



**(19) 대한민국특허청(KR)**  
**(12) 등록특허공보(B1)**

(45) 공고일자 2017년04월13일  
 (11) 등록번호 10-1726708  
 (24) 등록일자 2017년04월07일

(51) 국제특허분류(Int. Cl.)  
 B23K 15/00 (2006.01) B23K 26/00 (2014.01)  
 B23K 26/32 (2014.01) B23K 26/323 (2014.01)  
 B23K 103/00 (2006.01)  
 (21) 출원번호 10-2011-7022314  
 (22) 출원일자(국제) 2010년03월18일  
 심사청구일자 2014년12월30일  
 (85) 번역문제출일자 2011년09월23일  
 (65) 공개번호 10-2012-0004421  
 (43) 공개일자 2012년01월12일  
 (86) 국제출원번호 PCT/JP2010/055304  
 (87) 국제공개번호 WO 2010/110405  
 국제공개일자 2010년09월30일  
 (30) 우선권주장  
 JP-P-2009-074903 2009년03월25일 일본(JP)  
 (56) 선행기술조사문헌  
 JP2006088201 A\*  
 JP2005246433 A\*  
 KR1020100063017 A  
 \*는 심사관에 의하여 인용된 문헌

(73) 특허권자  
 고힌리쯔다이가꾸호오진 구마모또 다이가꾸  
 일본 구마모토켄 구마모토시 주요쿠 구로카미 2쵸메 39방 1고  
 가부시키가이샤 구로키고교쇼  
 일본국 806-0012 후쿠오카켄 기타큐슈시 야하타니 시쿠 진야마 3쵸메 4-20  
 (72) 발명자  
 카와무라 요시히토  
 일본국 860-8555 구마모토켄 구마모토시 쿠로카미 2-쵸메 39-1 고힌리쯔다이가꾸호오진 구마모또 다이가꾸 나이  
 김 중현  
 일본국 860-8555 구마모토켄 구마모토시 쿠로카미 2-쵸메 39-1 고힌리쯔다이가꾸호오진 구마모또 다이가꾸 나이  
 (뒷면에 계속)  
 (74) 대리인  
 하영옥

전체 청구항 수 : 총 15 항

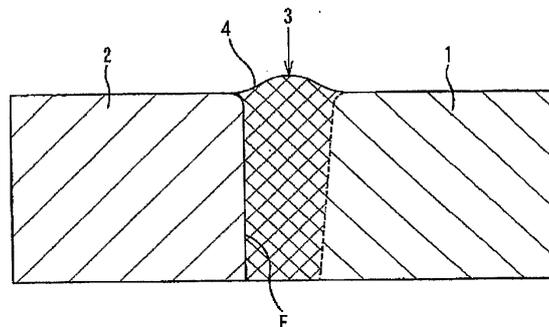
심사관 : 우귀애

(54) 발명의 명칭 용접 방법의 설계 방법, 용접 방법, 및 용접 접합체

**(57) 요약**

일정 조건을 충족시키는 금속 유리 및 결정 금속을 선택함으로써 충분한 강도를 갖는 접합체가 얻어지는 용접 방법을 제공한다. 본 발명의 용접 방법은 금속 유리와 결정 금속을 접촉시킨 계면 또는 그 계면 근방의 상기 금속 유리에 에너지를 가하고, 상기 금속 유리를 가열해서 용융시킨 용융층을 형성해서 용접하는 용접 방법으로서, 상기 금속 유리와 상기 결정 금속이 접합된 후의 상기 용융층은 유리 형성능을 갖고, 상기 금속 유리는 상기 금속 유리의 고체를 재가열할 때의 TTT 곡선의 노즈 시간이 0.2초 이상인 유리 형성능을 갖고, 상기 금속 유리 및 상기 결정 금속은 용융되어 있지 않은 상기 결정 금속과 용융된 상기 금속 유리의 젖음률이 25% 이상이 되는 상기 금속 유리의 온도와 상기 결정 금속의 용점의 온도 범위가 100K 이상인 것을 충족시키는 재료에 의해 구성되어 있는 것을 특징으로 한다.

대표도 - 도1



(72) 발명자

**쿠로키 히로노리**

일본국 806-0012 후쿠오카켄 기타큐슈시 야하타니  
시쿠 진야마 3쵸메 4-20 가부시키가이샤 구로키고  
교쇼 나이

**야나기다 유지**

일본국 806-0012 후쿠오카켄 기타큐슈시 야하타니  
시쿠 진야마 3쵸메 4-20 가부시키가이샤 구로키고  
교쇼 나이

**사와이 나오히사**

일본국 806-0012 후쿠오카켄 기타큐슈시 야하타니  
시쿠 진야마 3쵸메 4-20 가부시키가이샤 구로키고  
교쇼 나이

**미야지마 마사후미**

일본 사이타마켄 히가시마츠야마시 야큐쵸 3쵸메  
13-26 붓슈 가부시키가이샤 나이

**명세서**

**청구범위**

**청구항 1**

나노 결정 금속 또는 아모퍼스 금속으로 이루어지는 금속 유리와 결정 구조를 갖는 결정 금속을 용접하는 용접 방법을 설계하는 설계 방법으로서,

상기 용접 방법은 상기 금속 유리와 상기 결정 금속을 접촉시킨 계면 또는 그 계면 근방의 상기 금속 유리에 에너지를 가하여 상기 금속 유리를 가열해서 용융시킨 용융층을 형성하고, 상기 금속 유리와 상기 결정 금속을 접합시키는 방법이며, 상기 금속 유리와 상기 결정 금속이 접합된 후의 상기 용융층은 유리 형성능을 갖고 있고,

상기 금속 유리와 상기 결정 금속이 접합된 후의 상기 용융층은 상기 계면에 접하고 또한 상기 계면의 상기 금속 유리층에 위치하는 유두상의 돌기를 갖고,

상기 설계 방법은 상기 금속 유리의 고체를 재가열할 때의 TTT 곡선의 노즈 시간이 0.2초 이상인 유리 형성능을 갖고, 또한 용융되어 있지 않은 상기 결정 금속과 용융된 상기 금속 유리의 젖음률이 25% 이상이 되는 상기 금속 유리의 온도와 상기 결정 금속의 용점의 온도 범위가 100K 이상인 것을 충족시키는 금속 유리 및 결정 금속을 선택함으로써 용접 방법을 설계하는 것을 특징으로 하는 용접 방법의 설계 방법.

**청구항 2**

제 1 항에 있어서,

상기 설계 방법에 있어서의 상기 젖음률이 25% 이상이 되는 상기 금속 유리의 온도와 상기 결정 금속의 용점의 온도 범위가 450K 이상인 것을 충족시키는 금속 유리 및 결정 금속을 선택함으로써 용접 방법을 설계하는 것을 특징으로 하는 용접 방법의 설계 방법.

**청구항 3**

제 1 항에 있어서,

상기 설계 방법에 있어서의 상기 젖음률이 25% 이상이 되는 상기 금속 유리의 온도와 상기 결정 금속의 용점의 온도 범위가 800K 이상인 것을 충족시키는 금속 유리 및 결정 금속을 선택함으로써 용접 방법을 설계하는 것을 특징으로 하는 용접 방법의 설계 방법.

**청구항 4**

나노 결정 금속 또는 아모퍼스 금속으로 이루어지는 금속 유리와 결정 구조를 갖는 결정 금속을 용접하는 용접 방법을 설계하는 설계 방법으로서,

상기 용접 방법은 상기 금속 유리와 상기 결정 금속을 접촉시킨 계면 또는 그 계면 근방의 상기 금속 유리에 에너지를 가하여 상기 금속 유리를 가열해서 용융시킨 용융층을 형성하여 상기 금속 유리와 상기 결정 금속을 접합시키는 방법이며, 상기 금속 유리와 상기 결정 금속이 접합된 후의 상기 용융층은 유리 형성능을 갖고 있고,

상기 금속 유리와 상기 결정 금속이 접합된 후의 상기 용융층은 상기 계면에 접하고 또한 상기 계면의 상기 금속 유리층에 위치하는 유두상의 돌기를 갖고,

상기 설계 방법은 상기 금속 유리의 고체를 재가열할 때의 TTT 곡선의 노즈 시간이 0.2초 이상인 유리 형성능을 갖고, 또한 용융되어 있지 않은 상기 결정 금속과 용융된 상기 금속 유리의 젖음률이 25% 이상이 되는 상기 금속 유리의 온도와 상기 결정 금속의 용점의 온도 범위가 상기 금속 유리의 용점의 9.7% 이상인 것을 충족시키는 금속 유리 및 결정 금속을 선택함으로써 용접 방법을 설계하는 것을 특징으로 하는 용접 방법의 설계 방법.

**청구항 5**

제 1 항 내지 제 4 항 중 어느 한 항에 있어서,

상기 용접 방법은 용접 시에 상기 계면이 가열되었을 때의 최고 도달 온도가 상기 결정 금속의 용점의 95% 이하

가 되는 방법인 것을 특징으로 하는 용접 방법의 설계 방법.

**청구항 6**

나노 결정 금속 또는 아모퍼스 금속으로 이루어지는 금속 유리와 결정 구조를 갖는 결정 금속을 접촉시킨 계면 또는 그 계면 근방의 상기 금속 유리에 에너지를 가하고, 상기 금속 유리를 가열해서 용융시킨 용융층을 형성하여 상기 금속 유리와 상기 결정 금속을 접합시키는 용접 방법으로서,

상기 금속 유리와 상기 결정 금속이 접합된 후의 상기 용융층은 유리 형성능을 갖고 있고,

상기 금속 유리와 상기 결정 금속이 접합된 후의 상기 용융층은 상기 계면에 접하고 또한 상기 계면의 상기 금속 유리층에 위치하는 유두상의 돌기를 갖고,

상기 금속 유리는 상기 금속 유리의 고체를 재가열할 때의 TTT 곡선의 노즈 시간이 0.2초 이상인 유리 형성능을 갖고 있고,

상기 금속 유리 및 상기 결정 금속은 용융되어 있지 않은 상기 결정 금속과 용융된 상기 금속 유리의 젖음률이 25% 이상이 되는 상기 금속 유리의 온도와 상기 결정 금속의 용점의 온도 범위가 500K 이상인 것을 충족시키는 재료에 의해 구성되어 있는 것을 특징으로 하는 용접 방법.

