



(19) 대한민국특허청(KR)
(12) 등록특허공보(B1)

(45) 공고일자 2023년12월14일
(11) 등록번호 10-2613756
(24) 등록일자 2023년12월11일

(51) 국제특허분류(Int. Cl.)
C22C 45/10 (2006.01) C22C 16/00 (2006.01)
C22C 30/02 (2006.01)
(52) CPC특허분류
C22C 45/10 (2013.01)
C22C 16/00 (2013.01)
(21) 출원번호 10-2016-0109324
(22) 출원일자 2016년08월26일
심사청구일자 2021년08월18일
(65) 공개번호 10-2018-0023645
(43) 공개일자 2018년03월07일
(56) 선행기술조사문헌
KR1020060098035 A*
*는 심사관에 의하여 인용된 문헌

(73) 특허권자
엘지전자 주식회사
서울특별시 영등포구 여의대로 128 (여의도동)
서울대학교산학협력단
서울특별시 관악구 관악로 1 (신림동)
(72) 발명자
김경현
서울특별시 서초구 양재대로11길 19
황지훈
서울특별시 서초구 양재대로11길 19
(뒷면에 계속)
(74) 대리인
박장원

전체 청구항 수 : 총 6 항

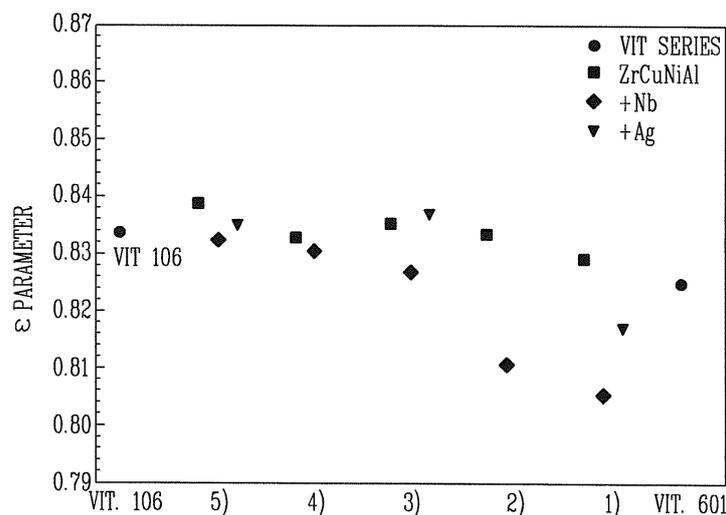
심사관 : 김동국

(54) 발명의 명칭 **우수한 유체유동성을 가진 지르코늄계 벌크 비결정성 합금**

(57) 요약

본 발명은 우수한 유체유동성을 가진 지르코늄계 벌크 비결정성 합금에 관한 것이다. 상기 목적을 달성하기 위해 본 발명의 일 측면에 따르면, 본 발명은 비정질 합금 $Zr_aCu_bNi_cAl_dAg_e$ 을 제공한다. 여기서, a는 46 내지 57 at. %이고, b는 16 내지 33 at. %이고, c는 6 내지 14 at. %이고, d는 6 내지 12 at. %이고, e는 3 내지 10 at. %일 수 있다. 본 발명의 일 실시 예에 따른 비정질 합금은 상용 부품 제조를 위한 공정 효율을 증가시키기 위해 비정질 형성능의 저하는 최소화하면서도 액상의 안정성을 높일 수 있는 원소인 은을 포함하는 비정질 합금을 제공하여, 우수한 유체유동성을 확보함으로써 비정질 합금이 손쉬운 성형공정으로 다양한 분야에서 상용화될 수 있다.

대표도 - 도2



(52) CPC특허분류
C22C 30/02 (2013.01)

(72) 발명자

박은수

경기도 수원시 팔달구 수성로232번길 7, 104동 40
3호 (화서동, 래미안아파트)

류옥하

경상북도 경산시 압량면 화랑로63길 3, 101동 140
5호 (경산한라빌라트)

김경준

서울특별시 관악구 남부순환로230길 31 (봉천동)

명세서

청구범위

청구항 1

비정질 합금 $Zr_aCu_bNi_cAl_dAg_e$ 에 있어서,

a는 46 내지 54 at. %이고, b는 16 내지 32 at. %이고, c는 6 내지 14 at. %이고, d/e는 0.96 내지 1.04인 것을 특징으로 하는 지르코늄계 벌크 비결정성 합금.

청구항 2

제1항에 있어서,

a+b+c는 84 at. %인 것을 특징으로 하는 지르코늄계 벌크 비결정성 합금.

