(19) 대한민국특허청(KR)
(12) 등록특허공보(B1)

(45) 공고일자 2022년04월21일
(11) 등록번호 10-2389355
(24) 등록일자 2022년04월18일

(51) 국제특허분류(Int. Cl.)
B21C 1/02 (2006.01) *B21B 1/16* (2006.01)
C22C 14/00 (2006.01) *C22C 19/07* (2006.01)
C22C 38/44 (2006.01) *C22C 38/46* (2006.01)
C22C 38/50 (2006.01) *C22C 38/52* (2006.01)
(52) CPC특허분류
B21C 1/02 (2013.01)
B21B 1/16 (2013.01)
(21) 출원번호 10-2020-0149044
(22) 출원일자 2020년11월10일
심사청구일자 2020년11월10일
(56) 선행기술조사문헌
EP00403916 A1*
JP2003260511 A*
JP61232014 X2*
JP63072418 A*
*는 심사관에 의하여 인용된 문헌

(73) 특허권자
한국재료연구원
경상남도 창원시 성산구 창원대로 797 (상남동)
(72) 발명자
염종택
경상남도 김해시 번화1로 168 (심문동, 젤미마을10단지한림리츠빌)
박찬희
경상남도 창원시 성산구 토월로27번길 18 (상남동, 상남꿈에그린)
홍재근
경상남도 창원시 성산구 삼정자로 79 유니온빌리지
(74) 대리인
특허법인(유한) 대아

전체 청구항 수 : 총 11 항 심사관 : 함중현

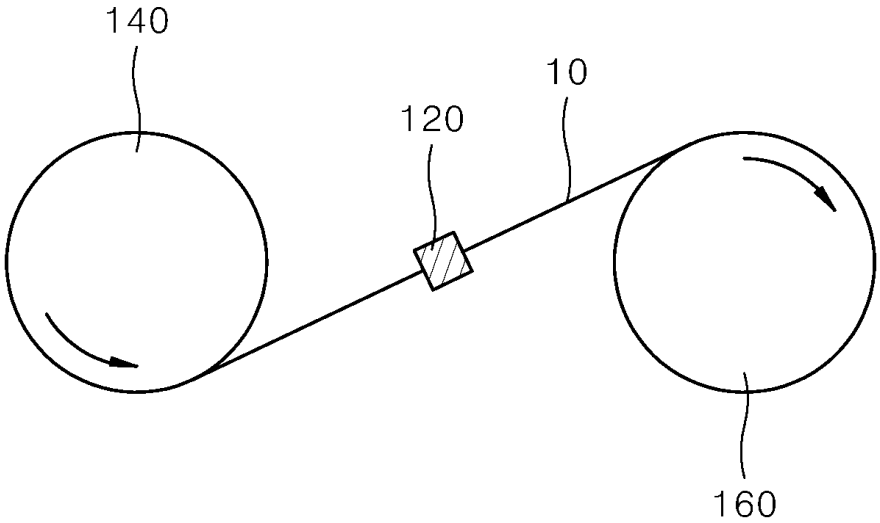
(54) 발명의 명칭 **균일한 경도를 갖는 선재 및 그 제조 방법**

(57) 요 약

냉간가공 후 경도 편차를 최소화하는 것에 의해 피로파괴 유발을 방지하여 균일한 경도를 확보할 수 있는 균일한 경도를 갖는 선재 및 그 제조 방법에 대하여 개시한다.

본 발명에 따른 균일한 경도를 갖는 선재 제조 방법은 (a) 순수 티타늄, 인바 합금 및 Co-Cr계 합금 중 어느 하나의 조성으로 이루어진 금속을 가열하는 단계; (b) 상기 가열된 금속을 열간 압연하는 단계; (c) 상기 열간 압연된 금속을 냉각하는 단계; 및 (d) 상기 냉각된 금속을 양측의 회전 드럼 상호 간이 역 방향으로 회전하는 역방향 인발을 수행하여 선재를 제조하는 단계;를 포함하는 것을 특징으로 한다.

대 표 도 - 도4



(52) CPC특허분류
C22C 14/00 (2013.01)
C22C 19/07 (2013.01)
C22C 38/44 (2013.01)
C22C 38/46 (2013.01)
C22C 38/50 (2013.01)
C22C 38/52 (2013.01)

이 발명을 지원한 국가연구개발사업

과제고유번호	1711120198
과제번호	PNK7140
부처명	과학기술정보통신부
과제관리(전문)기관명	재료연구소
연구사업명	재료연구소연구운영비지원(R&D)(주요사업비)
연구과제명	발전 터빈용 타이타늄합금 최후단 블레이드 상용화기술 개발(B)(3/3)
기 여 율	1/1
과제수행기관명	한국기계연구원 부설재료연구소
연구기간	2020.01.01 ~ 2020.12.31

명 세 서

청구범위

청구항 1

(a) 순수 티타늄, 인바 합금 및 Co-Cr계 합금 중 어느 하나의 조성으로 이루어진 금속을 가열하는 단계;

(b) 상기 가열된 금속을 열간 압연하는 단계;

(c) 상기 열간 압연된 금속을 냉각하는 단계; 및

(d) 상기 냉각된 금속을 양측의 회전 드럼 상호 간이 역 방향으로 회전하는 역 방향 인발을 수행하는 냉간가공으로 선재를 제조하는 단계; 를 포함하며,

상기 (d) 단계에서, 상기 선재는 다이의 입측에 장착되는 제1 회전 드럼과 상기 다이의 출측에 장착되는 제2 회로 드럼 상호 간이 서로 반대 방향으로 회전하는 역 방향 인발을 수행하되, 상기 제1 회전 드럼은 제1 위치에 배치되고, 상기 제2 회전 드럼은 제1 위치보다 낮은 제2 위치에 배치되며, 상기 다이는 제1 및 제2 회전 드럼과 이격된 사이 구간에 수평 방향으로 배치되어 직선 형태로 인발이 수행되는 것에 의해, 두께 중심부와 표면부 간의 경도 편차가 5% 이하를 갖는 균일한 경도를 갖는 선재 제조 방법.

청구항 2

제1항에 있어서,

상기 선재는

중량%로, C : 0.08% 이하, O : 0.4% 이하, N : 0.05% 이하, H : 0.015% 이하, Fe : 0.5% 이하 및 나머지 Ti와 기타 불가피한 불순물을 포함하는 순수 티타늄 재질로 이루어진 것을 특징으로 하는 균일한 경도를 갖는 선재 제조 방법.

