소정제도를 나타낸 것이다.

도11은 양성금속 및 합금 전기분해도를 나타낸 것이다.

도12는 양성금속 및 합금을 이용한 수소발생기와 난방도를 나타낸 것이다.

발명을 실시하기 위한 구체적인 내용

[0096] 본 발명은 양성금속을 이용하여 물속에 저장된 수소를 고속으로 방출시켜 수소를 안전하고 저렴하게 생산하는 제조법에 관한 것이다. 수소를 안전하게 사용하려면 수소저장이 저렴하고 안전해야 한다. 현재 수소를 저장하는 방법에는 고압기체저장(수소저장능력 4~6wt%), 액체수소저장법(수소저장능력 5~6wt%), 수소저장재료이용법(수소 저장능력 1~3wt%, 저장탱크포함)이 있다. 물은 11wt%(저장탱크포함)의 수소를 저장하고 있다. 이와 같이 물의 수소저장능력은 그 어느 수단보다 높고 안전하다. 물은 구하기도 쉽고 지역 편재성도 없고 독점성도 없기 때문에 물속에 저장된 수소를 에너지원으로 사용하면 에너지원 독점에 따른 분쟁도 크게 감소시킬 수 있다.

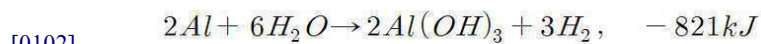
[0097] 본 발명은 물속에 안전하게 저장된 수소를 안전하고 저렴하게 방출시켜 수소를 생산할 수 있도록 양성금속 및 합금을 고안하였다. 수소는 에너지 밀도가 높고 환경오염을 발생시키지 않는 청정에너지 원이다. 현재의 수소생산은 화석연료를 수증기로 개질하여 수소와 이산화탄소를 얻는다. 고압 (15~25bar) 및 고온 (850℃이상)에서 개질하기 때문에 비용도 많이 들고 안전성에 문제가 있다. 또한 화석연료를 사용하여 수소를 얻기 때문에 자원고갈의 문제가 있다. 환경오염 없이 수소를 생산 하려면 물속에 무한정으로 저장된 수소를 안전하게 저렴하게 방출시켜 수소를 생산하는 방법이 가장 바람직하다.

[0098] 본 발명은 물속에 무진장으로 저장된 수소를 안전하고 저렴하게 방출시켜 수소를 생산하는 방법에 관한 것이다.

[0099] 물은 다량의 수소를 저장하고 있기 때문에 수소저장의 문제는 물을 활용하면 해결된다. 따라서 필요한 만큼 안전하게 저렴하게 순수한 수소를 방출시켜 사용하기만 하면 된다.

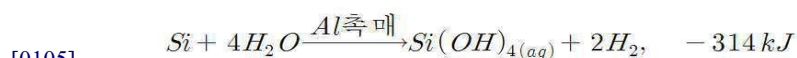
[0100] 물에 저장된 수소를 방출시켜 수소를 생산하려면 물과 잘 반응하는 물질이 필요하다.

[0101] 본 발명은 물과 잘 반응하는 양성금속 및 합금을 고안하였다. 양성 금속 중에 알루미늄, 규소, 아연을 선택하여 합금함으로써 물속에 저장된 수소를 고속으로 대량 방출시킬 수 있다. 양성금속중에 알루미늄은 단독으로 물과 반응하여 수소를 방출시킬 수 있으나, 규소 및 아연은 단독으로 물과 반응하여 수소를 방출시킬 수 없다. 규소와 아연은 소모성 촉매인 알루미늄과 합금시켜 물과 반응하여 다량의 수소를 방출시키도록 하였다.



[0103] 알루미늄 1kg을 이용하여 물 2kg에서 수소 111g과 15,200kJ의 열을 생산할 수 있다.

[0104] 상기 알루미늄이 존재할 때, 규소가 생산할 수 있는 수소의 양은 다음과 같다.



[0106] 규소 1kg을 이용하여 물 2.6kg에서 143g의 수소와 11,214kJ의 열을 생산할 수 있다.

[0107] 소모성 촉매 알루미늄이 존재할 때 아연이 생산할 수 있는 수소의 양은 다음과 같다.



[0108]

아연 1kg을 이용하여 물 554g에서 31g의 수소와 1,076kJ의 열을 생산할 수 있다.

[0109]

물에서 수소를 가장 많이 생산할 수 있는 양성금속은 1kg 사용 기준으로 규소(수소143g 생산), 알루미늄(수소 111g생산), 아연(수소 31g생산) 순이다.

[0110]

규소나 아연은 단독으로 수소를 생산할 수 없고 알루미늄이 합금 원소로 존재할 때만 물과 반응하여 수소를 생산할 수 있으므로 양성금속 및 합금 조성은 알루미늄이 가장 많아야 하고 그다음이 규소이고 아연은 가장 적어야 수소발생량이 최대가 된다.

[0111]

양성금속 및 합금을 $xAl-ySi-wZn$ 으로 표시하면 $x>y>w$ 의 조건을 만족해야 한다. 이 때, 수소를 가장 많이 발생시키는 양성금속 및 합금의 바람직한 조성 범위는 $x=60\sim 100wt\%$, $y=0\sim 40wt\%$, $w=0\sim 30wt\%$ 이다.