청구항 3

제1항에 있어서,

d는 8 at. %이고 e는 8 at. %인 것을 특징으로 하는 지르코늄계 벌크 비결정성 합금.

청구항 4

삭제

청구항 5

삭제

청구항 6

제1항에 있어서,

상기 a는 50 at. %이고, 상기 b는 24 at. %이고, 상기 c는 10 at. %이고, 상기 d는 8 at. %이고, 상기 e는 8 at. %인 것을 특징으로 하는 지르코늄계 벌크 비결정성 합금.

청구항 7

제1항에 있어서,

상기 a는 54 at. %이고, 상기 b는 16 at. %이고, 상기 c는 14 at. %이고, 상기 d는 8 at. %이고, 상기 e는 8 at. %인 것을 특징으로 하는 지르코늄계 벌크 비결정성 합금.

청구항 8

제1항에 있어서,

상기 a는 46 at. %이고, 상기 b는 32 at. %이고, 상기 c는 6 at. %이고, 상기 d는 8 at. %이고, 상기 e는 8 at. %인 것을 특징으로 하는 지르코늄계 벌크 비결정성 합금.

발명의 설명

기술 분야

본 발명은 우수한 유체유동성(flowability)을 가진 지르코늄계 벌크 비정질 합금에 관한 것이다. 보다 구체적으로, 본 발명은 비정질 합금 생산 공정을 안정화 시킬 수 있는 우수한 유체 유동성을 가진 지르코늄계 벌크 비정질 합금에 관한 것이다.

[0001]

배경 기술

- [0002] 비결정성(비정질) 합금은 결정이 아닌 합금을 의미한다. 일반적으로, 금속은 고체일 때 원자가 주기적으로 배열되어 있는 결정 구조를 가진다. 이와 달리, 액체는 열 진동에 의해 병진 주기성이 결여된 무질서한 원자배열을 가진다. 용융된 금속을 고속으로 급냉하여 고체화시키면 응고된 금속은 원자가 규칙적으로 배열되지 못하고, 액체구조를 가지는 고체가 되는데 이러한 상태를 비정질(Amorphous)이라 한다.
- [0003] 비정질 합금은 결정성 금속과 비교할 때 열전도, 전기전도도, 강도, 탄성 등이 우수하여, 스포츠 용품, 휴대폰 케이스, 시계, 의료용 도구와 같은 다양한 분야에 활용될 수 있다.
- [0004] 하지만, 비정질 합금은 벌크화를 위해 고충진구조를 가질 수 있는 합금 원소를 선택하기 때문에 일반적으로 흐름성이 낮아 대량생산을 위한 공정에 제약이 있고 생산 공정이 까다롭기 때문에, 현재에는 상용화된 부품이나 구조물이 거의 없는 실정이다.
- [0005] 하기 특허문헌 1 는 상용화 가능한 수준의 우수한 비정질 형성능을 가지는 비정질 금속의 조성을 개시하고 있지만, 특허문헌 1의 합금은 고가의 니오븀(niobium)을 포함하고 액상온도가 높아 흐름성에 제약이 있기 때문에 다양한 분야에 적용되기 어려운 실정이다.

선행기술문헌

특허문헌

- [0006] (특허문헌 0001) US 5735975 B1

발명의 내용

해결하려는 과제

- [0007] 본 발명은 전술한 문제를 해결하고자 비정질 형성능 저하는 최소화 하면서도 흐름성이 우수하여 비정질 합금의 부품화 생산공정의 안정화를 높일 수 있는 기술을 제공하고자 한다.
- [0008] 또한, 본 발명의 목적은 상용 부품 제조를 위한 공정 효율을 증가시키기 위해 비정질 형성능의 저하는 최소화 하면서도 액상의 안정성을 높일 수 있는 원소인 은을 포함하는 비정질 합금을 제공하여, 우수한 유체유동성을 확보함으로써 비정질 합금이 손쉬운 성형공정으로 다양한 분야에서 상용화될 수 있도록 하고자 한다.

