



(19) 대한민국특허청(KR)
(12) 공개특허공보(A)

(11) 공개번호 10-2012-0126205
(43) 공개일자 2012년11월21일

(51) 국제특허분류(Int. Cl.)
C22C 16/00 (2006.01)

(21) 출원번호 10-2011-0043828

(22) 출원일자 2011년05월11일

심사청구일자 2011년05월11일

(71) 출원인

충남대학교산학협력단

대전광역시 유성구 대학로 99 (궁동, 충남대학교)

(72) 발명자

홍순익

대전광역시 유성구 대덕대로541번길 68, 현대A
101동 604호 (도룡동)

김규태

경상북도 경주시 석장동 707번지

(뒷면에 계속)

(74) 대리인

이동희

전체 청구항 수 : 총 4 항

(54) 발명의 명칭 우수한 기계적 특성과 내식성을 갖는 핵연료 피복관용 지르코늄 합금

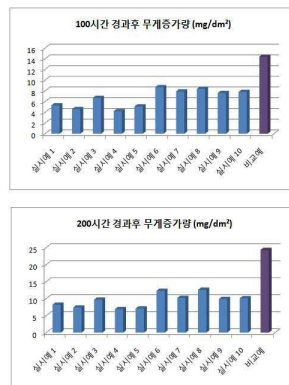
(57) 요약

우수한 기계적 특성과 내식성을 갖는 핵연료 피복관용 지르코늄 합금이 개시된다.

본 발명에 따른 핵연료 피복관용 지르코늄 합금은 니오븀(Nb) 0.5 내지 5 중량%; 철(Fe) 0.01 내지 0.35 중량%; 산소(O) 800 내지 3,000ppm; 규소(Si), 인(P) 으로 이루어지는 균으로부터 선택되는 적어도 하나 이상의 원소를 각각 5 내지 300ppm; 및 잔부 지르코늄(Zr)으로 이루어진다.

본 발명에 의한 경우, 종래에 비하여 인장강도 등의 기계적 특성의 감소 없이 부식저항성(내식성)을 크게 향상시킬 수 있게 된다.

대표도 - 도2



(72) 발명자

이은규

대전광역시 서구 대덕대로 22, 202호 (내동)

이종민

경상북도 울진군 후포면 후포7길 63

특허청구의 범위

청구항 1

니오븀(Nb) 0.5 내지 5 중량%; 철(Fe) 0.01 내지 0.35 중량%; 산소(O) 800 내지 3,000ppm; 인(P) 및 규소(Si)로 이루어지는 군으로부터 선택되는 적어도 하나 이상의 원소를 각각 5 내지 300ppm; 및 잔부 지르코늄(Zr))으로 이루어지는 것을 특징으로 하는 지르코늄 합금.

청구항 2

니오븀(Nb) 0.5 내지 5 중량%; 철(Fe) 0.01 내지 0.35 중량%; 산소(O) 800 내지 3,000ppm; 황(S) 5 내지 300ppm; 인(P) 및 규소(Si)로 이루어지는 군으로 이루어지는 군으로부터 선택되는 적어도 하나 이상의 원소를 각각 5 내지 300ppm; 및 잔부 지르코늄(Zr)으로 이루어지는 것을 특징으로 하는 지르코늄 합금.

청구항 3

니오븀(Nb) 0.5 내지 5 중량%; 주석(Sn) 0.01 내지 0.5 중량%; 철(Fe) 0.01 내지 0.35 중량%; 산소(O) 800 내지 3,000ppm; 인(P), 규소(Si)로 이루어지는 군으로 이루어지는 군으로부터 선택되는 적어도 하나 이상의 원소를 각각 5 내지 300ppm; 및 잔부 지르코늄(Zr)으로 이루어지는 것을 특징으로 하는 지르코늄 합금.

