(19) 대한민국특허청(KR)
(12) 공개특허공보(A)

(11) 공개번호 10-2018-0023539
(43) 공개일자 2018년03월07일

(51) 국제특허분류(Int. Cl.)
B21C 1/24 (2006.01) *B21C 1/00* (2006.01)
B21C 3/02 (2006.01) *B21C 3/16* (2006.01)
B21C 9/00 (2006.01)
(52) CPC특허분류
B21C 1/24 (2013.01)
B21C 1/003 (2013.01)
(21) 출원번호 10-2016-0109071
(22) 출원일자 2016년08월26일
심사청구일자 2016년08월26일

(71) 출원인
한국기계연구원
대전광역시 유성구 가정북로 156 (장동)
(72) 발명자
염종택
경상남도 김해시 번화1로 168, 1002동 1202호 (삼문동, 한림리츠빌)
박찬희
경상남도 창원시 진해구 천자로 386, 117동 1002호 (풍호동, 창원마린푸르지오1단지)
(뒷면에 계속)
(74) 대리인
특허법인가산

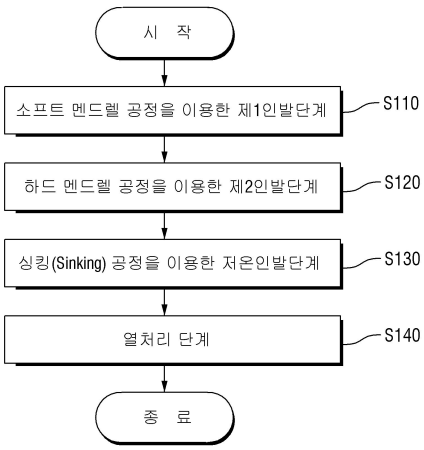
전체 청구항 수 : 총 10 항

(54) 발명의 명칭 **금속관의 인발 방법**

(57) 요 약

본 발명은 금속관의 인발 방법에 있어서, 제1멘드렐을 이용하고, 제1인발 다이스에 제1금속관을 삽입하여 인발함으로써, 인발된 제1금속관을 제조하는 제1인발단계; 제2멘드렐을 이용하고, 제2인발 다이스에 상기 인발된 제1금속관을 삽입하여 인발함으로써, 인발된 제2금속관을 제조하는 제2인발단계; 싱킹(sinking) 공정을 이용하고, 제3인발 다이스에 상기 인발된 제2금속관을 삽입하여 인발함으로써, 인발된 제3금속관을 형성하는 저온인발단계; 및 상기 인발된 제3금속관을 열처리하는 단계를 포함하는 금속관의 인발방법에 관한 것으로, 진직도와 진원도를 확보하면서, 외경 및 내경을 보다 축소시킬 수 있는 금속관의 인발 방법을 제공할 수 있다.

대 표 도 - 도1



(52) CPC특허분류
B21C 3/02 (2013.01)
B21C 3/16 (2013.01)
B21C 9/00 (2013.01)

(72) 발명자
홍재근
경상남도 창원시 성산구 삼정자로 79, 114동 502호 (성주동, 유니온빌리지아파트)
김성웅
경상남도 창원시 성산구 가음정로23번길 10-21, 102동 1202호 (가음동, 가음 한림 풀에버)
이상원
부산광역시 금정구 중앙대로 1799, 2002호 (구서동, 유림노르웨이아침)

이 발명을 지원한 국가연구개발사업
과제고유번호 10042703
부처명 산업통상자원부
연구관리전문기관 한국산업기술평가관리원
연구사업명 산업핵심기술개발사업
연구과제명 1㎜급 난가공성 금속튜브 제조 및 기능성 표면처리 기술 개발(4/5)
기 여 율 1/1
주관기관 한국과학기술연구원
연구기간 2015.09.01 ~ 2016.08.31

명 세 서

청구범위

청구항 1

금속관의 인발 방법에 있어서,

제1멘드렐을 이용하고, 제1인발 다이스에 제1금속관을 삽입하여 인발함으로써, 인발된 제1금속관을 제조하는 제1인발단계;

제2멘드렐을 이용하고, 제2인발 다이스에 상기 인발된 제1금속관을 삽입하여 인발함으로써, 인발된 제2금속관을 제조하는 제2인발단계;

싱킹(sinking) 공정을 이용하고, 제3인발 다이스에 상기 인발된 제2금속관을 삽입하여 인발함으로써, 인발된 제3금속관을 형성하는 저온인발단계; 및

상기 인발된 제3금속관을 열처리하는 단계를 포함하는 금속관의 인발방법.

청구항 2

제 1 항에 있어서,

상기 제1멘드렐은, 상기 제1인발단계에서 상기 제1금속관의 인발과 함께 인발이 이루어져 인발된 제1멘드렐을 형성하는 금속관의 인발방법.

청구항 3

제 1 항에 있어서,

상기 제1인발 다이스의 직경은 3㎜를 초과하고, 5㎜ 이하이고, 상기 제2인발 다이스의 직경은 1.8㎜를 초과하고, 3㎜ 이하인 금속관의 인발방법.

청구항 4

제 1 항에 있어서,

상기 제3인발 다이스의 직경은 하기 수학식 (1)에 따른 단면수축율(RA)에 의해 제어되고, 상기 단면수축율이 30% 이상이 되도록 상기 제3인발 다이스의 직경을 제어하는 금속관의 인발방법.

$$RA = \frac{(A0 - A1)}{A0} * 100 \quad \text{... 수학식 (1)}$$

(이때, 상기 수학식 (1)에서 A0는 상기 인발된 제2금속관의 초기 단면적이고, A1은 상기 인발된 제3금속관의 변형 단면적임.)

청구항 5

제 4 항에 있어서,

상기 A0 및 상기 A1은 하기 수학식 (2)로 정의되는 금속관의 인발방법.

$$Ax = \pi * (Ro^2 - Ri^2) \quad \text{... 수학식 (2)}$$

(이때, 상기 수학식 (2)에서 Ro는 외경 반지름에 해당하고, Ri는 내경 반지름에 해당함.)

청구항 6

제 1 항에 있어서,

상기 저온인발단계는 -80℃ 내지 -50℃의 온도조건에서 인발이 이루어지는 것을 특징으로 하는 금속관의 인발방법.

청구항 7

제 1 항에 있어서,

상기 열처리하는 단계에서의 열처리 온도는 450℃ 내지 600℃인 금속관의 인발방법.

청구항 8

제 1 항 내지 제 7 항 중 어느 한 항의 제조방법에 의해 제조된 금속관.

청구항 9

제 8 항에 있어서,

상기 금속관의 회복강도는 350 내지 400MPa이고, 최대인장강도는 1300 내지 1400MPa인 금속관.

청구항 10

제 9 항에 있어서,

상기 금속관은 형상기억합금 또는 초탄성합금으로 이루어지는 금속관.

발명의 설명

기 술 분 야

[0001] 본 발명은 금속관의 인발 방법에 관한 것으로서, 더욱 상세하게는 진직도와 진원도를 확보하면서, 외경 및 내경을 보다 축소시킬 수 있는 금속관의 인발 방법에 관한 것이다.

배 경 기 술

[0002] 알려진 바와 같이, 인발 가공은 봉재나 선재 및 관재 등의 제품을 생산하는데 널리 사용되는 소성가공 방법으로 일정한 단면을 가지면서 길이가 긴 제품을 생산하는데 주로 이용되고 있다.

[0003] 최근에는 단면형상이 복잡한 기계부품도 인발 가공을 통해 생산되고 있으며, 기계, 전기/전자, IT, 첨단로봇 등 다양한 분야에 적용되고 있다. 또한 기존에는 단면 형상이 복잡한 제품의 경우 주로 기계가공이나 열간 압출 공정을 통하여 생산하였다.

[0004] 한편, 대표적인 이형 인발 제품으로는 크로스 롤러 가이드 레일(cross roller guide rail)과 리니어 모션 가이드 레일(linear motion guide rail)이 있다.

[0005] 이들 부품들은 반도체, 디스플레이 제조장비는 물론, IT 제조 및 검사장비, 공작기계와 산업기계, 그리고 정밀 측정기기, 자동차 제조 관련 장비 등의 직선 운동 부분에 필수적으로 사용되는 기계요소로써 모든 기계의 성능과 정밀도를 좌우하는 핵심부품이다.

[0006] 국내에 크로스 롤러 가이드 레일과 리니어 모션 가이드 레일(이하 "엘엠 가이드 레일"라 함)이 소개되었던 1990년대에는 일부 공작기계나 단순이송장치에 국한되었던 수요처가 현재에는 반도체 제조장비, LCD 제조장치 및 검사장비, 각종 로봇을 비롯한 자동화 장치 등 산업 전반으로 시장이 확대되고 있다.

[0007] 이와 같이, 엘엠 가이드 레일(LM-guide Rail)은 반도체, 디스플레이 제조장비는 물론 IT 제조 및 검사장비, 산업기계, 그리고 정밀 측정기기, 자동차 제조 관련 장비 등 정밀 산업분야의 필수 부품소재이기 때문에 정밀도, 허용하중, 강성, 진직도 등 까다로운 조건을 만족하여야만 한다.

[0008] 이러한 정밀 조건을 만족시키기 위해서 종래에는 환봉을 바 드로잉(bar drawing) 공법으로 엘엠 가이드 레일을 인발 성형하였는데, 오늘날에는 튜브 드로잉(tube drawing) 공법으로 중공형태의 엘엠 가이드 레일을 인발 성형하여 기존의 엘엠 가이드 레일에 비해 소재 단중을 40% 가량 줄임으로써 경량화 및 자원 절감효과를 누리는 동시에 기존과 동일한 성능을 구현할 수 있도록 하였다.