과제의 해결 수단

- [0009] 상기 목적을 달성하기 위해 본 발명의 일 측면에 따르면, 본 발명은 비정질 합금 $Zr_aCu_bNi_cAl_dAg_e$ 을 제공한다. 여기서, a는 46 내지 57 at. %이고, b는 16 내지 33 at. %이고, c는 6 내지 14 at. %이고, d는 6 내지 12 at. %이고, e는 3 내지 10 at. %일 수 있다.
- [0010] 일 실시 예에 있어서, $a+b+c$ 는 79.0 내지 89.1 at. %일 수 있다.
- [0011] 일 실시 예에 있어서, $a-c$ 는 38.4 내지 41.6 at. %일 수 있다.
- [0012] 일 실시 예에 있어서, $d+e$ 는 15.4 내지 16.6 at. %일 수 있다.
- [0013] 일 실시 예에 있어서, d/e 는 0.96 내지 1.04일 수 있다.
- [0014] 일 실시 예에 있어서, 상기 a는 50 at. %이고, 상기 b는 24 at. %이고, 상기 c는 10 at. %이고, 상기 d는 8 at. %이고, 상기 e는 8 at. %일 수 있다.
- [0015] 일 실시 예에 있어서, 상기 a는 54 at. %이고, 상기 b는 16 at. %이고, 상기 c는 14 at. %이고, 상기 d는 8 at. %이고, 상기 e는 8 at. %일 수 있다.
- [0016] 일 실시 예에 있어서, 상기 a는 46 at. %이고, 상기 b는 32 at. %이고, 상기 c는 6 at. %이고, 상기 d는 8 at. %이고, 상기 e는 8 at. %일 수 있다.

발명의 효과

[0017] 본 발명의 실시 예에 따른 비정질 합금은 상용 부품 제조를 위한 공정 효율을 증가시키기 위해 비정질 형성능의 저하는 최소화하면서도 액상의 안정성을 높일 수 있는 원소인 은을 포함하는 비정질 합금을 제공하여 흐름성을 향상시킴으로써 비정질 합금이 안정적으로 생산될 수 있다. 이에 따라, 본 발명의 일 실시 예에 따른 비정질 합금은 다양한 분야에 적용될 수 있다.

도면의 간단한 설명

[0018] 도 1은 본 발명에 따른 비정질 합금의 v 파라미터를 나타내는 그래프이다.
 도 2는 본 발명에 따른 비정질 합금의 ε 파라미터를 나타내는 그래프이다.
 도 3은 본 발명에 따른 비정질 합금의 XRD 분석 결과는 나타내는 그래프이다.
 도 4는 본 발명에 따른 비정질 합금의 액체화 온도를 나타내는 그래프이다.
 도 5는 본 발명에 따른 비정질 합금의 금형 흐름성 실험 예를 나타내는 사진이다.
 도 6은 본 발명에 따른 비정질 합금의 표면 경도를 나타내는 그래프이다.

발명을 실시하기 위한 구체적인 내용

[0019] 이하, 첨부된 도면을 참조하여 본 명세서에 개시된 실시 예를 상세히 설명하되, 도면 부호에 관계없이 동일하거나 유사한 구성요소는 동일한 참조 번호를 부여하고 이에 대한 중복되는 설명은 생략하기로 한다. 또한, 본 명세서에 개시된 실시 예를 설명함에 있어서 관련된 공지 기술에 대한 구체적인 설명이 본 명세서에 개시된 실시 예의 요지를 흐릴 수 있다고 판단되는 경우 그 상세한 설명을 생략한다. 또한, 첨부된 도면은 본 명세서에 개시된 실시 예를 쉽게 이해할 수 있도록 하기 위한 것일 뿐, 첨부된 도면에 의해 본 명세서에 개시된 기술적 사상이 제한되지 않으며, 본 발명의 사상 및 기술 범위에 포함되는 모든 변경, 균등물 내지 대체물을 포함하는 것으로 이해되어야 한다.

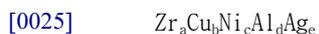
[0020] 제1, 제2 등과 같이 서수를 포함하는 용어는 다양한 구성요소들을 설명하는데 사용될 수 있지만, 상기 구성요소들은 상기 용어들에 의해 한정되지는 않는다. 상기 용어들은 하나의 구성요소를 다른 구성요소로부터 구별하는 목적으로만 사용된다.

[0021] 단수의 표현은 문맥상 명백하게 다르게 뜻하지 않는 한, 복수의 표현을 포함한다.

[0022] 본 출원에서, "포함한다" 또는 "가지다" 등의 용어는 명세서상에 기재된 특징, 숫자, 단계, 동작, 구성요소, 부품 또는 이들을 조합한 것이 존재함을 지정하려는 것이지, 하나 또는 그 이상의 다른 특징들이나 숫자, 단계, 동작, 구성요소, 부품 또는 이들을 조합한 것들의 존재 또는 부가 가능성을 미리 배제하지 않는 것으로 이해되어야 한다.

[0023] 본 발명에 따른 비정질 합금은 하기 화학식 1로 표시될 수 있다.

[0024] [화학식 1]



[0026] 상기 화학식 1에서 a는 46 내지 57 atomic percent(이하, at. %)이고, b는 16 내지 33 at. %이고, c는 6 내지 14 at. %이고, d는 6 내지 12 at. %이고, e는 3 내지 10 at. %일 수 있다.