청구항 4

니오븀(Nb) 0.5 내지 5 중량%; 주석(Sn) 0.01 내지 0.5 중량%; 철(Fe) 0.01 내지 0.35 중량%; 산소(O) 800 내지 3,000ppm; 황(S) 5 내지 300ppm; 인(P), 규소(Si)로 이루어지는 군으로 이루어지는 군으로부터 선택되는 적어도 하나 이상의 원소를 각각 5 내지 300ppm; 및 잔부 지르코늄(Zr)으로 이루어지는 것을 특징으로 하는 지르코늄 합금.

명세서

기술분야

[0001] 본 발명은 원자력발전소 원자로심 내에서 핵연료를 가두고 핵분열 생성물이 냉각수로 유입되는 것을 막아주는 핵연료 피복관용 합금재료에 관한 것으로, 보다 상세하게는 종래에 비하여 우수한 기계적 특성과 내식성을 갖는 핵연료 피복관용 지르코늄 합금에 관한 것이다.

배경기술

[0002] 지르코늄 합금은 낮은 중성자 흡수 단면적과 우수한 내식성 및 기계적 특성 때문에 원자로심 내에서 핵연료 피복관 및 구조물 재료로 광범위하게 사용되고 있는데, 현재까지 개발된 지르코늄 합금 중에서 지르칼로이(Zircaloy)-2와 지르칼로이-4 합금이 가장 널리 사용되고 있다. 지르칼로이계 합금의 개발은 ASTM STP-368 (p. 3-27, 1963)에 자세히 서술되어 있다. 이 문헌에서 지르칼로이-1(Sn:2.5%, Zr:balance), 지르칼로이-2(Sn:1.20-1.70%, Fe:0.07-0.20%, Cr:0.05-1.15%, Ni: 0.03-0.08%, O:900-1500ppm, Zr:잔부, 여기서 (Fe+Cr+Ni):0.16-1.70%), 지르칼로이-3A(Sn:2.5%, Fe:0.25%, Zr:잔부), 지르칼로이-3B(Sn:0.5%, Fe:0.4%, Zr:잔부), 지르칼로이-3C(Sn:0.5%, Fe:0.2%, Ni:0.2%, Zr:잔부), 지르칼로이-4(Sn:1.20-1.70%, Fe:0.18-0.24%, Cr:0.07-0.13%, O:900-1500ppm, Ni:< 0.007%, 여기서 (Fe+Cr):0.28- 0.24%) 등의 여러 가지 지르칼로이계 합금을 소개하고 있다. 그러나 지르칼로이-2와 지르칼로이-4를 제외한 합금은 기계적 강도와 노 내에서 부식특성이 나빠서 상용화되지 못하였으며, 지르칼로이-4가 가장 많이 사용되어 왔다.

[0003] 현재의 원자력 발전소의 가동조건은 기존의 지르칼로이-4 핵연료 피복관 재료로는 극복하기 어려운 상황으로 발

전하고 있는 추세이다. 즉 발전소의 경제성 향상을 위한 연소도의 증가, 운전온도의 상승 및 발전소의 1차 계통의 방사능 준위를 감소시키기 위하여 고 pH 운전으로 가동조건이 변함에 따라서 지르칼로이계 합금은 핵연료 피복관용 재료로 더 이상 사용이 어려운 상황에 놓여 있다.

[0004] 이러한 상황에서 현재 많은 핵연료 관련 기관에서는 지르코늄 합금의 내식성과 강도를 향상시킬 수 있는 새로운 지르코늄 합금에 대하여 많은 연구를 수행하여왔으며, Zirloy (Zr-1Nb-1Sn-0.2Fe) 및 M5 (Zr-1Nb-0(<1200 ppm)) 등의 합금이 개발되어 신핵연료 피복관 소재로 사용되고 있다. 그러나 기존의 지르칼로이 합금 및 신합금 피복관 소재를 대체할 수 있는 우수한 기계적 특성과 내식성을 갖는 핵연료 피복관용 지르코늄 합금에 대한 필요성은 꾸준히 제기 되고 있다.