청구항 3

제1항에 있어서,

상기 선재는

중량%로, Ni : 38 ~ 40%, Cr : 1.0% 이하, V : 1.0% 이하, C : 0.5% 이하, Mn : 0.5% 이하, Si : 0.5% 이하, Co : 0.1% 이하, Al : 0.1% 이하, Cu : 0.1% 이하, Mo : 0.1% 이하, Ti : 0.1% 이하 및 나머지 Fe 및 기타 불가피한 불순물을 포함하는 인바 합금 재질로 이루어진 것을 특징으로 하는 균일한 경도를 갖는 선재 제조 방법.

청구항 4

제1항에 있어서,

상기 선재는

중량%로, Cr : 19 ~ 21%, W : 14 ~ 16%, Ni : 9 ~ 11%, Mn : 1 ~ 2%, C : 0.05 ~ 0.15%, Si : 0.4% 이하, P : 0.04% 이하, S : 0.03% 이하, Fe : 3% 이하 및 나머지 Co 및 기타 불가피한 불순물을 포함하는 Co-Cr계 합금 재질로 이루어진 것을 특징으로 하는 균일한 경도를 갖는 선재 제조 방법.

청구항 5

제1항에 있어서,

상기 (d) 단계 이후,

상기 선재는

두께 중심부와 표면부에서 측정된 경도 값이 하기 식 1을 만족하는 것을 특징으로 하는 균일한 경도를 갖는 선재 제조 방법.

식 1 : (Hv_max - Hv_min) / Hv_max × 100% ≤ 5.0%

(여기서, Hv_max는 최대 경도 값이고, Hv_min은 최소 경도 값임.)

청구항 6

제1항에 있어서,

상기 (d) 단계에서,

상기 인발은

10 ~ 90%의 단면 감소율로 실시하는 것을 특징으로 하는 균일한 경도를 갖는 선재 제조 방법.

청구항 7

삭제

청구항 8

다이의 입측에 장착되는 제1 회전 드럼과 상기 다이의 출측에 장착되는 제2 회전 드럼 상호 간이 서로 반대 방향으로 회전하는 역 방향으로 선재를 인발하는 냉간가공을 수행하되, 상기 제1 회전 드럼은 제1 위치에 배치되고, 상기 제2 회전 드럼은 제1 위치보다 낮은 제2 위치에 배치되며, 상기 다이는 제1 및 제2 회전 드럼과 이격된 사이 구간에 수평 방향으로 배치되어 직선 형태로 인발이 수행되는 것에 의해, 두께 중심부와 표면부 간의 경도 편차가 개선되어,

상기 선재의 두께 중심부 및 표면부 간의 경도 편차가 5% 이하를 갖는 균일한 경도를 갖는 선재.

청구항 9

제8항에 있어서,

상기 선재는

중량%로, C : 0.08% 이하, O : 0.4% 이하, N : 0.05% 이하, H : 0.015% 이하, Fe : 0.5% 이하 및 나머지 Ti와 기타 불가피한 불순물을 포함하는 순수 티타늄 재질로 이루어진 균일한 경도를 갖는 선재.

청구항 10

제8항에 있어서,

상기 선재는

중량%로, Ni : 38 ~ 40%, Cr : 1.0% 이하, V : 1.0% 이하, C : 0.5% 이하, Mn : 0.5% 이하, Si : 0.5% 이하, Co : 0.1% 이하, Al : 0.1% 이하, Cu : 0.1% 이하, Mo : 0.1% 이하, Ti : 0.1% 이하 및 나머지 Fe 및 기타 불가피한 불순물을 포함하는 인바 합금 재질로 이루어진 균일한 경도를 갖는 선재.

청구항 11

제8항에 있어서,

상기 선재는

중량%로, Cr : 19 ~ 21%, W : 14 ~ 16%, Ni : 9 ~ 11%, Mn : 1 ~ 2%, C : 0.05 ~ 0.15%, Si : 0.4% 이하, P : 0.04% 이하, S : 0.03% 이하, Fe : 3% 이하 및 나머지 Co 및 기타 불가피한 불순물을 포함하는 Co-Cr계 합금 재질로 이루어진 균일한 경도를 갖는 선재.

청구항 12

제8항에 있어서,

상기 선재는

두께 중심부와 표면부에서 측정된 경도 값이 하기 식 1을 만족하는 균일한 경도를 갖는 선재.

식 1 : (Hv_max - Hv_min) / Hv_max × 100% ≤ 5.0%

(여기서, Hv_max는 최대 경도 값이고, Hv_min은 최소 경도 값임.)

발명의 설명

기 술 분 야

[0001] 본 발명은 균일한 경도를 갖는 선재 및 그 제조 방법에 관한 것으로, 보다 상세하게는 냉간가공 후 경도 편차를 최소화하는 것에 의해 피로파괴 유발을 방지하여 균일한 경도를 확보할 수 있는 균일한 경도를 갖는 선재 및 그 제조 방법에 관한 것이다.

배 경 기 술

[0003] 일반적으로, 선재는 가열, 열간압연, 냉각 및 인발 과정에 의해 제조된다.

[0004] 인발 과정은 열간압연된 선재의 경도 및 강도를 향상시키기 위해 냉간상태에서 냉간가공하는 공정을 말한다.

[0005] 그러나, 인발 과정에서 발생되는 재질편차는 선재가 사용환경에서 파단되는 원인이 된다.

[0006] 즉, 종래에는 다이의 입측에 장착되는 회전 드럼과 다이의 출측에 장착되는 회전 드럼 상호 간이 서로 동일한 방향으로 회전하는 정 방향으로 선재를 인발하는 것에 의해, 두께 중심부와 표면부 간의 경도 편차가 심하게 발생하였다.

[0007] 이로 인해, 종래에는 선재의 두께 중심부와 표면부 간의 불균일한 경도 편차로 인하여, 피로파괴를 유발하는데 기인한 파단이나 크랙 등의 불량 발생으로 선재를 의료용 임플란트, 공업용 스프링 등으로 활용하는데 어려움이 있었다.

[0008] 관련 선행문헌으로는 대한민국 공개특허공보 제10-2003-0055516호(2003.07.04. 공개)가 있으며, 상기 문헌에는 냉간성형성이 우수한 고탄소 볼트용강 선재의 제조방법이 기재되어 있다.

발명의 내용

해결하려는 과제

[0010] 본 발명의 목적은 냉간가공 후 경도 편차를 최소화하는 것에 의해 피로파괴 유발을 방지하여 균일한 경도를 확보할 수 있는 균일한 경도를 갖는 선재 및 그 제조 방법을 제공하는 것이다.