[0027] 한편, a+b+c는 79.0 내지 89.1 at. %일 수 있다.

[0028] 한편, a-c는 38.4 내지 41.6 at. %일 수 있다.

[0029] 한편, d+e는 15.4 내지 16.6 at. %일 수 있다.

[0030] 한편, d/e는 0.96 내지 1.04일 수 있다.

[0031] 이하에서는, 본 발명에 따른 비정질 합금의 비정질 형성능에 대하여 설명한다. 설명의 편의를 위하여, 본 발명에 따라 제조된, 서로 다른 조성을 가지는 세 종류의 비정질 합금의 비정질 형성능에 대하여 설명하지만, 이에 한정되지 않는다.

[0032] 여기서, 상기 세 종류의 비정질 합금의 조성은 하기 표 1과 같다.

표 1

[0033]

	Zr [at. %]	Cu [at. %]	Ni [at. %]	Al [at. %]	Ag [at. %]
제1조성('1-Ag')	46	32	6	8	8
제2조성('3-Ag')	50	24	10	8	8
제3조성('5-Ag')	54	16	14	8	8

[0034] 비정질 형성능(Glass-forming ability, GFA)는 특정 조성의 합금이 얼마나 용이하게 비정질화 될 수 있는가를 나타내는 것으로서, 합금의 비정질 형성능력은 그 조성에 따라 달라진다.

[0035] 일반적으로, 비정질 형성능은 열중량분석기를 이용하여 합금의 특성화 온도 T_g , T_x 및 상변화 온도 T_1 를 측정하고, 측정된 값들을 활용하여 소정 파라미터로 평가한다.

[0036] 여기서, T_g 는 합금의 유리전이 온도, T_x 는 결정화 개시온도이고, T_1 는 합금의 액상선 온도이다.

[0037] 유리전이 온도(T_g)는 응고과정 중 과냉각 액체가 비정질로 변태하는 온도로 정의되며, 과냉각 액상의 안정성을 대변하는 온도기준으로 인식될 수 있다. T_g 는 응고과정 중 비정질 형성시의 냉각속도 및 열분석시의 가열속도에 따라 변할 수 있다.

[0038] 결정화 개시온도(T_x)는 비정질 합금의 가열 시 결정화가 개시되는 온도로 열분석시의 가열 속도에 따라 달라진다.

[0039] 액상선 온도(T_1)는 액상(stable liquid)의 안정성을 대변하며, 합금 조성 및 내부에너지 상태와 밀접한 상관관계를 가지고 그 변화에 따라 민감하게 변하기 때문에 비정질 형성능을 지배하는 중요한 인자로 인식된다.

[0040] 비정질 형성능 평가를 위해서는 여러가지 파라미터들이 활용된다. 이 중에서 신뢰도가 높은 두 가지 파라미터에 대하여 설명한다.

[0041] 첫 번째로, 하기 수학식 1과 같이 표시되는 γ 파라미터가 활용된다.

$$\gamma = \frac{T_x}{T_i + T_g}$$

[0042]

[0043] 두 번째로, 하기 수학식 2과 같이 표시되는 ε 파라미터가 활용된다.

수학식 2

$$\varepsilon = \frac{\Delta T_m + \Delta T_x + T_x}{T_m^{mix}} = \frac{(T_m^{mix} - T_i) + (T_x - T_g) + T_x}{T_m^{mix}}$$

[0044]

[0045] 상기 수학식 2에서, $T_m^{mix} = \sum x_i T_m^i$ 이며, x_i 는 합금에 포함된 특정 금속의 몰분율이고, T_m^i 는 해당 금속의 용융온도이다.

[0046] 열분석을 통해 본 발명에 따른 비정질 합금의 γ 및 ε 파라미터를 산출한 결과를 도 1 및 2에 도시하였다. 또한, 도 1 및 2에 도시된

[0047] 발명의 비교예와 실시예 합금들의 비정질 특성화 온도 (T_g , T_x , T_1 , T_m^{mix})와 비정질 형성능 평가인자 (v , ϵ)의 계산된 값을 [표 2]에 도시하였다.

