(19) 대한민국특허청(KR)
(12) 공개특허공보(A)

(11) 공개번호 10-2025-0011696
(43) 공개일자 2025년01월21일

(51) 국제특허분류(Int. Cl.)
C22C 38/08 (2006.01) *B22F 1/00* (2022.01)
B22F 3/15 (2006.01) *B22F 3/18* (2006.01)
B22F 3/24 (2006.01) *C21D 9/46* (2006.01)
C22C 19/03 (2006.01) *C22C 33/02* (2006.01)
C22C 38/00 (2006.01) *C22F 1/10* (2006.01)
(52) CPC특허분류
C22C 38/08 (2013.01)
B22F 1/00 (2023.08)
(21) 출원번호 10-2024-7042875
(22) 출원일자(국제) 2023년06월12일
심사청구일자 2024년12월24일
(85) 번역문제출일자 2024년12월24일
(86) 국제출원번호 PCT/JP2023/021715
(87) 국제공개번호 WO 2024/004613
국제공개일자 2024년01월04일
(30) 우선권주장
JP-P-2022-106613 2022년06월30일 일본(JP)

(71) 출원인
닛테츠 케미컬 앤드 머티리얼 가부시키가이샤
일본 도쿄도 쥬오쿠 니혼바시 1쵸메 13방 1고
(72) 발명자
오야마 줌페이
일본 1030027 도쿄도 쥬오쿠 니혼바시 1쵸메 13방 1고 닛테츠 케미컬 앤드 머티리얼 가부시키가이샤 나이
요네무라 미츠하루
일본 1008071 도쿄도 치요다구 마루노우치 2쵸메 6방 1고 닛폰세이테츠 가부시키가이샤 나이
나카무라 하지메
일본 1030027 도쿄도 쥬오쿠 니혼바시 1쵸메 13방 1고 닛테츠 케미컬 앤드 머티리얼 가부시키가이샤 나이
(74) 대리인
김진희, 김태홍

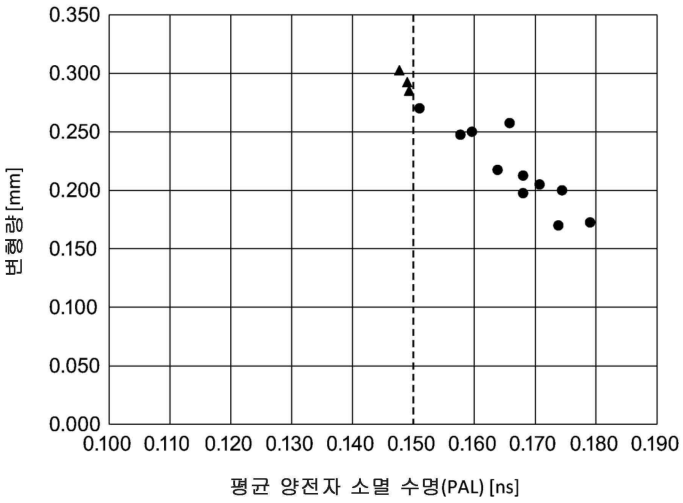
전체 청구항 수 : 총 9 항

(54) 발명의 명칭 **Fe-Ni 합금박, Fe-Ni 합금박의 제조 방법, 및 부품**

(57) 요 약

본 발명은, 극박(두께 50 ㎛ 이하) Fe-Ni 합금박에 있어서, 가장자리 웨이브, 가운데 늘어남, 휨 등의 변형을 억제하는 것을 과제로 하고, 그와 같은 변형이 억제된 Fe-Ni 합금박을 얻는 것을 목적으로 한다. 본 발명에 관한 Fe-Ni 합금박은, 양전자 소멸 수명(PAL)이 0.150 ns 이상이며, 변형량(가장자리 웨이브, 가운데 늘어남, 휨 등의 변형의 종합 평가량)을 종래품에 비하여 작게 할 수 있다. PAL을 0.150 ns 이상으로 하기 위해서는 공공 주체의 미크로 조직으로 하기 때문에, HIP 처리에 의해 합금괴(슬라브)를 제조하고, 상기 합금괴를 종래법에 따라 압연, 열 처리하여 Fe-Ni 합금박을 얻을 수 있다.

대 표 도 - 도1



(52) CPC특허분류
B22F 3/15 (2013.01)
B22F 3/18 (2013.01)
B22F 3/24 (2013.01)
C21D 9/46 (2013.01)
C22C 19/03 (2013.01)
C22C 33/02 (2013.01)
C22C 38/004 (2013.01)
C22F 1/10 (2013.01)

명 세 서

청구범위

청구항 1

성분이, 질량%로,

C: 0～0.030%,

Si: 0～0.21%,

Mn: 0～0.30%,

Ni: 30.0～60.0%,

Co: 0～5.00%,

P: 0.01% 이하,

S: 0.01% 이하, 및

잔부가 Fe 및 불순물이며,

판 두께가 50 ㎛ 이하이며, 양전자 소멸 수명이 0.150 ns 이상인 것을 특징으로 하는 Fe-Ni 합금박.

청구항 2

제1항에 있어서, 상기 양전자 소멸 수명이 0.150 ns～0.200 ns인 Fe-Ni 합금박.

청구항 3

제1항 또는 제2항에 있어서, 상기 판 두께가 20 ㎛ 이하인 Fe-Ni 합금박.

청구항 4

제1항 또는 제2항에 기재된 Fe-Ni 합금박의 제조 방법으로서,

성분이, 질량%로,

C: 0～0.030%,

Si: 0～0.21%,

Mn: 0～0.30%,

Ni: 30.0～60.0%,

Co: 0～5.00%,

P: 0.01% 이하,

S: 0.01% 이하, 및

잔부가 Fe 및 불순물인 Fe-Ni 합금 분말을 준비하는 공정과,

상기 Fe-Ni 합금 분말을 HIP법에 의해 Fe-Ni 합금괴를 제조하는 Fe-Ni 합금괴 제조 공정과, 상기 Fe-Ni 합금괴를 압연하는 압연 공정을 포함하는 것을 특징으로 하는 Fe-Ni 합금박의 제조 방법.

청구항 5

제4항에 있어서, 상기 압연 공정의 각 압연 패스간 또는 최종 압연 후에 적어도 1회의 소둔 공정을 더 포함하는 Fe-Ni 합금박의 제조 방법.

청구항 6

제4항에 있어서, 상기 판 두께가 20 ㎛ 이하인 Fe-Ni 합금박의 제조 방법.

청구항 7

제5항에 있어서, 상기 판 두께가 20 ㎛ 이하인 Fe-Ni 합금박의 제조 방법.

청구항 8

제1항 또는 제2항에 기재된 Fe-Ni 합금박을 갖는 부품.

청구항 9

제8항에 있어서, 상기 Fe-Ni 합금박의 판 두께가 20 ㎛ 이하인 부품.

발명의 설명

기 술 분 야

[0001] 본 발명은 Fe-Ni 금속박과 Fe-Ni 금속박의 제조 방법, 및 그 Fe-Ni 합금박을 이용한 부품에 관한 것이다.