과제의 해결 수단

[0012] 상기 목적을 달성하기 위한 본 발명의 실시예에 따른 균일한 경도를 갖는 선재 제조 방법은 (a) 순수 티타늄, 인바 합금 및 Co-Cr계 합금 중 어느 하나의 조성으로 이루어진 금속을 가열하는 단계; (b) 상기 가열된 금속을

열간 압연하는 단계; (c) 상기 열간 압연된 금속을 냉각하는 단계; 및 (d) 상기 냉각된 금속을 양측의 회전 드럼 상호 간이 역 방향으로 회전하는 역 방향 인발을 수행하여 선재를 제조하는 단계;를 포함하는 것을 특징으로 한다.

[0013] 상기 선재는 중량%로, C : 0.08% 이하, O : 0.4% 이하, N : 0.05% 이하, H : 0.015% 이하, Fe : 0.5% 이하 및 나머지 Ti와 기타 불가피한 불순물을 포함하는 순수 티타늄 재질로 이루어질 수 있다.

[0014] 아울러, 상기 선재는 중량%로, Ni : 38 ~ 40%, Cr : 1.0% 이하, V : 1.0% 이하, C : 0.5% 이하, Mn : 0.5% 이하, Si : 0.5% 이하, Co : 0.1% 이하, Al : 0.1% 이하, Cu : 0.1% 이하, Mo : 0.1% 이하, Ti : 0.1% 이하 및 나머지 Fe 및 기타 불가피한 불순물을 포함하는 인바 합금 재질로 이루어질 수 있다.

[0015] 또한, 상기 선재는 중량%로, Cr : 19 ~ 21%, W : 14 ~ 16%, Ni : 9 ~ 11%, Mn : 1 ~ 2%, C : 0.05 ~ 0.15%, Si : 0.4% 이하, P : 0.04% 이하, S : 0.03% 이하, Fe : 3% 이하 및 나머지 Co 및 기타 불가피한 불순물을 포함하는 Co-Cr계 합금 재질로 이루어질 수도 있다.

[0016] 상기 (d) 단계 이후, 상기 선재는 두께 중심부와 표면부에서 측정된 경도 값이 하기 식 1을 만족하는 것이 바람직하다.

[0017] 식 1 : (Hv_max - Hv_min) / Hv_max × 100% ≤ 5.0%

[0018] (여기서, Hv_max는 최대 경도 값이고, Hv_min은 최소 경도 값임.)

[0019] 상기 (d) 단계에서, 상기 인발은 10 ~ 90%의 단면 감소율로 실시한다.

[0020] 상기 (d) 단계에서, 상기 선재는 다이의 입측에 장착되는 제1 회전 드럼과 상기 다이의 출측에 장착되는 제2 회로 드럼 상호 간이 서로 반대 방향으로 회전하는 역 방향 인발을 수행하는 것에 의해, 두께 중심부와 표면부 간의 경도 편차가 5% 이하를 갖는다.

[0022] 상기 목적을 달성하기 위한 본 발명의 실시예에 따른 균일한 경도를 갖는 선재는 다이의 입측에 장착되는 제1 회전 드럼과 상기 다이의 출측에 장착되는 제2 회전 드럼 상호 간이 서로 반대 방향으로 회전하는 역 방향으로 선재를 인발하는 것에 의해, 두께 중심부와 표면부 간의 경도 편차가 개선되어, 상기 선재의 두께 중심부 및 표면부 간의 경도 편차가 5% 이하를 갖는 것을 특징으로 한다.

[0023] 상기 선재는 중량%로, C : 0.08% 이하, O : 0.4% 이하, N : 0.05% 이하, H : 0.015% 이하, Fe : 0.5% 이하 및 나머지 Ti와 기타 불가피한 불순물을 포함하는 순수 티타늄 재질로 이루어질 수 있다.

[0024] 아울러, 상기 선재는 중량%로, Ni : 38 ~ 40%, Cr : 1.0% 이하, V : 1.0% 이하, C : 0.5% 이하, Mn : 0.5% 이하, Si : 0.5% 이하, Co : 0.1% 이하, Al : 0.1% 이하, Cu : 0.1% 이하, Mo : 0.1% 이하, Ti : 0.1% 이하 및 나머지 Fe 및 기타 불가피한 불순물을 포함하는 인바 합금 재질로 이루어질 수 있다.

[0025] 또한, 상기 선재는 중량%로, Cr : 19 ~ 21%, W : 14 ~ 16%, Ni : 9 ~ 11%, Mn : 1 ~ 2%, C : 0.05 ~ 0.15%, Si : 0.4% 이하, P : 0.04% 이하, S : 0.03% 이하, Fe : 3% 이하 및 나머지 Co 및 기타 불가피한 불순물을 포함하는 Co-Cr계 합금 재질로 이루어질 수 있다.

[0026] 상기 선재는 두께 중심부와 표면부에서 측정된 경도 값이 하기 식 1을 만족하는 것이 바람직하다.

[0027] 식 1 : (Hv_max - Hv_min) / Hv_max × 100% ≤ 5.0%

[0028] (여기서, Hv_max는 최대 경도 값이고, Hv_min은 최소 경도 값임.)

발명의 효과

[0030] 본 발명에 따른 균일한 경도를 갖는 선재 및 그 제조 방법은 두께 중심부와 표면부 간의 불균일한 경도 및 강도 분포에 따른 피로파괴 유발을 방지하기 위하여, 제1 및 제2 회전 드럼 상호 간이 서로 반대 방향으로 회전하는 역 방향으로 인발하는 것에 의해, 두께 중심부와 표면부 간의 경도 편차가 개선될 수 있게 된다.

[0031] 이 결과, 본 발명에 따른 균일한 경도를 갖는 선재 및 그 제조 방법은 두께 중심부와 표면부 간의 최대 경도 값과 최소 경도 값의 편차{(Hv_max - Hv_min) / Hv_max × 100%}가 5% 이하를 나타내어 균일한 경도 특성을 나타낼 수 있게 된다.

[0032] 아울러, 균일한 경도를 갖는 선재 및 그 제조 방법은 강종(순수 Ti, 인바 합금 및 CoCr 합금)과 무관하게 역 방

향으로 인발을 실시할 시, 냉간가공 후 경도 편차가 최소화되는 것에 의해, 피로파괴가 유발되는 것을 미연에 방지할 수 있게 된다.

[0033] 이에 따라, 균일한 경도를 갖는 선재 및 그 제조 방법은 두께 중심부와 표면부 간의 경도 편차 개선으로 피로파괴를 유발할 염려가 없어 의료용 임플란트, 공업용 스프링 등으로 활용하기에 적합하다.

도면의 간단한 설명

[0035] 도 1은 본 발명에 따른 균일한 경도를 갖는 선재 제조 방법을 나타낸 공정 순서도.