[0009] 다만, 본 발명에서 중공형태의 엘엠 가이드 레일은 일예에 해당하는 것으로, 이하에서는, 넓은 개념으로 금속관

으로 통칭하기로 한다.

[0010] 그러나, 이러한, 금속관을 인발하기 위한 종래의 튜브 드로잉 공법은 바 드로잉 공법에서처럼 내부의 반발력으로 외부의 살이 차는 형태가 되어야 하지만, 내부가 비어 있기 때문에 내부반발력이 매우 적어 형상제어에 많은 어려움이 있었다.

[0011] 또한, 종래에는 튜브 드로잉 공법으로 인발 성형할 때, 초경 또는 텅스텐 카바이드 재질의 플러그(plug)를 사용하여 내·외면의 직경을 제어하기 때문에 인발 시에 플러그의 파손으로 인해, 제대로 인발 성형할 수 없는 문제점이 있을 뿐만 아니라, 상기 플러그는 반발력이 약하기 때문에 진직도를 확보하는데 어려움이 있으며, 또한 인발 시에 형상제어가 어려운 단점이 있다.

발명의 내용

해결하려는 과제

[0012] 본 발명이 해결하고자 하는 과제는 상술된 종래 기술의 문제를 해결하기 위한 것으로서, 진직도와 진원도를 확보할 수 있는 금속관의 인발 방법을 제공하고자 한다.

[0013] 또한, 본 발명은 진직도와 진원도를 확보하면서, 외경 및 내경을 보다 축소시킬 수 있는 금속관의 인발 방법을 제공하고자 한다.

[0014] 본 발명의 목적들은 이상에서 언급한 목적으로 제한되지 않으며, 언급되지 않은 또 다른 목적들은 아래의 기재로부터 당업자에게 명확하게 이해될 수 있을 것이다.

과제의 해결 수단

[0015] 상기 지적된 문제점을 해결하기 위해서 본 발명은 금속관의 인발 방법에 있어서, 제1멘드렐을 이용하고, 제1인발 다이스에 제1금속관을 삽입하여 인발함으로써, 인발된 제1금속관을 제조하는 제1인발단계; 제2멘드렐을 이용하고, 제2인발 다이스에 상기 인발된 제1금속관을 삽입하여 인발함으로써, 인발된 제2금속관을 제조하는 제2인발단계; 싱킹(sinking) 공정을 이용하고, 제3인발 다이스에 상기 인발된 제2금속관을 삽입하여 인발함으로써, 인발된 제3금속관을 형성하는 저온인발단계; 및 상기 인발된 제3금속관을 열처리하는 단계를 포함하는 금속관의 인발방법을 제공한다.

[0016] 또한, 본 발명은 상기 제1멘드렐은, 상기 제1인발단계에서 상기 제1금속관의 인발과 함께 인발이 이루어져 인발된 제1멘드렐을 형성하는 금속관의 인발방법을 제공한다.

[0017] 또한, 본 발명은 상기 제1인발 다이스의 직경은 3㎜를 초과하고, 5㎜ 이하이고, 상기 제2인발 다이스의 직경은 1.8㎜를 초과하고, 3㎜ 이하인 금속관의 인발방법을 제공한다.

[0018] 또한, 본 발명은 상기 제3인발 다이스의 직경은 하기 수학식 (1)에 따른 단면수축율(RA)에 의해 제어되고, 상기 단면수축율이 30% 이상이 되도록 상기 제3인발 다이스의 직경을 제어하는 금속관의 인발방법을 제공한다.

$$RA = \frac{(A0-A1)}{A0} * 100$$

[0019] ... 수학식 (1)(이때, 상기 수학식 (1)에서 A0는 상기 인발된 제2금속관의 초기 단면적이고, A1은 상기 인발된 제3금속관의 변형 단면적임.)

[0020] 또한, 본 발명은 상기 A0 및 상기 A1은 하기 수학식 (2)로 정의되는 금속관의 인발방법을 제공한다.

[0021] $$Ax = \pi * (Ro^2 - Ri^2)$$ ... 수학식 (2)(이때, 상기 수학식 (2)에서 Ro는 외경 반지름에 해당하고, Ri는 내경 반지름에 해당함.)

[0022] 또한, 본 발명은 상기 저온인발단계는 -80℃ 내지 -50℃의 온도조건에서 인발이 이루어지는 것을 특징으로 하는 금속관의 인발방법을 제공한다.

[0023] 또한, 본 발명은 상기 열처리하는 단계에서의 열처리 온도는 450℃ 내지 600℃인 금속관의 인발방법을 제공한다.

[0024] 또한, 본 발명은 상기 금속관의 회복강도는 350 내지 400MPa이고, 최대인장강도는 1300 내지 1400MPa인 금속관

을 제공한다.

[0025] 또한, 본 발명은 상기 금속관은 형상기억합금 또는 초탄성합금으로 이루어지는 금속관을 제공한다.

발명의 효과

[0026] 상기한 바와 같은 본 발명에서는 제1인발단계를 통해 금속관의 진직도를 확보하고, 제2인발단계를 통해 금속관의 진원도를 확보할 수 있다.

[0027] 따라서, 본 발명에서는 진직도와 진원도를 확보한 상태에서, 시중에 유통되는 외산소재에 비하여, 외경 및 내경이 훨씬 축소된 인발 금속관을 제조할 수 있다.

[0028] 또한, 본 발명에서는 저온인발단계를 통해, 인발된 제2금속관(310)인 형상기억합금을 마르텐사이트 영역에서 변형시켜 미세하게 분절된 층상 조직을 생성시키고, 상기 열처리 단계를 통해, 상기 미세하게 분절된 층상 조직을 초미세 오스테나이트 조직으로 역변태시킴으로써, 상기 형상기억합금의 변태응력과 형상회복변형량을 동시에 향상시킬 수 있다.

도면의 간단한 설명

[0029] 도 1은 본 발명에 따른 금속관의 인발 방법을 설명하기 위한 순서도이다.

도 2a는 본 발명에 따른 금속관의 제1인발단계를 설명하기 위한 개략적인 단면도이고, 도 2b는 본 발명에 따른 금속관의 제2인발단계를 설명하기 위한 개략적인 단면도이며, 도 2c는 본 발명에 따른 금속관의 저온인발단계를 설명하기 위한 개략적인 단면도이다.

도 3a는 본 발명에 따른 제1인발단계를 진행한 상태의 금속관을 설명하기 위한 개략적인 단면도이고, 도 3b는 본 발명에 따른 제2인발단계를 진행한 상태의 금속관을 설명하기 위한 개략적인 단면도이며, 도 3c는 본 발명에 따른 저온인발단계를 진행한 상태의 금속관을 설명하기 위한 개략적인 단면도이다.

도 4는 제1인발단계 내지 제3인발단계에서의 다이스의 직경을 도시한 표이다.

도 5a는 외산소재의 온도에 따른 Heat Flow를 도시한 그래프이고, 도 5b는 본 발명에 따른 인발 금속관의 Heat Flow를 도시한 그래프이다.

도 6a는 실시예에 따른 금속관의 미세조직을 도시한 실사진이고, 도 6b는 비교예 1에 따른 금속관의 미세조직을 도시한 실사진이며, 도 6c는 비교예 2에 따른 금속관의 미세조직을 도시한 실사진이다.

도 7a는 비교예 2에 따른 Strain-Stress 거동을 도시한 그래프이고, 도 7b는 실시예에 따른 Strain-Stress 거동을 도시한 그래프이다.

도 8은 비교예 2 및 실시예에 따른 피로특성을 도시한 그래프이다.

도 9a 및 도 9b는 형상기억합금의 형상기억효과에 따른 진직도의 교정을 도시하는 실사진이다.

발명을 실시하기 위한 구체적인 내용

[0030] 본 발명의 이점 및 특징, 그리고 그것들을 달성하는 방법은 첨부되는 도면과 함께 상세하게 후술되어 있는 실시예들을 참조하면 명확해질 것이다. 그러나 본 발명은 이하에서 개시되는 실시예들에 한정되는 것이 아니라 서로 다른 다양한 형태로 구현될 것이며, 단지 본 실시예들은 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.

[0031] 아래 첨부된 도면을 참조하여 본 발명의 실시를 위한 구체적인 내용을 상세히 설명한다. 도면에 관계없이 동일한 부재번호는 동일한 구성요소를 지칭하며, "및/또는"은 언급된 아이템들의 각각 및 하나 이상의 모든 조합을 포함한다.

[0032] 비록 제1, 제2 등이 다양한 구성요소들을 서술하기 위해서 사용되나, 이들 구성요소들은 이들 용어에 의해 제한되지 않음은 물론이다. 이들 용어들은 단지 하나의 구성요소를 다른 구성요소와 구별하기 위하여 사용하는 것이다. 따라서, 이하에서 언급되는 제1 구성요소는 본 발명의 기술적 사상 내에서 제2 구성요소일 수도 있음은 물론이다.

[0033] 본 명세서에서 사용된 용어는 실시예들을 설명하기 위한 것이며 본 발명을 제한하고자 하는 것은 아니다. 본 명세서에서, 단수형은 문구에서 특별히 언급하지 않는 한 복수형도 포함한다. 명세서에서 사용되는 "포함한다(comprises)" 및/또는 "포함하는(comprising)"은 언급된 구성요소 외에 하나 이상의 다른 구성요소의 존재 또는 추가를 배제하지 않는다.

[0034] 다른 정의가 없다면, 본 명세서에서 사용되는 모든 용어(기술 및 과학적 용어를 포함)는 본 발명이 속하는 기술분야에서 통상의 지식을 가진 자에게 공통적으로 이해될 수 있는 의미로 사용될 수 있을 것이다. 또 일반적으로 사용되는 사전에 정의되어 있는 용어들은 명백하게 특별히 정의되어 있지 않는 한 이상적으로 또는 과도하게 해석되지 않는다.