[0005] 이에 본 발명자들은 기존의 지르칼로이계 합금을 대체할 있는 보다 우수한 기계적 특성과 내식성을 지닌 새로운 지르코늄 합금을 개발하기 위하여 노력한 결과, 신규한 성분 구성 및 조성비를 지닌 지르코늄 합금을 개발하고, 새로운 지르코늄 합금이 우수한 기계적 특성과 내식성을 가짐을 확인함으로써 본 발명을 완성하였다.

발명의 내용

해결하려는 과제

[0006] 본 발명의 목적은 종래의 지르칼로이계 합금을 대체할 수 있는 핵연료 피복관용 지르코늄 합금을 제공하는 데 있다. 즉, 본 발명은 종래에 비하여 핵연료 피복관에서 요구되는 기계적 특성 및 내식성의 조합이 향상된 핵연료 피복관용 지르코늄 합금을 제공하고자 하는 것이다.

과제의 해결 수단

[0007] 상술한 목적을 달성하기 위한 본 발명의 일례에 따른 지르코늄 합금은 니오븀(Nb) 0.5 내지 5 중량%; 철(Fe) 0.01 내지 0.35 중량%; 산소(O) 800 내지 3,000ppm; 인(P) 및 규소(Si)로 이루어지는 군으로부터 선택되는 적어도 하나 이상의 원소를 각각 5 내지 300ppm; 및 잔부 지르코늄(Zr)으로 이루어진다.

[0008] 본 발명의 다른 예에 의한 지르코늄 합금은 니오븀(Nb) 0.5 내지 5 중량%; 철(Fe) 0.01 내지 0.35 중량%; 산소(O) 800 내지 3,000ppm; 황(S) 5 내지 300ppm; 인(P) 및 규소(Si)로 이루어지는 군으로 이루어지는 군으로부터 선택되는 적어도 하나 이상의 원소를 각각 5 내지 300ppm; 및 잔부 지르코늄(Zr)으로 이루어진다.

[0009] 본 발명의 또 다른 예에 의한 지르코늄 합금은 니오븀(Nb) 0.5 내지 5 중량%; 주석(Sn) 0.01 내지 0.5 중량%; 철(Fe) 0.01 내지 0.35 중량%; 산소(O) 800 내지 3,000ppm; 인(P), 규소(Si)로 이루어지는 군으로 이루어지는 군으로부터 선택되는 적어도 하나 이상의 원소를 각각 5 내지 300ppm; 및 잔부 지르코늄(Zr)으로 이루어진다.

[0010] 또한 본 발명의 또 다른 예에 의한 지르코늄 합금은 니오븀(Nb) 0.5 내지 5 중량%; 주석(Sn) 0.01 내지 0.5 중량%; 철(Fe) 0.01 내지 0.35 중량%; 산소(O) 800 내지 3,000ppm; 황(S) 5 내지 300ppm; 인(P), 규소(Si)로 이루어지는 군으로 이루어지는 군으로부터 선택되는 적어도 하나 이상의 원소를 각각 5 내지 300ppm; 및 잔부 지르코늄(Zr)으로 이루어진다.

발명의 효과

[0011] 상술한 바와 같은 본 발명에 의한 지르코늄 합금에 의한 경우, 합금을 이루는 적절한 성분의 선택과 각 성분의 첨가량의 조절에 의하여 종래의 지르칼로이계 합금 또는 Zr-Nb-O계 지르코늄 합금에 비해 인장강도 등의 기계적 특성을 향상시킬 수 있게 된다. 또한 종래의 지르칼로이계 합금 또는 Zr-Nb-Sn계 지르코늄 합금보다 인장강도 등의 기계적 특성의 감소 없이 부식저항성(내식성)을 크게 향상시킬 수 있게 된다. 따라서 본 발명에 의한 지르코늄 합금은 원자력 발전소의 핵연료 피복관, 지지격자 및 구조물 재료 등에 유용하게 사용될 수 있으며, 기계적 특성 및 내식성의 향상에 의하여 원자력발전소의 안전성을 도모할 수 있음과 아울러, 핵연료 연소도의 향상 및 운전 운전주기를 늘릴 수 있게 된다.