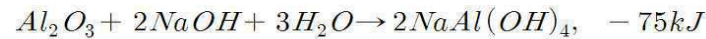
[0112]

본 발명에서는 양성금속 및 합금 $xAl-ySi-wZn$ 이 물과 반응하여 수소를 방출시킬때 양성금속 및 합금 표면에 형성된 양성금속산화물($Al_2O_3SiO_2ZnO_2$)이 물과 양성금속 및 합금의 반응을 방해함을 알았다. 따라서, 물에서 빨리 수소를 방출시키려면 양성금속산화물을 빨리 제거하는 것이 중요하다(도 1).

[0113]

본 발명은 양성금속산화물을 빨리 제거하는 가성소다용액의 농도 범위를 고안하였다. 양성금속 산화물을 제거하는 방법은 하기와 같다.

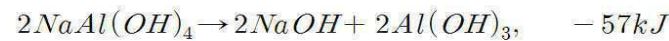
[0114]



[0115]

1mole(102g)의 산화알루미늄을 완전히 용해시키는데 2mole(80g)의 가성소다(NaOH)가 필요하다. 이 때, 최대 가성소다 용액의 농도는 60%이다.

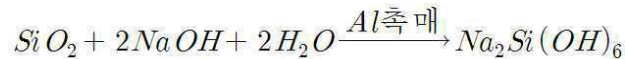
[0116]



[0117]

이 반응에 의해 가성소다가 100% 제공된다. 반응이 진행됨에 따라 물이 소모되어 가성소다용액의 농도는 점점 높아지게 되므로 충분히 물을 공급해야 한다. 알루미늄이 존재할 때 산화규소와 가성소다용액의 반응은 다음과 같다(도 1).

[0118]



[0119]

1mole(60g)의 산화규소를 완전히 용해시키는데 최대 2mole(80g)의 가성소다가 필요하다.

[0120]



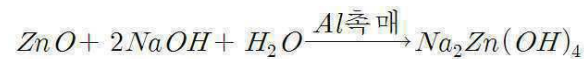
[0121]

이 반응에 의해 가성소다가 100% 제공되고 있으므로 물만 충분히 공급해주면 반응은 계속된다.

[0122]

알루미늄이 존재할 때 산화아연은 가성소다 용액과 다음과 같이 반응하여 양성금속 및 합금표면에 생성된 양성금속산화물을 제거한다(도 1).

[0123]



[0124]

1mole(81g)의 산화아연을 완전히 용해시키는데 2mole(80g)의 가성소다가 필요하다.

[0125]

가성소다는 다음 반응에 의해 100% 제공되므로 물만 충분히 공급하면 양성금속 산화물을 계속 용해시킬 수 있다.

[0126]



[0127]

이상에서 양성금속산화물을 용해시키는데 2mole의 가성소다가 필요한 것을 알 수 있다. 실험에 의하면 도 3에서 보이는 바와 같이 NaOH 농도가 60% 이하인 농도에서 금속산화물이 모두 용해되어 수소가 발생된다.

[0128]

양성금속산화물이 용해됨에 따라 물은 소모되고 NaOH는 100% 제공되므로 초기 가성소다용액의 농도가 28% 일 때 실제 농도는 60%에 달하며 수소발생시작 시간이 0.5초에 달할 만큼 양성금속산화물과 가성소다용액은 완전히

[0129]

반응하여 수소를 방출 시킨다.(도 3)

[0130] 본 발명에서 양성금속산화물($Al_2O_3SiO_2ZnO_2$)을 용해시켜 수소발생시간을 조절하는 가성소다용액의 농도 범위는 4%(10초 후 수소발생)에서 32%(0.5초 후 수소발생)이다(도 3). 가성소다용액의 농도가 12~24% 범위에서 수소발생은 5초 이내에 일어난다.

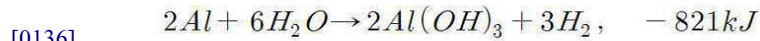
[0131] 양성금속산화물이 양성금속 및 합금 $xAl-ySi-wZn$ 표면에서 용해되는 반응을 도 1과 같이 나타낼 수 있다.

[0132] 양성금속산화물($Al_2O_3SiO_2ZnO_2$)이 용해되고 난 후, 양성금속 및 합금 이 물과 반응하여 수소를 방출시킨다. 이때 가성소다용액($NaOH + H_2O$) 의 농도는 5%~32% 범위에서 수소발생시작 시간을 조절할 수 있다. 상기 농도가 32%을 초과하면 수소발생시작시간에 영향을 주지 않는다(도 3).

[0133] 양성금속 및 합금 $xAl-ySi-wZn$ 분말 표면에 존재하는 양성금속산화물을 용해시키면 양성금속 및 합금 $xAl-ySi-wZn$ 은 물과 반응하여 양성금속수산화물($Al_2O_3SiO_2ZnO_2$)과 수소를 발생시킨다(도 2). 이때, 생성된 양성금속수산화물은 양성금속 및 합금과 물과의 반응을 방해하여 수소발생을 정지시킨다(도2).