[0035] 공간적으로 상대적인 용어인 "아래(below)", "아래(beneath)", "하부(lower)", "위(above)", "상부(upper)" 등은 도면에 도시되어 있는 바와 같이 하나의 구성 요소와 다른 구성 요소들과의 상관관계를 용이하게 기술하기 위해 사용될 수 있다. 공간적으로 상대적인 용어는 도면에 도시되어 있는 방향에 더하여 사용시 또는 동작시 구성요소들의 서로 다른 방향을 포함하는 용어로 이해되어야 한다. 예를 들면, 도면에 도시되어 있는 구성요소를 뒤집을 경우, 다른 구성요소의 "아래(below)"또는 "아래(beneath)"로 기술된 구성요소는 다른 구성요소의 "위(above)"에 놓여질 수 있다. 따라서, 예시적인 용어인 "아래"는 아래와 위의 방향을 모두 포함할 수 있다. 구성요소는 다른 방향으로도 배향될 수 있고, 이에 따라 공간적으로 상대적인 용어들은 배향에 따라 해석될 수 있다.

[0036] 이하, 첨부된 도면을 참조하여 본 발명의 바람직한 실시예를 상세히 설명하기로 한다.

[0037] 도 1은 본 발명에 따른 금속관의 인발 방법을 설명하기 위한 순서도이다.

[0038] 도 2a는 본 발명에 따른 금속관의 제1인발단계를 설명하기 위한 개략적인 단면도이고, 도 2b는 본 발명에 따른 금속관의 제2인발단계를 설명하기 위한 개략적인 단면도이며, 도 2c는 본 발명에 따른 금속관의 저온인발단계를 설명하기 위한 개략적인 단면도이다.

[0039] 도 3a는 본 발명에 따른 제1인발단계를 진행한 상태의 금속관을 설명하기 위한 개략적인 단면도이고, 도 3b는 본 발명에 따른 제2인발단계를 진행한 상태의 금속관을 설명하기 위한 개략적인 단면도이며, 도 3c는 본 발명에 따른 저온인발단계를 진행한 상태의 금속관을 설명하기 위한 개략적인 단면도이다.

[0040] 도 1 및 도 2a를 참조하면, 본 발명에 따른 금속관의 인발 방법은 제1멘드렐을 이용한 제1인발단계를 포함한다(S110).

[0041] 즉, 제1멘드렐을 이용하여 인발된 제1금속관을 제조하는 제1인발단계를 포함한다.

[0042] 이때, 본 발명에 따른 금속관은 중공형의 튜브형태에 해당하는 것으로, 상기 금속관의 재질은 금속합금일 수 있으며, 보다 구체적으로, NiTi 합금과 같은 형상기억합금 또는 초탄성합금인 것이 바람직하며, 이에 대해서는 후술하기로 한다.

[0043] 또한, 본 발명에서 상기 제1인발단계에서 사용되는 제1멘드렐은 소프트 멘드렐로 정의할 수 있다.

[0044] 상기 소프트 멘드렐은, 상기 제1인발단계에서 상기 금속관의 인발과 함께 상기 멘드렐도 함께 인발이 이루어지는 것으로, 즉, 본 발명에서는 인발이 되는 소재를 통해 제1멘드렐을 구성하는 것을 특징으로 하기 때문에, 상기 제1멘드렐을 소프트 멘드렐로 정의할 수 있다.

[0045] 이때, 상기 제1멘드렐은 상기 금속관의 재질보다 열팽창계수가 낮은 것을 특징으로 하고, 예를 들어, 상기 제1멘드렐은 구리 또는 구리 합금재질로 이루어질 수 있다.

[0046] 다만, 본 발명에서는 상기 제1멘드렐의 재질이 상기 금속관의 재질보다 열팽창계수가 낮은 것을 만족하는 조건에서, 상기 제1멘드렐의 재질을 제한하는 것은 아니다.

[0047] 이에 대해서는 후술하기로 한다.

[0048] 보다 구체적으로, 도 2a를 참조하면, 본 발명에 따른 제1인발단계(100)는, 제1인발 다이스(130)에 제1금속관(110)을 삽입하여 인발함으로써, 인발된 제1금속관(110')을 형성할 수 있다.

[0049] 이때, 제1인발단계(100)에서는 상술한 바와 같이, 제1멘드렐(120)을 사용하며, 상기 제1멘드렐(120)은 상기 제1금속관(110)의 중공에 삽입되어, 상기 제1금속관(110)이 상기 제1인발 다이스(130)에 삽입되어 인발되면서, 상기 제1멘드렐(120)도 동시에 인발되어, 인발된 제1멘드렐(120')을 구성할 수 있다.

[0050] 상술한 바와 같이, 본 발명에서 상기 제1멘드렐은 구리 또는 구리합금을 사용하는 것이 바람직하며, 즉, 상기 구리 또는 구리합금의 경우, 소프트한 재질에 해당하므로, 상기 제1금속관(110)이 상기 제1인발 다이스(130)에 삽입되어 인발되면서, 상기 제1멘드렐(120)도 동시에 인발되어, 인발된 제1멘드렐(120')을 구성할 수 있다.

[0051] 다만, 본 발명에서 상기 제1멘드렐은 제1인발 단계에서 인발이 가능한 재질인 경우, 상기 제1멘드렐의 재질을 제한하는 것은 아니다.

[0052] 따라서, 본 발명에서 상기 제1멘드렐은, 상기 금속관의 재질보다 열팽창계수가 낮은 재질 및 인발이 가능한 재질인 것을 만족하는 조건에서, 상기 제1멘드렐의 재질을 제한하는 것은 아니다.

[0053] 한편, 본 발명에서 상기 제1인발단계(100)는 1회 또는 복수회에 걸쳐 진행할 수 있으며, 즉, 1회의 제1인발단계를 통해, 상기 제1금속관을 일정 외경으로 인발할 수 있을 뿐만 아니라, 필요에 따라, 복수회, 예를 들면, 10회 이상의 제1인발단계를 거침으로써, 상기 제1금속관을 일정 외경으로 인발할 수 있다.

[0054] 이때, 본 발명에서 상기 제1금속관(110)을 일정 외경으로 인발하기 위하여, 상기 제1인발 다이스의 직경은 3㎜를 초과하고, 5㎜ 이하일 수 있다.

[0055] 한편, 상술한 바와 같이, 제1인발단계는 복수회에 걸쳐 진행할 수 있는데, 이 경우, 상기 제1인발 다이스의 직경을 계속적으로 감소시키면서, 제1인발단계를 복수회 진행할 수 있다.

[0056] 이 경우, 즉, 제1인발단계를 복수회 진행하는 경우, 상기 제1인발 다이스의 직경이 3㎜를 초과하고, 5㎜ 이하라 함은, 복수회의 제1인발단계에서 최종적으로 진행되는 제1인발단계에서의 제1인발 다이스의 직경에 해당한다.

[0057] 도 3a에 도시된 바와 같이, 제1인발단계를 거친 상기 인발된 제1금속관(110')은 Da1의 외경으로 형성될 수 있는데, 상기 Da1의 외경을 형성하기 위하여, 상기 제1인발 다이스의 직경은 3㎜를 초과하고, 5㎜ 이하인 것이 바람직하다.

[0058] 이때, 상기 Da1의 외경은 상기 제1인발 다이스의 직경에 의해 결정될 수 있으며, 예를 들어, 제1인발단계를 거치지 않은 금속관의 외경(Da)이 약 10㎜ 정도라고 가정시, 상기 제1인발단계를 거친 상기 인발된 제1금속관(110')은 외경(Da1)이 3㎜를 초과하고, 5㎜ 이하일 수 있다.

[0059] 다만, 상술한 바와 같이, 상기 금속관이 NiTi 합금으로 이루어지는 경우, NiTi 합금의 초탄성 특성에 의하여, 인발 후의 금속관의 외경은 상기 제1인발 다이스의 직경보다 커질 수 있다.

[0060] 또한, 제1인발단계를 거치지 않은 금속관의 두께가 t라고 가정시, 도 3a에 도시된 바와 같이, 상기 제1인발단계를 거친 상기 인발된 제1금속관(110')의 두께는 t1으로 감소하게 된다.

[0061] 따라서, 본 발명에서는 제1인발단계를 통해, t의 두께가 t1으로 감소하고, 외경이 Da에서 Da1으로 감소하는 과정에서, 그 길이는 증가하면서, 인발된 제1금속관을 형성하게 된다.

[0062] 한편, 본 발명에서 상기 제1인발단계에서, 상기 제1멘드렐을 사용하는 것은, 인발된 금속관의 진직도를 확보하기 위함이다.

[0063] 즉, 본 발명에서는 상기 제1인발단계에서, 인발이 가능한 재질인 Cu와 같은 금속을 제1멘드렐로 사용하는데, 상기 제1멘드렐이 상기 제1금속관에 삽입된 상태에서 상기 제1금속관의 인발공정을 진행하기 때문에, 상기 제1멘드렐이 상기 제1금속관의 휘어지는 특성을 제한하여, 상기 인발된 제1금속관의 진직도를 확보할 수 있다.

[0064] 이때, 상술한 바와 같이, 본 발명에서는 상기 제1멘드렐의 경우, 상기 제1금속관에 삽입된 상태로, 상기 제1금속관과 상기 제1멘드렐이 동시에 인발되게 된다.

[0065] 결국, 제1인발단계를 진행한 이후의 상기 인발된 제1금속관의 내부에는 상기 제1멘드렐이 삽입된 상태에 해당하고, 이에 따라, 상기 인발된 제1멘드렐을 상기 인발된 제1금속관의 내부로부터 제거하는 공정이 필요하다.