도 2 및 도 3은 도 1의 인발 단계를 설명하기 위한 모식도.

도 4는 도 1의 인발 단계에 대한 변형예를 설명하기 위한 모식도.

도 5는 실시예 1 ~ 2 및 비교예 1 ~ 2에 대한 경도 측정 결과를 나타낸 그래프.

도 6은 실시예 3 ~ 4 및 비교예 3에 대한 경도 측정 결과를 나타낸 그래프.

도 7은 실시예 5 ~ 6 및 비교예 4에 대한 경도 측정 결과를 나타낸 그래프.

발명을 실시하기 위한 구체적인 내용

[0036] 본 발명의 이점 및 특징, 그리고 그것들을 달성하는 방법은 첨부되는 도면과 함께 상세하게 후술되어 있는 실시예를 참조하면 명확해질 것이다. 그러나, 본 발명은 이하에서 개시되는 실시예에 한정되는 것이 아니라 서로 다른 다양한 형태로 구현될 것이며, 단지 본 실시예는 본 발명의 개시가 완전하도록 하며, 본 발명이 속하는 기술분야에서 통상의 지식을 가진 자에게 발명의 범주를 완전하게 알려주기 위해 제공되는 것이며, 본 발명은 청구항의 범주에 의해 정의될 뿐이다. 명세서 전체에 걸쳐 동일 참조 부호는 동일 구성요소를 지칭한다.

[0037] 이하 첨부된 도면을 참조하여 본 발명의 바람직한 실시예에 따른 균일한 경도를 갖는 선재 및 그 제조 방법에 관하여 상세히 설명하면 다음과 같다.

[0039] 균일한 경도를 갖는 선재

[0040] 본 발명의 실시예에 따른 균일한 경도를 갖는 선재는 두께 중심부와 표면부 간의 불균일한 경도 및 강도 분포에 따른 피로파괴 유발을 방지하기 위하여, 냉간가공 후 경도 편차를 최소화하였다.

[0041] 이를 위해, 본 발명의 실시예에 따른 균일한 경도를 갖는 선재는 다이의 입측에 장착되는 제1 회전 드럼과 다이의 출측에 장착되는 제2 회전 드럼 상호 간이 서로 반대 방향으로 회전하는 역 방향으로 인발하는 것에 의해, 두께 중심부와 표면부 간의 경도 편차가 개선되어, 선재의 두께 중심부 및 표면부 간의 경도 편차가 5% 이하를 갖는다.

[0042] 여기서, 선재는 중량%로, C : 0.08% 이하, O : 0.4% 이하, N : 0.05% 이하, H : 0.015% 이하, Fe : 0.5% 이하 및 나머지 Ti와 기타 불가피한 불순물을 포함하는 순수 티타늄 재질로 이루어질 수 있다.

[0043] 아울러, 선재는 중량%로, Ni : 38 ~ 40%, Cr : 1.0% 이하, V : 1.0% 이하, C : 0.5% 이하, Mn : 0.5% 이하, Si : 0.5% 이하, Co : 0.1% 이하, Al : 0.1% 이하, Cu : 0.1% 이하, Mo : 0.1% 이하, Ti : 0.1% 이하 및 나머지 Fe 및 기타 불가피한 불순물을 포함하는 인바 합금 재질로 이루어질 수 있다.

[0044] 또한, 선재는 중량%로, Cr : 19 ~ 21%, W : 14 ~ 16%, Ni : 9 ~ 11%, Mn : 1 ~ 2%, C : 0.05 ~ 0.15%, Si : 0.4% 이하, P : 0.04% 이하, S : 0.03% 이하, Fe : 3% 이하 및 나머지 Co 및 기타 불가피한 불순물을 포함하는 Co-Cr계 합금 재질로 이루어질 수도 있다.

[0045] 선재는 두께 중심부와 표면부에서 측정된 경도 값이 하기 식 1을 만족하는 것이 보다 바람직하다.

[0046] 식 1 : $(Hv_{max} - Hv_{min}) / Hv_{max} \times 100\% \leq 5.0\%$

[0047] (여기서, Hv_{max}는 최대 경도 값이고, Hv_{min}은 최소 경도 값임.)

[0049] 균일한 경도를 갖는 선재 제조 방법

[0050] 도 1은 본 발명에 따른 균일한 경도를 갖는 선재 제조 방법을 나타낸 공정 순서도이다.

[0051] 도 1을 참조하면, 본 발명에 따른 균일한 경도를 갖는 선재 제조 방법은 가열 단계(S110), 열간압연 단계

(S120), 냉각 단계(S130) 및 인발 단계(S140)를 포함한다.

[0053] 가열

[0054] 가열 단계(S110)에서는 순수 티타늄, 인바 합금 및 Co-Cr계 합금 중 어느 하나의 조성으로 이루어진 금속을 가열한다.

[0055] 이때, 순수 티타늄, 인바 합금 및 Co-Cr계 합금은 빌렛으로 제조된 것이 이용될 수 있다.

[0056] 가열은 0.5Tm ~ 0.9Tm(Tm : Kelvin으로 녹는점)에서 30분 이상 실시되는 것이 바람직한데, 풀림열처리가 될 수 있는 0.5Tm ~ 0.9Tm의 고온 범위에서 적어도 30분 이상 가열해야 충분한 숙열이 이루어질 수 있기 때문이다.

[0057] 여기서, 순수 티타늄은 중량%로, C : 0.08% 이하, O : 0.4% 이하, N : 0.05% 이하, H : 0.015% 이하, Fe : 0.5% 이하 및 나머지 Ti와 기타 불가피한 불순물을 포함할 수 있다.

[0058] 아울러, 인바 합금은 중량%로, Ni : 38 ~ 40%, Cr : 1.0% 이하, V : 1.0% 이하, C : 0.5% 이하, Mn : 0.5% 이하, Si : 0.5% 이하, Co : 0.1% 이하, Al : 0.1% 이하, Cu : 0.1% 이하, Mo : 0.1% 이하, Ti : 0.1% 이하 및 나머지 Fe 및 기타 불가피한 불순물을 포함할 수 있다.

[0059] 또한, Co-Cr계 합금은 중량%로, Cr : 19 ~ 21%, W : 14 ~ 16%, Ni : 9 ~ 11%, Mn : 1 ~ 2%, C : 0.05 ~ 0.15%, Si : 0.4% 이하, P : 0.04% 이하, S : 0.03% 이하, Fe : 3% 이하 및 나머지 Co 및 기타 불가피한 불순물을 포함할 수 있다.