배 경 기 술

[0002] 전자 기기의 소형화 및 고밀도 실장화에 따른, 전자 기기를 구성하는 각 전자 부품의 다운사이징화나 경량화가 요구된다. 예컨대, 이차 전지용 케이스로서는 알루미늄박(알루미박)이나 Fe-Ni 합금박을 포함하는 스테인리스강박(스테인리스박)이 적용되어 있다. 이차 전지의 경량, 박형화를 위해 케이스판 두께의 박화도 추구되고 있지만, 강도도 유지 확보하는 것이 요구되고 있다. 그 때문에, 종래의 알루미늄박에서 스테인리스박으로 하여 강도를 유지하면서 박형화가 진행되고 있다(예컨대, 특허문헌 1).

[0003] 또한, 전자 기기 그 자체에 사용되는 부품이 아니라, 전자 기기의 제조에 빠뜨릴 수 없는 소재나 부품에도 박형화가 요구되고 있다. 예컨대, 유기 발광 다이오드(OLED) 제조에 빠뜨릴 수 없는 메탈 마스크는, 에칭성이나 열팽창성 등이 양호한 Fe-Ni 합금박이 적용되어 있지만, 고화소 밀도화에 따른, 박후화(薄厚化)가 요구되고 있다(예컨대, 특허문헌 2).

[0004] 이와 같이, Fe-Ni 합금박의 박후화의 요구에 따라, 판 두께 100 ㎛ 이하의 Fe-Ni 합금박이 유통되고 있으며, 나아가서는, 판 두께 50 ㎛를 하회하는 Fe-Ni 합금박이 요구되고 있다.

선행기술문헌

특허문헌

[0005] (특허문헌 0001) 특허문헌 1: 국제 공개 제2015/122523호

(특허문헌 0002) 특허문헌 2: 국제 공개 제2020/067537호

발명의 내용

해결하려는 과제

[0006] Fe-Ni 합금박을 박후화하는 경우, 그 제조 과정(특히, 압연)에 있어서 불균일한 잔류 응력이 생기기 쉽다. 잔류 응력을 제거하기 위해 압연 후에 왜곡 제거 소둔 등을 행하지만, 최종적으로 잔류 응력을 제거할 수 없고, 가장자리 웨이브(edge waves), 가운데 늘어남(center waves), 휨 등의 변형의 원인이 된다. 이 변형이, Fe-Ni 합금박의 품질상의 문제가 되고 있다. 특히, 판 두께가 50 ㎜를 하회하면, 이들 변형이 현재화되어, 품질상 및 기술상의 중요한 문제가 되고 있다.

[0007] 그래서, 본 발명은, 두께 50 ㎛ 이하의 Fe-Ni 합금박에 있어서, 가장자리 웨이브, 가운데 늘어남, 휨 등의 변형을 억제하는 것을 과제로 하여, 그와 같은 변형의 억제된 Fe-Ni 합금박(이하, 단순히 합금박이라고 부르는 경우

가 있음.)을 얻는 것을 목적으로 한다.

과제의 해결 수단

[0008] 본 발명자들은, 상기 과제를 달성하기 위해 예의 연구 개발을 계속하여 이하의 지견을 얻었다.

[0009] (가) 가장자리 웨이브, 가운데 늘어남, 휨과 같은 변형은, 합금박 중의 변형 불균일성이 요인 이며, 그 변형의 불균일성은 합금박 내의 잔류 응력의 불균일성이 원인이라고 생각했다. 잔류 응력은, 합금박의 제조 과정, 특히 압연에 의해 부여되는 것이 알려져 있다. 압연에 의해 합금판(합금박과 합금판의 두께에는 명확한 기준은 없지만, 예컨대, 판 두께 100 ㎛ 초과를 합금판, 판 두께 100 ㎛ 이하를 합금박이라고 불러도 됨. 이하, 압연에 의해 박후화된 합금박이 되기 전의 두께 100 ㎛ 이상의 판형의 Fe-Ni 합금을 Fe-Ni 합금판, 또는 단순히 합금판이라고 부르는 경우가 있음.) 중의 전위나 공공(空孔)이 이동하여 변형된다. 전위 자체는 공공의 이동 결합에 의해 생성되는 것이다. 이러한 것으로부터, 발명자들은 합금판 중의 공공의 거동에 주목했다. 또한, 본 발명에서의 공공은, 주조품에 있어서의 응고시의 수축공이나 가스 공공의 류의 결함이 아니라, 원자 공공이나 점 결함을 의미한다.

[0010] (나) 합금판 중에 있어서의 공공을 균일하게 분산시키면, 합금판의 압연시에 공공의 이동·결합이 균일해지며, 변형 거동이 합금판 내에서 균일해진다고 발상했다. 그래서, 예컨대, 열간 분말 야금법(HIP법 등)에 의해 합금괴를 제조하고, 이것을 압연하여 합금박을 얻어, 변형 거동을 평가했다. 그 결과, 가장자리 웨이브나 가운데 늘어남, 휨이 억제되고 있는 것을 확인했다. 이것에 의해, 공공을 균일 분산시킨 합금괴로부터 압연함으로써, 변형이 억제된 합금박이 얻어지는 것을 확인했다.

[0011] (다) 압연판 중의 공공의 균일 분산성의 지표로서, 공공의 양전자 소멸 수명(PAL: Positron Annihilation Lifetime)을 이용하는 것을 생각했다. PAL은, 공공 수나 공공의 크기 등의 종합적 지표이며, 공공 사이즈가 커질수록 PAL이 길어지고, 공공의 수가 많아질수록 검출되는 강도가 커진다. 공공 수가 많아지면 공공끼리의 결합이 생겨, 결과적으로 공공 사이즈가 커진다. 발명자들은, 실험에 의해 PAL이 커질수록, 변형량이 억제되는 것을 발견했다.

[0012] (라) Fe-Ni 합금박에 있어서의 실험에 의해, PAL이 0.150 ns(nano 초) 이상이면, 종래의 합금박에 비하여 변형량이 억제되는 것을 확인했다. 또한, 종래의 합금박은 PAL이 0.150 ns 미만인 것이 많은 것도 확인했다. 이것은, 종래의 합금괴의 제조가 용제법인 것에 기인하고 있기 때문이라고 생각된다. 용제법의 경우, 응고 과정에 있어서 공공이 응집되어 칼날형 전위(Edge dislocation)가 생성되기 쉽고, 응고 후의 합금괴 중에서의 공공의 균일성이 저해되기 때문이라고 생각된다.

[0013] 본 발명은 상기 지견에 기초하여 이루어진 것이며, 그 요지로 하는 바는 이하와 같다.

[0014] [1] 성분이, 질량%로,

[0015] C: 0~0.030%,

[0016] Si: 0~0.21%,

[0017] Mn: 0~0.30%,

[0018] Ni: 30.0~60.0%,

[0019] Co: 0~5.00%,

[0020] P: 0.01% 이하,

[0021] S: 0.01% 이하, 및

[0022] 잔부가 Fe 및 불순물이며,

[0023] 판 두께가 50 ㎛ 이하이고, 양전자 소멸 수명(PAL)이 0.150 ns 이상인 것을 특징으로 하는 Fe-Ni 합금박.