[0134] 본 발명에서는 양성금속 및 합금 $xAl-ySi-wZn$ 표면에 생성된 양성금속수산화물을 빨리 용해시켜 수소발생속도를 증가시키는 가성소다 용액의 농도 범위를 제시한다.(도 4)

[0135] 양성금속수산화물과 가성소다용액과의 반응은 다음과 같다.



[0138] 2mole(156g)의 양성금속수산화물($Al(OH)_3$)을 용해시키는데 2mole(80g)의 가성소다가 필요하다. 알루미늄 1kg으로 수소 111g을 생산하려면 물이 2kg 필요하므로 이때의 가성소다용액의 농도는 최소 4%이다. 실험에 의하면 가성소다농도에 따른 수소발생속도(cc/min?g)는 도 4에 보는 바와 같다. 가성소다용액의 농도가 4%일때 수소발생속도가 최소이고 28%일 때 최대이다. 가성소다 농도가 증가함에 따라 수소발생속도가 급격히 증가하는 것을 확인할 수 있다.

[0139] 본 발명에서 양성금속수산화물을 용해시켜 수소발생속도를 조절하는 가성소다용액의 농도 범위는 4~32%이다. 수소발생속도는 가성소다용액의 농도가 12~28%일 때 가장 빠르다(도 4).

[0140] 빠른 수소발생시작과 함께 수소발생속도가 크려면 양성금속 및 합금의 조성, 가성소다용액의 농도와 함께 양성금속 및 합금 의 표면적이 커야 물과의 접촉 면적이 증가하여 수소발생속도가 크게 된다.

[0141] 본 발명에서는 양성금속 및 합금 $xAl-ySi-wZn$ 과 물을 반응시켜 큰 수소발생속도를 얻기 위하여 양성금속 및 합금 표면적을 증가시키는 기술을 고안한다(도 5, 도 6, 도 7).

[0142] 양성금속 및 합금 $xAl-ySi-wZn$ 의 형태에 따른 표면적은 다음과 같다.

[0143] 대표적인 양성금속인 알루미늄(밀도 $2.7g/cm^3$)을 기준 재료로 하여 표면적을 계산하면 다음과 같다.

[0144] 가로 $t=1cm$, 세로 $L=1cm$, 폭 $w=1cm$ 인 정육면체 알루미늄 덩어리 (bulk)의 경우,

$$\text{총 표면적 } S_t = 1cm^2/\text{면} \times 6\text{면} = 6cm^2$$

$$\text{부피 } V_t = 1cm \times 1cm \times 1cm = 1cm^3$$

$$\text{무게 } wt = 1cm^3 \times \frac{2.7g}{cm^3} = 2.7g$$

[0145]

[0146] 두께 $t=100\mu\text{m}(0.01\text{cm})$, 폭 $w=3\text{cm}$, 길이 $L=6\text{cm}$ 인 박편 (flake)의 경우,

$$\text{박편 한개의 표면적 } S_o = 2\text{면} \times 3\text{cm}w \times 6\text{cm}L/\text{면} + 2\text{면} \times 0.01\text{cm}t \times 3\text{cm}w/\text{면} + 2\text{면} \times 0.01\text{cm}t \times 6\text{cm}L/\text{면} = 36.18\text{cm}^2$$

$$\text{박편 한개의 부피 } V_o = 0.01\text{cm}t \times 3\text{cm}w \times 6\text{cm}L = 0.18\text{cm}^3$$

$$\text{박편 한개의 무게 } W_o = 0.18\text{cm}^3 \times 2.79/\text{cm}^3 = 0.486\text{g}$$

$$\text{총 박편의 갯수 } V = 2.7\text{g} \div 0.486\text{g} = 5.6\text{개}$$

$$\text{총 박편의 표면적 } S_t = 36.18\text{cm}^2/1\text{개} \times 5.6\text{개} = 203\text{cm}^2$$

[0147]

[0148] 직경 $d=100\mu\text{m}(0.01\text{cm})$ 인 분말(powder)의 경우,

$$\text{분말 한개의 표면적 } S_o = 4\pi r^2 = 4 \times 3.14 \times (0.005\text{cm})^2 = 0.000314\text{cm}^2 = 3.14 \times 10^{-4}\text{cm}^2$$

$$\text{분말 한개의 부피 } V_o = \frac{4}{3}\pi r^3 = \frac{4}{3} \times 3.14 \times (0.005\text{cm})^3 = 0.000000523\text{cm}^3 = 5.23 \times 10^{-7}\text{cm}^3$$

$$\text{분말 한개의 무게 } W_o = 2.7\text{g}/\text{cm}^3 \times 5.23 \times 10^{-7}\text{cm}^3 = 14.12 \times 10^{-7}\text{g}$$

$$\text{전체 분말의 갯수 } N = 2.7\text{g} \div 14.23 \times 10^{-7}\text{g} = 19.1 \times 10^5\text{개}$$

$$\text{전체 분말의 표면적 } S_t = 3.14 \times 10^{-4}\text{cm}^2/\text{개} \times 19.1 \times 10^5\text{개} = 600\text{cm}^2$$

[0149]