[0061] 열간압연

[0062] 열간압연 단계(S120)에서는 가열된 금속을 열간 압연한다.

[0063] 본 단계에서, 열간압연은 0.5Tm 이상의 마무리 압연온도 조건으로 실시하는 것이 바람직하며, 보다 바람직한 범위로는 0.5Tm ~ 0.9Tm을 제시할 수 있다. 마무리 압연온도가 0.5Tm 미만일 경우에는 압연중에 소재 파단이 발생할 수 있다. 반대로, 마무리 압연온도가 0.9Tm을 초과할 경우에는 결정립 크기가 조대해져 강도 저하를 야기할 수 있으므로, 바람직하지 않다.

[0064] 아울러, 열간압연 후 연성이 부족할 경우에는 연성을 확보하기 위한 풀림열처리를 0.5Tm ~ 0.9Tm의 고온 범위에서 적어도 10분 이상 더 실시할 수도 있다.

[0066] 냉각

[0067] 냉각 단계(S130)에서는 열간 압연된 금속을 냉각한다.

[0068] 이때, 열간 압연된 금속은 200℃ 이하의 온도까지 냉각하는 것이 바람직하다. 본 단계에서, 냉각은 수냉 또는 공냉이 실시될 수 있다.

[0069]

[0070] 인발

[0071] 인발 단계(S140)에서는 냉각된 금속을 양측의 회전 드럼 상호 간이 역 방향으로 회전하는 역 방향 인발을 수행하여 선재를 제조한다.

[0072] 이에 따라, 냉각된 강을 인발하는 냉간가공 후 경도 편차가 최소화되어 피로파괴로 인한 균열 발생을 미연에 방지할 수 있게 된다.

[0073] 도 2 및 도 3은 도 1의 인발 단계를 설명하기 위한 모식도로, 이를 참조하여 보다 구체적으로 설명하도록 한다.

[0074] 도 2 및 도 3에 도시된 바와 같이, 인발 단계(S140)에서는 냉각된 강(10)이 다이(120)를 통과하면서 냉간가공하는 인발이 이루어지게 된다. 이때, 단면 감소율은 항복강도를 증가시키기 위해서 최소 10% 이상은 행해야 하고, 90%를 초과하는 단면 감소율은 냉간가공 가능 한계치라고 할 수 있다. 따라서, 인발은 10 ~ 90%의 단면 감소율로 실시되는 것이 바람직하다.

[0075] 특히, 본 발명에서는, 다이(120)의 입측에 장착되는 제1 회전 드럼(140)과 다이(120)의 출측에 장착되는 제2 회전 드럼(160) 상호 간이 서로 반대 방향으로 회전하는 역 방향으로 선재(10)를 인발하는 것에 의해, 선재(10)의 두께 중심부와 표면부 간의 경도 편차를 개선하였다.

[0076] 이때, 제1 회전 드럼(140)은 제1 위치에 배치되고, 제2 회전 드럼(160)은 제1 위치보다 낮은 제2 위치에 배치되

며, 다이(120)는 제1 및 제2 회전 드럼(140, 160)과 이격된 사이 구간에 배치되어 있을 수 있다. 이 경우, 선재(10)는 직선 형태로 인발이 수행될 수 있다.

[0077] 즉, 다이(120)의 일측 상단에 배치되는 제1 회전 드럼(140)은 반시계 방향으로 회전하고, 다이(120)의 타측 하단에 배치되며, 제1 회전 드럼(140)과 평행하게 이격 배치되는 제2 회전 드럼(160)은 시계 방향으로 회전시키는 역 방향 인발이 수행되는 것에 의해, 냉간가공시에 부과되는 인발력이 선재(10)의 전 영역에 균일하게 인가되도록 제어하는 것이 가능해질 수 있게 된다.

[0078] 이에 따라, 본 발명에서는 선재(10)가 역 방향 인발에 의해 균일한 인발력으로 인발이 수행되는 것에 의해, 선재(10)의 두께 중심부와 표면부 간의 경도 편차가 최소화되어 경도 불균일에 따른 피로파괴 유발 현상을 미연에 방지할 수 있게 된다.

[0079] 이와 유사한 원리를 적용하여, 제1 회전 드럼(140)을 하단, 제2 회전 드럼(160)을 상단에 배치하여 서로 반대 방향으로 회전시켜 역 방향 인발을 수행 할 수 있다. 또한, 제1 회전 드럼(140)을 우측, 제2 회전 드럼(160)을 좌측에 배치하여 서로 반대 방향으로 회전시켜 역 방향 인발을 수행 할 수도 있다. 또한, 제1 회전 드럼(140)을 좌측, 제2 회전 드럼(160)을 우측에 배치하여 서로 반대 방향으로 회전시켜 역 방향 인발을 수행하는 것도 가능하다.

[0081] 한편, 도 4는 도 1의 인발 단계에 대한 변형예를 설명하기 위한 모식도이다.

[0082] 도 4에 도시된 바와 같이, 본 발명의 변형예와 같이, 제1 회전 드럼(140)은 제1 위치에 배치되고, 제2 회전 드럼(160)은 제1 위치와 동일 또는 유사한 제2 위치에 배치되며, 다이(120)는 제1 및 제2 회전 드럼(140, 160)과 이격된 사이 구간에 배치되어 있을 수도 있다. 이 경우, 선재(10)는 사선 형태로 일정한 기울기를 갖는 상태에서 인발이 수행될 수 있다.

[0083] 다이(120)와 동일 선상에서 이격된 일측에 배치되는 제1 회전 드럼(140)은 반시계 방향으로 회전하고, 다이(120)와 동일 선상에서 이격된 타측에 배치되는 제2 회전 드럼(160)은 시계 방향으로 회전시키는 역 방향 인발이 수행된다.

[0084] 이에 따라, 본 발명의 변형예 역시, 선재(10)가 역 방향 인발에 의해 균일한 인발력으로 인발이 수행되는 것에 의해, 선재(10)의 두께 중심부와 표면부 간의 경도 편차가 최소화되어 경도 불균일에 따른 피로파괴 유발 현상을 미연에 방지할 수 있게 된다.

[0086] 상기의 과정(S110 ~ S140)에 의해 제조되는 균일한 경도를 갖는 선재는 두께 중심부와 표면부 간의 불균일한 경도 및 강도 분포에 따른 피로파괴 유발을 방지하기 위하여, 제1 및 제2 회전 드럼 상호 간이 서로 반대 방향으로 회전하는 역 방향으로 인발하는 것에 의해, 두께 중심부와 표면부 간의 경도 편차가 개선될 수 있게 된다.