[0024] [2] 상기 양전자 소멸 수명(PAL)이 0.150 ns~0.200 ns인 [1]에 기재된 Fe-Ni 합금박.

[0025] [3] 판 두께가 20 ㎛ 이하의 [1] 또는 [2]에 기재된 Fe-Ni 합금박.

[0026] [4] 상기 [1] 내지 [3] 중 어느 한 항에 기재된 Fe-Ni 합금박의 제조 방법으로서,

[0027] 성분이, 질량%로,

[0028] C: 0~0.030%,

[0029] Si: 0~0.21%,

[0030] Mn: 0~0.30%,

[0031] Ni: 30.0~60.0%,

[0032] Co: 0~5.00%,

[0033] P: 0.01% 이하,

[0034] S: 0.01% 이하, 및

[0035] 잔부가 Fe 및 불순물인 Fe-Ni 합금 분말을 준비하는 공정과,

[0036] 상기 Fe-Ni 합금 분말을 HIP법에 의해 Fe-Ni 합금괴를 제조하는 Fe-Ni 합금괴 제조 공정과,

[0037] 상기 Fe-Ni 합금괴를 압연하는 압연 공정을 포함하는 것을 특징으로 하는 Fe-Ni 합금박의 제조 방법.

[0038] [5] 상기 압연 공정의 각 압연 패스간 또는 최종 압연 후에 적어도 1회의 소둔 공정을 더 포함하는 [4]에 기재된 Fe-Ni 합금박의 제조 방법.

[0039] [6] 상기 [1] 내지 [3] 중 어느 한 항에 기재된 Fe-Ni 합금박을 갖는 부품.

발명의 효과

[0040] 본 발명에 의하면, 가장자리 웨이브, 가운데 늘어남, 휨이라는 변형을 억제한 Fe-Ni 합금박을 얻을 수 있다.

도면의 간단한 설명

[0041] 도 1은 Fe-Ni 합금박에 있어서의 PAL과 변형량의 관계의 일례를 도시한 도면이다.

도 2는 연직 방향 매달기 시험의 개요를 도시한 도면이다.

도 3은 연직 방향 매달기 시험에 있어서, 시험편과 연직 평면에 생긴 간극의 측정 방법의 일례를 설명하기 위한 개념도이다.

발명을 실시하기 위한 구체적인 내용

[0042] 이하, 본 발명에 관한 Fe-Ni 합금박에 대해서 상술한다. 특별히 거절이 없는 한, 성분에 관한 「%」는 강 중의 질량%를 나타낸다. 특별히 하한을 규정하지 않는 경우나 하한이 0%인 경우는 함유하지 않는 경우(0%)를 포함한다.

[0043] [양자 소멸 수명(PAL)]

[0044] 양전자 소멸 수명(PAL: Positron Annihilation Lifetime)은, 금속 재료나 고분자 재료 등의 재료 중의 공공을 포함한 격자 결함의 평가에 이용되는 지표이다. 평균 양전자 소멸 수명이라고 하는 경우도 있다. PAL은, 격자 결함의 종류를 평가할 수 있다. PAL은 재료 중의 공공 수나 공공의 크기 등의 종합적 지표이다. 본 발명에서의 공공이란, 주조품에 있어서의 응고시의 수축공이나 가스 공공 종류의 결함이 아니라, 원자 공공이나 점 결함을 의미한다. PAL에 대한 상세한 설명은, 여기서는 생략하지만, 공공 사이즈가 커질수록 PAL이 길어진다. 한편, 공공의 수가 많아질수록 검출되는 상대 강도(양전자가 소멸할 때에 방출하는 γ선의 카운트 수이며, 존재 확률에 상당함)가 커지며, 공공 수가 많아지면 공공끼리의 결합이 생겨, 결과로서 공공 사이즈도 커지고, PAL이 길어진다.

[0045] 양전자 소멸 수명(PAL)은 PAL 측정 장치에 의해 측정할 수 있다. PAL 측정 장치로서는, 예컨대, 테크노에이피사 제조의 양전자 소멸 수명 측정 장치 등의 시판 장치를 사용할 수 있다. 발명자들은, 테크노에이피사 제조의 양전자 소멸 수명 측정 장치로 양전자 선원에 ^{22}Na를 이용하여 평가했다.

[0046] PAL 평가시에, 피평가재인 Fe-Ni 합금박을 10 ㎜ 각으로 절단하고, 이것을 3장 겹친 것을 2조 준비하여, 양전자 선원을 3장 겹친 Fe-Ni 합금박으로 끼우고, 이것을 알루미늄박으로 감싸서 고정하여 PAL 측정용 시료를 작성했

다. 준비한 측정용 시료를 측정 장치에 걸어 양전자 소멸 수명(PAL)을 측정한다. 데이터 해석 소프트도 측정 장치에 부속된 것(예컨대, 덴마크 공과 대학이 개발한 PALSfit3)을 사용하면 좋다. 측정시에는 캡톤 막의 수명(0.3800 ps)이나 에폭시 수지의 수명(1.9044 ps) 등의 영향을 고려하기 위해, 이들 수명을 고정하여 해석하면 좋다.

[0047] 종래의 용제법으로 제조하는 재료(용제재)는 공공이 없는 것과 동일하게, 격자 결함의 주체는 전위이다. 또한, 용제재의 경우, 응고 과정에 있어서 전체에 균일하게 전위가 도입되지 않는다. 단적으로 말하면, 응고된 합금괴의 표면과 중심 부분에서는 전위의 상태가 다르다. 결함의 주체가 전위인 경우, 가공으로 인한 응력 집중으로 항복 응력을 초과하면 전위가 발생하여 소성 변성함으로써, 응력 완화되지만, 동시에 전위끼리의 상호 작용에 의해 가공 경화한다. 따라서, 소재 내에 전위가 불균일하게 도입된 경우, 국소적으로 응력 완화가 발생하여, 잔류 응력이 불균일해지기 쉽다.

[0048] 한편, HIP법 등의 열간 분말 야금법에서는, 수축공이나 가스 공공을 소멸시킬 수는 있지만, 원자 공공을 소멸시킬 수는 없다. 열간 분말 야금법으로 제조되는 재료(열간 분말 야금재)는, 분체를 고온에서 등방적으로 압축, 소결하기 때문에, 공공이, 소재 내에 똑같이 다수 발생한다고 생각된다. 열간 분말 야금법에서는 이 공공이 확산됨으로써, 입자간의 넥 부분을 성장시켜 소결이 진행된다. 즉, 열간 분말 야금법에 의해 제조된 재료는, 종래의 용제법에 의한 재료와는 달리 공공이 존재하는 미크로 조직으로 되어 있다.