[0066] 따라서, 본 발명에 따른 금속관의 인발 방법은 제1멘드렐을 이용한 제1인발단계를 통해, 상기 제1금속관과 상기 제1멘드렐을 동시에 인발하여, 인발된 제1금속관의 내부에 삽입된 인발된 제1멘드렐을 제조한 이후, 상기 인발된 제1금속관으로부터 상기 인발된 제1멘드렐을 제거하는 공정을 포함한다.

[0067] 이때, 본 발명에서는 상술한 바와 같이, 상기 제1멘드렐은 상기 금속관의 재질보다 열팽창계수가 낮은 것을 특징으로 한다.

[0068] 이는 상술한 인발된 제1멘드렐을 상기 인발된 제1금속관으로부터 제거하는 공정에서, 상기 인발된 제1멘드렐 및

상기 인발된 제1금속관에 열을 가함으로써, 열팽창계수의 차이에 따른 팽창도의 차이에 의한 제거를 위함이다.

[0069] 즉, 상기 인발된 제1멘드렐 및 상기 인발된 제1금속관에 열을 가하는 경우, 상기 인발된 제1금속관 및 상기 인발된 제1멘드렐은 팽창하게 되고, 이때, 상기 제1멘드렐은 상기 금속관의 재질보다 열팽창계수가 낮기 때문에, 상기 제1금속관이 상기 제1멘드렐보다 더 많이 팽창하게 된다.

[0070] 결국, 인발된 제1금속관과 인발된 제1멘드렐이 동시에 팽창하기는 하나, 상기 인발된 제1금속관이 더 많이 팽창하기 때문에, 상기 인발된 제1금속관과 상기 인발된 제1멘드렐과의 사이에 이격 공간이 발생하게 되고, 따라서, 상기 인발된 제1멘드렐을 상기 인발된 제1금속관으로부터 용이하게 제거할 수 있게 된다.

[0071] 하기 표 1에는 온도(Kelvin)에 따른 구리의 열팽창계수를 도시하였다.

[0072] 다만, 상술한 바와 같이, 상기 제1멘드렐은 구리 재질로 이루어질 수 있으나, 다만, 본 발명에서는 상기 제1멘드렐의 재질이 상기 금속관의 재질보다 열팽창계수가 낮은 것을 만족하는 조건에서, 상기 제1멘드렐의 재질을 제한하는 것은 아니다.

표 1

열팽창계수	온도(K)	열팽창계수	온도(K)	열팽창계수	온도(K)
0.375	21.46	16.423	273.46	20.007	749.21
0.471	24.33	17.024	334.61	19.929	750.14
1.504	33.43	17.009	339.79	19.268	647.04
2.204	39.22	17.165	349.52	19.324	646.89
2.813	44.18	17.134	358.18	20.049	746.90
4.765	55.02	17.349	377.98	20.107	748.43
9.835	94.33	17.576	394.77	20.062	747.35
10.040	96.44	17.848	429.66	20.065	749.27
11.946	118.82	18.090	468.22	19.286	647.61
12.596	128.48	18.276	487.27	19.972	747.78
13.303	141.94	18.404	519.54	20.088	750.51
13.922	156.92	18.519	523.03	20.743	851.37
14.440	171.65	19.133	612.99	20.830	845.97
14.951	190.00	19.074	638.59	20.935	847.54
15.627	223.26	19.239	641.36	21.035	849.93
15.639	223.88	19.280	622.05	20.930	851.61
15.814	231.50	19.101	631.50	21.074	849.75
16.315	265.05	19.398	663.97	21.085	850.98
16.334	269.44	19.252	646.90	20.935	848.23
16.430	271.78	19.890	748.29		

[0073]

[0074] 한편, 상술한 바와 같이, 본 발명에서는 상기 제1인발단계를 통해, 상기 제1금속관을 일정 외경으로 인발하는 경우, 상기 제1인발 다이스의 직경은 3㎜를 초과하고, 5㎜ 이하인 것이 바람직하다.

[0075] 상기 제1인발 다이스의 직경이 3㎜ 이하인 경우, 상기 인발된 제1멘드렐을 상기 인발된 제1금속관으로부터 제거하는 것이 어려울 수 있으며, 상기 제1인발 다이스의 직경이 5㎜를 초과하는 경우, 인발된 제1금속관의 외경이 커서, 이후 단계인 제2인발공정을 진행하면서 진직도에 영향을 줄 수 있으므로, 상기 제1인발 다이스의 직경은 3㎜를 초과하고, 5㎜ 이하인 것이 바람직하다.

[0076] 예를 들어, 상기 제1인발 다이스의 직경이 3㎜ 이하인 경우, 상기 인발된 제1금속관의 외경이 약 3㎜ 이하에 해당하게 되고, 이 경우, 상기 인발된 제1금속관의 내경(도 3a의 Db1)이 너무 작아, 상기 인발된 제1멘드렐을 상기 인발된 제1금속관으로부터 제거하는 것이 어려울 수 있다.

[0077] 또한, 상기 제1인발 다이스의 직경이 5㎜를 초과하는 경우, 상기 인발된 제1금속관의 외경이 약 5㎜를 초과하게 되고, 이 경우, 상기 인발된 제1금속관의 내경(도 3a의 Db2)이 너무 커서, 이후 단계인 제2인발공정을 진행하면서 확보된 진직도에 변형을 초래할 수 있다.

[0078] 계속해서, 도 1 및 도 2b를 참조하면, 본 발명에 따른 금속관의 인발 방법은 제2멘드렐을 이용한 제2인발단계를 포함한다(S120).

[0079] 즉, 제2멘드렐을 이용하여 인발된 제2금속관을 제조하는 제2인발단계를 포함한다.

[0080] 이때, 본 발명에서 상기 제2인발단계에서 사용되는 제2멘드렐은 하드 멘드렐로 정의할 수 있다.

[0081] 상기 하드 멘드렐은, 상술한 바와 같은 소프트 멘드렐과는 달리, 상기 인발단계에서 인발이 이루어지지 않는 것으로, 상기 하드 멘드렐은 상기 제2인발단계에서 그 형태를 유지하게 된다.

[0082] 상기 제2멘드렐은 초경 또는 텅스텐 카바이드 재질의 강성 재질로 이루어질 수 있으며, 다만, 본 발명에서는 상기 제2멘드렐의 재질이 제2인발단계에서 변형이 이루어지지 않는 것을 만족하는 조건에서, 상기 제2멘드렐의 재질을 제한하는 것은 아니다.

[0083] 보다 구체적으로, 도 2b를 참조하면, 본 발명에 따른 제2인발단계(200)는, 제2인발 다이스(230)에 상술한 제1인발단계를 거친 인발된 제1금속관(210)을 삽입하여 인발함으로써, 인발된 제2금속관(210')을 형성할 수 있다.

[0084] 이때, 제2인발단계(200)에서는 상술한 바와 같이, 제2멘드렐(220)을 사용하며, 상기 제2멘드렐(220)은 상기 인발된 제1금속관(210)의 중공의 일정 영역에 삽입되어, 상기 인발된 제1금속관(210)을 지지하게 되며, 상기 인발된 제1금속관(210)이 인발되면서, 상기 인발된 제2금속관(210')의 진원도를 유지할 수 있게 하는 역할을 한다.

[0085] 즉, 상술한 소프트 멘드렐의 경우, 인발공정에서 그 형태가 변형되기 때문에, 인발된 금속관의 진원도를 유지하는 역할을 하기에는 어려움이 있다.

[0086] 따라서, 본 발명에서는 상기 하드 멘드렐을 통해, 제2인발단계를 진행함에 의하여, 상기 인발된 제2금속관의 진원도를 유지하면서 인발공정을 진행할 수 있다.

[0087] 한편, 본 발명에서 상기 제2인발단계(200)는 1회 또는 복수회에 걸쳐 진행할 수 있으며, 즉, 1회의 제2인발단계를 통해, 상기 인발된 제1금속관(210)을 일정 외경으로 인발할 수 있을 뿐만 아니라, 필요에 따라, 복수회의 제2인발단계를 거침으로써, 상기 인발된 제1금속관(210)을 일정 외경으로 인발할 수 있다.

[0088] 이때, 본 발명에서 상기 인발된 제1금속관(210)을 일정 외경으로 인발하기 위하여, 상기 제2인발 다이스의 직경은 1.8㎜를 초과하고, 3㎜ 이하일 수 있다.

[0089] 한편, 상술한 바와 같이, 제2인발단계는 복수회에 걸쳐 진행할 수 있는데, 이 경우, 상기 제2인발 다이스의 직경을 계속적으로 감소시키면서, 제2인발단계를 복수회 진행할 수 있다.

[0090] 이 경우, 즉, 제2인발단계를 복수회 진행하는 경우, 상기 제2인발 다이스의 직경이 1.8㎜를 초과하고, 3㎜ 이하라 함은, 복수회의 제2인발단계에서 최종적으로 진행되는 제2인발단계에서의 제2인발 다이스의 직경에 해당한다.

[0091] 도 3b에 도시된 바와 같이, 제2인발단계를 거친 상기 인발된 제2금속관(210')은 Da2의 외경으로 형성될 수 있는데, 상기 Da2의 외경을 형성하기 위하여, 상기 제2인발 다이스의 직경은 1.8㎜를 초과하고, 3㎜ 이하인 것이 바람직하다.

[0092] 이때, 상기 Da2의 외경은 상기 제2인발 다이스의 직경에 의해 결정될 수 있으며, 예를 들어, 상기 제1인발단계를 거친 상기 인발된 제1금속관(110')의 외경이 약 3㎜ 초과라 가정시, 상기 제2인발단계를 거친 상기 인발된 제2금속관(210')의 외경(Da1)이 1.8㎜를 초과하고, 3㎜ 이하일 수 있다.