표 2

[0048]

Alloy		T_g [K]	T_x [K]	T_1 [K]	T_m^{mix} [K]	v	ϵ
Vit. 106	Zr ₅₇ Cu _{15.4} Ni _{12.6} Al ₁₀ Nb ₅	676	749	1133 (ref. 1115)	1871	0.41	0.83
Vit. 601	Zr _{50.8} Cu _{36.1} Ni ₄ Al _{9.1}	684	771	1160 (ref. 1026)	1725	0.42	0.82
5)	Zr ₆₀ Cu ₁₆ Ni ₁₄ Al ₁₀	661	746	1126	1829	0.42	0.84
4)	Zr ₅₈ Cu ₂₀ Ni ₁₂ Al ₁₀	671	748	1127	1807	0.42	0.83
3)	Zr ₅₆ Cu ₂₄ Ni ₁₀ Al ₁₀	678	754	1124	1784	0.42	0.84
2)	Zr ₅₄ Cu ₂₈ Ni ₈ Al ₁₀	684	764	1137	1761	0.42	0.83
1)	Zr ₅₂ Cu ₃₂ Ni ₆ Al ₁₀	690	771	1149	1738	0.42	0.83
5-Nb)	Zr _{56.2} Cu _{15.52} Ni _{13.58} Al _{9.7} Nb ₃	672	763	1158	1814	0.42	0.83
4-Nb)	Zr _{56.26} Cu _{19.4} Ni _{11.64} Al _{9.7} Nb ₃	677	767	1168	1835	0.42	0.83
3-Nb)	Zr _{54.32} Cu _{23.28} Ni _{9.7} Al _{9.7} Nb ₃	685	771	1171	1813	0.42	0.83
2-Nb)	Zr _{52.38} Cu _{27.16} Ni _{7.76} Al _{9.7} Nb ₃	696	771	1185	1791	0.41	0.81
1-Nb)	Zr _{50.44} Cu _{31.04} Ni _{5.82} Al _{9.7} Nb ₃	697	769	1185	1768	0.41	0.81
5-Ag)	Zr ₅₄ Cu ₁₆ Ni ₁₄ Al ₈ Ag ₈	680	756	1126	1782	0.42	0.83
3-Ag)	Zr ₅₀ Cu ₂₄ Ni ₁₀ Al ₈ Ag ₈	684	759	1117	1736	0.42	0.84
1-Ag)	Zr ₄₆ Cu ₃₂ Ni ₆ Al ₈ Ag ₈	691	763	1144	1691	0.42	0.82

[0049] 도 1을 참조하면, 그래프에 도시된 세 개의 역삼각형이 본 발명에 따른 비정질 합금의 v 파라미터 값에 해당한다. 세 개의 역삼각형들 중 중앙에 위치하는 역삼각형 대응하는 비정질 합금(제2조성)은 특허문헌 1에 개시된 비정질 합금(Vit 106)보다 v 파라미터 값이 높다.

[0050] 한편, 도 2를 참조하면, 그래프에 도시된 세 개의 역삼각형이 본 발명에 따른 비정질 합금의 ϵ 파라미터 값에 해당한다. 세 개의 역삼각형들 중 중앙에 위치하는 역삼각형 대응하는 비정질 합금(제2조성)은 특허문헌 1에 개시된 비정질 합금(Vit 106)보다 ϵ 파라미터 값이 높다.

[0051] 상술한 결과에 따르면, 본 발명에 따른 비정질 합금은 비정질 형성능이 매우 우수할 것으로 예상된다. 특히, 상기 제2조성을 가지는 합금은 Nb를 포함하는 종래 비정질 합금보다 우수한 비정질 형성능을 가진다. 이에 따라, 본 발명에 따른 비정질 합금은 종래 비정질 합금보다 안정적으로 벌크 형태의 비정질 형성 및 후가공이 가능하여 높은 생산성을 가질 수 있게 된다.

[0052] 상기 본 발명 합금들의 실제 비정질 형성능을 확인하고자 이하에서는, 본 발명에 따른 비정질 합금에 대한 X-선 회절 분석(X-ray Diffraction Spectroscopy: XRD) 결과에 대하여 설명한다.

[0053] XRD 분석을 이용하면, 제조된 합금이 비정질 형상을 띠는지를 확인할 수 있다. 구체적으로, 결정 구조를 가지는 합금의 XRD 그래프에서는 sharp한 peak이 관측된다. 이와 달리, 비정질 합금의 경우, 넓은 각도 범위에서 broad한 peak이 관측된다.

[0054] 도 3은 본 발명의 일 실시 예에 따른 석션 캐스팅법으로 제조된 6 mm 벌크 시편의 비정질 합금의 XRD 분석 결과를 나타내는 그래프이다.

[0055] 도 3을 참조하면, 제1 내지 제3조성을 가지는 합금의 XRD 그래프에서는 sharp한 peak이 관측되지 않았으며, 제1 내지 제3조성을 가지는 합금이 6 mm 이상의 우수한 비정질 형성능을 가짐을 확인할 수 있다.