[0049] 공공은 날형 전위의 상승 운동에 사용되고, 또한, 공공이 배열됨으로써, 전위를 형성하는 역할이 있다. 따라서, 양전자 소멸 수명이 길고 공공의 비율이 큰(양이 많음) 열간 분말 야금재의 조직은, 공공이 이동하여 전위를 형성하기 쉽고, 전위가 많은 공공을 흡수하면서 이동할 수 있기 때문에, 비교적 전위가 움직이기 쉬운 조직으로 되어 있다고 생각된다. 이러한 전위의 형성 용이성이나 움직임 용이성은, 재료의 응력 완화에 영향을 준다. 또한, 전위에 사용되지 않는 잔존 공공은 고용 강화와 동일하게 작용하여 기저 강도에 기여한다. 따라서, 소재 내에 똑같이 공공이 도입되면, 압연 등으로 공공이 이동하기 쉽고, 그 때문에 비교적 경도의 압연 부하라도 변형되기 쉬워진다. 또한, 소재 내에서 똑같이 응력 완화가 되어 잔류 응력이 균일해지기 때문에, 변형(휨이나 옆으로 구부러짐 등)을 억제할 수 있다고 생각된다. 한편, 용제재는 양전자 소멸 수명이 짧고, 공공의 비율이 작기(양이 적음) 때문에, 날형 전위는 상승 운동하기 어렵고, 전위는 움직이기 어렵다. 즉 용제재는 불균일하게 전위가 분포되어, 더 움직이기 어렵기 때문에, 잔류 응력이 불균일하게 발생하여 형상 불량이 생기기 쉽다.

[0050] 본 발명자들이 실험에 의해 확인한 바, 종래의 용제재이면 PAL이 0.150 ns 이상이 되는 것은 아니지만, 열간 분말 야금재이면 0.150 ns 이상이 되는 것을 확인했다. 즉, 종래의 용제재와 같이 결함이 전위 주체의 소재인 경우는 PAL이 0.150 ns 미만이며, 열간 분말 야금재와 같은 공공 등의 점 결함이 주체의 소재인 경우는 PAL이 0.150 ns 이상이 되는 것을 확인했다. 따라서, PAL이 0.150 ns 이상이라는 것은, 격자 결함이 공공 등의 점 결함 주체인 조직인 것을 나타내고 있다고 생각된다. 즉, PAL0.150 ns가, 전위 주체로부터 공공 주체의 미크로 조직으로 변하는 경계가 되는 것으로 생각된다.

[0051] [변형량]

[0052] Fe-Ni 합금박의 가장자리 웨이브, 가운데 늘어남, 휨 등의 변형은, 복합적으로 발생하기 때문에, 각각의 변형을 개별로 평가하는 것은 어렵다. 그래서, 합금박의 변형을 종합적으로 평가하기 위해, 합금박을 연직으로 매달았을 때에, 합금박의 연직 방향에 대한 변형량의 최대치를 가지고, 합금박의 변형량으로서 평가할 수 있다고 생각했다.

[0053] 본 발명자들은, 연직 방향 매달기 시험에 의한 변형량 평가를 위해, 다음 시험 방법을 채용했다. 즉, 합금박을 예컨대, 폭 40 ㎜, 길이 250 ㎜의 세그먼트형으로 절단한 것을 시험편으로 하고, 이것을 연직 정반(연직 방향으로 평행한 평면(연직 평면)을 갖는 정반)에 매달아, 연직 평면과 시험편 사이의 간극량을 실측하고, 그 최대치를 가지고 변형량으로서 평가하면 좋다. 통상, 가장자리 웨이브, 가운데 늘어남은, 압연 방향을 따라 생기기 때문에, 시험편의 장변을 압연 방향으로 하면 좋다. 또한, 합금박을 제조할 때에 코일형으로 권취하는 경우가 있으며, 그 때 생기는 권취벽을 해소하기 위해, 일정한 장력을 부가하면 좋다. 예컨대, 두께 50 ㎛ 이하에서 폭 40 ㎜의 시험편이면 100 g의 추를 시험편 하측단에 부착하여 장력을 발생시키면 좋다. 시험편과 연직 평면 간극의 측정 방법은 특별히 한정되지 않지만, 간극 게이지나 레이저 측장, 사진 촬영에 의한 화상 해석 등으로 계측할 수 있다.

[0054] [양자 소멸 수명(PAL)≥0.150 ns]

[0055] 도 1에, 실시예에서 나타내는 Fe-Ni 합금박에 의한 PAL과 변형량의 관계의 일례를 도시한다. 도 1은, 두께 30

㎛의 Fe-Ni 합금박에 의해 PAL과 변형량의 관계를 도시한 것이다. 도 1에 도시한 바와 같이, 변형량과 PAL은 강한 상관 관계에 있으며, PAL이 길어지면 변형량이 감소하는 것이 확인되었다. 즉, 격자 결함의 종류를 전위 주체(PAL이 0.150 ns 미만)로부터 공공 주체(PAL이 0.150 ns 이상)의 조직으로 함으로써, 합금박의 변형을 억제할 수 있다는 것이 확인되었다.

[0056] 즉, PAL을 0.150 ns 이상으로 함으로써, 공공 주체의 미크로 조직의 Fe-Ni 합금을 얻을 수 있고, 압연에 의한 잔류 응력의 불균일성이 경감되어, 결과적으로 변형량이 억제된 Fe-Ni 합금박을 얻을 수 있다는 것이 확인되었다. PAL이 길수록 변형량이 작아지기 때문에, PAL은 긴 쪽이 바람직하다. 따라서, PAL의 하한은, 바람직하게는 0.151 ns, 0.152 ns, 0.153 ns, 0.154 ns, 0.155 ns, 0.156 ns, 0.157 ns, 0.158 ns, 0.159 ns, 0.160 ns, 0.161 ns, 0.162 ns, 0.163 ns, 0.164 ns, 또는 0.165 ns이면 좋다.

[0057] 한편, PAL이 길어질수록 변형량은 작아진다. 그러나, 어느 정도 PAL이 길어지면 큰 공공이 존재하게 되며, 그 큰 공공이 파괴의 기점이 될 우려가 있다. 본 발명자들의 실험으로부터, 실용적인 열간 분말 야금재에서의 PAL 실측치는 0.200 ns를 초과하는 것은 없었다. 따라서, PAL의 상한치는 특별히 한정할 필요는 없지만, 상한치를 설정하는 경우는 0.200 ns, 바람직하게는 0.198 ns, 0.196 ns, 0.194 ns, 0.192 ns, 0.190 ns, 0.188 ns, 0.186 ns, 0.184 ns, 0.182 ns, 또는 0.180 ns로 하면 좋다.

[0058] [Fe-Ni 합금박의 성분]

[0059] Fe-Ni 합금박의 성분에 대해서 설명한다. 전술한 바와 같이, 특별히 언급이 없는 한, 성분에 관한 「%」는 강중의 질량%를 나타낸다. 특히, 하한을 규정하지 않는 경우나 하한이 0%인 경우는 함유하지 않는 경우(0%)를 포함한다.

[0060] C: 0~0.030%,

[0061] 탄소(C)는, 합금박의 강도를 높인다. 그러나, C가 과잉으로 함유되면, 합금의 탄화물 유래의 개재물이 증가한다. 따라서, C 함유량은 0.030% 이하로 하면 좋다. 바람직하게는, 0.028%, 0.026%, 0.024%, 0.022%, 또는 0.020%으로 하면 좋다.