[0087] 이 결과, 본 발명의 실시예에 따른 방법으로 제조되는 균일한 경도를 갖는 선재는 두께 중심부와 표면부 간의 최대 경도 값과 최소 경도 값의 편차{(Hv_max - Hv_min) / Hv_max × 100%}가 5% 이하를 나타내어 균일한 경도 특성을 나타낼 수 있게 된다.

[0088] 아울러, 본 발명의 실시예에 따른 방법으로 제조되는 균일한 경도를 갖는 선재는 강종(순수 Ti, 인바 합금 및 Co-Cr 합금)과 무관하게 역 방향으로 인발을 실시할 시, 냉간가공 후 경도 편차가 최소화되는 것에 의해, 피로파괴가 유발되는 것을 미연에 방지할 수 있게 된다.

[0089] 이에 따라, 본 발명의 실시예에 따른 방법으로 제조되는 균일한 경도를 갖는 선재는 두께 중심부와 표면부 간의 경도 편차 개선으로 피로파괴를 유발할 염려가 없어 의료용 임플란트, 공업용 스프링 등으로 활용하기에 적합하다.

[0091] **실시예**

[0092] 이하, 본 발명의 바람직한 실시예를 통해 본 발명의 구성 및 작용을 더욱 상세히 설명하기로 한다. 다만, 이는 본 발명의 바람직한 예시로 제시된 것이며 어떠한 의미로도 이에 의해 본 발명이 제한되는 것으로 해석될 수는 없다.

[0093] 여기에 기재되지 않은 내용은 이 기술 분야에서 숙련된 자이면 충분히 기술적으로 유추할 수 있는 것이므로 그 설명을 생략하기로 한다.

[0095] **1. 시편 제조**

[0097] 실시예 1

[0098] C : 0.02%, O : 0.25%, N : 0.01%, H : 0.008%, Fe : 0.15% 및 나머지 Ti와 기타 불가피한 불순물을 포함하는 순수 티타늄을 950℃에서 2시간 동안 가열하고, 880℃의 온도에서 마무리 열간압연한 후, 상온까지 냉각하였다.

[0099] 다음으로, 냉각된 순수 티타늄을 양측의 회전 드럼 상호 간이 역 방향으로 회전하는 역 방향으로 20%의 단면 감소율로 인발을 수행하여 선재를 제조하였다.

[0101] 실시예 2

[0102] 80%의 단면 감소율로 인발을 실시한 것을 제외하고는 실시예 1과 동일한 방법으로 선재를 제조하였다.

[0104] 실시예 3

[0105] Ni : 39%, Cr : 0.6%, V : 0.7%, C : 0.2%, Mn : 0.14%, Si : 0.11%, Co : 0.08%, Al : 0.06%, Cu : 0.04%, Mo : 0.04%, Ti : 0.03% 및 나머지 Fe 및 기타 불가피한 불순물을 포함하는 인바 합금을 1,000℃에서 2시간 동안 가열하고, 850℃의 온도에서 마무리 열간압연한 후, 상온까지 냉각하였다.

[0106] 다음으로, 냉각된 인바 합금을 양측의 회전 드럼 상호 간이 역 방향으로 회전하는 역 방향으로 20%의 단면 감소율로 인발을 수행하여 선재를 제조하였다.

[0108] 실시예 4

[0109] 60%의 단면 감소율로 인발을 실시한 것을 제외하고는 실시예 3과 동일한 방법으로 선재를 제조하였다.

[0111] 실시예 5

[0112] Cr : 19.5%, W : 14.4%, Ni : 9.8%, Mn : 1.6%, C : 0.06%, Si : 0.25%, P : 0.02%, S : 0.001%, Fe : 1.4% 및 나머지 Co 및 기타 불가피한 불순물을 포함하는 Co-Cr계 합금을 1,200℃에서 2시간 동안 가열하고, 1,100℃의 온도에서 마무리 열간압연한 후, 상온까지 냉각하였다.

[0113] 다음으로, 냉각된 Co-Cr계 합금을 양측의 회전 드럼 상호 간이 역 방향으로 회전하는 역 방향으로 20%의 단면 감소율로 인발을 수행하여 선재를 제조하였다.

[0115] 실시예 6

[0116] 60%의 단면 감소율로 인발을 실시한 것을 제외하고는 실시예 5와 동일한 방법으로 선재를 제조하였다.

[0118] 비교예 1

[0119] 냉각된 순수 티타늄을 양측의 회전 드럼 상호 간이 동일 방향으로 회전하는 정 방향으로 20%의 단면 감소율로 인발을 수행한 것을 제외하고는 실시예 1과 동일한 방법으로 선재를 제조하였다.

[0121] 비교예 2

[0122] 80%의 단면 감소율로 인발을 수행한 것을 제외하고는 비교예 1과 동일한 방법으로 선재를 제조하였다.

[0124] 비교예 3

[0125] 냉각된 인바 합금을 양측의 회전 드럼 상호 간이 동일 방향으로 회전하는 정 방향으로 60%의 단면 감소율로 인발을 수행한 것을 제외하고는 실시예 3과 동일한 방법으로 선재를 제조하였다.

[0127] 비교예 4

[0128] 냉각된 Co-Cr계 합금을 양측의 회전 드럼 상호 간이 동일 방향으로 회전하는 정 방향으로 60%의 단면 감소율로 인발을 수행한 것을 제외하고는 실시예 5와 동일한 방법으로 선재를 제조하였다.

[0130] **2. 기계적 물성 평가**

[0131] 표 1은 실시예 1 ~ 6 및 비교예 1 ~ 4에 따른 시편에 대한 기계적 물성 평가 결과를 나타낸 것이다. 또한, 도 5는 실시예 1 ~ 2 및 비교예 1 ~ 2에 대한 경도 측정 결과를 나타낸 그래프이고, 도 6은 실시예 3 ~ 4 및 비교예 3에 대한 경도 측정 결과를 나타낸 그래프이며, 도 7은 실시예 5 ~ 6 및 비교예 4에 대한 경도 측정 결과를 나타낸 그래프이다. 여기서, 도 5 ~ 도 7에서, 가로축 0은 선재 표면부를 의미하고, 가로축 1/2은 선재 중심부를 의미하며, 가로축 1/4은 선재의 표면부와 중심부 가운데 위치를 의미한다.