- [0056] 한편, 다이캐스팅 공정 등을 통해 비정질 합금을 제조하는 경우, 액체화 온도(Liquidus temperature) 및 흐름성(fluidity) 등의 재료적 특성과 용탕 온도 및 금형 온도 등의 공정조건이 비정질 합금의 생산성에 매우 중요한 요소이다. 부연하면, 액체화 온도가 낮고 흐름성이 좋아서 용탕 온도 및 금형 온도가 낮은 상태에서도 공정이 가능한 경우 비정질 금속의 생산성이 높아진다.
- [0057] 도 4를 참조하면, 본 발명에 따른 비정질 합금(제2조성)의 경우, 액체화 온도가 1117K로 특허문헌 1에 개시된 비정질 합금(1133K)보다 약 20K 가량 낮은 것을 확인할 수 있다.
- [0058] 한편, 특허문헌 1에 개시된 비정질 합금의 경우, 용탕 온도는 약 1293K이고, 금형 온도는 약 553K이다. 한편, 본 발명에 따른 비정질 합금(제2조성)의 경우, 용탕 온도는 1253K이고, 금형 온도는 503K이다. 상술한 바와 같이, 본 발명에 따른 비정질 합금은 종래 비정질 합금보다 낮은 액상선 온도를 가져 낮은 온도 조건에서 생산될 수 있다. 이에 따라, 비정질 합금의 생산성을 높일 수 있다.
- [0059] 한편, 비정질 합금의 금형 흐름성은 상기 설명한 바와 같이, 비정질 합금의 생산성에 중요한 요인이다. 비정질 합금의 금형 흐름성을 시험하기 위해, 도 5와 같이, 소정 형태의 금형(두께 1mm)에 액체 상태의 합금을 붓고 합금이 이동한 거리를 측정하였다.
- [0060] 상기 금형을 이용하여 특허 문헌 1에 개시된 비정질 합금 및 본 발명에 따른 비정질 합금(제1 및 2조성)의 금형 흐름성을 측정하였다.
- [0061] 여기서, 특허 문헌 1에 개시된 비정질 합금의 용탕 온도는 1293K이고, 금형 온도는 553K이었다. 한편, 본 발명에 따른 비정질 합금(제1 및 2조성)의 용탕 온도는 1253K이고, 금형 온도는 503K이었다. 이는, 각각의 비정질 합금이 최상의 금형 흐름성을 갖기 위한 조건이다.
- [0062] 금형 흐름성 실험 결과, 특허 문헌 1에 개시된 비정질 합금의 이동거리는 150mm이었다. 이와 달리, 본 발명에 따른 비정질 합금(제1 및 2조성)의 이동 거리는 각각 180mm 및 160mm이었다. 이를 통해, 본 발명에 따른 비정질 합금은 종래 비정질 합금보다 생산성이 높을 것으로 예상할 수 있다.
- [0063] 이하에서는, 본 발명에 따른 비정질 합금의 표면 경도에 대하여 설명한다.
- [0064] 도 6은 본 발명에 따른 비정질 합금의 표면 경도를 나타내는 그래프이다.
- [0065] 도 6을 참조하면, 제1 내지 제3조성을 가지는 합금('1-Ag)', '3-Ag)', '5-Ag)')의 특허문헌 1에 개시된 비정질 합금의 표면 경도(509.2HV)보다 높은 것을 확인할 수 있다. 즉, 도 4에서 설명한 바와 같이, 본 발명에 따른 비정질 합금은 특허문헌 1에 개시된 비정질 합금보다 낮은 온도에서 생산됨과 동시에, 높은 표면 경도를 가져 우수한 기계적 특성을 나타냄을 확인하였다.
- [0066] 한편, 하기 표 3에는 도 6에 도시된 합금들의 표면 경도, 특허문헌 1 및 2에 개시된 비정질 합금의 표면 경도를 기재하였다.

표 3

[0067]

Alloy		Hardness [HV]
Vit. 106	Zr ₅₇ Cu _{15.4} Ni _{12.6} Al ₁₀ Nb ₅	509.20
Vit. 601	Zr _{50.8} Cu _{36.1} Ni ₄ Al _{9.1}	530.30
5)	Zr ₆₀ Cu ₁₆ Ni ₁₄ Al ₁₀	501.00
4)	Zr ₅₈ Cu ₂₀ Ni ₁₂ Al ₁₀	509.40
3)	Zr ₅₆ Cu ₂₄ Ni ₁₀ Al ₁₀	518.10
2)	Zr ₅₄ Cu ₂₈ Ni ₈ Al ₁₀	523.90
1)	Zr ₅₂ Cu ₃₂ Ni ₆ Al ₁₀	534.90
5-Nb)	Zr _{56.2} Cu _{15.52} Ni _{13.58} Al _{9.7} Nb ₃	498.80
4-Nb)	Zr _{56.26} Cu _{19.4} Ni _{11.64} Al _{9.7} Nb ₃	511.40
3-Nb)	Zr _{54.32} Cu _{23.28} Ni _{9.7} Al _{9.7} Nb ₃	524.50
2-Nb)	Zr _{52.38} Cu _{27.16} Ni _{7.76} Al _{9.7} Nb ₃	539.78