[0062] Si:0~0.21%

[0063] 규소(Si)는 합금의 열팽창 계수를 증가시킨다. Fe-Ni 합금박은, 원래 저열 팽창 계수인 것이 기대되는 합금이며, 그 용도에 따라 다르지만, 200℃ 정도의 온도 환경하에서 사용되는 경우가 있다. 또한, Si 함유량이 너무 많으면 강도가 너무 높아져, 합금의 가공성이 저하된다. 그 때문에, 열팽창을 억제하는 관점이나 가공성의 관점으로부터 Si 함유량은 0.21% 이하로 하면 좋다. 바람직하게는, 0.20% 이하, 0.18% 이하, 0.16%, 0.14%, 0.12%, 또는 0.10% 이하로 하면 좋다.

[0064] Mn: 0~0.30%,

[0065] 망간(Mn)은, 스피넬의 생성을 피하기 위해, Mg 및 Al 대신에 탈산제로서 이용된다. 그러나, Mn 함유량이 너무 높으면, 입계에 편석하여 입계 파괴를 조장하여, 내수소 취화성이 오히려 나빠지기 때문에, Mn 함유량은, 0.30% 이하로 하면 좋다. Mn 함유량의 바람직한 범위는 0.28% 이하, 0.26% 이하, 0.24% 이하, 0.22% 이하, 0.20% 이하, 0.18% 이하, 또는 0.16% 이하로 하면 좋다.

[0066] Ni: 30.0~60.0%,

[0067] 니켈(Ni)은 합금의 열팽창 계수를 낮게 억제하기 위한 주요 성분이며, 또한, Ni 함유량이 너무 낮으면, 체심 입방(bcc) 구조가 증가하여, 전위의 거동이 변화하기 때문에, Ni 함유량을 30.0% 이상으로 하면 좋다. 한편, Ni 함유량이 너무 높으면, 열간 가공(열간 압연이나 열간 단조) 후에 있어서, 합금 중에 베이나이트 조직이 생성되기 쉬워진다. 따라서, Ni 함유량은 60.0% 이하로 하면 좋다. Ni 함유량의 바람직한 범위는, 하한측에서는 31.0% 이상, 31.5% 이상, 32.0% 이상, 32.5% 이상, 33.0% 이상, 33.5% 이상, 34.0% 이상, 34.5% 이상, 35.0% 이상, 35.2% 이상, 또는 35.4% 이상으로 하면 좋고, 상한측에서는 59.0% 이하, 58.0% 이하, 57.0% 이하, 56.0% 이하, 55.0% 이하, 54.0% 이하, 53.0% 이하, 52.0% 이하, 51.0% 이하, 50.0% 이하, 49.0% 이하, 48.0% 이하, 47.0% 이하, 46.0% 이하, 45.0% 이하, 44.0% 이하, 43.0% 이하, 42.0% 이하, 41.0% 이하, 40.0% 이하, 39.5% 이하, 39.0% 이하, 38.5% 이하, 38.0% 이하, 37.5% 이하, 또는 37.0% 이하로 하면 좋다.

[0068] Co: 0~5.00%,

[0069] Ni 양과 관련하여, 그 첨가량을 늘려가면 합금의 열팽창 계수를 한층 저하시킬 수 있는 성분이다. 그러나, 매우

가격이 높은 원소이기 때문에 Co 함유량의 상한을 5.00%로 하면 좋다. 바람직하게는 4.50% 이하, 4.00% 이하, 3.50% 이하, 3.00% 이하, 2.50% 이하, 2.00% 이하, 1.50% 이하, 또는 1.00% 이하로 하면 좋다.

[0070] [불순물]

[0071] 상기한 원소 외에, 잔부는 Fe(철) 및 불순물이다. 불순물이란, 제조하는 과정에서 의도치 않게 함유되는 원소를 말한다. 특히, 불순물로서, P, S 등의 성분을 들 수 있다. P나 S의 함유량은, 이하의 범위 내로 제한되는 것이 바람직하다.

[0072] P: 0.010% 이하,

[0073] P는 응고시에 입계에 편석하여, 응고 균열 감수성을 높인다. 따라서, P 함유량은 될 수 있는 한 낮은 쪽이 바람직하다. 그 때문에, P 함유량은 0.010% 이하로 제한한다. 바람직하게는 0.005% 이하, 또는 0.003% 이하로 하면 좋다. P 함유량의 하한은 0%이지만, 과잉으로 저하시키는 것은 제조 비용을 상승시키기 때문에, 현실적으로는 0.001% 이상이어도 좋다.

[0074] S: 0.010% 이하,

[0075] S는 응고시에 입계에 편석하여, 응고 균열 감수성을 높인다. 따라서, S 함유량은 될 수 있는 한 낮은 쪽이 바람직하다. 그 때문에, S 함유량은 0.010% 이하로 제한한다. 바람직하게는, 0.005% 이하, 또는 0.002% 이하로 하면 좋다. S 함유량의 하한은 0%이지만, 과잉으로 저하시키는 것은 제조 비용을 상승시키기 때문에, 현실적으로는 0.001% 이상이어도 좋다.

[0076] 불순물로서, 본 발명의 효과를 손상시키지 않는 범위이면, 그 외의 원소도 불순물로서 함유하여도 좋다. 예컨대, Cr, Al, Cu, Nb, Mo, Ti, Mg, Ca, Sn, V, W, Zr, B, Bi 등을 들 수 있다.

[0077] [판 두께]

[0078] Fe-Ni 합금박의 판 두께는 특별히 한정되지 않는다. 판 두께 100 ㎛ 이하의 합금판을 합금박이라고 부르고 있지만, 판 두께 100 ㎛ 이상의 합금판에 적용하여도 좋다. 그러나, 일반적으로 판 두께가 얇아질수록 가장자리 웨이브, 가운데 늘어남, 휨 등의 변형이 발생하기 쉬워진다. 그 때문에, 판 두께 50 ㎛ 이하의 Fe-Ni 합금박에 본 발명을 적용하면 보다 효과적이다. 판 두께는 얇을수록, 본 발명의 효과를 누릴 수 있기 때문에, 바람직하게는 45 ㎛ 이하, 40 ㎛ 이하, 35 ㎛ 이하, 30 ㎛ 이하, 25 ㎛ 이하, 20 ㎛ 이하, 15 ㎛ 이하, 10 ㎛ 이하, 또는 5 ㎛ 이하이면 좋다. 판 두께의 하한은 특별히 한정되지 않지만, 공업적 제조 가능성의 관점으로부터 판 두께 1.0 ㎛ 이상이어도 좋다.

[0079] [제조 방법]

[0080] 본 발명에 관한 Fe-Ni 합금박의 제조 방법은 특별히 한정되지 않는다. 그러나, 주로 합금괴의 제조 공정, 압연 공정, 소둔 공정에 있어서 고안함으로써, PAL을 장수명화할 수 있다. 이하에 그 방법에 대해서 설명한다. 또한, 본 발명에 관한 Fe-Ni 합금박은 여기에 기재되는 제조 방법에 한정되지 않는다.