도면의 간단한 설명

- [0012] 도 1은 본 발명의 실시예 및 비교예에 의한 인장강도 측정 결과이다.
 도 2는 본 발명의 실시예 및 비교예에 의한 부식저항성 측정 결과이다.

발명을 실시하기 위한 구체적인 내용

- [0013] 이하 본 발명을 상세하게 설명한다.
- [0014] 본 발명은 종래에 비하여 기계적 특성과 내식성이 향상된 지르코늄 합금을 제공하는데, 본 발명의 일례에 따른 지르코늄 합금은,
- [0015] 니오븀(Nb) 0.5 내지 5 중량%; 철(Fe) 0.01 내지 0.35 중량%; 산소(O) 800 내지 3,000ppm; 인(P), 규소(Si)로 이루어지는 균으로부터 선택되는 적어도 하나 이상의 원소를 각각 5 내지 300ppm; 및 잔부 지르코늄(Zr)으로 이루어지거나, 니오븀(Nb) 0.5 내지 5 중량%; 철(Fe) 0.01 내지 0.35 중량%; 산소(O) 800 내지 3,000ppm; 황(S) 5 내지 300ppm; 인(P) 및 규소(Si)로 이루어지는 균으로 이루어지는 균으로부터 선택되는 적어도 하나 이상의 원소를 각각 5 내지 300ppm; 및 잔부 지르코늄(Zr)으로 이루어진다.
- [0016] 또한 본 발명은 상기 조성에 주석(Sn)을 추가로 포함하는 조성을 가질 수 있다. 즉, 본 발명의 다른 예에 의한 지르코늄 합금은,
- [0017] 니오븀(Nb) 0.5 내지 5 중량%; 주석(Sn) 0.01 내지 0.5 중량%; 철(Fe) 0.01 내지 0.35 중량%; 산소(O) 800 내지 3,000ppm; 인(P), 규소(Si)로 이루어지는 균으로 이루어지는 균으로부터 선택되는 적어도 하나 이상의 원소를 각각 5 내지 300ppm; 및 잔부 지르코늄(Zr)으로 이루어지거나, 니오븀(Nb) 0.5 내지 5 중량%; 주석(Sn) 0.01 내지 0.5 중량%; 철(Fe) 0.01 내지 0.35 중량%; 산소(O) 800 내지 3,000ppm; 황(S) 5 내지 300ppm; 인(P), 규소(Si)로 이루어지는 균으로 이루어지는 균으로부터 선택되는 적어도 하나 이상의 원소를 각각 5 내지 300ppm; 및 잔부 지르코늄(Zr)으로 이루어진다.
- [0018] 본 발명의 발명자들은 본 발명의 완성과정에서 지르코늄 합금의 구성 원소를 선정하기 위해, 중성자 효과, 제조 단가, 가공성, 모상인 지르코늄과의 합금성을 먼저 고려하였다. 또한 공개된 문헌의 조사 및 반복된 실험을 통하여 각각의 첨가 원소가 내식성, 기계적 특성 등에 어떠한 영향을 미치는지와 첨가되는 각각의 원소가 다른 원소의 성질에 어떠한 영향을 미치는지도 면밀하게 검토하였다. 이러한 검토 결과를 토대로 하여, 일차적으로 본 발명의 지르코늄 합금의 첨가 원소가 결정되었고, 다음으로 각 첨가 원소의 첨가량(조성비)을 결정하였다. 이러한 과정을 통하여 종래에 비하여 기계적 특성 및 내식성이 향상된 지르코늄 합금을 얻을 수 있었다. 특히 본 발명에서는 기존 합금에서는 첨가되지 않던 규소(Si), 인(P), 황(S)과 같은 원소를 미량 첨가하여 기계적 특성 및 내식성을 향상시킬 수 있었다. 본 발명의 핵심은 내식성을 저해시키나 강도를 높이기 위해 기존 합금에 많이 첨가되는 Sn을 합금원소에서 제거하거나, 미량만을 사용하고, Sn 비첨가 또는 Sn 함량 저하에 의한 강도 감소효과를 니오븀(Nb) 함량, 산소(O), 철(Fe) 중 전부 또는 일부 원소의 증가 및 규소(Si), 인(P), 황(S)과 같은 원소의 미량 첨가로 상쇄하여 강도는 떨어뜨리지 않으며, 내식성을 증가시키는 것이다.
- [0019] 본 발명의 지르코늄 합금 조성물에 사용된 각 원소의 특징 및 조성비의 한정이유를 설명하면 다음과 같다.
- [0020] 니오븀(Nb)은 지르코늄 합금에서 지르코늄(Zr)의 β 상 안정화 원소로 알려져 있다. 또한 니오븀은 합금의 수소 흡수성과 강도를 향상시키는 것으로 알려져 있다. 본 발명의 지르코늄 합금에 있어서, 상기 니오븀은 0.5 내지 5 중량%가 사용되는데, 상기 니오븀의 함량이 하한치 미만일 경우에는 강도 등의 기계적 특성이 저하될 우려가 있고, 니오븀의 함량이 상한치를 초과하는 경우에는 특성의 균질성 및 내식성이 저하될 우려가 있어 바람직하지 않다.
- [0021] 주석(Sn)은 지르코늄 합금에서 지르코늄(Zr)의 α 상 안정화 원소로 알려져 있으며, 합금에서 강도를 증가시키는 작용을 한다. 반면 내식성을 고려할 때에는 주석의 함량을 줄이는 것이 바람직하다고 알려져 있다. 본 발명의 일례에서 주석은 0.01 내지 0.5 중량%를 사용하고, 본 발명의 다른 예에서는 합금에 주석을 포함시키지 않는다. 주석을 사용하는 본 발명의 일례에서도 내식성을 고려하여 기존에 알려진 지르코늄 합금에 비해서 주석의 사용