[0093] 다만, 상술한 바와 같이, 상기 금속관이 NiTi 합금으로 이루어지는 경우, NiTi 합금의 초탄성 특성에 의하여, 인발 후의 금속관의 외경은 상기 제2인발 다이스의 직경보다 커질 수 있다.

[0094] 또한, 상기 제1인발단계를 거친 상기 인발된 제1금속관(110')의 두께가 t1라고 가정시, 도 3b에 도시된 바와 같이, 상기 제2인발단계를 거친 상기 인발된 제2금속관(210')의 두께는 t2로 감소하게 된다.

[0095] 따라서, 본 발명에서는 제2인발단계를 통해, t1의 두께가 t2로 감소하고, 외경이 Da1에서 Da2로 감소하는 과정에서, 그 길이는 증가하면서, 인발된 제2금속관(210')을 형성하게 된다.

[0096] 한편, 상술한 바와 같이, 본 발명에서 상기 제2인발단계에서, 상기 제2멘드렐을 사용하는 것은, 인발된 금속관의 진원도를 확보하기 위함으로, 상기 제2멘드렐의 경우, 하드 멘드렐에 해당하여, 상기 하드 멘드렐의 경우, 그 형태가 변하지 않기 때문에, 상기 하드 멘드렐의 진원도에 따라, 상기 인발된 금속관의 진원도를 확보할 수 있다.

[0097] 또한, 상술한 바와 같이, 본 발명에서는 상기 제2인발단계를 통해, 상기 인발된 제1금속관(210)을 일정 외경으로 인발하는 경우, 상기 제2인발 다이스의 직경은 1.8㎜를 초과하고, 3㎜ 이하인 것이 바람직하다.

[0098] 상기 제2인발 다이스의 직경을 1.8㎜ 이하로 인발하는 것은, 하드 멘드렐을 통한 인발공정에서 구현하기 어려운 점이 있으며, 상기 제2인발 다이스의 직경이 3㎜를 초과하는 경우, 인발된 제2금속관의 외경이 커서 이후 단계인 제3인발공정을 진행하면서 진원도에 영향을 줄 수 있으므로, 상기 제2인발 다이스의 직경은 1.8㎜를 초과하고, 3㎜ 이하인 것이 바람직하다.

[0099] 예를 들어, 상기 제2인발 다이스의 직경이 1.8㎜ 이하인 경우, 상기 인발된 제2금속관의 외경도 약 1.8㎜ 이하에 해당하여야 할 것이나, 이는 실질적으로 하드 멘드렐을 통한 인발공정에서 구현할 수 없는 외경에 해당하며, 또한, 상기 제2인발 다이스의 직경이 3㎜를 초과하는 경우, 상기 인발된 제2금속관의 외경이 약 3㎜를 초과하게 되고, 이 경우, 상기 인발된 제2금속관의 내경(도 3b의 Db2)이 너무 커서, 이후 단계인 제3인발공정을 진행하면서 확보된 진원도에 변형을 초래할 수 있다.

[0100] 계속해서, 도 1 및 도 2c를 참조하면, 본 발명에 따른 금속관의 인발 방법은 싱킹(sinking) 공정을 이용한 저온인발단계를 포함한다(S130).

[0101] 즉, 싱킹(sinking) 공정을 이용하여 인발된 제3금속관을 제조하는 저온인발단계를 포함한다.

[0102] 일반적으로, 금속을 다이스의 가공부를 통하여 출구쪽으로 당김으로써 단면수축을 얻는 소성 가공 방법인 인발공정에서, 멘드렐을 사용하여 금속관, 즉, 튜브의 외경(또는 직경)을 줄이는 경우를 튜브 인발이라 정의하고, 멘드렐을 사용하지 않고 금속관의 외경(또는 직경)을 줄이는 방법을 튜브 싱킹(Tube sinking)이라 정의한다.

[0103] 즉, 본 발명에 따른 금속관의 인발 방법에서, 싱킹(sinking) 공정을 이용한 저온인발단계는 상술한 제1인발단계 및 제2인발단계와 비교하여, 멘드렐을 사용하지 않고, 금속관의 외경을 줄이는 방법을 의미한다.

[0104] 따라서, 본 발명에서는, 상술한 제1인발단계를 통해, 금속관의 진직도를 확보하고, 또한, 상술한 제2인발단계를 통해, 금속관의 진원도를 확보하며, 최종적으로, 저온인발단계를 통해, 금속관의 진직도 및 진원도를 확보한 상태에서 최종적으로 금속관의 외경을 줄일 수 있다.

[0105] 보다 구체적으로, 도 3b를 참조하면, 본 발명에 따른 저온인발단계(300)는, 제3인발 다이스(330)에 상술한 제2인발단계를 거친 인발된 제2금속관(310)을 삽입하여 인발함으로써, 인발된 제3금속관(310')을 형성할 수 있다.

[0106] 이때, 도 3c에 도시된 바와 같이, 제3인발단계를 거친 상기 인발된 제3금속관(310')은 Da3의 외경으로 형성될 수 있는데, 상기 Da3의 외경을 형성하기 위하여, 상기 제3인발 다이스의 직경은 1.8㎜ 이하일 수 있다.

[0107] 이때, 상기 Da3의 외경은 상기 제3인발 다이스의 직경에 의해 결정될 수 있으며, 예를 들어, 상기 제2인발단계를 거친 상기 인발된 제2금속관(210')의 외경이 약 1.8㎜ 초과라 가정시, 상기 저온인발단계를 거친 상기 인발된 제3금속관(310')의 외경(Da1)이 1.8㎜ 이하일 수 있다.

[0108] 또한, 상기 제2인발단계를 거친 상기 인발된 제2금속관(210')의 두께가 t2라고 가정시, 도 3c에 도시된 바와 같이, 상기 저온인발단계를 거친 상기 인발된 제3금속관(310')의 두께는 t3로 감소하게 되며, 그 내경도 Db3로 감속하게 된다.

[0109] 따라서, 본 발명에서는 저온인발단계를 통해, t2의 두께가 t3로 감소하고, 외경이 Da2에서 Da3로 감소하는 과정에서, 그 길이는 증가하면서, 인발된 제3금속관(310')을 형성하게 된다.

[0110] 한편, 상술한 바와 같이, 본 발명에 따른 싱킹(sinking) 공정을 이용한 인발단계는 저온인발단계인 것을 특징으로 한다.

[0111] 즉, 상기 저온인발단계는 -80℃ 내지 -50℃의 온도조건에서 인발이 이루어지는 것을 특징으로 한다.

[0112] 상기 -80℃ 내지 -50℃의 온도의 공정조건을 위해서, 본 발명에서는 액체 질소를 분사할 수 있으며, 다만, 상기 온도의 공정조건을 달성하기 위한 수단을 제한하는 것은 아니다.

[0113] 한편, 본 발명에 따른 상기 저온인발단계는 후술하는 열처리단계와 함께, 금속관을 구성하는 NiTi 합금의 결정립을 미세화하기 위한 공정에 해당한다.

[0114] 이를 보다 구체적으로 설명하면, 일반적으로 가장 잘 알려진 기능성 금속소재의 하나인 NiTi와 같은 형상기억합금 또는 초탄성합금은 에어컨, 커피메이커, 수온 조절기와 같은 일상생활용품부터 초고속열차와 같은 첨단 구조물에 이르기까지 널리 사용되고 있다.

[0115] 또한, 근래에는 스텐트, 치열 교정기구, 최소침습수술을 위한 가이드 와이어와 같은 의료용 소재로도 각광받고 있다.

[0116] 이 모든 것을 가능하게 하는 주된 이유는 이 금속소재가 가지고 있는 고유 특성인 형상기억특성과 초탄성이다.

[0117] 형상기억특성은 소재를 일정량 변형시킨 다음 특정온도 이상으로 가열하면 원래의 형상으로 회복하는 것이며, 초탄성은 일정량 힘을 주어 변형을 가해도 힘을 제거하는 순간 원래의 형상으로 회복하는 것이다.

[0118] 가장 대표적인 형상기억 합금인 Ni-Ti 2원계 형상기억 합금의 경우 결정립을 초미세립화시킬 경우 형상기억 특성 및 초탄성 특성이 현저히 향상되어 부품의 신뢰성 향상 및 새로운 부품으로의 적용에 기여할 수 있다.

[0119] 하지만, 결정립 초미세립화를 위해 기존에 사용되는 강소성 가공의 경우 5~12 정도의 매우 큰 변형량이 필요하다는 단점이 있다

[0120] 한편, Ni-Ti 2원계 형상기억 합금의 가용 한계 온도는 약 80℃로 그보다 더 높은 온도에 노출되는 고온 가전제품, 자동차, 항공기 등의 부품에는 아직 적용되지 못하고 있으며, 현재 이를 극복하기 위해 Ti-Ni-(Hf, Zr, Pt, Pd)로 이루어진 고온용 형상기억합금이 개발되고 있으나 가용 한계 온도가 상승할수록 성형성이 급속히 악화되어 실제 부품으로 적용되지는 못하고 있다.

[0121] 한편, Ti-Ni-(Hf, Zr, Pt, Pd)로 이루어진 고온용 형상기억합금의 결정립을 초미세립화 하면 성형성을 향상시킬 수 있으나 이를 위해서는 650℃의 높은 온도에서 강소성 가공을 해야 한다는 단점 또한 상업화에 큰 문제점으로 대두되고 있다.

[0122] 그러므로, 만약 강소성 가공에 의하지 않고 저 변형량에서 결정립 초미세립화가 가능해질 경우 형상기억 특성이 더욱 향상된 Ti-Ni 2원계 형상기억 합금을 제조 할 수 있을 뿐만 아니라, 난성형성 고온용 형상기억합금의 성형성을 향상시킬 수 있으므로 고온용 형상기억합금의 상업화에 크게 기여할 수 있을 것이다.