[0133] [표 1]

구분		단면 감소율 (Cold reduction)	최대 경도 값 (Hv_max)	최소 경도 값 (Hv_min)	(Hv_max - Hv_min) / Hv_max × 100
순수 Ti	실시예 1	20%	267	258	3.4%
	비교예 1	20%	270	251	7.0%
	실시예 2	80%	306	295	3.6%
	비교예 2	80%	310	282	9.0%
인바 합금	실시예 3	20%	205	198	3.4%
	실시예 4	60%	232	223	3.9%
	비교예 3	60%	238	218	8.4%
CoCr 합금	실시예 5	20%	353	340	3.7%
	실시예 6	60%	480	468	2.5%
	비교예 4	60%	488	460	5.7%

[0134]

[0135] 표 1과 도 5 내지 도 7에 도시된 바와 같이, 순수 Ti를 역 방향으로 20% 및 80%의 단면 감소율로 각각 인발을 실시한 실시예 1 ~ 2의 경우, 최대 경도 값과 최소 경도 값의 편차{(Hv_max - Hv_min) / Hv_max × 100%}가 3.4% 및 3.6%로 각각 측정되어 목표값인 5% 이하를 만족하는 것을 확인하였다.

[0136] 반면, 순수 Ti를 정 방향으로 20% 및 80%의 단면 감소율로 각각 인발을 실시한 비교예 1 ~ 2의 경우, 최대 경도 값과 최소 경도 값의 편차{(Hv_max - Hv_min) / Hv_max × 100%}가 7.0% 및 9.0%로 각각 측정되어, 목표값을 벗어나는 것을 확인하였다.

[0137] 아울러, 인바 합금을 역 방향으로 20% 및 60%의 단면 감소율로 각각 인발을 실시한 실시예 3 ~ 4의 경우, 최대 경도 값과 최소 경도 값의 편차{(Hv_max - Hv_min) / Hv_max × 100%}가 3.4% 및 3.9%로 각각 측정되어 목표값인 5% 이하를 만족하는 것을 확인하였다.

[0138] 반면, 인바 합금을 정 방향으로 60%의 단면 감소율로 인발을 실시한 비교예 3의 경우, 최대 경도 값과 최소 경도 값의 편차{(Hv_max - Hv_min) / Hv_max × 100%}가 8.4%로 측정되어, 목표값을 벗어나는 것을 확인하였다.

[0139] 또한, Co-Cr 합금을 역 방향으로 20% 및 60%의 단면 감소율로 각각 인발을 실시한 실시예 5 ~ 6의 경우, 최대 경도 값과 최소 경도 값의 편차{(Hv_max - Hv_min) / Hv_max × 100%}가 3.7% 및 2.5%로 각각 측정되어 목표값인 5% 이하를 만족하는 것을 확인하였다.

[0140] 반면, Co-Cr 합금을 정 방향으로 60%의 단면 감소율로 인발을 실시한 비교예 4의 경우, 최대 경도 값과 최소 경도 값의 편차{(Hv_max - Hv_min) / Hv_max × 100%}가 5.7%로 측정되어, 목표값을 벗어나는 것을 확인하였다.

[0141] 위의 실험 결과를 토대로 알 수 있듯이, 강종(순수 Ti, 인바 합금 및 Co-Cr 합금)과 무관하게 역 방향으로 인발을 실시할 시, 냉간가공 후 경도 편차가 최소화되는 것에 의해, 피로파괴가 유발되는 것을 미연에 방지할 수 있다는 것을 확인하였다.

[0143] 이상에서는 본 발명의 실시예를 중심으로 설명하였지만, 본 발명이 속하는 기술분야에서 통상의 지식을 가진 기술자의 수준에서 다양한 변경이나 변형을 가할 수 있다. 이러한 변경과 변형은 본 발명이 제공하는 기술 사상의 범위를 벗어나지 않는 한 본 발명에 속한다고 할 수 있다. 따라서 본 발명의 권리범위는 이하에 기재되는 청구범위에 의해 판단되어야 할 것이다.