**청구항 7**

나노 결정 금속 또는 아모퍼스 금속으로 이루어지는 금속 유리와 결정 구조를 갖는 결정 금속을 접촉시킨 계면 또는 그 계면 근방의 상기 금속 유리에 에너지를 가하고, 상기 금속 유리를 가열해서 용융시킨 용융층을 형성하고, 상기 금속 유리와 상기 결정 금속을 접합시키는 용접 방법으로서,

상기 금속 유리와 상기 결정 금속이 접합된 후의 상기 용융층은 유리 형성능을 갖고 있고,

상기 금속 유리와 상기 결정 금속이 접합된 후의 상기 용융층은 상기 계면에 접하고 또한 상기 계면의 상기 금속 유리층에 위치하는 유두상의 돌기를 갖고,

상기 금속 유리는 상기 금속 유리의 고체를 재가열할 때의 TTT 곡선의 노즈 시간이 0.2초 이상인 유리 형성능을 갖고 있고,

상기 금속 유리 및 상기 결정 금속은 용융되어 있지 않은 상기 결정 금속과 용융된 상기 금속 유리의 젖음률이 25% 이상이 되는 상기 금속 유리의 온도와 상기 결정 금속의 용점의 온도 범위가 상기 금속 유리의 용점의 48% 이상인 것을 충족시키는 재료에 의해 구성되어 있는 것을 특징으로 하는 용접 방법.

**청구항 8**

제 6 항 또는 제 7 항에 있어서,

용접 시에 상기 계면이 가열되었을 때의 최고 도달 온도가 상기 결정 금속의 용점의 95% 이하가 되는 방법인 것을 특징으로 하는 용접 방법.

**청구항 9**

제 6 항 또는 제 7 항에 있어서,

상기 계면 또는 그 계면 근방의 상기 금속 유리에 가해지는 에너지는 레이저, 전자 빔 또는 펄스 통전에 의한 에너지인 것을 특징으로 하는 용접 방법.

**청구항 10**

나노 결정 금속 또는 아모퍼스 금속으로 이루어지는 금속 유리와 결정 구조를 갖는 결정 금속을 용접에 의해 접합시킨 용접 접합체로서:

상기 금속 유리와 상기 결정 금속을 접합한 계면에 상기 용접에 의해 용융층이 형성되어 있고,

상기 용융층은 상기 계면에 접하고 또한 상기 계면의 상기 금속 유리층에 위치하는 유두상의 돌기를 갖고 있고,

상기 용융층은 유리 형성능을 갖고 있는 것을 특징으로 하는 용접 접합체.

**청구항 11**

제 10 항에 있어서,

상기 유두상의 돌기는 높이 1 $\mu$ m 이하이며 또한 에스펙트비가 1 이상 2 이하인 것을 특징으로 하는 용접 접합체.

**청구항 12**

제 10 항 또는 제 11 항에 있어서,

상기 금속 유리는 상기 금속 유리의 고체를 재가열할 때의 TTT 곡선의 노즈 시간이 0.2초 이상인 유리 형성능을 갖고 있고,

상기 금속 유리 및 상기 결정 금속은 용융되어 있지 않은 상기 결정 금속과 용융된 상기 금속 유리의 젖음률이 25% 이상이 되는 상기 금속 유리의 온도와 상기 결정 금속의 용점의 온도 범위가 100K 이상인 것을 충족시키는 재료에 의해 구성되어 있는 것을 특징으로 하는 용접 접합체.

**청구항 13**

제 10 항 또는 제 11 항에 있어서,

상기 금속 유리는 상기 금속 유리의 고체를 재가열할 때의 TTT 곡선의 노즈 시간이 0.2초 이상인 유리 형성능을 갖고 있고,

상기 금속 유리 및 상기 결정 금속은 용융되어 있지 않은 상기 결정 금속과 용융된 상기 금속 유리의 젖음률이 25% 이상이 되는 상기 금속 유리의 온도와 상기 결정 금속의 용점의 온도 범위가 상기 금속 유리의 용점의 9.7% 이상인 것을 충족시키는 재료에 의해 구성되어 있는 것을 특징으로 하는 용접 접합체.

**청구항 14**

나노 결정 금속 또는 아모퍼스 금속으로 이루어지는 금속 유리와 결정 구조를 갖는 결정 금속을 용접에 의해 접합시킨 용접 접합체로서,

상기 금속 유리와 상기 결정 금속의 접합면에 상기 용접에 의해 형성된 용융층은 유리 형성능을 갖고 있고,

상기 용융층은 금속 유리와 상기 결정 금속을 접합시킨 계면에 접하고 또한 상기 계면의 상기 금속 유리측에 위치하는 유두상의 돌기를 갖고,

상기 금속 유리는 상기 금속 유리의 고체를 재가열할 때의 TTT 곡선의 노즈 시간이 0.2초 이상인 유리 형성능을 갖고 있고,

상기 금속 유리 및 상기 결정 금속은 용융되어 있지 않은 상기 결정 금속과 용융된 상기 금속 유리의 젖음률이 25% 이상이 되는 상기 금속 유리의 온도와 상기 결정 금속의 용점의 온도 범위가 500K 이상인 것을 충족시키는 재료에 의해 구성되어 있는 것을 특징으로 하는 용접 접합체.

**청구항 15**

나노 결정 금속 또는 아모퍼스 금속으로 이루어지는 금속 유리와 결정 구조를 갖는 결정 금속을 용접에 의해 접합시킨 용접 접합체로서,

상기 금속 유리와 상기 결정 금속의 접합면에 상기 용접에 의해 형성된 용융층은 유리 형성능을 갖고 있고,

상기 용융층은 금속 유리와 상기 결정 금속을 접합시킨 계면에 접하고 또한 상기 계면의 상기 금속 유리측에 위치하는 유두상의 돌기를 갖고,

상기 금속 유리는 상기 금속 유리의 고체를 재가열할 때의 TTT 곡선의 노즈 시간이 0.2초 이상인 유리 형성능을 갖고 있고,

상기 금속 유리 및 상기 결정 금속은 용융되어 있지 않은 상기 결정 금속과 용융된 상기 금속 유리의 젖음률이 25% 이상이 되는 상기 금속 유리의 온도와 상기 결정 금속의 용점의 온도 범위가 상기 금속 유리의 용점의 48% 이상인 것을 충족시키는 재료에 의해 구성되어 있는 것을 특징으로 하는 용접 접합체.

**청구항 16**

삭제

**청구항 17**

삭제

**발명의 설명**

**기술 분야**

[0001] 본 발명은 용접 방법의 설계 방법, 용접 방법 및 용접 접합체 등에 관한 것이고, 보다 상세하게는 일정 조건을 충족시키는 금속 유리 및 결정 금속을 선택함으로써 충분한 강도를 갖는 접합체가 얻어지는 용접 방법의 설계 방법 및 용접 방법 및 용접 접합체 등에 관한 것이고, 또한 금속 유리와 결정 금속을 용접에 의해 접합하여 충분한 강도를 갖는 접합체가 얻어지는 용접 접합체 등에 관한 것이다.

**배경 기술**

[0002] 나노 결정 금속 또는 아모퍼스 금속으로 이루어지는 금속 유리는 강도와 경도, 내마모성, 내식성 등이 우수한 특성을 가져 많은 분야로의 이용이 기대되고 있다.

[0003] 그러나 금속 유리는 이렇게 우수한 특성이 있지만 난가공성, 난용접성이라는 결점이 있다. 그 응용 분야를 넓히기 위해서는 금속 유리 간의 용접 접합 기술도 중요하지만 실제의 기기 부품 등을 제작하기 위해서는 금속 유리와 결정 구조를 갖는 결정 금속(실용 금속 재료)의 접합 기술이 필요하다. 그것을 위한 접합 수단으로서 폭발법(爆着法), 마찰 압접법 또는 용접법을 적용한 예가 보고되어 있다.

[0004] 그러나 접합 수단으로서 접합부를 용융시키는 용접법을 적용한 경우에는 맞대기면에 형성된 용융부에 있어서 금속 유리와 결정 금속이 융합함으로써 유리 형성능(glass-formation ability)이 저하되기 때문에 무른 금속 간 화합물이 형성되어 충분한 용접 강도를 갖는 접합체가 얻어지지 않는 경우가 많다.

[0005] 이것으로부터 비특허문헌 1에는 용접을 위한 가열원으로서 날카로운 용입 형상을 형성할 수 있고, 국부적인 금속 가열과 금속 냉각에 적합한 전자 빔 또는 레이저 빔이라는 고에너지 빔을 사용하는 용접이 용접부에 있어서의 양 접합 부재의 융합을 적게 함과 아울러 금속 가열과 금속 냉각이 달성되므로 금속 유리와 결정 금속의 맞대기면에 고에너지 빔을 주사하는 용접법을 적용한 예가 보고되어 있다.