[0123] 본 발명에서는 오스테나이트 및 마르텐사이트 변태가 발생하는 형상기억합금의 특성을 이용하여 강소성 가공법과 같은 매우 높은 변형량에 의하지 않고 가공열처리를 최적화시켜 상대적인 저 변형량에서 결정립을 초미세립화시킴으로써, 기계적 특성을 향상시킬 수 있다.

[0124] 본 발명에서는 초기 조대한 오스테나이트 결정립을 가지는 형상기억합금을 매우 미세한 층상구조를 가지는 마르텐사이트 영역에서 저온가공, 즉, 저온인발하여 분절된 미세층상구조를 유도한 후, 오스테나이트 영역에서 열처리(즉, 후술하는 열처리 단계)하여 초미세 결정립을 가지는 형상기억합금으로 제어하는 것이다.

[0125] 이를 통해, 본 발명에서는 변태임계응력 및 형상 회복 변형량을 동시에 크게 증가시킬 수 있다.

[0126] 이때, 본 발명에 따른 상기 저온인발단계는, 상기 제2인발단계를 거친 인발된 제2금속관(310)인 형상기억합금을 마르텐사이트 영역에서 변형시켜 미세하게 분절된 층상 조직을 생성시키는 변형량 부가단계에 해당한다.

[0127] 즉, 상술한 바와 같이, 본 발명에서는 저온인발단계를 통해, t2의 두께가 t3로 감소하고, 외경이 Da2에서 Da3로 감소하는 과정에서, 그 길이는 증가하면서, 인발된 제3금속관(310')을 형성하게 된다.

[0128] 이때, 본 발명에서는 상기 두께의 감소에 따른 단면수축율(RA)이 30% 이상인 것이 바람직하며, 상기 단면수축율(RA)을 통해 상기 제3인발 다이스의 직경을 제어할 수 있다.

[0129] 상기 단면수축율(RA)을 통해 상기 제3인발 다이스의 직경을 제어하는 것은 다음과 같다.

[0130] 먼저, 상기 단면수축율(RA)은 하기 수학식 (1)로 정의될 수 있다.

[0131] $$RA = \frac{(A0-A1)}{A0} * 100 \quad \text{... 수학식 (1)}$$

[0132] 이때, 상기 수학식 (1)에서 A0는 초기 단면적이고, A1은 인발후 변형 단면적에 해당한다.

[0133] 또한, 상기 A0 및 상기 A1은 다음의 수학식 (2)로 정의될 수 있다.

[0134] $$Ax=\pi*(Ro^2-Ri^2)$$ ... 수학식 (2)

[0135] 이때, 상기 수학식 (2)에서 Ro는 외경 반지름에 해당하고, Ri는 내경 반지름에 해당한다.

[0136] 이를 도 3b 및 도 3c와 관련하여 적용하면, 먼저, 도 3b에서와 같이, 저온인발단계를 진행하기 이전의 제2인발단계를 거친 인발된 제2금속관(210')의 금속관의 단면적이 초기 단면적 A0에 해당하고, 이후, 도 3c에서와 같이, 저온인발단계를 거친 인발된 제3금속관(310')의 금속관의 단면적이 인발후 변형 단면적 A1에 해당한다.

[0137] 또한, 도 3b에서와 같이, A0에서의 Ro(외경반지름)는 Da2 / 2에 해당하고, Ri(내경반지름)는 Db2 / 2에 해당하며, 도 3c에서와 같이, A1에서의 Ro(외경반지름)는 Da3 / 2에 해당하고, Ri(내경반지름)는 Db3 / 2에 해당한다.

[0138] 이를 수학식 (1) 및 수학식 (2)를 통해 정리하면, 하기 수학식 (3)과 같다.

[0139] $$RA=\left(\frac{\left(\pi*\left(\left(\frac{Da2}{2}\right)^2-\left(\frac{Db2}{2}\right)^2\right)-\pi*\left(\left(\frac{Da3}{2}\right)^2-\left(\frac{Db3}{2}\right)^2\right)\right)}{\pi*\left(\left(\frac{Da2}{2}\right)^2-\left(\frac{Db2}{2}\right)^2\right)}\right)*100$$

[0140] ... 수학식 (3)

[0141] 이때, 상기 수학식 (3)에서 Da2는 제2금속관의 외경, Db2는 제2금속관의 내경, Da3는 제3금속관의 외경 및 Db3는 제3금속관의 내경에 해당한다.

[0142] 따라서, 본 발명에서 제3인발 다이스의 직경을 설계하는 것은, 상기 RA가 30% 이상인 것으로 설계할 수 있으며, Da2의 제2금속관의 외경 및 Db2의 제2금속관의 내경은 제2인발단계에 의해 인발된 제2금속관에 의해 정해질 수 있는 값에 해당하고, RA의 값이 30 이상인 값으로 고정하는 경우, Da3의 제3금속관의 외경 및 Db3의 제3금속관의 내경을 설계할 수 있으며, 상기 설계된 Da3의 제3금속관의 외경이 제3인발 다이스의 직경에 해당할 수 있다.

[0143] 계속해서, 도 1을 참조하면, 본 발명에 따른 금속관의 인발 방법은 상기 저온인발단계를 거친 금속관, 즉, 인발된 제3금속관을 열처리하는 단계를 포함한다(S140).

[0144] 상기 열처리단계에서는, 상기 형상기억합금인 인발된 제3금속관의 오스테나이트 역변태 시작온도 이상으로 가열해서, 상기 형상기억합금의 조직을 초미세한 마르텐사이트 조직에서 초미세한 오스테나이트 조직으로 변형시키는 것을 특징으로 한다.

[0145] 즉, 본 발명에서는 상술한 저온인발단계를 통해, 인발된 제2금속관(310)인 형상기억합금을 마르텐사이트 영역에서 변형시켜 미세하게 분절된 층상 조직을 생성시키고, 상기 열처리 단계를 통해, 상기 미세하게 분절된 층상 조직을 초미세 오스테나이트 조직으로 역변태시킴으로써, 상기 형상기억합금의 변태응력과 형상회복변형량을 동시에 향상시킬 수 있다.

[0146] 이때, 상기 열처리하는 단계에서의 열처리 온도는 450℃ 내지 600℃인 것이 바람직하다.

[0147] 상기 열처리온도가 450℃ 미만인 경우는 미세하게 분절된 층상 조직이 다량으로 존재하여 초미세 오스테나이트 조직으로의 역변태 효과가 미비하며, 상기 열처리 온도가 600℃를 초과하는 경우, 과도한 열처리로 인한 오스테나이트 조직의 손상이 발생할 수 있으므로, 본 발명에서는 열처리하는 단계에서의 열처리 온도는 450℃ 내지 600℃인 것이 바람직하다.

[0148] 이로써, 본 발명에 따른 최종 인발 금속관을 형성할 수 있다.

[0149] 이하에서는 본 발명에 따른 바람직한 실험예를 기재하기로 하며, 다만, 하기 실험예는 예시일 뿐, 본 발명에서 상기 실험예에 제한되는 것은 아니다.

[0150] [실시예]

[0151] 금속관으로 초기(The Early) 직경(외경)이 10mm인 NiTi 합금을 사용하여, 상술한 제1인발단계 내지 제3인발단계를 진행하였다. 이때, 상기 제1인발단계 내지 제3인발단계는 750℃의 열처리를 통한 어닐링 조건에서 진행하였

다.

[0152] 도 4는 제1인발단계 내지 제3인발단계에서의 다이스의 직경을 도시한 표이다.

[0153] 도 4에 도시된 바와 같이, 제1인발단계는 제1인발 다이스의 직경을 9.7, 7.8, 4.1로 변화하면서 제1회에서 제13회까지 제1인발단계를 진행하였으며, 제13회의 제1인발단계를 진행 후, 소프트 멘드렐, 즉, 제1멘드렐을 제거하고, 제2인발단계를 진행하였다.

[0154] 상기 제2인발단계는 제2인발 다이스의 직경을 3.0으로 하여, 제14회에서 제16회까지 제2인발단계를 진행하였으며, 제16회의 제2인발단계를 진행 후, 멘드렐을 사용하지 않는 저온인발단계를 진행하였다.

[0155] 상기 저온인발단계는 제3인발 다이스의 직경을 1.8로 하여 제17회의 제3인발단계를 진행하였다.

[0156] 상기 저온인발단계에서의 온도 조건은 -50℃에서 진행하였으며, 상기 제3인발다이스의 직경은 상술한 수학식 (3)을 통해 설계하였다.

[0157] 이후, 상기 저온인발단계를 거친 금속관을 450℃의 온도에서 열처리함으로써, 본 발명에 따른 최종 인발 금속관을 형성하였다.

[0158] [비교예 1]

[0159] 상기 저온인발단계를 거친 금속관을 400℃의 온도에서 열처리한 것을 제외하고는 상기 실시예 1과 동일하게 실시하였다.

[0160] [비교예 2]

[0161] 제2인발단계를 진행 후, 멘드렐을 사용하지 않는 인발단계를 진행함에 있어서, 저온인발단계를 진행하지 않고, 상온에서의 인발단계를 진행한 것을 제외하고는 상기 실시예 1과 동일하게 실시하였다.

[0162] 이와 같은 실시예의 공정에 의해 제조된 최종 인발 금속관의 특성을 하기에 도시하였다.

[0163] 도 5a는 외산소재의 온도에 따른 Heat Flow를 도시한 그래프이고, 도 5b는 본 발명에 따른 인발 금속관의 Heat Flow를 도시한 그래프이다.