[0081] [Fe-Ni 합금괴 제조 공정]

[0082] Fe-Ni 합금괴의 제조 공정이란, 소정의 성분 조성을 갖는 Fe-Ni 합금괴(강편, 슬라브 등)를 얻는 공정이다. 예컨대, 용융된 Fe-Ni 합금을 정련하여 응고시키는 방법, 이른바, 용제 방법이 있다. 또한, 예컨대, 소정의 성분 조성의 금속분을 조합시켜, HIP(Hot Isostatic Press) 등과 같이 고온 고압하에서 고상 접합시키는 방법, 이른바, 열간 분말 야금법 등이 있다.

[0083] 전술한 바와 같이, 종래의 용제법으로 제조하는 용제재의 합금괴(용제 합금괴)는 공공이 없는 것과 동일하게, 격자 결함의 주체는 전위이다. 또한, 용제재의 경우, 응고 과정에 있어서 전체에 균일하게 전위가 도입되지 않는다. 단적으로 말하면, 용제 합금괴의 표면과 중심 부분에서는 전위의 도입 방법이 다르다. 결함의 주체가 전위인 경우, 가공에 기인한 응력 집중으로 항복 응력을 초과하면 전위가 발생하여 소성 변형됨으로써 응력 완화된다. 따라서, 용제 합금은, 소재 내에 전위가 불균일하게 도입된 경우, 국소적으로 응력 완화가 발생하여, 잔류 응력이 불균일해지기 쉽다.

[0084] 한편, HIP법 등의 열간 분말 야금법에서는, 수축공이나 가스 공공을 소멸시킬 수는 있지만, 원자 공공을 소멸시키는 것은 불가능하다. 열간 분말 야금법으로 제조되는 재료(열간 분말 야금재)는, 분체를 고온에서 등방적으로 압축, 소결하기 때문에, 공공이, 소재 내에 똑같이 다수 발생한다고 생각된다. 열간 분말 야금법에서는 이 공공

이 확산됨으로써, 입자간의 넥 부분을 성장시켜 소결이 진행된다. 즉, 열간 분말 야금법에 의해 제조된 재료는, 용제재와는 달리 공공이 존재하는 미크로 조직이다. 따라서, HIP법 등의 열간 분말 야금법 쪽이, 종래의 용제법에 비하여 공공이 똑같이 다수 발생하여, PAL이 장수명화한 합금괴를 얻을 수 있다.

[0085] [Fe-Ni 합금 분말 준비 공정]

[0086] 열간 분말 야금법으로 제조하는 경우, 그 제조 방법은 특별히 한정되지 않는다. 예컨대, 종래 이용되고 있는 HIP 방법을 적용할 수 있다. 제조되는 합금괴 중의 공공을 똑같이 발생시키기 위해, HIP법의 원료가 되는 금속 분말은 미세 입자인 것이 바람직하다. 예컨대, 금속 분말의 입경을 500 ㎛ 이하, 400 ㎛ 이하, 300 ㎛ 이하, 200 ㎛ 이하, 또는 100 ㎛ 이하로 하면 좋다. 금속 분말의 제조 방법도 특별히 한정되지 않는다. 종래의 정련법에 의해 소정의 성분 조성으로 조정한 용탕을, 아토마이즈법 등을 적용하여 합금 분말을 얻을 수 있다. 이 때의 정련법도 특별히 한정되지 않는다. 실험실 레벨에서는, 진공 유도 가열로에서 행할 수도 있다. 탄소량, 가스 성분, 금속 개재물을 저감하기 위해, AOD(Argon-Oxygen-Decarburization법, VOD(Vacuum-Oxygen-Decarburization법, V-AOD법 등이 적용 가능하다.

[0087] 준비한 합금 분말을 금속 용기에 넣어 HIP 처리함으로써, 원하는 합금괴를 얻을 수 있다. HIP 등의 열간 분말 야금법이면, 최종 제품 형상에 가까운 니어넷 셰이프한 합금괴를 얻을 수 있고, 그 후의 가공 공정(압연이나 단조 등의 가공)을 생략화할 수 있다.

[0088] [압연 공정]

[0089] 얻어진 Fe-Ni 합금괴를 열간 압연이나 냉간 압연함으로써 합금박을 얻을 수 있다. 일반적으로는, Fe-Ni 합금괴를 열간 압연하여 두께 1 ㎜ 이하의 Fe-Ni 합금판으로 한 후, 냉간 압연에 의해 원하는 판 두께의 합금박을 얻을 수 있다. 열간 압연도 냉간 압연도 종래의 제조 방법을 채용할 수 있다. 그러나, PAL을 장수명화하기 위해서는, 냉간 압연의 각 패스의 합계 압하율이 너무 크지 않은 쪽이 바람직하다. 냉간 압연의 합계 압하율이 너무 크면 압연에 의해 왜곡이 축적된 고전위 밀도의 압연 조직이 되어 공공이 소비되기 쉬워지기 때문이다. 가공 경화능이 저하되지 않는 범위에서, 냉간 압연의 합계 압하율을 낮춘 마일드한 압연이 되는 프로세스 설계가 바람직하다.

[0090] [소둔 공정]

[0091] Fe-Ni 합금박을 제조하는 경우, 판 두께가 얇아지면(예컨대, 판 두께 100 ㎛ 이하) 압연 공정(특히, 냉간 압연)의 압연 패스간(각 압연 패스간이어도 좋고, 수 패스의 사이여도 좋음) 또는 최종 압연 후에 적어도 1회의 소둔(압연 패스간은 중간 소둔, 최종 압연 후는 최종 소둔이라고 부름)을 실시하면 좋다. 소둔을 행하면, 전위, 공공과 더불어 일단 감소하여 균일한 재결정 조직이 형성된다. 중간 소둔의 경우, 그 후의 압연에 의해 재차 전위가 도입되지만, 미소둔된 압연 조직에 비하여 전위 밀도는 높지 않기 때문에, 전위는 움직임이 쉽고, 전위의 교차에 의해, 공공이 생기면서 전위 밀도도 증대된다. 결과적으로 PAL의 장수명화로 이어진다. 따라서, 소둔은 행하는 편이 바람직하고, 특히 압연간의 중간 소둔은 행하는 편이 바람직하다.

[0092] 상기한 바와 같이, 소둔에 의해 전위를 소멸시키면 좋지만, 재결정을 따르지 않는 경우 전위의 소멸은 진행되지 않는다. 그 때문에, 가능한 한 재결정 온도 이상의 소둔을 행하는 것이 바람직하다. 예컨대, Fe-Ni 합금이나 스테인리스강의 경우는 700℃ 이상의 온도에서 소둔하는 것이 바람직하다. 바람직하게는, 750℃ 이상, 또는 800℃ 이상으로 하면 좋다. 700℃ 미만의 소둔에서는 전위가 잔존한 상태에서 압연하기 때문에, 최종 압연으로 전위가 도입되기 쉽고 압연 부하는 작아지지만, 고전위 밀도 상태가 되어 공공이 소비되기 쉬워지며, 결과적으로 PAL이 단수명화한다.

[0093] [부품 재료로의 적용]

[0094] 또한, 본 발명에 관한 Fe-Ni 합금박은, 박후화하여도 변형이 억제되기 때문에, 모든 부품의 재료로서 적용할 수 있다. 특히, 전지 재료 등의 전자 기기에서는, 경량화와 고기능화, 고강도화의 요구로부터 박후 합금박의 요구가 높아지고 있으며, 이들의 부품 재료로 적용하는 것이 바람직하다.