[0150] 두께 $t=14\mu\text{m}(0.0014\text{cm})$, 폭 $w=30\text{cm}$, 길이 $L=23.8\text{cm}$ 인 상용 은박지(foil)의 경우,

$$\text{은박지의 표면적 } S_t = 2\text{면} \times 30\text{cm}w \times 23.8\text{cm}L/\text{면} + 2\text{면} \times 0.0014\text{cm}t \times 30\text{cm}w/\text{면} + 0.0014\text{cm}t \times 23.8\text{cm}L/\text{면} = 1428\text{cm}^2$$

$$\text{은박지의 부피 } V_t = 0.0014\text{cm}t \times 30\text{cm}w \times 23.8\text{cm}L = 0.9996\text{cm}^3 \approx 1\text{cm}^3$$

$$\text{은박지의 총 무게 } W_t = 2.7\text{g}/\text{cm}^3 \times 1\text{cm}^3 = 2.7\text{g}$$

[0151]

[0152] 양성금속 순수 알루미늄 2.7g의 경우 형상에 따른 표면적은 덩어리(6cm^2), 박편(200cm^2), 분말(600cm^2), 은박지(1400cm^2)의 순으로 증가한다. 정육면체 알루미늄 덩어리를 기준으로 할 때 수소 방출 속도는 박편의 경우 30배 이상 빠르고, 분말은 100배 이상 빠르고, 은박지는 200배 이상 빠르다. 양성금속 및 합금 $x\text{Al}_y\text{Si}_z\text{Zn}$ 을 덩어리로 사용하면 수소발생 속도가 너무 느려 수소발생기를 크게 해야 한다. 수소발생기가 크면 운송체에 장착하는데 문제가 있다. 수소발생기가 작으면서 많은 수소를 공급할 수 있어야 자동차, 선박, 잠수함 등의 연료 전지에 많은 전력을 공급할 수 있게 된다(도 12).

[0153] 은박지는 큰 표면적으로 인해 반응속도는 빠르나 수소발생 반응기 설계 및 운전에 문제가 있다. 또한 은박지 제조에 비용이 많이 든다. 박편이나 분말은 표면적이 넓기 때문에 수소발생속도가 빨라서 수소발생기도 작고 운전도 간편하고 안전하다. 분말은 수소발생속도가 빨라 운송체용 연료전지에 수소를 안전하게 대량으로 저렴하게 공급할 수 있다.

[0154] 본 발명은 표면적이 큰 양성금속 및 합금 $x\text{Al}_y\text{Si}_z\text{Zn}$ 의 박편과 분말을 안전하고 저렴하게 생산하는 방법에 관한 것이다(도 9).

[0155] 두께 $t=100\mu\text{m}(0.01\text{cm})\sim 200\mu\text{m}(0.02\text{cm})$ 의 박편을 생산할 때 용금 공급 도가니에 $(1\sim 2\text{mm}) \times (4\sim 6\text{mm})$ 크기의 노즐이 3개 있을 때 박편을 대량으로 저렴하게 생산할 수 있다. 수냉롤러의 외경 $d=30\text{cm}$ 이고 길이 $L=30\text{cm}$, 내경 $d_1=26\text{cm}$, 회전수 $20\sim 30\text{rpm}$ 일 때 저렴하고 안전하게 박편을 얻을 수 있다(도9). 직경 $d=100\mu\text{m}(0.01\text{cm})$ 의 분말을 생산할 때 노즐 직경 $D=1\sim 3\text{mm}$, 용탕유지온도 $800^\circ\text{C}\sim 850^\circ\text{C}$, 공기 콤프레샤 압력 $p=7\sim 9\text{kg}/\text{cm}^2$ 일때 저렴하면서도 안전하게 분말을 제조할 수 있다(도 9).

[0156] 본 발명은 양성금속 및 합금 $xAl-ySi-wZn$ 박편 및 분말이 가성소다 용액과 격렬하게 반응하여 수소와 함께 분출되거나 폭발하는 것을 방지하는 분출 방지망을 고안한다(도7,도8). 양성금속 및 합금 분말이나 박편은 가성소다 용액과 격렬하게 반응하여 수소와 함께 분출되기 때문에 실용화를 위해서는 분출 방지망이 필요하다.

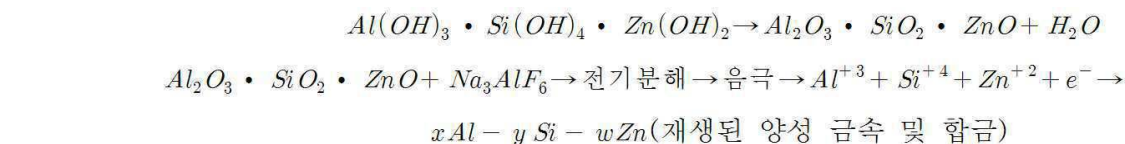
[0157] 이를 해결하기 위하여 가로(100~200 μm)×세로(100~200 μm)인 구멍을 갖는 셀룰로스로 섬유망 (면섬유, 마섬유, 레이온계 섬유로서, 무게 150 g/m²이상, 경위사 밀도 86×80 올/5cm 이상일때 인장강도 34kg~36kg), 내열성 합성 섬유망 (나일론섬유, 폴리에틸렌 섬유, 폴리프로필렌 섬유, 아크릴섬유, 아세테이트섬유로서, 무게 150 g/m² 이상, 경위사 밀도 90×60올/5cm 일때 인장강도 34kg~39kg, 융점 180 ℃ 이상) 또는 철망(강철망, 스테인레스강 망 등)을 사용한다 (도 7, 도 8).