[0164] 도 5a 및 도 5b를 참조하면, DSC 분석결과, 외산소재의 경우 A_f 변태점이 약 2.6℃이고, 본 발명에 따른 인발 금속관의 경우 A_f 변태점이 약 2.3℃에 해당하여, 유사한 A_f 변태점을 나타냄을 확인할 수 있다.

[0165] 하기 표 2는 외산소재와 본 발명에 따른 인발 금속관의 치수 측정 결과를 도시하고 있다. 상기 치수 측정은 삼차원 좌표 측정기를 사용하여 측정하였다.

표 2

[0166]

구분	외산소재	인발 금속관
외경	2.021 mm	0.909 mm
외경 진원도	0.003 mm	0.048 mm
내경	1.498 mm	0.709 mm
내경 진원도	0.004 mm	0.056 mm

[0167] 상기 표 2를 참조하면, 외산소재와 본 발명에 따른 인발 금속관의 경우, 외경 진원도 및 내경 진원도에서 큰 차이를 보이지 않으면서, 본 발명에 따른 인발 금속관의 경우가, 외경 및 내경이 훨씬 축소될 수 있음을 알 수 있다.

[0168] 도 6a는 실시예에 따른 금속관의 미세조직을 도시한 실사진이고, 도 6b는 비교예 1에 따른 금속관의 미세조직을 도시한 실사진이며, 도 6c는 비교예 2에 따른 금속관의 미세조직을 도시한 실사진이다.

[0169] 먼저, 도 6a를 참조하면, 본 발명의 제조방법에 따라, 저온인발단계를 거친후, 450℃의 온도에서 열처리한 금속관의 미세조직의 경우, 재결정립의 입자는 대략 그 크기가 수십 nm(~ 20nm) 정도이면서, 그 크기도 일정하고 조밀함을 확인할 수 있다.

[0170] 다음으로, 도 6b를 참조하면, 저온인발단계를 거친후, 400℃의 온도에서 열처리한 금속관의 미세조직의 경우, 초미세 오스테나이트 조직으로의 역변태 효과가 미비하여, 미세하게 분절된 층상 조직이 다량으로 존재함을 확

인할 수 있다.

[0171] 다음으로, 도 6c를 참조하면, 상온인발단계를 거친후, 열처리를 진행한 금속관의 미세조직의 경우, 입자의 크기가 대략 수십 ㎛(20 ~ 50㎛) 이상으로, 그 크기가 매우 조대함을 확인할 수 있다.

[0172] 따라서, 본 발명에서는 저온인발단계를 거친후, 450℃ 이상의 온도에서 열처리를 진행함으로써, 수십 nm(~ 20nm)의 초미세 오스테나이트 조직을 확보하여, 형상기억합금의 변태응력과 형상회복변형량을 동시에 향상시킬 수 있다.

[0173] 도 7a는 비교예 2에 따른 Strain-Stress 거동을 도시한 그래프이고, 도 7b는 실시예에 따른 Strain-Stress 거동을 도시한 그래프이다.

[0174] 이때, 도 7a 및 도 7b에서 1, 2는 각각 2개의 시편을 통해 결과치를 도시하였음을 의미한다.

[0175] 먼저, 도 7a를 참조하면, 상온인발단계를 거친후, 열처리를 진행한 금속관의 경우, 형상회복 변형량인 회복강도가 약 300MPa 정도인 반면에, 도 7b를 참조하면, 저온인발단계를 거친후, 450℃의 온도에서 열처리한 금속관의 경우 형상회복 변형량인 회복강도가 약 350 내지 400MPa로 매우 향상됨을 확인할 수 있다.

[0176] 다음으로, 도 7a를 참조하면, 상온인발단계를 거친후, 열처리를 진행한 금속관의 경우, 최대인장강도가 약 1200MPa 이하인 반면에, 도 7b를 참조하면, 저온인발단계를 거친후, 450℃의 온도에서 열처리한 금속관의 경우, 최대인장강도가 약 1300 내지 1400MPa로 매우 향상됨을 확인할 수 있다.

[0177] 따라서, 본 발명에서는 형상기억합금의 변태응력과 형상회복변형량을 동시에 향상시킬 수 있다.

[0178] 도 8은 비교예 2 및 실시예에 따른 피로특성을 도시한 그래프이다.

[0179] 도 8에서 Coarse Grained NiTi는 비교예 2에 따른 금속관에 해당하며, Ultra Fine Grained NiTi는 실시예에 따른 금속관에 해당한다.

[0180] 도 8을 참조하면, 본 발명에 따른 금속관은 비교예 2의 금속관에 비하여 피로특성이 매우 향상됨을 확인할 수 있다.

[0181] 예를 들어, 약 270MPa의 외력을 가하는 경우에 있어, 비교예 2의 금속관의 경우, 10^6 사이클까지 견디지 못하고 절단이 일어난 반면에, 실시예의 금속관의 경우, 절단이 일어나지 않고, 10^7 이상의 사이클까지 견딤을 확인할 수 있다.

[0182] 또한, 약 350MPa의 외력을 가하는 경우에 있어, 비교예 2의 금속관의 경우, 10^5 사이클까지 견디지 못하고 절단이 일어난 반면에, 실시예의 금속관의 경우, 10^5 이상의 사이클에서 절단이 일어남을 확인할 수 있다.

[0183] 따라서, 본 발명에 따른 금속관의 경우, 피로특성이 매우 향상됨을 확인할 수 있다.

[0184] 도 9a 및 도 9b는 형상기억합금의 형상기억효과에 따른 진직도의 교정을 도시하는 실사진이다. 이때, 도 9a는 진직도를 교정하기 이전의 상태를 도시하고 있으며, 도 9b는 진직도를 교정한 이후의 상태를 도시하고 잇다.

[0185] 상술한 바와 같이, 본 발명에서 상기 금속관은 형상기억합금인 것이 바람직하며, 또한, 본 발명에서는 제1멘드렐을 이용한 제1인발단계를 통해, 금속관의 진직도를 확보할 수 있다.

[0186] 다만, 본 발명에서 상기 제1인발단계를 통해 금속관의 진직도를 확보할 수 있다하더라도, 공정상의 오차로 인하여, 진직도에 변형이 일어날 수 있다.

[0187] 따라서, 본 발명에서 상기 금속관을 형상기억합금으로 구성하는 경우, 상기 금속관에 일정 열처리를 함으로써, 원래의 형상으로 돌아가는 형상기억효과를 통해 금속관의 진직도를 확보할 수 있다.

[0188] 이상과 같이, 본 발명에서는 제1인발단계를 통해 금속관의 진직도를 확보하고, 제2인발단계를 통해 금속관의 진원도를 확보할 수 있다.

[0189] 따라서, 본 발명에서는 진직도와 진원도를 확보한 상태에서, 시중에 유통되는 외산소재에 비하여, 외경 및 내경이 훨씬 축소된 인발 금속관을 제조할 수 있다.

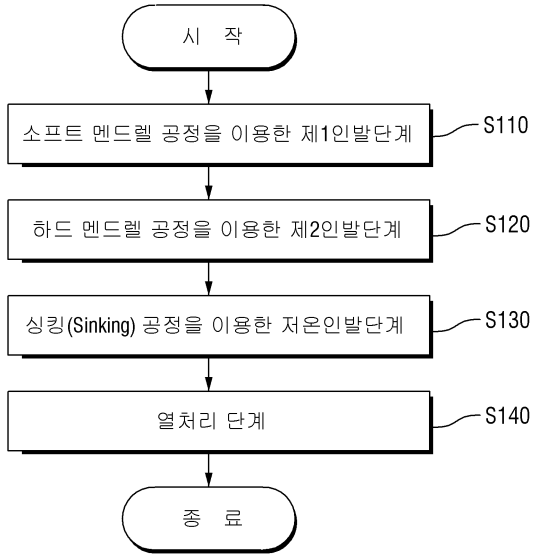
[0190] 또한, 본 발명에서는 저온인발단계를 통해, 인발된 제2금속관(310)인 형상기억합금을 마르텐사이트 영역에서 변형시켜 미세하게 분절된 층상 조직을 생성시키고, 상기 열처리 단계를 통해, 상기 미세하게 분절된 층상 조직을

초미세 오스테나이트 조직으로 역변태시킴으로써, 상기 형상기억합금의 변태응력과 형상회복변형량을 동시에 향상시킬 수 있다.

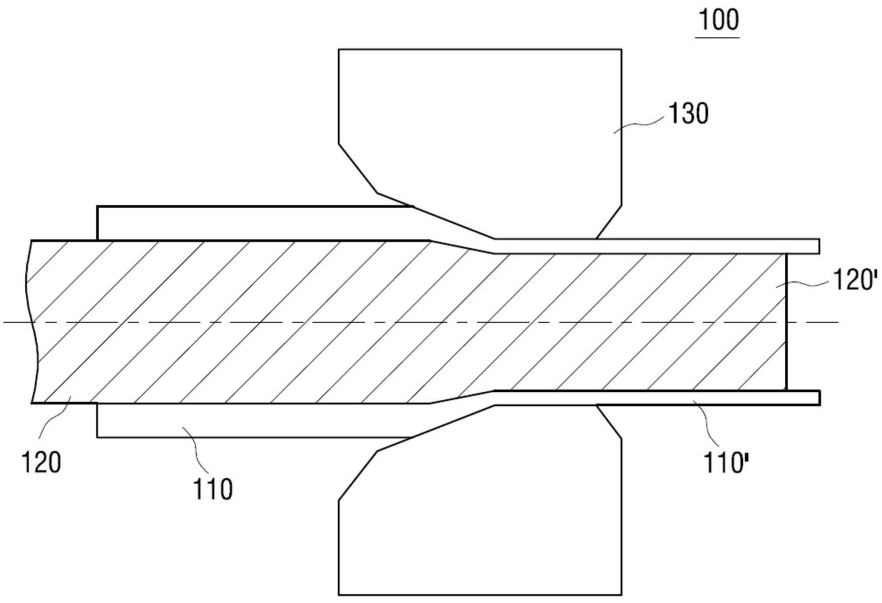
[0191] 이상과 첨부된 도면을 참조하여 본 발명의 실시예를 설명하였지만, 본 발명이 속하는 기술분야에서 통상의 지식을 가진 자는 본 발명이 그 기술적 사상이나 필수적인 특징을 변경하지 않고서 다른 구체적인 형태로 실시될 수 있다는 것을 이해할 수 있을 것이다. 그러므로 이상에서 기술한 실시예들은 모든 면에서 예시적인 것이며 한정적이 아닌 것으로 이해해야만 한다.