[0095] 또한, 부품 그 자체에 적용하지 않지만, 부품 제조시에 사용하는 부품(부재)에도 적용할 수 있다. 예컨대, OLED의 메탈 마스크에 본 발명에 관한 Fe-Ni 합금박을 적용하면 좋다. OLED의 메탈 마스크는, 고정밀화를 위해 에칭성과 저열 팽창성으로부터 Fe-Ni 합금박이 적용되어 있지만, 한층 높은 고정밀화를 위해 박후화와 변형량의 억제가 요구되고 있기 때문이다.

[0096] 메탈 마스크와 같이 전자 부품이나 기계 부품 그 자체가 아니라, 전자 부품을 제조하기 위해 사용하는 부품(부

재)도, 본 발명에 있어서 부품에 포함시킨다.

[0097] 또한, 본 발명에 관한 Fe-Ni 합금박을 갖는 부품이란, 부품이 Fe-Ni 합금박으로부터 제조된 것 뿐만 아니라, Fe-Ni 합금박으로 이루어진 부분을 갖는 경우도 포함한다.

[0098] **실시예**

[0099] [시험재]

[0100] Fe-36 Ni 합금을 베이스로 하여 표 1에 나타내는 성분 조성으로 조정한 Fe-Ni 합금괴를 HIP법에 의한 HIP재, 및 종래 제법에 준거한 용제재를 준비했다. 또한, 표 1의 성분의 잔부는 Fe 및 불순물이다.

[0101] 우선, HIP재에 대해서는, 표 1에 나타내는 성분 조성으로 조정한 용탕(용융 합금)을 가스 아토마이즈법에 의해 구형의 합금분으로 했다. 얻어진 합금분을 분급하고, 300 ㎛의 체하품(篩下品)을 HIP 처리하여, HIP재를 얻었다. HIP 처리는 통상의 순서로 행하고, HIP 처리 조건으로서 1150℃, 120 MPa의 고온 고압하에서 3 시간 유지하여 HIP재를 제조했다. 표 1에 나타내는 바와 같이, 성분이 다른 HIP재로서 HIP1과 HIP2를 준비했다.

[0102] 한편, 비교재로서 종래 제법에 준거한 연주(連鑄) 슬라브재는, 표 1에 나타내는 성분 조성으로 조정한 용융 금속을 응고시킨 후, 추가로 ESR법(일렉트로 슬래그 재용해법) 또는 VAR법(진공 아크 재용해법)으로 재정련한 후, 종래의 연속 주조법에 따라 슬라브를 얻었다. 표 1에 나타내는 바와 같이, 성분이 다른 용제재로서 용제재 1과 용제재 2를 준비했다.

표 1

[0103]

시험재	제조 프로세스	(질량%)					
		C	Si	Mn	P	S	Ni
HIP1	HIP	0.027	0.21	0.22	0.001	0.002	35.87
HIP2	HIP	<0.001	<0.01	<0.01	<0.001	<0.001	35.88
용제재 1	용제 후 연주	0.011	0.06	0.29	0.002	0.0004	36.35
용제재 2	용제 후 연주	0.022	0.19	0.21	0.004	0.002	36.21

[0104] 얻어진 시험재를 압연, 소둔 등의 가공을 실시하여 합금박으로 했다. 표 2에 각 시험재의 가공 조건을 나타낸다.

[0105] HIP1 및 HIP2의 시험재를 기계 가공에 의해 두께 1 ㎜, 3 ㎜, 10 ㎜, 50 ㎜의 직방체 형상으로 성형하여 합금판을 얻었다. 두께 50 ㎜의 합금판은 열간 압연에 의해 두께 3 ㎜의 합금판으로 했다. 그 외의 두께의 합금판은 열간 압연을 하지 않았다. 이렇게 해서 얻어진 두께 1 ㎜, 3 ㎜, 및 10 ㎜의 합금판을 냉간 압연하고, 최종 판 두께 30 ㎛(0.030 ㎜)의 Fe-Ni 합금박을 얻었다. 또한, 냉간 압연의 도중에 중간 소둔을 행한 것과, 중간 소둔을 행하지 않은 것을 준비했다.

[0106] 한편, 종래의 제조 방법에 상당하는 용제재에 대해서는, 연주 후 슬라브 두께가 250 ㎜이며, 그 후 열간 압연에 의해 판 두께 300 ㎛(0.300 ㎜)의 합금판으로 하고, (중간)냉간 압연, 중간 소둔, (최종)냉간 압연에 의해 최종 판 두께 30 ㎛(0.030 ㎜)의 Fe-Ni 합금박을 얻었다.

[0107] 얻어진 각 Fe-Ni 합금박의 변형량을, 전술한 바와 같이 연직 방향 매달기 시험에 의해 평가했다. 도 2에, 연직 방향 매달기 시험의 개요를 도시한다. 합금박을 폭 40 ㎜, 길이 250 ㎜의 세그먼트형으로 절단(길이 방향이 압연 방향이 되도록 절단)한 것을 시험편(1)으로 하고, 이것을 연직 정반(연직 방향으로 평행한 평면(연직 평면)을 갖는 정반)(2)의 연직 평면(3)에 매달았다. 연직 평면(3)과 시험편(1) 사이의 간극(5)의 간극량을 실측하고, 그 최대치를 가지고 변형량으로서 평가했다. 본 실시예에서는, 100 g의 추를 시험편 하방단에 부착하여 장력(4)을 발생시키고, 도 3에 도시한 바와 같이, 시험편(1)과 연직 정반(2)의 연직 평면(3) 사이에 생긴 간극(5)(도면 중의 점선 테두리 내)을 간극 게이지(도시하지 않음)에 의해 계측했다. 간극(5)을 계측하는 범위(6)는 특별히 한정하지 않지만, 연직 평면(3)의 전폭을 측정 범위(6)로 하면 좋고, 본 실시예도 그렇게 했다. 간극마다 4회 계측하여 그 평균을 상기 간극의 변형량으로 하고, 각 간극의 변형량의 최대치를 그 시험편의 변형량으로 평가했다.

[0108] 평균 양전자 소멸 수명(PAL)은, 전술한 바와 같이, 각각의 시험재의 Fe-Ni 합금박을 10 ㎜ 각으로 절단하고, 이

것을 3장 겹친 것을 2조 준비하고, 양전자 선원을 3장 겹친 Fe-Ni 합금박으로 끼우고, 이것을 알루미늄박으로 감싸서 고정하여 PAL 측정용 시료를 작성했다. 준비한 측정용 시료를 측정 장치에 걸어 양전자 소멸 수명(PAL)을 측정했다. PAL 측정 장치로서 테크노에이피사 제조의 양전자 소멸 수명 장치를 사용하여, 양전자 선원에 ^{22}Na를 이용하여 평가했다. 데이터 해석 소프트는 덴마크 공과 대학이 개발한 PALSfit3을 이용했다. 측정시에는 캡톤막 수명(0.3800 ps)이나 에폭시 수명(1.9044 ps) 등의 영향을 고려하기 위해, 이들 수명을 고정하고 재료에 대해서는 1 성분으로 평균 양전자 소멸 수명을 해석했다.