[0158] 구멍 크기가 $1 \times 10^4 \sim 4 \times 10^4 \mu m^2$ 범위일 때 직경 $d=100 \mu m$ 이상인 분말 및 박편이 망 밖으로 빠져나갈 수 없기 때문에 가성소다용액이 분출되는 일이 없이 양성금속수산화물과 수소만 빠져나가게 된다. 구멍 크기가 이 범위 일 때 양성금속수산화물은 망 밖으로 빠져나와 가성소다용액과 섞이게 되고 불순물은 망속에 남게 되어 순수한 양성금속수산화물을 얻을 수 있다. 철망의 소재는 저탄소강의 경우 인장강도 40~60kg/mm², 페라이트 스테인레스강의 경우 인장강도 40~50kg/mm², 오스테나이트 스테인레스강인 경우 인장강도 50~60kg/mm²이 적합하다.

[0159] 본 발명에서는 양성금속 및 합금과 가성소다 용액이 반응하여 수소를 발생시키면 반응열로 인하여 가성소다 증기가 수소와 함께 발생되어 순수한 수소가스만 정제하는 방법을 고안한다(도 10).

[0160] 양성금속 및 합금 $xAl-ySi-wZn$ 이 가성소다 용액과 반응하면 수소가스와 함께 가성소다 증기도 함께 방출된다. 수소연료전지에는 순수한 수소만 사용해야 되기 때문에 가성소다 증기를 분리하여 순수한 수소만 생산해야 한다. 가성소다용액 증기를 제거하고 순수한 수소만 얻기 위하여 반응기에서 나오는 혼합가스를 물속에 통과시키면 가성소다 증기만 물에 용해되고 순수한 수소만 방출된다. 이 방법으로 100%순수한 수소를 얻을 수 있다(도 10).

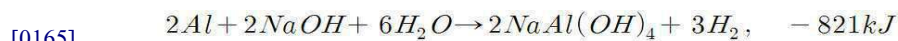
[0161] 본 발명은 양성금속 및 합금 $xAl-ySi-wZn$ 이 물과 반응하여 양성금속수산화물과 수소를 방출할 때 생성된 양성금속수산화물($Al(OH)_3 \cdot Si(OH)_4 \cdot Zn(OH)_2$)을 회수하여 풍력 발전이나 태양광 발전에 의해 생산한 전력으로 전기 분해하여 양성금속 및 합금 을 재생할 수 있는 기술에 관한 것이다. 양성금속수산화물($Al(OH)_3 \cdot Si(OH)_4 \cdot Zn(OH)_2$)을 건조시켜 탈수시키면 양성금속산화물($Al_2O_3SiO_2ZnO_2$)을 얻을 수 있다. 양성금속산화물을 빙정석에 녹여 풍력발전이나 태양광 발전에 의해 얻은 깨끗한 전력을 이용하여 전기분해 시키면 음극에서 양성금속 및 합금 을 재생시킬 수 있다(도 11).



[0162]

[0163] 양성금속 및 합금 $xAl-ySi-wZn$ 을 물과 반응시켜 수소를 생산하고 양성금속수산화물을 재처리하면 양성금속 및 합금 $xAl-ySi-wZn$ 을 재생할 수 있기 때문에 자원이갈 없이 지속적으로 안정되게 에너지를 생산할 수 있게 된다(도 11).

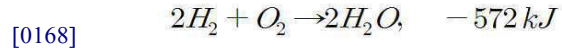
[0164] 본 발명은 양성금속 및 합금 $xAl-ySi-wZn$ 이 물과 반응하여 발생하는 다량의 반응열과 수소가스의 사용기술을 고안한다. $xAl-ySi-wZn$ 에서 $x=100\%$ 인 순 알루미늄의 경우 가성소다 용액과의 반응은 다음과 같다.



[0165]

[0166] 알루미늄 1kg을 물 2kg과 반응시키면 15,200 kJ의 반응열과 111g의 수소를 얻는다.

[0167] 이 반응열은 건물의 난방용으로 사용할 수 있다(도 12).



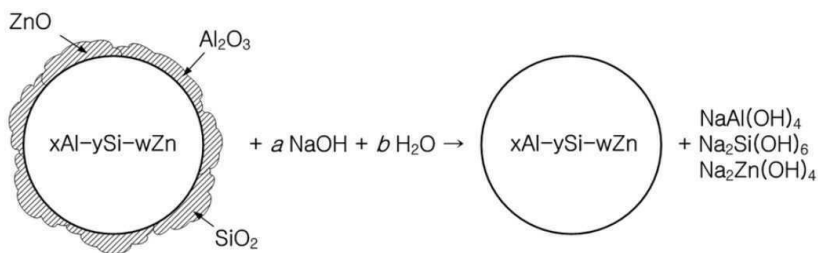
[0169] 수소 1kg을 산소 8kg과 반응시키면 143,000kJ의 반응열이 발생한다. 이 반응열을 이용하여 내연기관에도 사용할 수 있고, 연료전지에서 전력을 생산할 수 있다.