**선행기술문헌**

**비특허문헌**

[0006] (비특허문헌 0001) Materials Transactions, Vol.42. No.12(2001), p.2649-2651

**발명의 내용**

[0007] 구체적인 금속 유리와 결정 금속의 조합에 따라서는 상술한 용접법을 적용하여 많은 궁리를 해도 충분한 강도를 갖는 접합체가 얻어지지 않는 경우가 있다. 환언하면 일정 조건을 충족시키는 금속 유리 및 결정 금속을 선택함으로써 충분한 강도를 갖는 접합체가 얻어진다고 할 수 있다.

[0008] 본 발명은 상기와 같은 사정을 고려해서 이루어진 것이며, 본 발명의 일형태는 일정 조건을 충족시키는 금속 유리 및 결정 금속을 선택함으로써 충분한 강도를 갖는 접합체가 얻어지는 용접 방법의 설계 방법 및 용접 방법 및 용접 접합체를 제공하는 것을 과제로 한다. 또한, 본 발명의 다른 형태는 금속 유리와 결정 금속을 용접에 의해 접합하여 충분한 강도를 갖는 접합체가 얻어지는 용접 접합체를 제공하는 것에 있다.

[0009] 본 발명의 일형태에 의한 용접 방법의 설계 방법은 나노 결정 금속 또는 아모퍼스 금속으로 이루어지는 금속 유리와 결정 구조를 갖는 결정 금속을 용접하는 용접 방법을 설계하는 설계 방법으로서,

[0010] 상기 용접 방법은 상기 금속 유리와 상기 결정 금속을 접촉시킨 계면 또는 그 계면 근방의 상기 금속 유리에 에

너지를 가하고, 상기 금속 유리를 가열해서 용융시킨 용융층을 형성하여 상기 금속 유리와 상기 결정 금속을 접합시키는 방법이며, 상기 금속 유리와 상기 결정 금속이 접합된 후의 상기 용융층은 유리 형성능을 갖고 있고,

- [0011] 상기 설계 방법은 상기 금속 유리의 고체를 재가열할 때의 TTT 곡선의 노즈 시간(nose time)이 0.2초 이상인 유리 형성능을 갖고, 또한 용융되어 있지 않은 상기 결정 금속과 용융된 상기 금속 유리의 젖음률이 25% 이상이 되는 상기 금속 유리의 온도와 상기 결정 금속의 용점의 온도 범위가 100K 이상인 것을 충족시키는 금속 유리 및 결정 금속을 선택함으로써 용접 방법을 설계하는 것을 특징으로 한다.
- [0012] 또한, 본 발명의 일형태에 의한 용접 방법의 설계 방법에 있어서 상기 설계 방법에 있어서의 상기 젖음률이 25% 이상이 되는 상기 금속 유리의 온도와 상기 결정 금속의 용점의 온도 범위가 450K 이상인 것, 보다 바람직하게는 800K 이상인 것을 충족시키는 금속 유리 및 결정 금속을 선택함으로써 용접 방법을 설계하는 것도 가능하다.
- [0013] 본 발명의 일형태에 의한 용접 방법의 설계 방법은 나노 결정 금속 또는 아모퍼스 금속으로 이루어지는 금속 유리와 결정 구조를 갖는 결정 금속을 용접하는 용접 방법을 설계하는 설계 방법으로서,
- [0014] 상기 용접 방법은 상기 금속 유리와 상기 결정 금속을 접촉시킨 계면 또는 그 계면 근방의 상기 금속 유리에 에너지를 가하고, 상기 금속 유리를 가열해서 용융시킨 용융층을 형성하여 상기 금속 유리와 상기 결정 금속을 접합시키는 방법이며, 상기 금속 유리와 상기 결정 금속이 접합된 후의 상기 용융층은 유리 형성능을 갖고 있고,
- [0015] 상기 설계 방법은 상기 금속 유리의 고체를 재가열할 때의 TTT 곡선의 노즈 시간이 0.2초 이상인 유리 형성능을 갖고, 또한 용융되어 있지 않은 상기 결정 금속과 용융된 상기 금속 유리의 젖음률이 25% 이상이 되는 상기 금속 유리의 온도와 상기 결정 금속의 용점의 온도 범위가 상기 금속 유리의 용점의 9.7% 이상인 것을 충족시키는 금속 유리 및 결정 금속을 선택함으로써 용접 방법을 설계하는 것을 특징으로 한다.
- [0016] 또한, 본 발명의 일형태에 의한 용접 방법의 설계 방법에 있어서 상기 금속 유리와 상기 결정 금속이 접합된 후의 상기 용융층은 상기 계면에 접하고 또한 상기 계면의 상기 금속 유리층에 위치하는 유두상의 돌기를 갖는 것이 바람직하다. 이것에 의해 충분한 접합 강도를 얻을 수 있다.
- [0017] 또한, 본 발명의 일형태에 의한 용접 방법의 설계 방법에 있어서 상기 용접 방법은 용접 시에 상기 계면이 가열되었을 때의 최고 도달 온도가 상기 결정 금속의 용점의 95% 이하가 되는 방법인 것이 바람직하다. 이것에 의해 상기 유두상의 돌기가 상기 계면으로부터 유리되어버리는 것을 억제할 수 있다.
- [0018] 본 발명의 일형태에 의한 용접 방법은 나노 결정 금속 또는 아모퍼스 금속으로 이루어지는 금속 유리와 결정 구조를 갖는 결정 금속을 접촉시킨 계면 또는 그 계면 근방의 상기 금속 유리에 에너지를 가하고, 상기 금속 유리를 가열해서 용융시킨 용융층을 형성하여 상기 금속 유리와 상기 결정 금속을 접합시키는 용접 방법으로서,
- [0019] 상기 금속 유리와 상기 결정 금속이 접합된 후의 상기 용융층은 유리 형성능을 갖고 있고,
- [0020] 상기 금속 유리는 상기 금속 유리의 고체를 재가열할 때의 TTT 곡선의 노즈 시간이 0.2초 이상인 유리 형성능을 갖고 있고,
- [0021] 상기 금속 유리 및 상기 결정 금속은 용융되어 있지 않은 상기 결정 금속과 용융된 상기 금속 유리의 젖음률이 25% 이상이 되는 상기 금속 유리의 온도와 상기 결정 금속의 용점의 온도 범위가 500K 이상인 것을 충족시키는 재료에 의해 구성되어 있는 것을 특징으로 한다.
- [0022] 본 발명의 일형태에 의한 용접 방법은 나노 결정 금속 또는 아모퍼스 금속으로 이루어지는 금속 유리와 결정 구조를 갖는 결정 금속을 접촉시킨 계면 또는 그 계면 근방의 상기 금속 유리에 에너지를 가하고, 상기 금속 유리를 가열해서 용융시킨 용융층을 형성하여 상기 금속 유리와 상기 결정 금속을 접합시키는 용접 방법으로서,
- [0023] 상기 금속 유리와 상기 결정 금속이 접합된 후의 상기 용융층은 유리 형성능을 갖고 있고,
- [0024] 상기 금속 유리는 상기 금속 유리의 고체를 재가열할 때의 TTT 곡선의 노즈 시간이 0.2초 이상인 유리 형성능을 갖고 있고,
- [0025] 상기 금속 유리 및 상기 결정 금속은 용융되어 있지 않은 상기 결정 금속과 용융된 상기 금속 유리의 젖음률이 25% 이상이 되는 상기 금속 유리의 온도와 상기 결정 금속의 용점의 온도 범위가 상기 금속 유리의 용점의 48% 이상인 것을 충족시키는 재료에 의해 구성되어 있는 것을 특징으로 한다.
- [0026] 또한, 본 발명의 일형태에 의한 용접 방법에 있어서 상기 용접 방법은 용접 시에 상기 계면이 가열되었을 때의 최고 도달 온도가 상기 결정 금속의 용점의 95% 이하가 되는 방법인 것이 바람직하다.