[0109] 표 2에 각 시험재의 제조 조건과 변형량, PAL(평균 양전자 소멸 수명)의 측정 결과를 나타낸다. 표 2에 나타내는 변형량과 PAL의 관계를 도 1에 도시했다. 도 1 중의 삼각 마크가 비교예(용제재)이며, 원 마크가 실시예(HIP재)를 나타낸다.

표 2

[0110]

수준	시험재	열간 압연		냉간 압연							합금박 평가	
				중간 냉간 압연		중간 소둔			최종 냉간 압연	냉연 압하율 [%]	변형량 [mm]	평균 양전자 소멸 수명 (PAL) [nsec]
		실시 유무	압연 전 판 두께 [mm]	압연전 판 두께 [mm]	압연 후 판 두께 [mm]	실시 유무	소둔 온도 [℃]	보정 시간 [sec]	최종 판 두께 [mm]			
실시예 1	HIP1	없음	-	3.0	0.100	없음	-	-	0.030	99%	0.205	0.171
실시예 2		없음	-	10.0	0.100	없음	-	-	0.030	99.7%	0.198	0.168
실시예 3		없음	-	3.0	0.100	있음	800	30	0.030	99%	0.170	0.174
실시예 4		없음	-	1.0	0.100	있음	800	30	0.030	97%	0.173	0.179
실시예 5		있음	50	3.0	0.100	없음	-	-	0.030	99%	0.213	0.168
실시예 6		있음	50	3.0	0.100	있음	800	30	0.030	99%	0.200	0.174
실시예 7	HIP2	없음	-	3.0	0.100	없음	-	-	0.030	99%	0.250	0.160
실시예 8		없음	-	3.0	0.100	있음	800	30	0.030	99%	0.218	0.164
실시예 9		없음	-	3.0	0.100	있음	700	30	0.030	99%	0.270	0.151
실시예 10		있음	50	3.0	0.100	없음	-	-	0.030	99%	0.248	0.158
실시예 11		있음	50	3.0	0.100	있음	800	30	0.030	99%	0.258	0.166
비교예 1	용제재 1	있음	250	0.3	0.100	있음	900	15	0.030	90%	0.303	0.148
비교예 2		있음	250	3.0	0.100	있음	900	15	0.030	99%	0.293	0.149
비교예 3	용제재 2	있음	250	0.3	0.100	있음	900	15	0.030	90%	0.285	0.149

[0111] 표 2 및 도 1로부터 알 수 있는 바와 같이, 평균 양전자 소멸 수명(PAL)과 변형량에는 상관이 있으며, PAL이 장수명화하면 변형량이 작아지는 것을 알 수 있다. 종래품 상당의 비교예 1과 비교하면 알 수 있는 바와 같이 HIP 처리한 실시예는 모두 PAL이 0.150 nsec 이상이며, 변형량의 비교예 1에 비하여 작아지고 있다는 것을 확인할 수 있었다. 또한, 성분 조성의 관점으로부터 거의 동등한 합금 원소가 첨가되어 있는 HIP1에 관한 실시예 1~6과 용제재 2의 비교예 3을 대비하여도, HIP재의 쪽이, PAL이 길고 변형량이 작다는 것을 확인할 수 있었다.

[0112] **산업상의 이용가능성**

[0113] 본 발명은, Fe-Ni 합금박에 이용할 수 있다. 특히, 판 두께가 50 ㎛ 이하의 극박(ultra-thin) Fe-Ni 합금박에 이용하면 그 효과가 현저해진다.

부호의 설명

[0114] 1: 시험편

2: 연직 정반

3: 연직 평면

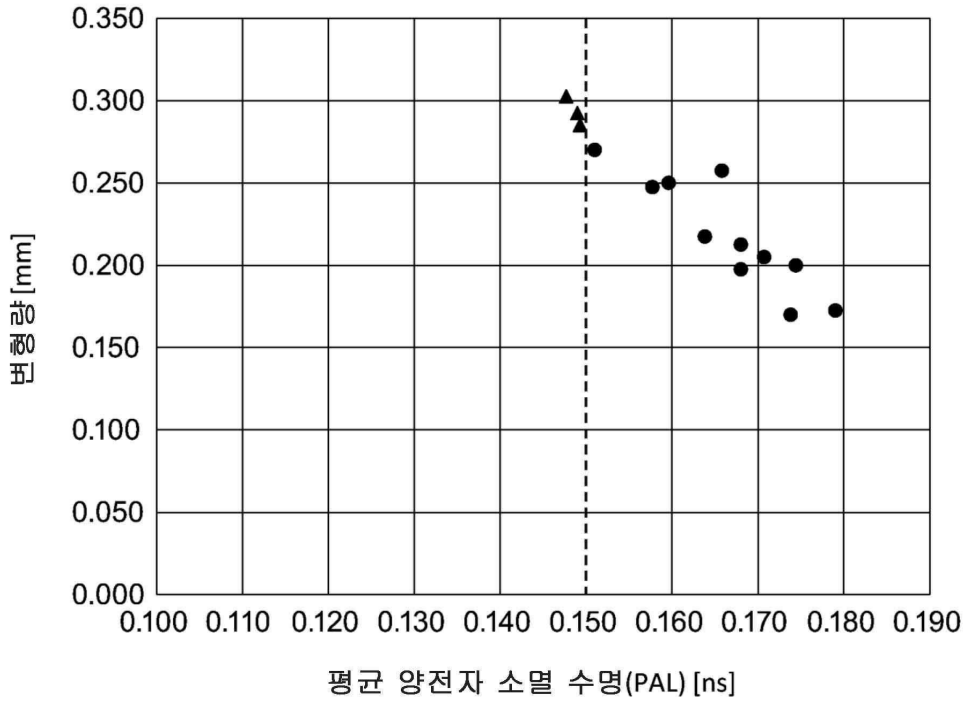
4: 장력(의 방향)

5: 간극

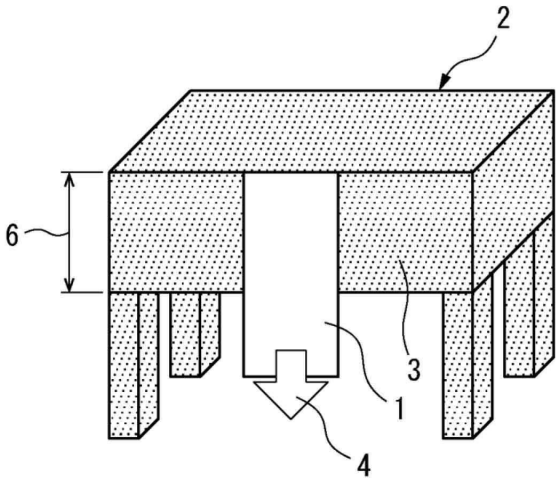
6: 측정 범위

도면

도면1


0.350
0.300
0.250
0.200
0.150
0.100
0.050
0.000
변형량 [mm]
0.100 0.110 0.120 0.130 0.140 0.150 0.160 0.170 0.180 0.190
평균 양전자 소멸 수명(PAL) [ns]

도면2


2
6
3
1
4

도면3