량을 적게 조절하였다. 주석의 함량을 줄이거나 사용하지 않는 대신에 강도를 향상시키는 인(P), 규소(Si), 황(S) 등 다른 원소를 첨가하거나 많이 첨가되는 니오븀(Nb), 산소(O), 철(Fe)와 같은 합금원소 중 전부 또는 일부를 증가시켜 강도를 증진시켰다.

[0022] 철(Fe)은 지르코늄 합금에서 지르코늄과 함께 금속간 화합물을 형성하여 석출 또는 분산강화를 일으키고, 지르코늄의 자체확산을 가속화시켜 조사성장을 억제하는 효과를 가지고 있다. 본 발명에서 철은 0.01 내지 0.35 중량%가 사용되는데, 철의 함량이 상기 하한치 미만일 경우에는 상술한 철에 의한 효과가 저하됨과 아울러 내식성이 감소하는 문제가 있고, 철의 함량이 상기 상한치를 초과하는 경우에는 강도가 커져 가공성이 저하되는 경향이 있어 바람직하지 않다.

[0023] 산소(O)는 지르코늄 합금에서 고용 강화로 기계적 강도를 향상시키는 역할을 수행한다. 본 발명에 있어서 산소는 800 내지 3,000ppm이 사용되는데 산소의 함유량이 상기 하한치 미만일 경우에는 산소에 의한 강도 증가 효과가 급격하게 감소하며, 산소의 함유량이 상기 상한치를 초과하는 경우에는 강도가 커져 가공성이 저하되는 경향이 있어 바람직하지 않다.