- [0027] 또한, 본 발명의 일형태에 의한 용접 방법에 있어서 상기 금속 유리와 상기 결정 금속이 접합된 후의 상기 용융층은 상기 계면에 접하고 또한 상기 계면의 상기 금속 유리층에 위치하는 유두상의 돌기를 갖는 것이 바람직하다.
- [0028] 또한, 본 발명의 일형태에 의한 용접 방법에 있어서 상기 계면 또는 그 계면 근방의 상기 금속 유리에 가해지는 에너지는 레이저, 전자 빔 또는 펄스 통전에 의한 에너지인 것이 바람직하다.
- [0029] 본 발명의 일형태에 의한 용접 접합체는 나노 결정 금속 또는 아모퍼스 금속으로 이루어지는 금속 유리와 결정 구조를 갖는 결정 금속을 용접에 의해 접합시킨 용접 접합체로서,
- [0030] 상기 금속 유리와 상기 결정 금속을 접합한 계면에 상기 용접에 의해 용융층이 형성되어 있고,
- [0031] 상기 용융층은 상기 계면에 접하고 또한 상기 계면의 상기 금속 유리층에 위치하는 유두상의 돌기를 갖고 있고,
- [0032] 상기 용융층은 유리 형성능을 갖고 있는 것을 특징으로 한다.
- [0033] 또한, 본 발명의 일형태에 의한 용접 접합체에 있어서 상기 유두상의 돌기는 높이 1 $\mu$ m 이하이며, 또한 에스펙트 비가 1 이상 2 이하인 것이 바람직하다.
- [0034] 또한, 본 발명의 일형태에 의한 용접 접합체에 있어서 상기 금속 유리는 상기 금속 유리의 고체를 재가열할 때의 TTT 곡선의 노즈 시간이 0.2초 이상인 유리 형성능을 갖고 있고,
- [0035] 상기 금속 유리 및 상기 결정 금속은 용융되어 있지 않은 상기 결정 금속과 용융된 상기 금속 유리의 젖음률이 25% 이상이 되는 상기 금속 유리의 온도와 상기 결정 금속의 용점의 온도 범위가 100K 이상인 것을 충족시키는 재료에 의해 구성되어 있는 것이 바람직하다.
- [0036] 또한, 본 발명의 일형태에 의한 용접 접합체에 있어서 상기 금속 유리는 상기 금속 유리의 고체를 재가열할 때의 TTT 곡선의 노즈 시간이 0.2초 이상인 유리 형성능을 갖고 있고,
- [0037] 상기 금속 유리 및 상기 결정 금속은 용융되어 있지 않은 상기 결정 금속과 용융된 상기 금속 유리의 젖음률이 25% 이상이 되는 상기 금속 유리의 온도와 상기 결정 금속의 용점의 온도 범위가 상기 금속 유리의 용점의 9.7% 이상인 것을 충족시키는 재료에 의해 구성되어 있는 것이 바람직하다.
- [0038] 본 발명의 일형태에 의한 용접 접합체는 나노 결정 금속 또는 아모퍼스 금속으로 이루어지는 금속 유리와 결정 구조를 갖는 결정 금속을 용접에 의해 접합시킨 용접 접합체로서,
- [0039] 상기 금속 유리와 상기 결정 금속의 접합면에 상기 용접에 의해 형성된 용융층은 유리 형성능을 갖고 있고,
- [0040] 상기 금속 유리는 상기 금속 유리의 고체를 재가열할 때의 TTT 곡선의 노즈 시간이 0.2초 이상인 유리 형성능을 갖고 있고,
- [0041] 상기 금속 유리 및 상기 결정 금속은 용융되어 있지 않은 상기 결정 금속과 용융된 상기 금속 유리의 젖음률이 25% 이상이 되는 상기 금속 유리의 온도와 상기 결정 금속의 용점의 온도 범위가 500K 이상인 것을 충족시키는 재료에 의해 구성되어 있는 것을 특징으로 한다.
- [0042] 본 발명의 일형태에 의한 용접 접합체는 나노 결정 금속 또는 아모퍼스 금속으로 이루어지는 금속 유리와 결정 구조를 갖는 결정 금속을 용접에 의해 접합시킨 용접 접합체로서,
- [0043] 상기 금속 유리와 상기 결정 금속의 접합면에 상기 용접에 의해 형성된 용융층은 유리 형성능을 갖고 있고,
- [0044] 상기 금속 유리는 상기 금속 유리의 고체를 재가열할 때의 TTT 곡선의 노즈 시간이 0.2초 이상인 유리 형성능을 갖고 있고,
- [0045] 상기 금속 유리 및 상기 결정 금속은 용융되어 있지 않은 상기 결정 금속과 용융된 상기 금속 유리의 젖음률이 25% 이상이 되는 상기 금속 유리의 온도와 상기 결정 금속의 용점의 온도 범위가 상기 금속 유리의 용점의 48% 이상인 것을 충족시키는 재료에 의해 구성되어 있는 것을 특징으로 한다.
- [0046] (발명의 효과)
- [0047] 본 발명의 일형태는 일정 조건을 충족시키는 금속 유리 및 결정 금속을 선택함으로써 충분한 강도를 갖는 접합체가 얻어지는 용접 방법의 설계 방법 및 용접 방법 및 용접 접합체를 제공할 수 있다. 또한, 본 발명의 다른 형태는 금속 유리와 결정 금속을 용접에 의해 접합하여 충분한 강도를 갖는 접합체가 얻어지는 용접 접합체를

제공할 수 있다.

**도면의 간단한 설명**

- [0048] 도 1은 금속 유리와 결정 금속의 접합 계면으로의 고에너지 빔의 조사에 의한 용융층의 형성 상태를 나타내는 단면도이다.
- 도 2는 금속 유리의 결정화의 TTT 곡선을 나타내는 도면이다.
- 도 3은 젖음성 시험의 방법을 설명하기 위한 모식도이다.
- 도 4는 도 3에 나타내는 젖음성 시험에 의해 젖음률을 계산하는 방법을 설명하기 위한 모식적 단면도이다.
- 도 5는 전자 빔의 조사 시간(Irradiation time)과 젖음률(Spread factor(%))의 관계를 나타내는 도면이다.
- 도 6(A)~도 6(F)는 결정 금속과 금속 유리의 접합 계면을 관찰한 단면 사진이다.
- 도 7은 전자 빔의 조사 시간(Irradiation time)과 젖음률(Spread factor(%))의 관계를 나타내는 도면이다.
- 도 8은 전자 빔의 조사 시간(Irradiation time)과 젖음률(Spread factor(%))의 관계를 나타내는 도면이다.
- 도 9(A)는 Ti의 결정 금속과 금속 유리의 접합 계면의 TEM 관찰 결과를 나타내는 사진이며, 도 9(B)~도 9(E)는 도 9(A)에 나타내는 네 모서리로 둘러싸인 영역의 매핑을 나타내는 것이다.
- 도 10(A)는 Ti의 결정 금속과 금속 유리의 접합 계면의 TEM 관찰 결과를 나타내는 사진이며, 도 10(B)는 접합 계면의 라인 분석 결과를 나타내는 도면이다.
- 도 11은 Ti의 결정 금속과 금속 유리의 접합 계면의 TEM 관찰 결과를 나타내는 사진이다.
- 도 12는 실시예 1에 사용된 펄스 통전 접합 장치를 나타내는 모식도이다.
- 도 13은 도 12에 나타내는 접합하는 개소(10)를 확대해서 나타내는 도면이다.
- 도 14는 충전 전압(Charged voltage,  $V_c/V$ )과 굽힘 응력(Bending stress,  $\sigma$ MPa)의 관계를 나타내는 도면이다.
- 도 15(A)~도 15(C)는 3점 굽힘 시험을 행한 후의 시료의 사진이다.
- 도 16은 금속 유리와 결정 금속의 용접의 형태를 나타내는 모식도이다.

**발명을 실시하기 위한 구체적인 내용**

- [0049] 이하에서는 본 발명의 실시형태에 대해서 도면을 사용해서 상세하게 설명한다. 단, 본 발명은 이하의 설명에 한정되지 않고, 본 발명의 취지 및 그 범위로부터 이탈하는 일 없이 그 형태 및 상세를 다양하게 변경할 수 있는 것은 당업자이면 용이하게 이해된다. 따라서, 본 발명은 이하에 나타내는 실시형태의 기재 내용에 한정해서 해석되는 것은 아니다.
- [0050] 본 발명의 실시형태는 나노 결정 금속 또는 아모퍼스 금속으로 이루어지는 금속 유리와 결정 구조를 갖는 결정 금속을 용접하는 용접 방법을 설계하는 설계 방법이다.
- [0051] 상기 용접 방법은 도 1에 나타내는 바와 같이 금속 유리(1)와 결정 금속(2)을 접촉시킨 계면(3) 또는 그 계면 근방의 금속 유리(1)에 고에너지 빔의 조사에 의해 또는 펄스 통전에 의해 고에너지를 가하여 금속 유리(1)를 가열해서 용융시킨 용융층(비드)(4)을 형성하여 금속 유리(1)와 결정 금속(2)을 접합시키는 방법이다. 상기 고에너지 빔은 전자 빔 또는 레이저 빔이다.
- [0052] 또한, 금속 유리(1)와 결정 금속(2)이 접합된 후의 용융층(4)은 유리 형성능을 갖는 조성비의 범위 내에 있는 금속 유리이다.
- [0053] 이어서, 상기 유리 형성능에 대해서 도 2에 나타내는 결정화의 TTT 곡선에 의해 상세하게 설명한다.
- [0054] 도 2의 세로축은 온도T(K)를 나타내고, 세로축은 시간t(s)을 log에 의해 나타내고 있다. 도 2에 나타내는 A영역은 유리상(과냉각 액상도 포함한다)이며, B영역은 결정상이며,  $t_n$ 은 결정화 개시 곡선(C)의 노즈 시간이다.
- [0055] 용융층(4)을 도 2에 나타내는 TTT 곡선에 있어서 용점( $T_m$ ) 온도 이상의 용융 상태에서부터 냉각 곡선(R)을 따라 급냉했을 때 이때의 냉각 곡선(R)이 결정화 개시 곡선(C)의 노즈 시간( $t_n$ )보다 큰 쪽에 있는 경우(냉각 곡선

(R)이 결정화 개시 곡선(C)과 교차하는 경우) 결정체로서의 금속 간 화합물이 형성되게 된다.