[0170] 수소 연료 전지 자동차에 1kg의 수소를 주입하면 120km이상을 주행할 수 있는 전력을 얻을 수 있다.

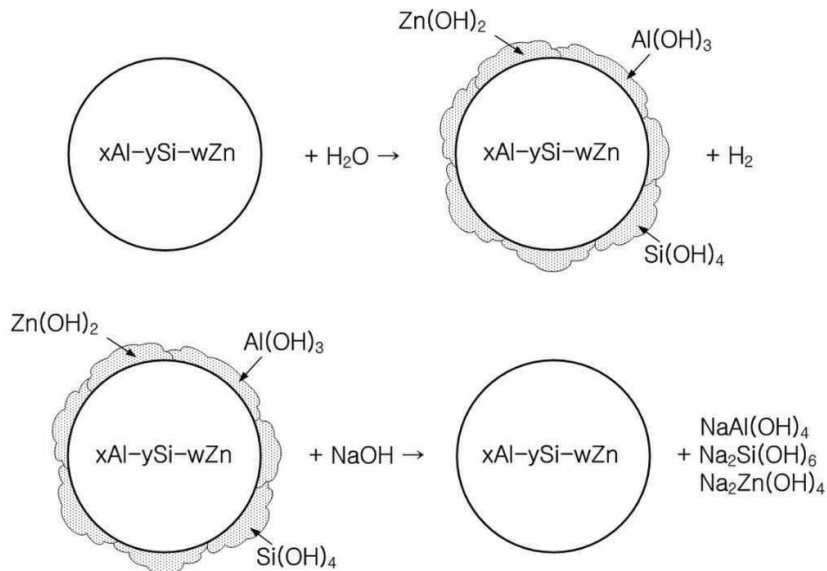
[0171] 연료 전지에 수소를 이용하면 자동차, 선박, 잠수함 등에 필요한 동력을 얻을 수 있다.