[0024] 또한 본 발명의 지르코늄 합금은 규소(Si), 인(P) 및 황(S)으로부터 이루어지는 군으로부터 선택된 적어도 하나 이상의 원소를 함유한다. 즉, 규소(Si), 인(P), 황(S) 중에서 어느 하나의 원소가 사용될 수 있으며, 둘 또는 셋의 원소가 함께 사용될 수도 있다. 본 발명에서 상기 규소(Si), 인(P), 황(S)은 각각 5 내지 300ppm이 사용된다. 규소(Si)는 수소 흡수성을 줄이고 부식 속도의 천이성을 지연하는 역할을 수행하며 산소(O)와 공동으로 강도를 증진시킨다. 규소의 함유량이 상기 하한치 미만일 경우에는 규소의 함유에 따른 내식성 향상효과를 기대하기 어려우며, 규소의 함유량이 상기 상한치를 초과하는 경우에는 상한치와 내식성 측면에서 별다른 차이가 없으며, 오히려 강도가 저하될 우려가 있어 바람직하지 않다. 또한 본 발명의 발명자들은 지르코늄 합금에 인(P)이 미량으로 첨가될 경우 강도와 부식저항성(내식성)이 향상됨을 발견하였다. 즉, 본 발명의 지르코늄 합금은 인(P)을 포함하며, 인의 함량이 상기 하한치 미만일 경우에는 인의 첨가에 따른 내식성의 향상효과를 기대하기 어려우며, 인의 함량이 상기 상한치를 초과하는 경우에는 상한치의 경우와 내식성 측면에서 별다른 차이가 없다. 또한 본 발명에 의한 지르코늄 합금에는 황(P)도 미량으로 첨가될 수 있다. 본 발명의 발명자들은 지르코늄 합금에서 황이 인과 유사한 기능을 수행하는 것을 반복된 연구 결과 확인할 수 있었다. 이는 인과 황이 전자구조, 원자 반지름, 전기음성도가 비슷하기 때문에 지르코늄 합금에서 유사한 기능을 수행하는 것으로 판단되며, 인의 함량비가 갖는 의미는 상기 황의 경우와 동일하다..

[0025] 특히 주목할 사실은 산소(O)와 인(P)의 효과 및 산소(O)와 황(S)의 효과가 상호 의존적이라는 것이다. 즉, 황 및/또는 인의 첨가에 의하여 산소의 강화효과가 더욱 증폭된다. 따라서 강도를 보강하기 위하여 비교적 많은 양의 주석을 사용하던 기존의 지르코늄 합금과 달리 주석을 사용하지 않거나, 주석을 사용하더라도 비교적 적은 양만을 사용할 수 있게 된다. 즉, 황 및/또는 인의 첨가에 따라 산소의 강화효과를 더욱 발현시킬 수 있으며, 황과 인이 지르코늄 합금에서 기여하는 내식성의 향상효과를 가질 수 있게 된다.

[0026] 이하 실시예 및 시험예에 의하여 본 발명을 더욱 상세하게 설명한다.

[0027] 실시예 : 지르코늄 합금의 제조

[0028] 하기 표 1에 기재된 것과 같은 다양한 조성비를 갖는 지르코늄 합금을 제조하였다. 지르코늄 합금의 제조는 다음과 같은 과정에 의하였다.

[0029] (1) 잉곳(Ingot)의 제조

[0030] 진공아크용해 장비를 이용하여 200 내지 300g의 잉곳을 제조하였다. 분쇄물이 편석되거나 합금의 조성이 불균일하게 분포하는 것을 방지하기 위하여 5회의 반복용해를 실시하였다.

[0031] (2) β 상 용체화 열처리 후 냉각

[0032] β 상 영역에서 용체화 처리하여 잉곳 내의 합금 조성을 균질화하기 위하여 열처리를 수행하였다. 산화방지를

위하여 2mm의 스테인레스 판으로 시편을 피복하고, 1,020℃에서 30분간 유지한 다음, 수조에 담가 수냉시켰다. 다음으로 수분을 제거하기 위하여 120℃에서 10시간 동안 충분히 건조시켰다.