- [0056] 이에 대하여 금속 유리(1)와 결정 금속(2)의 계면(3) 또는 그 계면 근방의 금속 유리(1)에 고에너지를 가할 때의 조건을 다양하게 변경하는 것, 예를 들면 고에너지 빔의 조사를 계면(3)으로부터 금속 유리(1)측으로 시프트함으로써 용융층(4)의 성분 조성이 유리 형성능을 갖는 조성비의 범위 내에 있고, 결정화 개시 곡선(C')의 노즈 시간( $t_n'$ )도 화살표로 나타내는 바와 같이 큰 쪽으로 시프트되어 냉각 곡선(R)은 결정화 개시 곡선(C')과 교차하지 않게 되어 용융층(4)에 결정 금속이 형성되지 않게 된다.
- [0057] 이 결정화 개시 곡선의 노즈 시간( $t_n$ )은 용융층(4)의 성분 조성이 유리 형성능을 갖는 조성비의 범위 내에 안정적으로 속하도록 하기 위해서는 2.0초 이상으로 하는 것이 바람직하다.
- [0058] 여기서 금속 유리의 결정화의 TTT 곡선에는 액체로부터 냉각하는 경우의 것과, 금속 유리의 고체를 재가열하는 경우의 것이 있고, 후자는 전자보다 약 1자릿수 단시간측에 있다. 즉, 용접하는 경우에는 용융층(4)보다 열영향부(용접까지 가열되지 않은 부분)가 결정화되기 쉽다는 것이다. 용접 시에 열영향부가 결정화되지 않기 위해서는 금속 유리(1)는 그 유리 고체를 재가열하는 경우의 TTT 곡선의 노즈 시간( $t_n$ )이 0.2초 이상 필요하며, 이것은 액체로부터 냉각하는 경우의 TTT 곡선의 노즈 시간( $t_n$ )이 2.8초 이상이라는 유리 형성능을 갖는 금속 유리에 상당한다.
- [0059] 상술한 바와 같이 용융층의 결정화의 노즈 시간( $t_n$ )이 2.0초 이상이면 용융층은 재아모퍼스화되게 되지만 금속 유리측의 열영향부가 결정화되어버리는 사태도 고려된다. 금속 유리측의 열영향부가 결정화되지 않기 위해서는 금속 유리가 액체로부터 냉각되는 경우의 TTT 곡선의 노즈 시간( $t_n$ )이 2.8초 이상이라는 유리 형성능을 갖는 것이 필요하다.
- [0060] 상기 설계 방법은 하기 (1) 및 (2)의 조건을 충족시키는 금속 유리(1) 및 결정 금속(2)을 선택함으로써 용접 방법을 설계하는 방법이다.
- [0061] (1) 금속 유리(1)의 고체를 재가열할 때의 TTT 곡선의 노즈 시간이 0.2초 이상인 유리 형성능을 갖는 것.
- [0062] (2) 용융되어 있지 않은 결정 금속(2)과 용융된 금속 유리(1)의 젖음률 (Spread Factor)이 25% 이상이 되는 금속 유리(1)의 온도와 결정 금속(2)의 용점의 온도 범위가 100K 이상인 것, 바람직하게는 450K 이상인 것, 보다 바람직하게는 800K 이상인 것.
- [0063] 또는 상기 설계 방법은 하기 (1) 및 (3)의 조건을 충족시키는 금속 유리(1) 및 결정 금속(2)을 선택함으로써 용접 방법을 설계하는 방법이어도 좋다.
- [0064] (1) 금속 유리(1)의 고체를 재가열할 때의 TTT 곡선의 노즈 시간이 0.2초 이상인 유리 형성능을 갖는 것.
- [0065] (3) 용융되어 있지 않은 상기 결정 금속과 용융된 상기 금속 유리의 젖음률이 25% 이상이 되는 상기 금속 유리의 온도와 상기 결정 금속의 용점의 온도 범위가 상기 금속 유리의 용점의 9.7% 이상인 것, 바람직하게는 43.5% 이상인 것, 보다 바람직하게는 77.5% 이상인 것.
- [0066] 이어서, 상기 젖음률에 대해서 상세하게 설명한다.
- [0067] 도 3은 젖음성 시험의 방법을 설명하기 위한 모식도이다. 도 4는 도 3에 나타내는 젖음성 시험에 의해 젖음률을 계산하는 방법을 설명하기 위한 모식적 단면도이다.
- [0068] 도 3에 나타낸 바와 같이 판상의 결정 금속(2) 상에 직육면체 형상의 금속 유리(1)를 적재하고, 이 금속 유리(1)에 전자 빔(5)을 조사한다. 이것에 의해 금속 유리(1)를 용융한다.
- [0069] 금속 유리(1)로서는 예를 들면  $Zr_{41}Be_{23}Ti_{14}Cu_{12}Ni_{10}$  BMG가 사용되고, 이 금속 유리의 용점( $T_m$ )은 1030K이다. 또한, 결정 금속(2)로서는 예를 들면 Al(용점 933K), Cu(용점 1356K), Ni(용점 1726K), Fe(용점 1808K), Ti(용점 1953K), Zr(용점 2128K), Nb(용점 2793K), Ta(용점 3290K)가 사용된다.
- [0070] 이때의 시험 조건은 하기와 같다.
- [0071] 가속 전압 : 60V
- [0072] 빔 전류 : 5mA
- [0073] 금속 유리 사이즈 : 2mm×4mm×4mm

- [0074] 조사 시간(Irradiation time) : 1~30초
- [0075] 도 4에 나타내는 금속 유리(1)의 높이를 H라고 하고, 용융된 금속 유리의 높이를 D라고 한 경우에 하기 식에 나타내는 방법으로 젖음률(%)을 계산한다.
- [0076]  $\text{젖음률}(\%) = (H-D)/H \times 100$
- [0077]  $H = 1.24 \times V^{1/3}$
- [0078]  $V = M/d$
- [0079] 또한, M은 금속 유리의 질량이며, d는 금속 유리의 밀도이다.
- [0080] 도 3 및 도 4에 나타내는 젖음성 시험에 의해 얻어진 결정 금속과 금속 유리의 접합 계면의 조직 관찰을 미소 영역 XRD, SEM-EDX에 따라 행했으므로 그 결과에 대해서는 후술한다.
- [0081] 도 5는 도 3 및 도 4에 나타내는 젖음성 시험에 의해 얻어진 결과이며, 전자 빔의 조사 시간(Irradiation time)과 젖음률(Spread factor(%))의 관계를 나타내는 도면이다.
- [0082] 도 5에 나타내는 참조 부호(6)는 결정 금속이 Cu일 경우의 조사 시간과 젖음률의 관계이며, 참조 부호(7)는 결정 금속이 Al일 경우의 조사 시간과 젖음률의 관계이다.
- [0083] 결정 금속이 Cu와 Al에 대해서는 금속 유리와 좋은 접합이 얻어지지 않은 것에 대해 결정 금속이 Ti, Zr, Nb, Ta, Ni, Fe에 대해서는 금속 유리와 좋은 접합이 얻어졌다.
- [0084] 도 6(A)는 Ti의 결정 금속 상에 적재된 금속 유리(BMG)에 10초간 전자 빔을 조사한 후의 결정 금속과 금속 유리의 접합 계면을 관찰한 단면 사진이며, 도 5의 참조 부호(21)에 나타내는 시료에 상당한다.
- [0085] 도 6(B)는 Ti의 결정 금속 상에 적재된 금속 유리(BMG)에 1초간 전자 빔을 조사한 후의 결정 금속과 금속 유리의 접합 계면을 관찰한 단면 사진이며, 도 5의 참조 부호(22)에 나타내는 시료에 상당한다.
- [0086] 도 6(C)는 Nb의 결정 금속 상에 적재된 금속 유리(BMG)에 20초간 전자 빔을 조사한 후의 결정 금속과 금속 유리의 접합 계면을 관찰한 단면 사진이며, 도 5의 참조 부호(23)에 나타내는 시료에 상당한다.
- [0087] 도 6(D)는 Nb의 결정 금속 상에 적재된 금속 유리(BMG)에 5초간 전자 빔을 조사한 후의 결정 금속과 금속 유리의 접합 계면을 관찰한 단면 사진이며, 도 5의 참조 부호(24)에 나타내는 시료에 상당한다.
- [0088] 도 6(E)는 Fe의 결정 금속 상에 적재된 금속 유리(BMG)에 20초간 전자 빔을 조사한 후의 결정 금속과 금속 유리의 접합 계면을 관찰한 단면 사진이며, 도 5의 참조 부호(25)에 나타내는 시료에 상당한다.
- [0089] 도 6(F)는 Fe의 결정 금속 상에 적재된 금속 유리(BMG)에 5초간 전자 빔을 조사한 후의 결정 금속과 금속 유리의 접합 계면을 관찰한 단면 사진이며, 도 5의 참조 부호(26)에 나타내는 시료에 상당한다.
- [0090] 도 7은 도 3 및 도 4에 나타내는 젖음성 시험에 의해 얻어진 결과이며, 전자 빔의 조사 시간(Irradiation time)과 젖음률(Spread factor(%))의 관계를 나타내는 도면이다.
- [0091] 도 7에 있어서 동그라미 등이 칠해져 있는 포인트는 금속 유리가 아모퍼스 상태이며, 동그라미 등이 칠해져 있지 않은 포인트는 금속 유리가 결정 상태인 것을 나타내고 있다.
- [0092] 도 8은 도 3 및 도 4에 나타내는 젖음성 시험에 의해 얻어진 결과이며, 전자 빔의 조사 시간(Irradiation time)과 젖음률(Spread factor(%))의 관계를 나타내는 도면이다.
- [0093] 도 8은 젖음률이 온도에 대한 1차식으로 표현될 수 있다고 설정하고, 금속 유리의 용점(1030K)에서 젖음률 0%로 설정함으로써 작성한 도면이다.
- [0094] 도 8에 의하면 용융되어 있지 않은 결정 금속과 용융된 금속 유리의 젖음률이 25% 이상이 되는 금속 유리의 온도와 상기 결정 금속의 용점의 온도 범위에 있어서 금속 유리의 용융층을 형성함으로써 금속 유리가 결정화되지 않고 충분한 강도를 갖는 접합체가 얻어지는 것을 알 수 있다. 구체적으로는 이 온도 범위가 Fe의 경우에는 107K정도가 되고, Ni의 경우에는 118K정도가 되고, Ti의 경우에는 463K정도가 되고, Zr의 경우에는 483K정도가 되고, Nb의 경우에는 804K정도가 되고, Ta의 경우에는 1183K정도가 되고, W의 경우에는 1532K정도가 된다. 이 온도 범위가 넓으면 넓을수록 용접 조건의 마진이 넓어져 충분한 강도를 갖는 접합체가 얻어지는 용접을 실시하기 쉽다고 할 수 있다. 반대로, 이 온도 범위가 좁으면 좁을수록 용접 조건의 마진이 좁아져 충분한 강도를 갖

는 접합체가 얻어지는 용접을 실시하기 어렵다고 할 수 있다. 따라서, 이 온도 범위는 100K 이상인 것이 바람직하고, 보다 바람직하게는 450K 이상이며, 더욱 바람직하게는 800K 이상이다.