도면

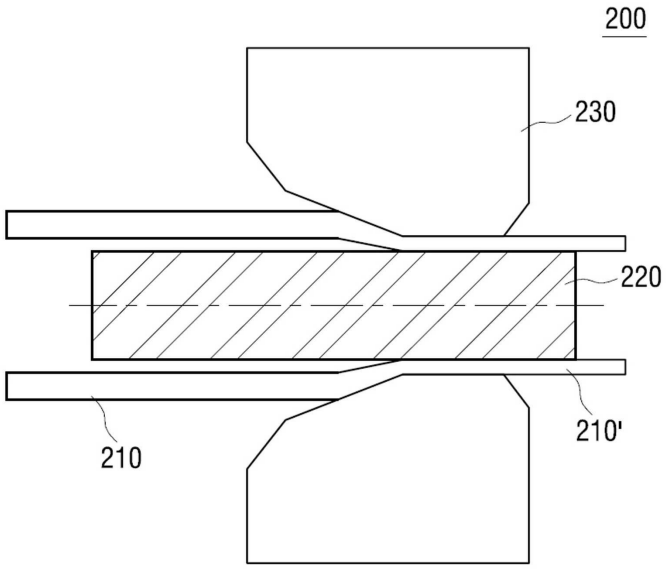
도면1



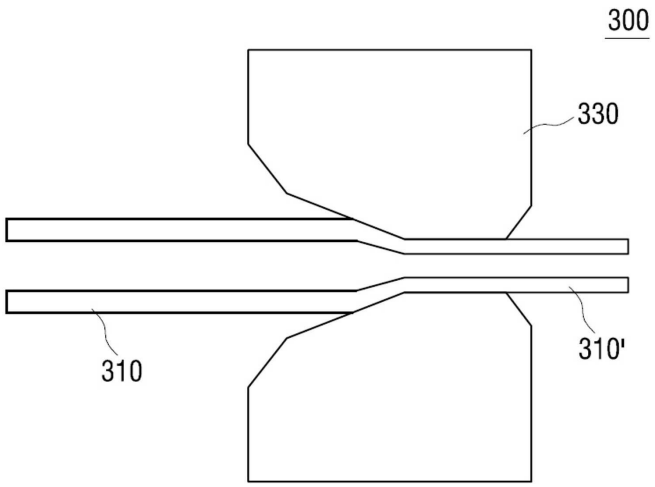
도면2a



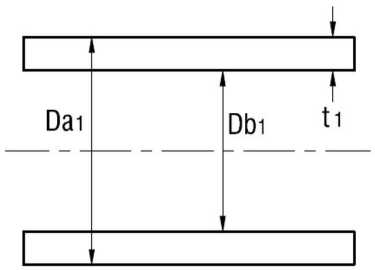
도면2b



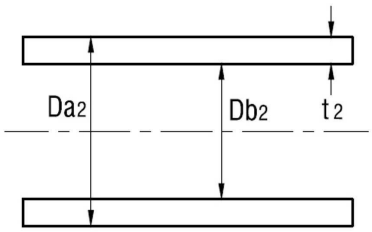
도면2c



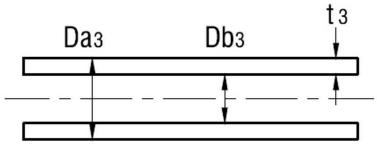
도면3a



도면3b



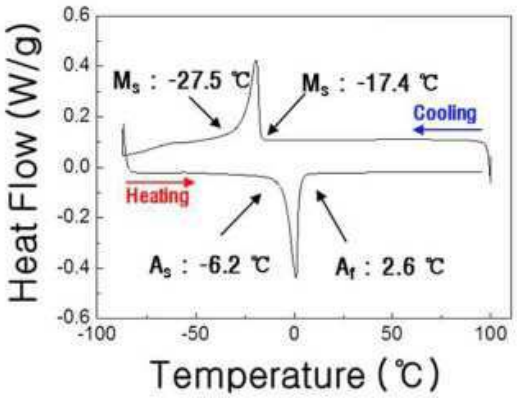
도면3c



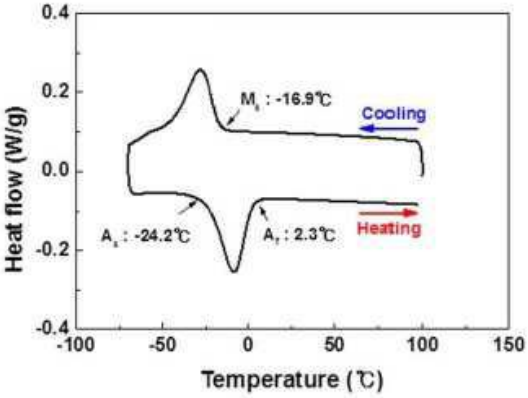
도면4

pass	Dies diameter (mm)	
1	9.7	
2	-	
3	-	
4	7.8	
5	-	
6	-	
7	-	
8	-	
9	-	
10	-	
11	4.1	
12	-	
13	-	← 소프트 멘드렐 제거
14	3.0	
15	-	
16	-	
17	1.8	

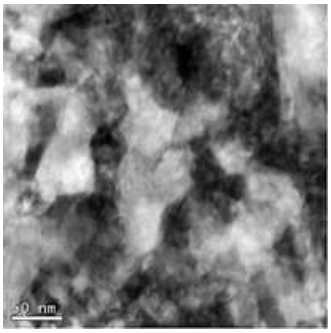
도면5a



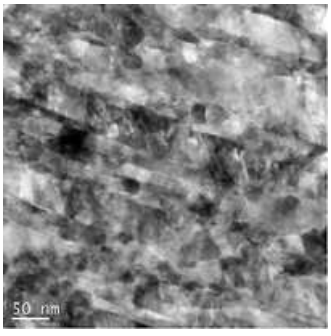
도면5b



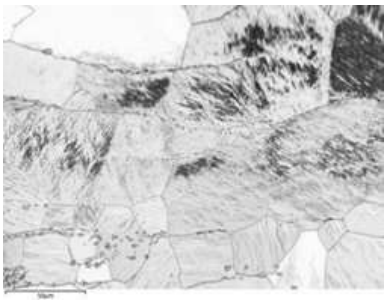
도면6a



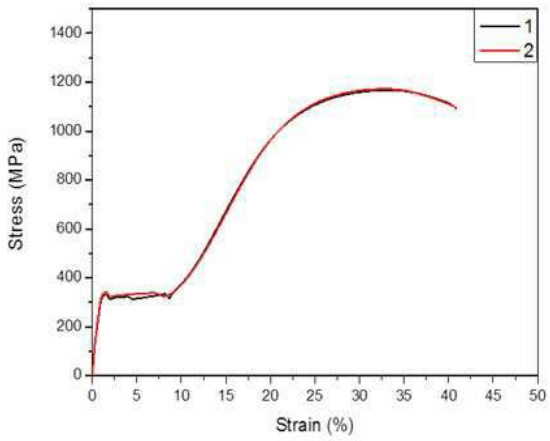
도면6b



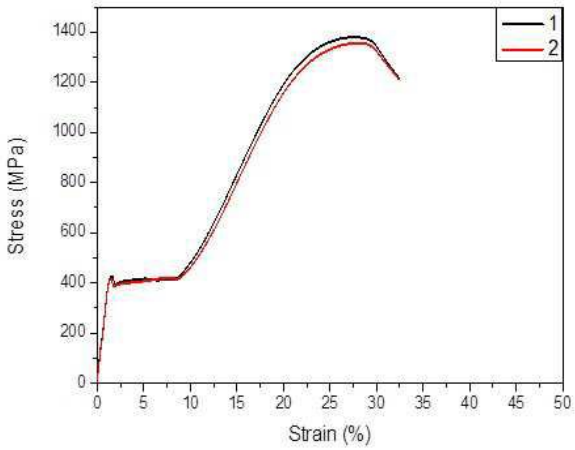
도면6c



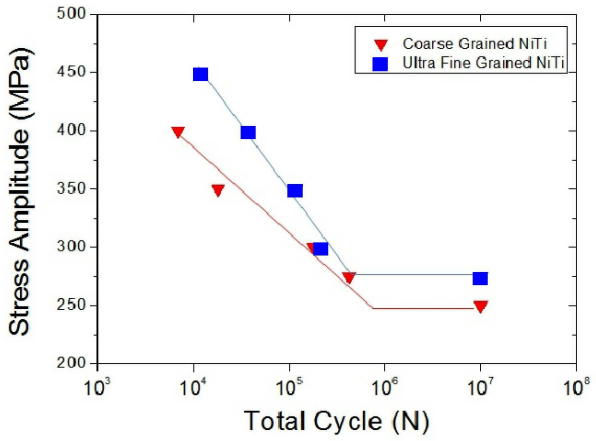
도면7a



도면7b



도면8



도면9a



도면9b