도면

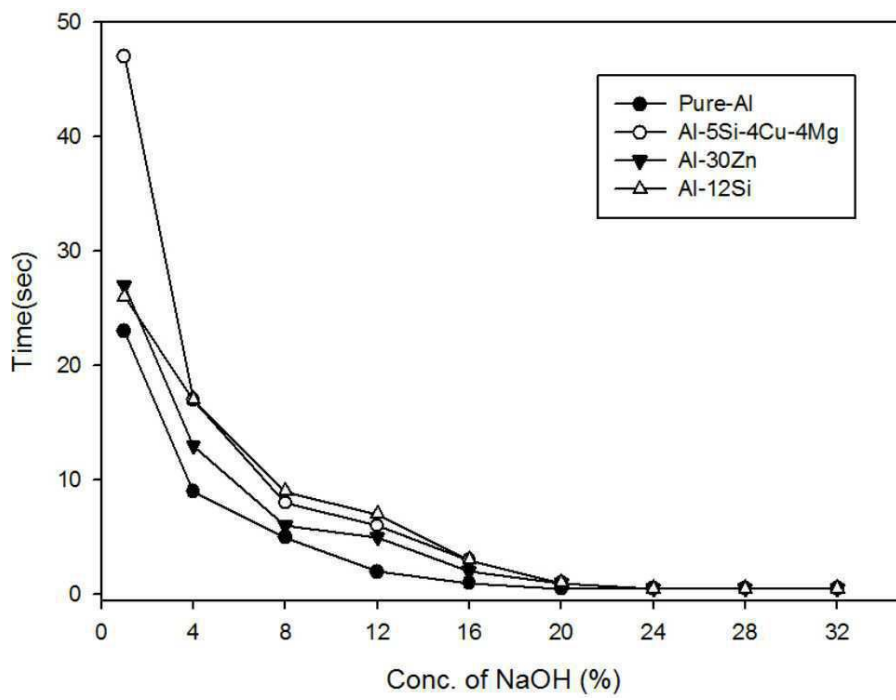
도면1



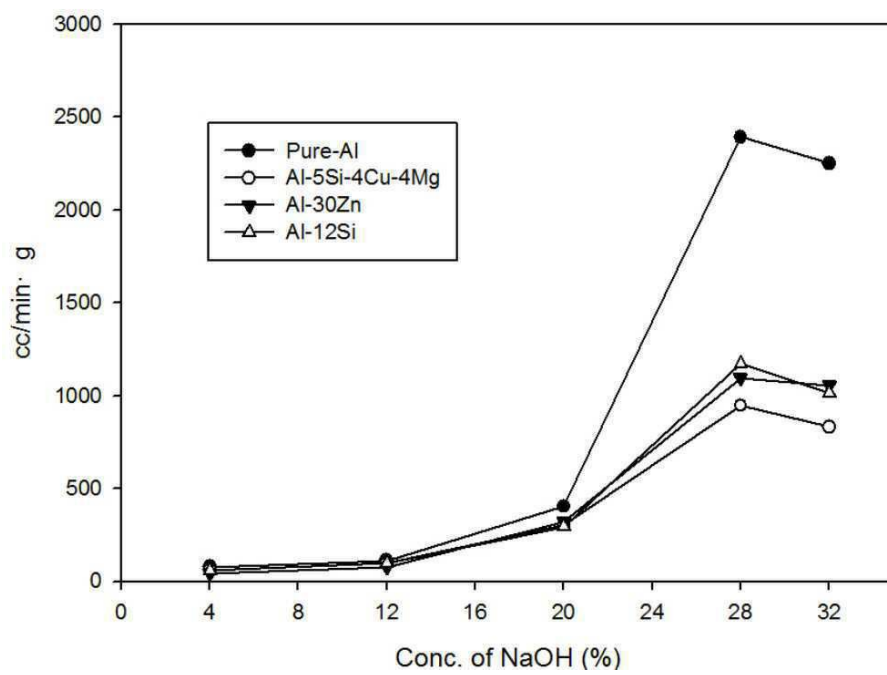
도면2



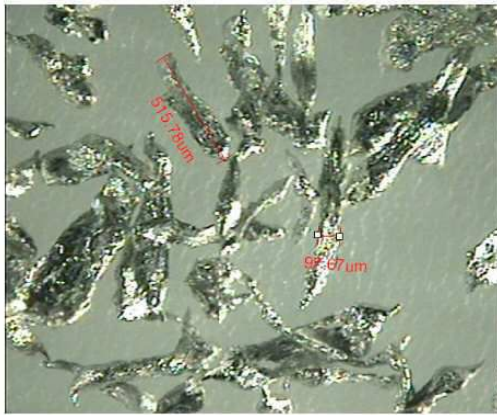
도면3



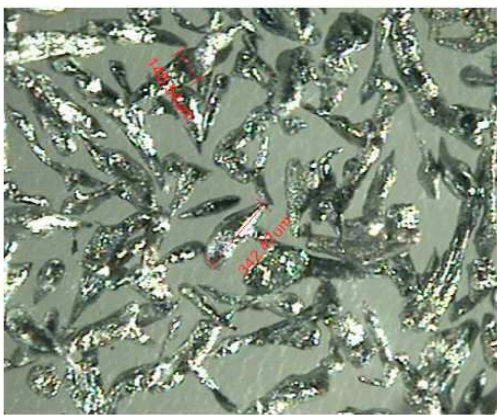
도면4



도면5

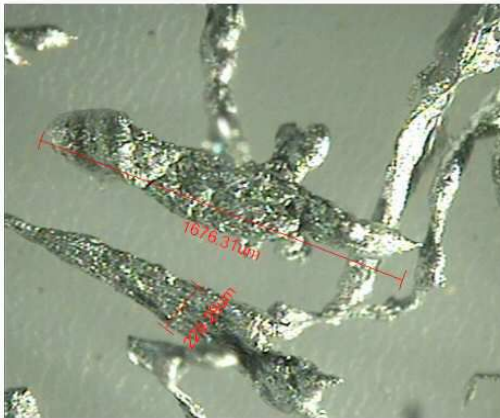


양성 금속 Al 분말

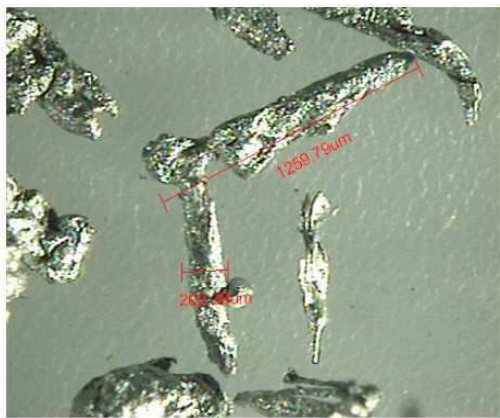


양성 금속 합금 Al-12Si 분말

도면6

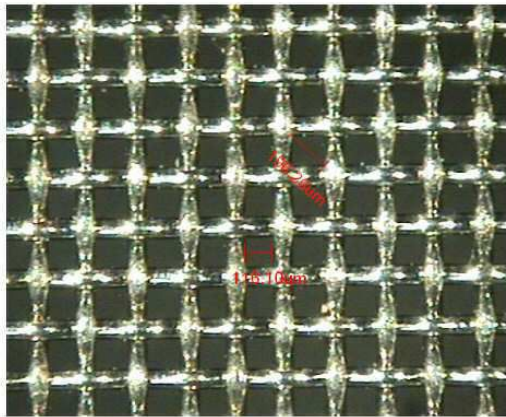


양성 금속 합금 Al-30Zn 분말



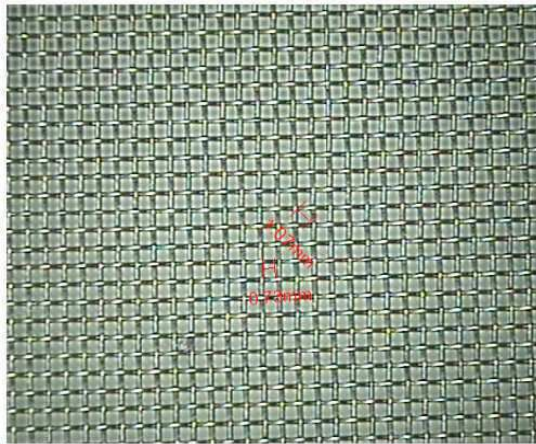