[0095] 또한, 용융되어 있지 않은 결정 금속과 용융된 금속 유리의 젖음률이 25% 이상이 되는 금속 유리의 온도와 상기 결정 금속의 용점의 온도 범위가 상기 금속 유리의 용점의 9.7% 이상인 것, 바람직하게는 43.5% 이상인 것, 보다 바람직하게는 77.5% 이상인 것에 의해 금속 유리가 결정화되지 않고 충분한 강도를 갖는 접합체를 얻을 수 있다. 구체적으로는 Fe의 경우에는 상기 금속 유리의 용점의 10.4%정도가 되고, Ni의 경우에는 상기 금속 유리의 용점의 11.5%정도가 되고, Ti의 경우에는 상기 금속 유리의 용점의 44.9%정도가 되고, Zr의 경우에는 상기 금속 유리의 용점의 46.9%정도가 되고, Nb의 경우에는 상기 금속 유리의 용점의 78.1%정도가 되고, Ta의 경우에는 상기 금속 유리의 용점의 114.9%정도가 되고, W의 경우에는 상기 금속 유리의 용점의 148.7%정도가 된다. 이 범위가 넓으면 넓을수록 용접 조건의 마진이 넓어져 충분한 강도를 갖는 접합체가 얻어지는 용접을 실시하기 쉽다고 할 수 있다. 반대로, 이 범위가 좁으면 좁을수록 용접 조건의 마진이 좁아져 충분한 강도를 갖는 접합체가 얻어지는 용접을 실시하기 어렵다고 할 수 있다. 따라서, 이 범위는 9.7% 이상인 것이 바람직하고, 보다 바람직하게는 43.5% 이상이며, 보다 더 바람직하게는 77.5% 이상이다.

[0096] 도 9(A)는 도 3 및 도 4에 나타내는 젖음성 시험에 의해 얻어진 Ti의 결정 금속과 금속 유리(BMG)의 접합 계면의 TEM 관찰 결과를 나타내는 사진이며, 도 9(B)~도 9(E)는 도 9 (A)에 나타내는 네 모서리로 둘러싸인 영역의 Zr, Ti, Cu, Ni의 매핑을 나타내는 것이다.

[0097] 도 9~도 11은 접합 계면의 시료이다. 접합 조건은 트랜스 권수비 40, 접합 압력 170MPa, 금속 유리의 돌출 길이 0.5mm, Ti의 돌출 길이 3.0mm, 충전 전압 320V이다.

[0098] 도 10(A)는 도 3 및 도 4에 나타내는 젖음성 시험에 의해 얻어진 Ti의 결정 금속과 금속 유리(BMG)의 접합 계면의 TEM 관찰 결과를 나타내는 사진이며, 도 10(B)는 Ti의 결정 금속과 금속 유리(BMG)의 접합 계면의 라인 분석 결과를 나타내는 도면이다.

[0099] 도 11은 도 3 및 도 4에 나타내는 젖음성 시험에 의해 얻어진 Ti의 결정 금속과 금속 유리(BMG)의 접합 계면의 TEM 관찰 결과를 나타내는 사진이다.

[0100] 표 1은 도 11에 나타내는 (1)~(9)의 포인트에 있어서의 스폿 분석 결과를 나타내는 것이다.

표 1

	Zr	Ti	Cu	Ni	Be
BMG	41	14	12	10	23
	53	18	16	13	-
①	21.5	60.2	13.4	4.9	-
②	0	96.6	3.4	0	-
③	29.8	37.7	20.2	12.3	-
④	42.1	19.2	27.1	11.5	-
⑤	21.7	57.9	14.9	5.5	-
⑥	20.8	55.9	15.4	7.8	-
⑦					
⑧	20.8	67.5	8.9	2.8	-
⑨	41.1	21.7	24.3	12.9	-

at. %

[0101]

[0102] 도 9~도 11 및 표 1에 나타난 바와 같이 금속 유리(BMG)와 Ti의 결정 금속이 접합된 계면의 금속 유리층의 용융층은 상기 계면에 접하고 또한 상기 계면의 상기 금속 유리층에 위치하는 유두상의 돌기를 갖는 것이 확인되고, 상기 용융층은 높이 1μm 이하이며 또한 에스펙트비가 1 이상 2 이하인 유두상의 돌기를 90% 이상 갖는 것이 확인되었다. 이러한 유두상의 돌기는 충분한 강도를 갖는 접합체가 얻어진 용융층에 형성되는 것이며, 유두상의 돌기가 상기 계면으로부터 유리되어 있는 용융층에서는 충분한 강도를 갖는 접합체가 얻어지지 않는 경우도 확

인되었다.

- [0103] 또한, 유두상의 돌기가 상기 계면으로부터 유리되는지의 여부는 용접 시에 상기 계면이 가열되었을 때의 최고 도달 온도가 Ti의 결정 금속의 용점의 95% 이하가 되는지의 여부에 의해 결정되는 것도 확인되었다. 즉, 상기 최고 도달 온도가 Ti의 결정 금속의 용점의 95% 이하가 되는 경우에는 유두상의 돌기가 상기 계면으로부터 유리되지 않는 것에 대해 상기 최고 도달 온도가 Ti의 결정 금속의 용점의 95% 초과되는 경우에는 유두상의 돌기가 상기 계면으로부터 유리된다.
- [0104] 예를 들면, 결정 금속이 W인 경우 W의 용점의 95%의 온도에서의 Zr(비정질의 중심인 원소)에 대한 확산 계수는  $1.269 \times 10^{-8} \text{ m}^2/\text{초}$ 이다. 즉, 상기 계면의 최고 도달 온도를 용융된 금속 유리로의 불순물 확산 계수가  $1.269 \times 10^{-8}$  이하가 되는 온도로 함으로써 유두상의 돌기가 상기 계면으로부터 유리되는 것을 억제할 수 있다.
- [0105] 또한, 유두상의 돌기가 상기 계면으로부터 유리되면 크랙의 발생이나 인성(靱性)의 저하의 원인이 된다. 한편, 유두상의 돌기를 상기 계면에 형성함으로써 강고한 접합을 기하학적으로 얻을 수 있다.
- [0106] 유두상의 돌기는 통상의 접합(brazing, soldering)에 있어서 계면에 관찰된다. 이중 재료의 접합의 경우 양쪽의 확산이 일어나기 때문에 유두상의 돌기가 생긴다. 이 유두상의 돌기에 의해 원자 레벨의 접합이 가능해져 높은 접합 강도가 얻어진다. 그러나 유두상의 돌기의 성질이 취성(脆性)이면 강도는 저하된다. 본 접합의 샘플은 3점 굽힘 시험의 결과 접합부에서 파단이 일어나지 않았기 때문에 유두상의 돌기의 성질은 취성이 아니다.
- [0107] 실시예
- [0108] (실시예 1)
- [0109] 펄스 통전 접합 조건에 대해서
- [0110] 접합 조건은 트랜스 권수비 40, 접합 압력 170MPa, 금속 유리의 돌출 길이 0.5mm, 결정 금속의 돌출 길이 3.0mm로 고정하고, 충전 전압을 200~400V로 변화시켰다.
- [0111] (공시재)
- [0112]  $\text{Zr}_{41}\text{Be}_{23}\text{Ti}_{14}\text{Cu}_{12}\text{Ni}_{10}/\text{Cu}$
- [0113]  $\text{Zr}_{41}\text{Be}_{23}\text{Ti}_{14}\text{Cu}_{12}\text{Ni}_{10}/\text{Ni}$
- [0114]  $\text{Zr}_{41}\text{Be}_{23}\text{Ti}_{14}\text{Cu}_{12}\text{Ni}_{10}/\text{Fe}$
- [0115]  $\text{Zr}_{41}\text{Be}_{23}\text{Ti}_{14}\text{Cu}_{12}\text{Ni}_{10}/\text{Ti}$
- [0116]  $\text{Zr}_{41}\text{Be}_{23}\text{Ti}_{14}\text{Cu}_{12}\text{Ni}_{10}/\text{Zr}$
- [0117]  $\text{Zr}_{41}\text{Be}_{23}\text{Ti}_{14}\text{Cu}_{12}\text{Ni}_{10}/\text{Nb}$
- [0118]  $\text{Zr}_{41}\text{Be}_{23}\text{Ti}_{14}\text{Cu}_{12}\text{Ni}_{10}/\text{Ta}$
- [0119]  $\text{Zr}_{41}\text{Be}_{23}\text{Ti}_{14}\text{Cu}_{12}\text{Ni}_{10}/\text{W}$
- [0120] (사용 장치)
- [0121] 펄스 통전 접합 장치로서 도 12에 나타내는 계장화 펄스 통전 접합 장치를 사용했다. 동 도면에 있어서 참조 부호(10)는 접합 시료인 금속 유리와 결정 금속을 유지하고, 접합하는 개소를 나타낸다.
- [0122] 도 13은 도 12에 나타내는 접합하는 개소(10)를 확대해서 나타내는 것이며, 접합 시료인 금속 유리(11)와 결정 금속(12)을 양쪽의 통전 홀더(A,B)에 각각 부착하고 있다. 참조 부호(d1과 d2)가 각각의 시료의 돌출 길이를 나타낸다.
- [0123] (접합 조건)
- [0124] 트랜스 권수비를 40, 도 13에 나타내는 양쪽 시료의 돌출 길이(d1,d2)를 각각 0.5mm, 접합 압력을 168MPa, 충전 전압을 120~260V로 해서 콘덴서형 전원에 에너지를 축적하고, 트랜스에 순간적으로 방출해서 대전류를 유실시

키고, 접합부에서의 줄 발열에 의해 승온을 이용한다.