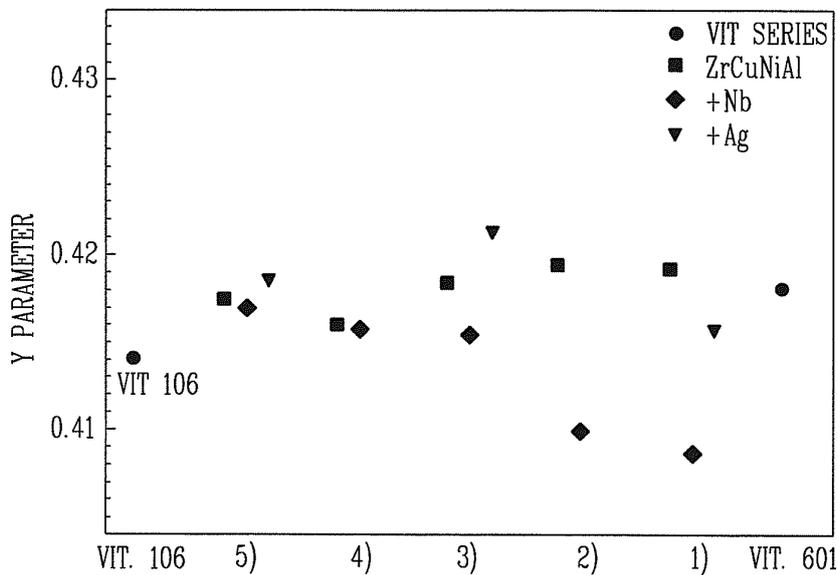
1-Nb)	$Zr_{50.44}Cu_{31.04}Ni_{5.82}Al_{9.7}Nb_3$	537.00
5-Ag)	$Zr_{54}Cu_{16}Ni_{14}Al_8Ag_8$	513.70
3-Ag)	$Zr_{50}Cu_{24}Ni_{10}Al_8Ag_8$	531.80
1-Ag)	$Zr_{46}Cu_{32}Ni_6Al_8Ag_8$	551.90

[0068] 본 발명은 본 발명의 정신 및 필수적 특징을 벗어나지 않는 범위에서 다른 특정한 형태로 구체화될 수 있음은 당업자에게 자명하다.

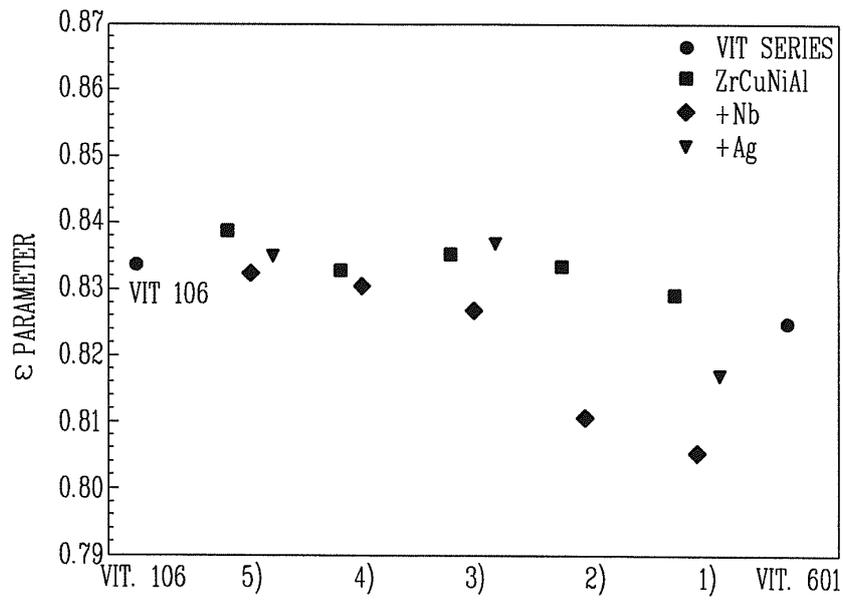
[0069] 또한, 상기의 상세한 설명은 모든 면에서 제한적으로 해석되어서는 아니되고 예시적인 것으로 고려되어야 한다. 본 발명의 범위는 첨부된 청구항의 합리적 해석에 의해 결정되어야 하고, 본 발명의 등가적 범위 내에서의 모든 변경은 본 발명의 범위에 포함된다.