양성 금속 합금 Al-5Si-4Cu-4Mg 분말

도면7

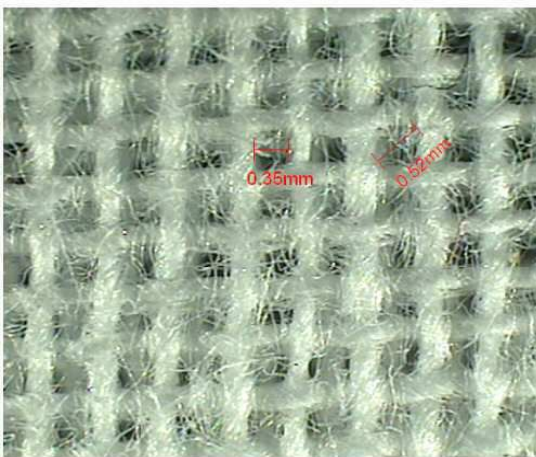


Stainless steel mesh를 이용한 용액분출 방지망 (125 μ m)

도면8

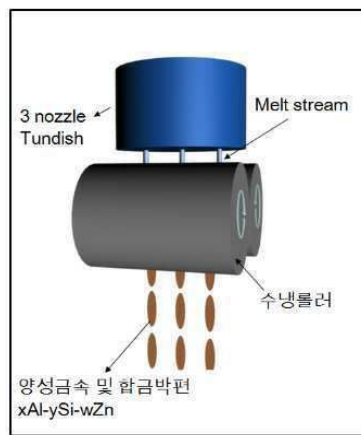


Carbon steel mesh를 이용한 용액분출 방지망 (710 μm)

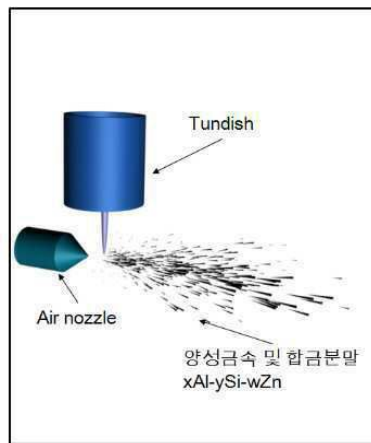


면직물을 이용한 용액분출 방지망

도면9

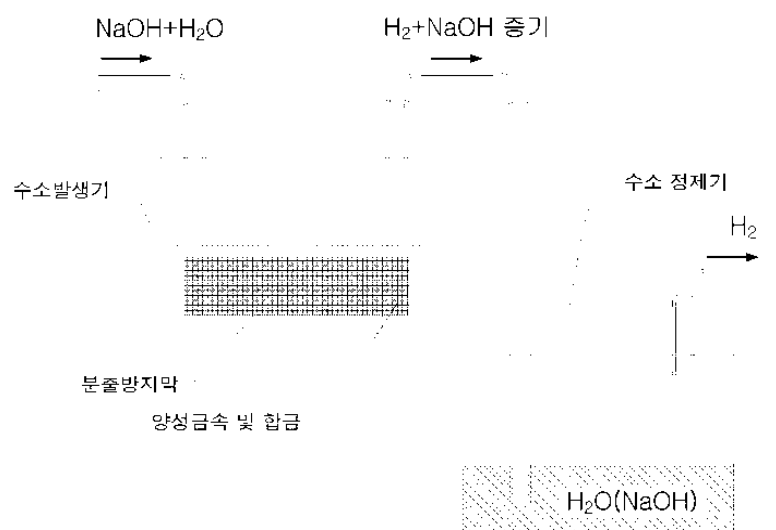


양성금속 및 합금 박편 제조장치

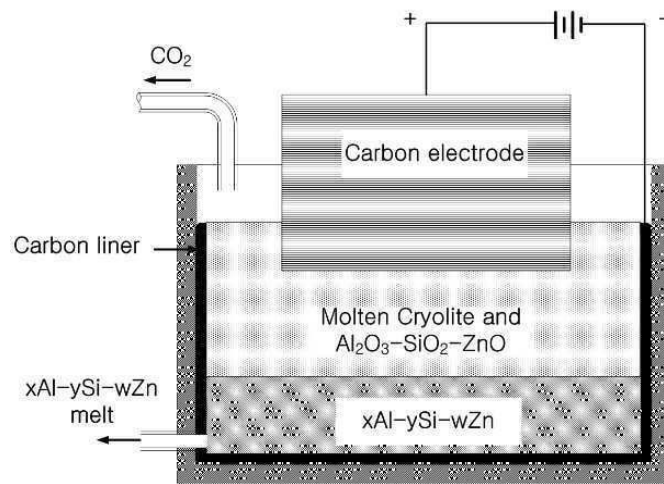


양성금속 및 합금 분말 제조장치

도면10



도면11



도면12