- [0125] (접합 평가 방법)
- [0126] 접합 결과의 접합 평가 방법으로서 충전 전압에 의한 접합부의 기계적 성질에 주는 영향을 3점 굽힘 시험에 의해 행했다. 그 결과를 도 14에 나타낸다.
- [0127] 도 14는 본 발명의 실시예 1에 의한 용접 방법에 의해 금속 유리와 결정 금속을 접합한 용접 접합체의 강도를 측정된 결과를 나타내는 것이며, 충전 전압(Charged voltage, VC/V)과 굽힘 응력(Bending stress,  $\sigma$  MPa)의 관계를 나타내는 도면이다.
- [0128] 도 14에 있어서 동그라미 등이 칠해져 있는 포인트는 3점 굽힘 시험에 의해 파단되지 않은 것을 나타내고 있고, 동그라미 등이 칠해져 있지 않은 포인트는 3점 굽힘 시험에 의해 파단된 것을 나타내고 있다.
- [0129] 도 15(A)는 도 14에 나타내는 Ti의 결정 금속에 관한 3점 굽힘 시험을 행한 후의 시료의 사진이며, 도 15(B)는 도 14에 나타내는 Fe의 결정 금속에 관한 3점 굽힘 시험을 행한 후의 시료의 사진이며, 도 15(C)는 도 14에 나타내는 Nb의 결정 금속에 관한 3점 굽힘 시험을 행한 후의 시료의 사진이다.
- [0130] 도 15(A)~도 15(C)에 나타내는 3점 굽힘 시험 후의 외관 사진은 Ti는 320V, Nb는 280V, Fe는 280V의 조건에 있어서의 접합 시료를 나타내고 있다.
- [0131] 도 14 및 도 15에 의하면 충전 전압 200V에서는 모든 접합체에 있어서 접합성은 극히 나빴지만 충전 전압의 증가에 따라 접합 강도의 향상이 발견되었다. 특히, Ti, Zr, Nb, Ta는 파단되는 일 없이 접합에 성공할 수 있었다. 또한, W는 파단되지만 Nb와 같은 정도의 접합 강도를 나타냈다. 한편, Ni, Fe는 강도는 향상되지만 결정 금속의 항복 강도 이하로 파단되고, Cu는 모든 조건에서 접합성은 극히 나빴다. 또한, Ni, Fe, Ti, Zr, Nb는 어느 충전 전압 이상에서 접합 강도는 저하되었다.
- [0132] (실시예 2)
- [0133] 전자 빔 접합 조건에 대해서
- [0134] (공시재)
- [0135] 공시재는 표 2에 나타내는 것을 사용했다.

표 2

전자 빔 접합 조건	시프트량	공시재	접합 강도
60kV, 20mA, 66mm/s	0 mm	Zr <sub>41</sub> Be <sub>23</sub> Ti <sub>14</sub> Cu <sub>12</sub> Ni <sub>10</sub> /	98 MPa
60kV, 20mA, 66mm/s	0.2 mm	Ni	405 MPa *
60kV, 20mA, 66mm/s	0.4 mm	Zr <sub>41</sub> Be <sub>23</sub> Ti <sub>14</sub> Cu <sub>12</sub> Ni <sub>10</sub> /	155 MPa
60kV, 16mA, 60mm/s	0.1 mm	Ni	253 MPa
60kV, 18mA, 60mm/s	0.2 mm	Zr <sub>41</sub> Be <sub>23</sub> Ti <sub>14</sub> Cu <sub>12</sub> Ni <sub>10</sub> /	421 MPa
60kV, 20mA, 60mm/s	0.2 mm	Ni	625 MPa *
60kV, 20mA, 60mm/s	0.1 mm	Zr <sub>41</sub> Be <sub>23</sub> Ti <sub>14</sub> Cu <sub>12</sub> Ni <sub>10</sub> /	524 MPa *
		Fe	
		Zr <sub>41</sub> Be <sub>23</sub> Ti <sub>14</sub> Cu <sub>12</sub> Ni <sub>10</sub> /	
		Fe	
		Zr <sub>41</sub> Be <sub>23</sub> Ti <sub>14</sub> Cu <sub>12</sub> Ni <sub>10</sub> /	
		Fe	
		Zr <sub>41</sub> Be <sub>23</sub> Ti <sub>14</sub> Cu <sub>12</sub> Ni <sub>10</sub> /	
		Nb	

\*결정 금속의 항복 강도 이상

- [0136]
- [0137] (전자 빔 조사 방법)
- [0138] 도 16에 나타낸 바와 같이 금속 유리판(BMG)(11)과 결정 금속판(12)을 전자 빔에 의해 맞대기 용접을 행하는 것에 있어서 전자 빔의 주사선(13)을 맞대기면(14)으로부터 금속 유리판(11)측으로 시프트하고, 그 시프트량을 0-400 $\mu$ m로 했다. 이것에 의해 금속 유리판(11)을 가열해서 용융시킨 용융층(15)을 형성하여 금속 유리판(11)과 결정 금속판(12)을 접합시킨다.

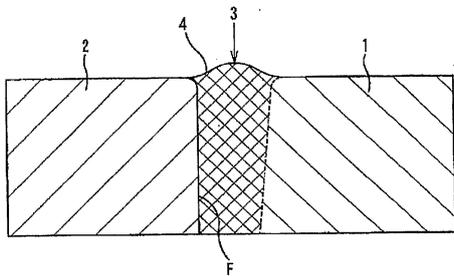
- [0139] (용접 조건)
- [0140] 전자 빔의 조사는 가속 전압을 60kV, 빔 전류값을 6mA, 용접 속도(전자 빔의 주사 속도)를 66mm/s, 용접입열량을 18J/mm로 설정했다.
- [0141] (접합 평가 방법)
- [0142] 접합 결과의 접합 평가 방법으로서 조사 시간에 의한 접합부의 기계적 성질에 주는 영향을 3점 굽힘 시험에 의해 행했다. 그 결과인 접합 강도를 표 2에 나타낸다.
- [0143] 또한, 본 발명은 상술한 실시형태 및 실시예에 한정되는 것이 아니고, 본 발명의 주지를 일탈하지 않는 범위 내에서 여러 가지 변경해서 실시하는 것이 가능하다.

**부호의 설명**

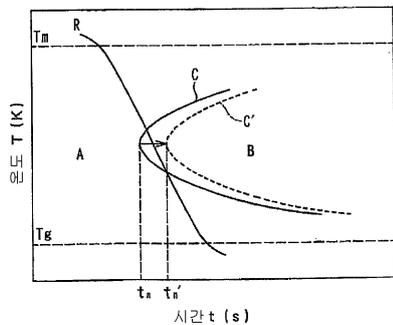
- [0144] 1, 11 : 금속 유리 2, 12 : 결정 금속
- 3 : 금속 유리와 결정 금속을 접촉시킨 계면 4, 15 : 용융층(비드)
- 5 : 전자 빔
- 6 : 결정 금속이 Cu인 경우의 조사 시간과 젖음률의 관계
- 7 : 결정 금속이 Al인 경우의 조사 시간과 젖음률의 관계
- 10 : 금속 유리와 결정 금속을 유지하고 접합하는 개소
- 13 : 전자 빔의 주사선 14 : 맞대기면