도면

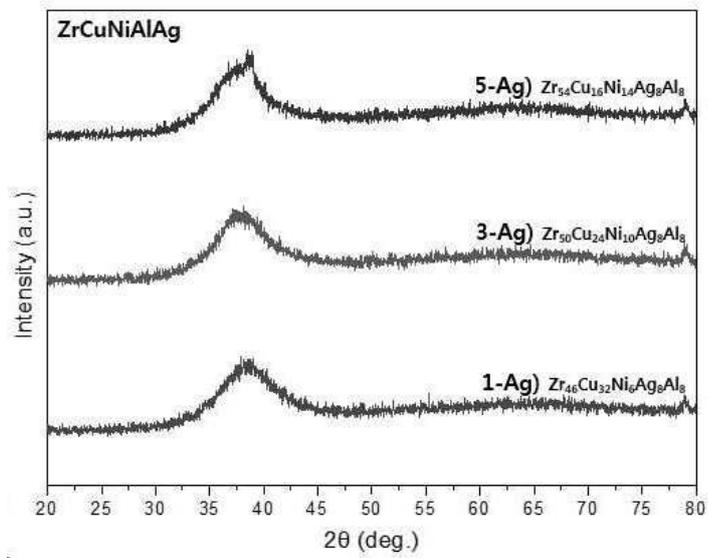
도면1



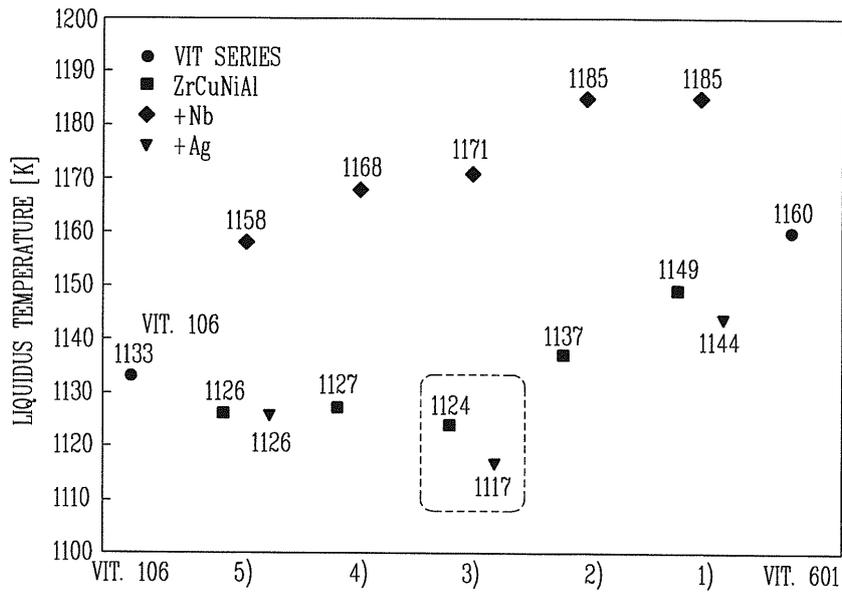
도면2



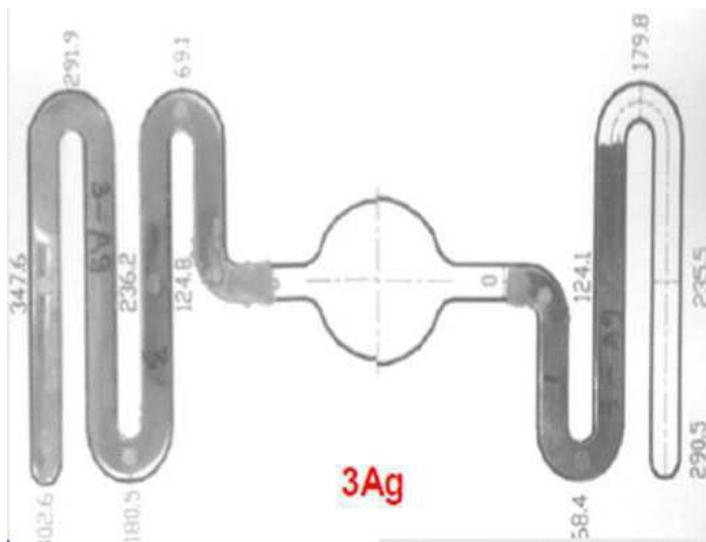
도면3



도면4



도면5



도면6