(3) 열간압연

580℃에서 30분간 가열 후 열간압연을 하였다. 열간압연은 1 패스에 약 70%의 압하율로 실시하였으며, 열간압연 완료 후 산용액을 이용하여 세척하였다.

(4) 냉간압연 및 열처리

열간압연이 완료된 후, 580℃에서 3시간 동안 소둔한 다음 냉간압연을 수행하여 두께를 감소시켰다.

다음으로 570℃에서 2시간간 열처리를 한 다음 2차 냉간압연을 수행하였다.

최종적으로 570℃에서 3시간 열처리를 하여 지르코늄 합금 시편을 완성하였다.

비교예

현재 상용화 되어 있는 Zr-Nb-Sn-Fe 합금(제조사 :westing house)을 비교예로 선정하였다. 비교예에 의한 지르코늄 합금의 성분비는 하기의 표 1에 기재하였다.

표 1

지르코늄 합금의 성분비

구 분	Nb (중량%)	Sn (중량%)	Fe (중량%)	O (ppm)	Si (ppm)	P (ppm)	S (ppm)	Zr
실시예 1	1.53	-	0.12	1,560	60	-	-	balance
실시예 2	1.54	-	0.13	1,570	-	56	-	balance
실시예 3	1.49	-	0.13	1,590	-	-	58	balance
실시예 4	1.51	-	0.12	1,580	-	57	59	balance
실시예 5	1.51	-	0.14	1510	52	-	59	balance
실시예 6	1.52	0.17	0.13	1,580	58	-	-	balance
실시예 7	1.51	0.16	0.12	1,560	-	58	-	balance
실시예 8	1.52	0.17	0.12	1,590	-	-	56	balance
실시예 9	1.50	0.16	0.13	1,580	-	58	57	balance
실시예 10	1.54	0.20	0.14	1600	62	-	53	balance
비교예	1.03	1.09	0.11	1,210	-	-	-	balance

인장강도

상기 실시예 및 비교예에 의한 지르코늄 합금의 시편에 대한 인장강도를 측정하였고 그 결과를 하기의 표 2 및 도 1에 나타내었다.

인장강도는 25℃와 300℃에서 인장속도 10^{-4} /sec로 하여 측정하였다.

표 2

인장강도 측정결과

구 분	25℃ 측정결과(MPa)	300℃ 측정결과(MPa)
실시예 1	851	492
실시예 2	856	498

실시예 3	843	487
실시예 4	885	506
실시예 5	862	498
실시예 6	863	496
실시예 7	883	501
실시예 8	879	496
실시예 9	906	523
실시예 10	900	516
비교예	830	478

[0046] 상기 표 2 및 도 1의 결과에서 확인할 수 있듯이 본 발명의 실시예의 경우 25℃ 및 300℃에서 모두 비교예보다 우수한 인장강도 값을 가짐을 확인할 수 있었다.

[0047] 부식저항성

[0048] 상기 실시예 및 비교예에 의한 지르코늄 합금의 시편에 대한 부식저항성을 측정하였고 그 결과를 하기의 표 3에 나타내었다.

[0049] 부식저항성은 하기와 같은 방법으로 측정하였다.

[0050] 즉, 상기 실시예 및 비교예에 의한 지르코늄 합금의 시편을 300℃의 산화 분위기에서 100시간과 200시간 동안 부식시킨 후, Ultra sonic을 이용하여 표면의 이물질을 제거한 후 초정밀 미세저울로 시편의 무게 증가를 측정함으로써 부식 정도를 정량적으로 평가하였다.