**도면**

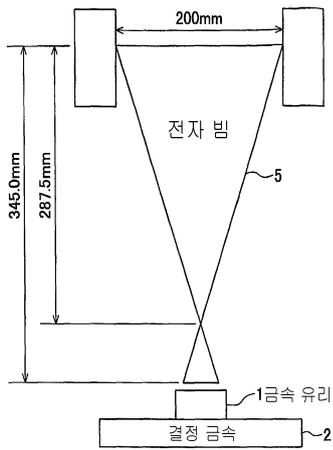
**도면1**



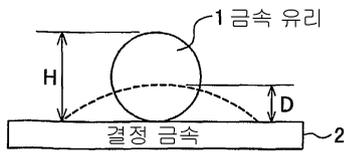
**도면2**



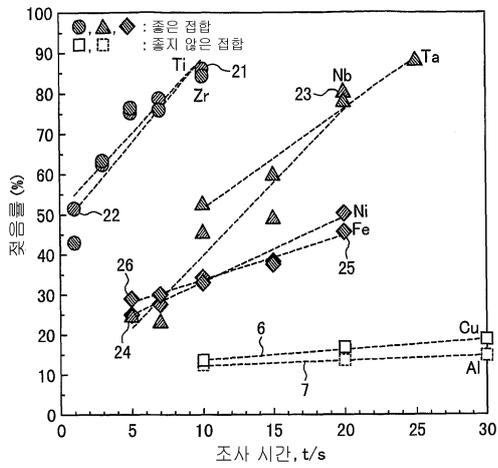
도면3



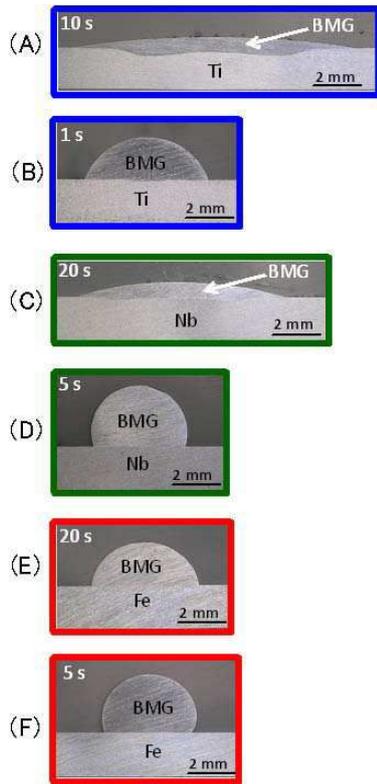
도면4



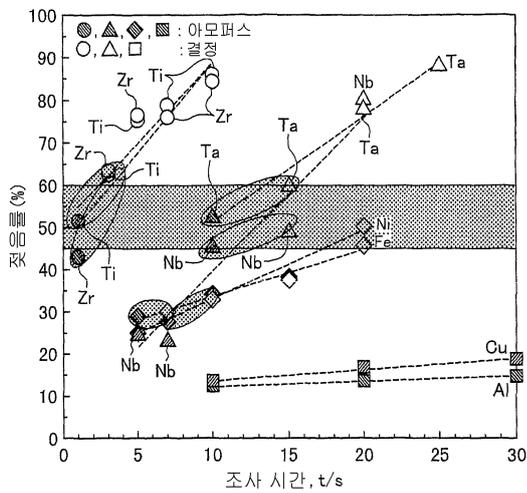
도면5



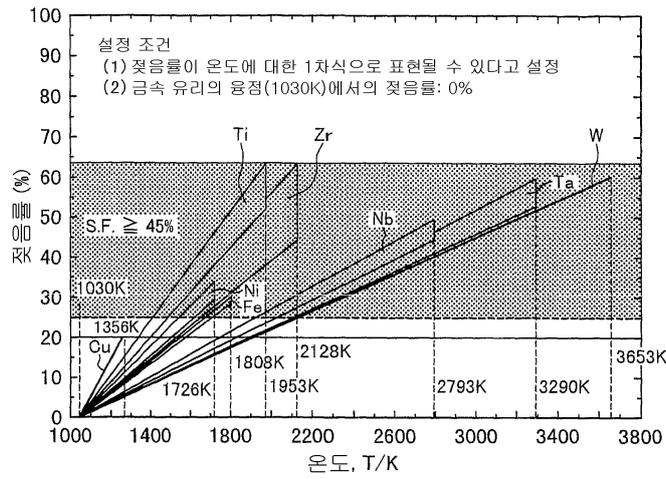
도면6



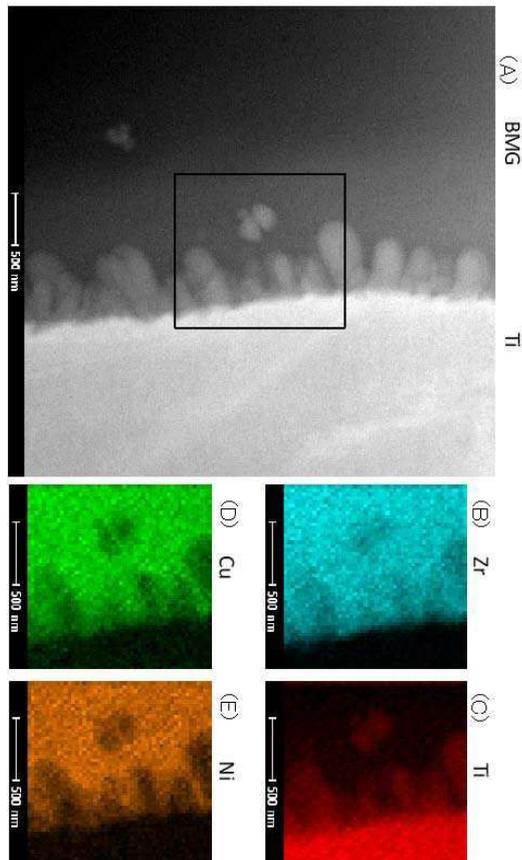
도면7



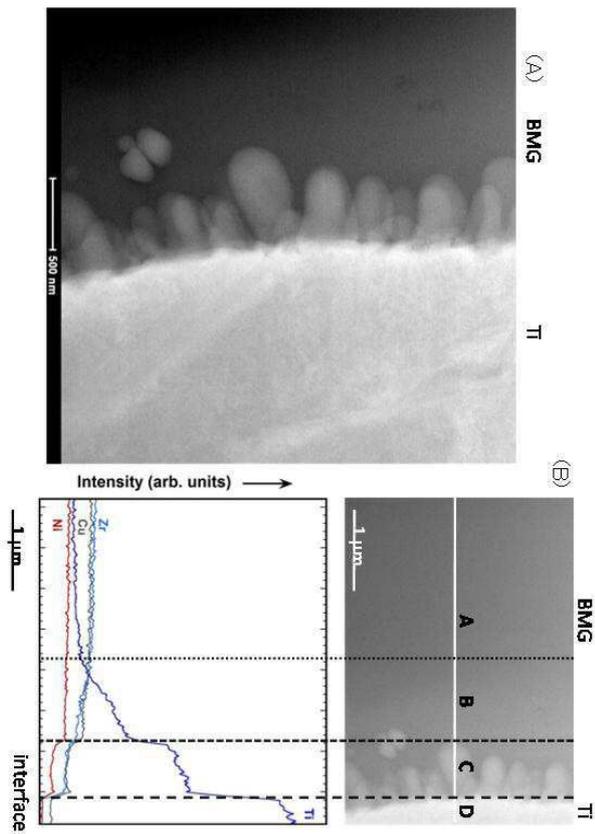
도면8



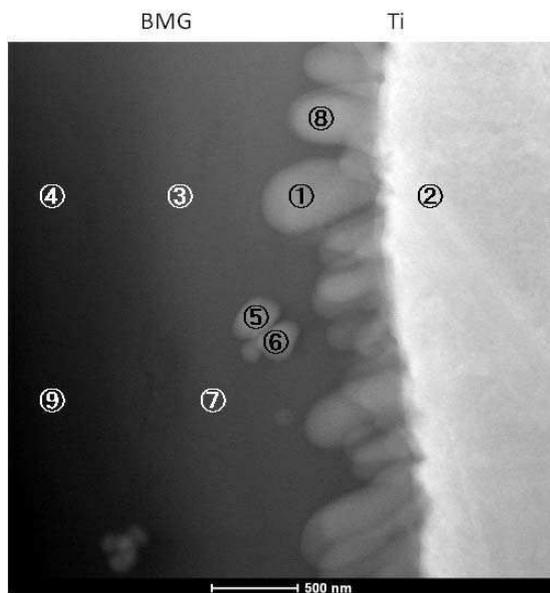
도면9



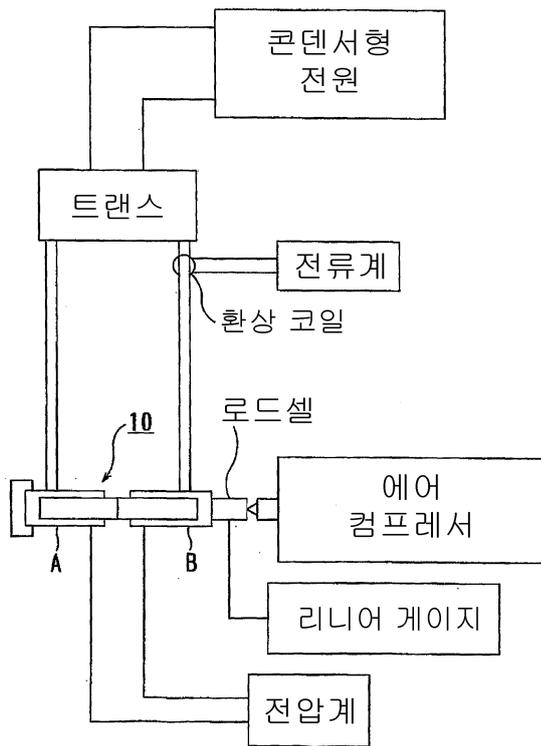
도면10



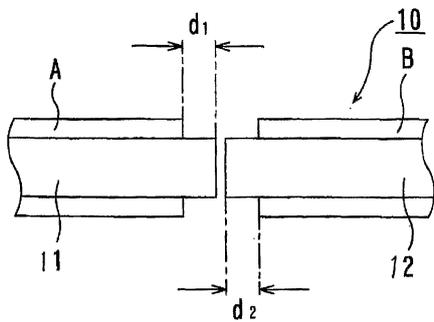
도면11



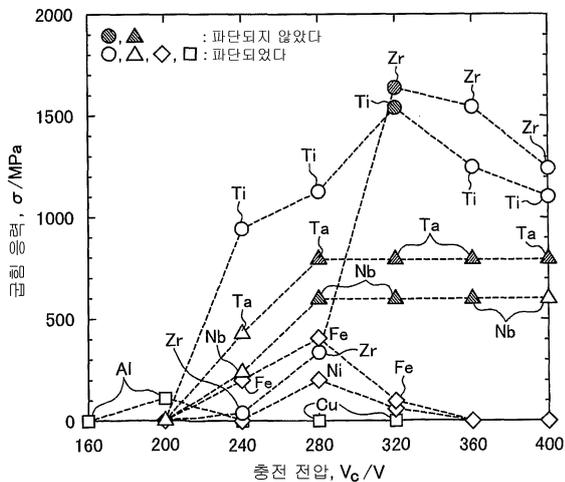
도면12



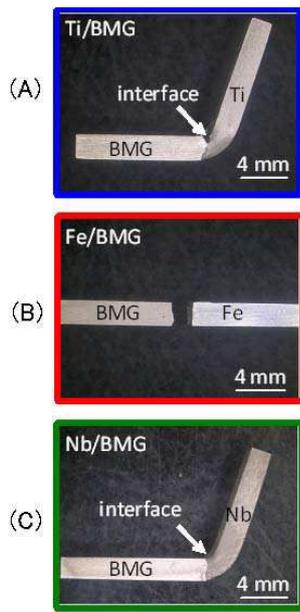
도면13



도면14



도면15



도면16