부호의 설명

[0145] S110 : 가열 단계

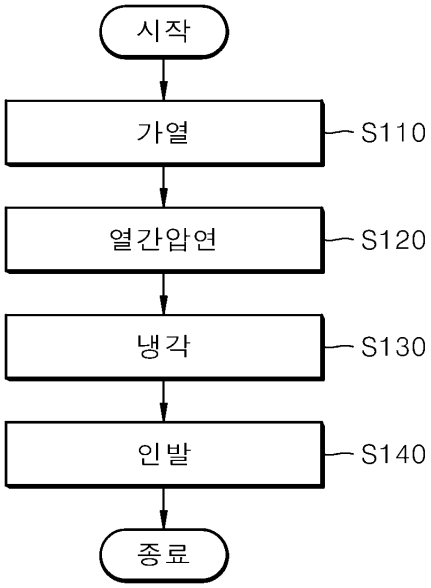
S120 : 열간압연 단계

S130 : 냉각 단계

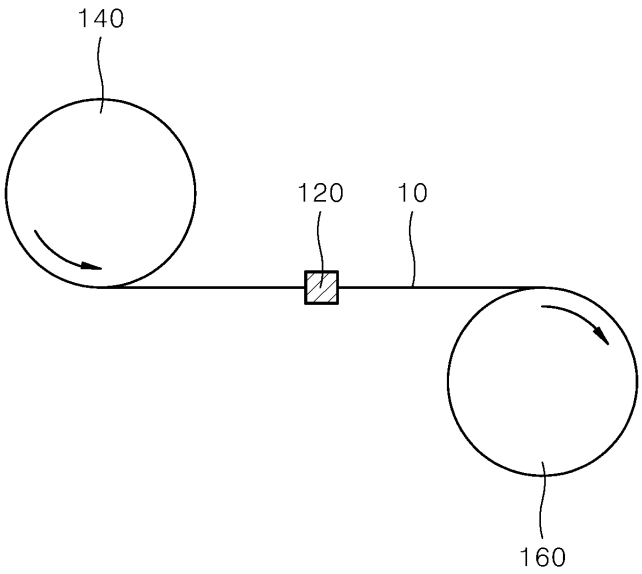
S140 : 인발 단계

도면

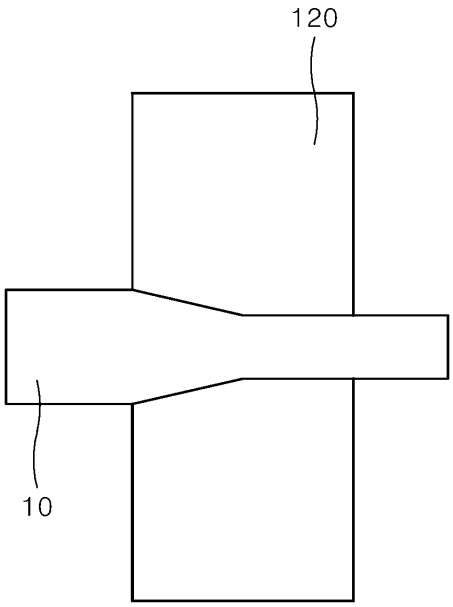
도면1



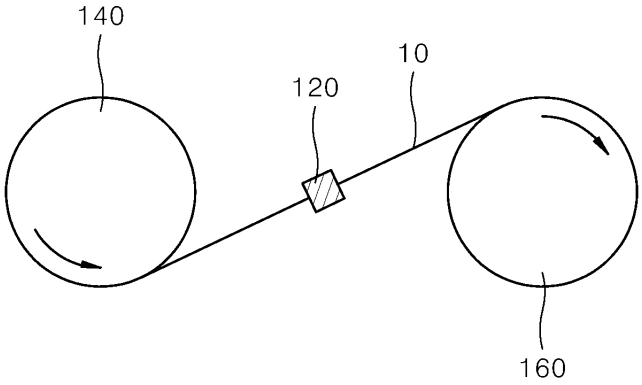
도면2



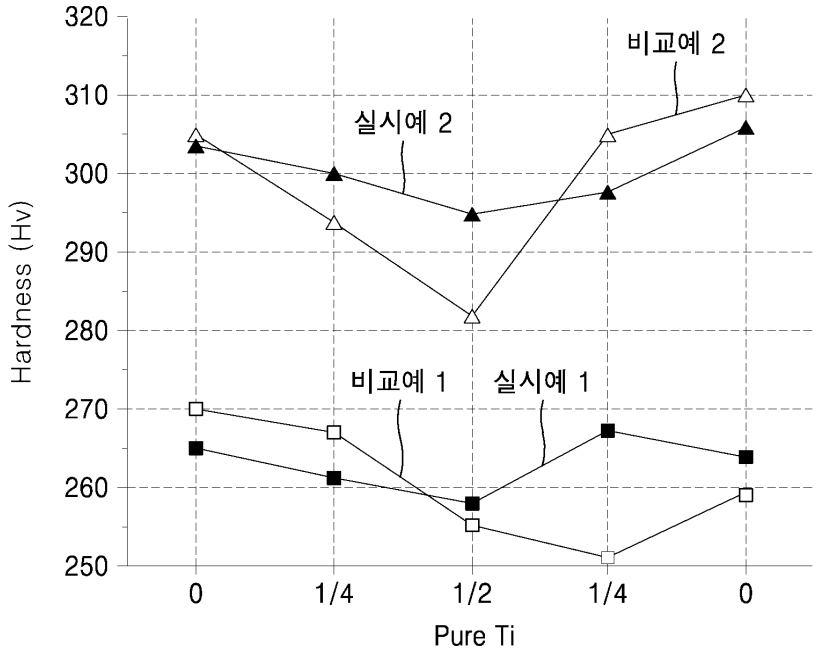
도면3



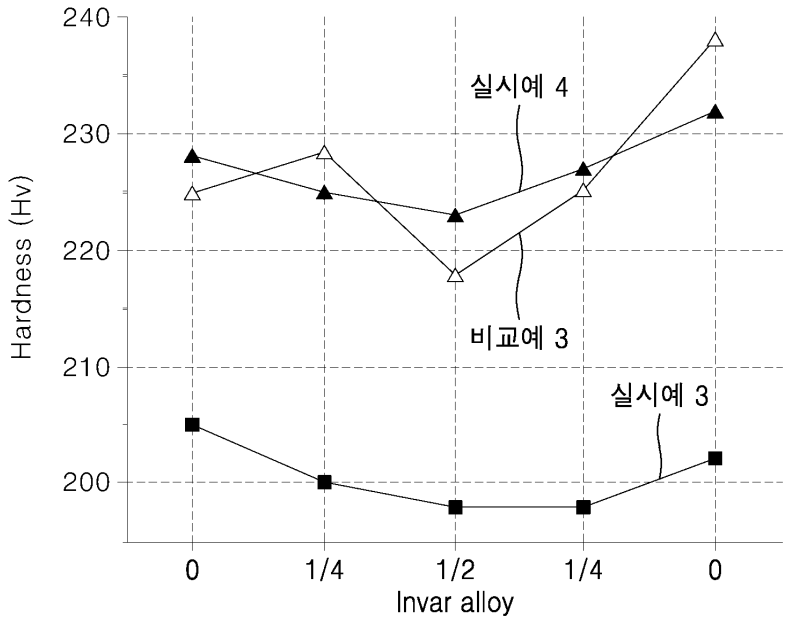
도면4



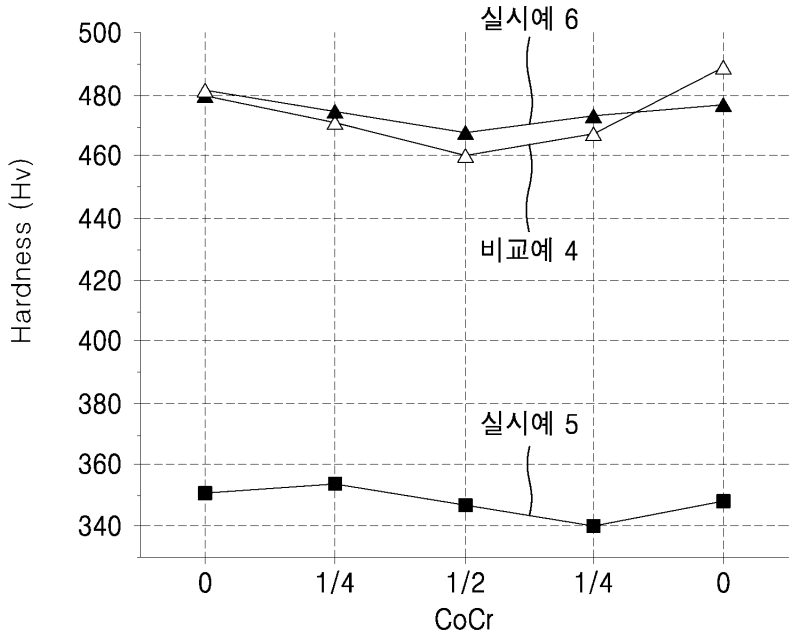
도면5


320
310
300
290
280
270
260
250
Hardness (Hv)
비교예 2
실시예 2
비교예 1
실시예 1
0
1/4
1/2
1/4
0
Pure Ti

도면6


240
230
220
210
200
Hardness (Hv)
실시예 4
비교예 3
실시예 3
0
1/4
1/2
1/4
0
Invar alloy

도면7


실시예 6
비교예 4
실시예 5
Hardness (Hv)
500
480
460
440
420
400
380
360
340
0
1/4
1/2
1/4
0
CoCr