표 3

[0051] 무게증가량 측정결과

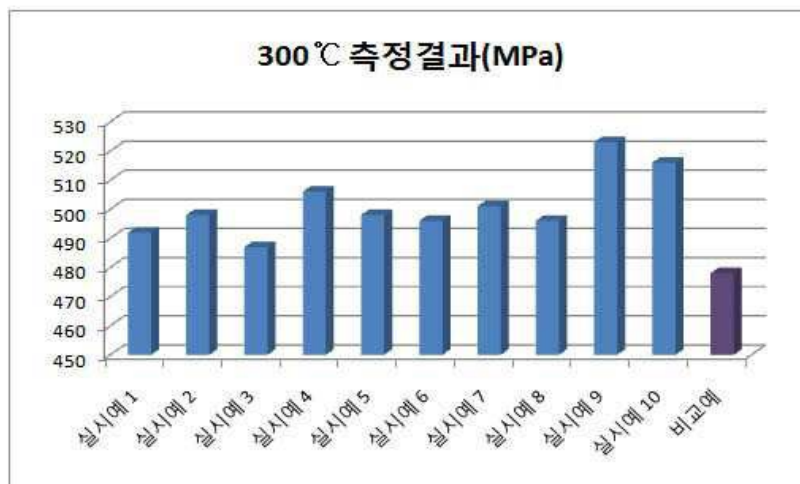
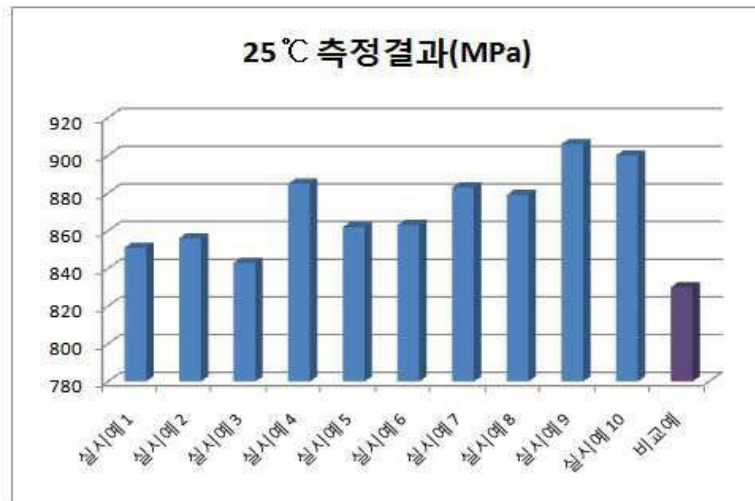
구 분	100시간 경과후 무게증가량 (mg/dm ²)	200시간 경과후 무게증가량 (mg/dm ²)
실시예 1	5.3	8.2
실시예 2	4.6	7.4
실시예 3	6.7	9.7
실시예 4	4.2	6.9
실시예 5	5.1	7.1
실시예 6	8.7	12.3
실시예 7	7.9	10.2
실시예 8	8.4	12.6
실시예 9	7.6	9.9
실시예 10	7.8	10.1
비교예	14.4	24.3

[0052] 상기 표 3 및 도 2의 결과에서 확인할 수 있듯이 본 발명의 실시예의 경우, 100시간 경과 후와 200시간 경과 후 모두 비교예에 비하여 무게증가가 적게 이루어지는 것을 확인할 수 있었다. 즉, 본 발명의 실시예에 의한 합금은 종래의 합금(비교예)에 비하여 우수한 내식성을 가짐을 확인할 수 있었다.

[0053] 본 발명은 상기한 실시예와 첨부한 도면을 참조하여 설명되었지만, 본 발명의 개념 및 범위 내에서 상이한 실시예를 구성할 수도 있다. 따라서 본 발명의 범위는 첨부된 청구범위 및 이와 균등한 것들에 의해 정해지며, 본 명세서에 기재된 특정 실시예에 의해 한정되지는 않는다.

도면

도면1



도면2

