



(19) 대한민국특허청(KR)
(12) 등록특허공보(B1)

(45) 공고일자 2013년07월12일
(11) 등록번호 10-1282659
(24) 등록일자 2013년07월01일

(51) 국제특허분류(Int. Cl.)

B23K 20/12 (2006.01)

(21) 출원번호 10-2012-0046457

(22) 출원일자 2012년05월02일

심사청구일자 2012년05월02일

(56) 선행기술조사문헌

JP2005152909 A

JP2007245200 A

(73) 특허권자

울산대학교 산학협력단

울산 남구 무거2동 산29

(72) 발명자

홍성태

부산광역시 해운대구 우동 1432 현대베네시티 10
2동 1302호

전치성

울산광역시 북구 양정동 힐스테이트 104동 2002호
(뒷면에 계속)

(74) 대리인

특허법인대백

전체 청구항 수 : 총 4 항

심사관 : 최인용

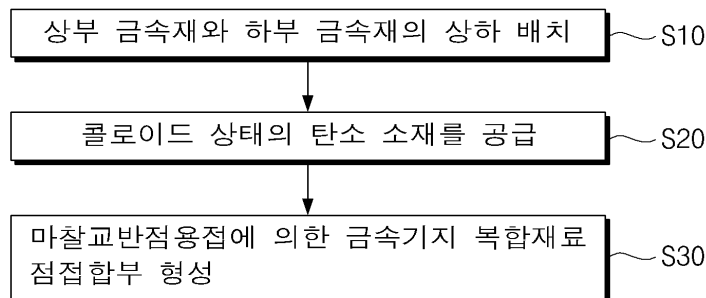
(54) 발명의 명칭 금속기지 복합재료 점접합부 제조방법

(57) 요약

본 발명에 의하면, 상부 금속재와 하부 금속재를 상하로 접촉 배치하는 단계; 접합 부위에 물과 혼합된 콜로이드(Colloid) 상태의 탄소 소재를 공급하는 단계; 및 상기 콜로이드 상태의 탄소 소재가 공급된 상태에서, 공구를 이용한 마찰교반점용접(FSSW; Friction Stir Spot Welding)에 의해 금속기지 복합재료 점접합부를 형성하는 단계를 포함하는 금속기지 복합재료 점접합부 제조방법이 제공된다.

본 발명에 따른 금속기지 복합재료 점접합부 제조방법에 의하면, 일반 접합부에 비하여 우수한 기계적 성질을 갖는 금속기지 복합재료의 점접합부를 형성할 수 있고, 마찰교반점용접에 의해 높은 기계적 성질이 요구되는 접합부에만 금속기지 복합재료를 형성할 수 있기 때문에 공정의 단순화가 가능하고 생산비용을 절감할 수 있으며, 물과 혼합된 콜로이드 상태의 탄소 소재를 사용하여 탄소 소재가 공기 중으로 산포될 위험을 없앨 수 있기 때문에 안전성을 향상시킬 수 있을 뿐만 아니라 친환경적이라는 장점을 갖는다.

대표도 - 도2



(72) 발명자

염영진

울산광역시 남구 무거2동 828-3 청구하이츠 508호

허승현

울산광역시 울주군 범서읍 구영리 우미린2차아파트
706동 905호

이 발명을 지원한 국가연구개발사업

과제고유번호 2011-0026072

부처명 교육과학기술부

연구사업명 기본연구지원사업

연구과제명 이종 고용융점 금속의 마찰교반점용접부의 다축하중 하에서의 기계적 거동에 관한 연구

주관기관 울산대학교 산학협력단

연구기간 2011.09.01 ~ 2012.08.31

특허청구의 범위

청구항 1

상부 금속재와 하부 금속재를 상하로 접촉 배치하는 단계;

접합 부위에 물과 혼합된 콜로이드(Colloid) 상태의 탄소 소재를 공급하는 단계; 및

상기 콜로이드 상태의 탄소 소재가 공급된 상태에서, 공구를 이용한 마찰교반점용접(FSSW;Friction Stir Spot Welding)에 의해 금속기지 복합재료 점접합부를 형성하는 단계를 포함하는 금속기지 복합재료 점접합부 제조방법.

청구항 2

청구항 1에 있어서,

상기 콜로이드 상태의 탄소 소재를 공급하는 단계에서,

상기 콜로이드 상태의 탄소 소재는 상기 공구와 상기 상부 금속재 간의 계면에 공급되는 것을 특징으로 하는 금속기지 복합재료 점접합부 제조방법.

청구항 3

청구항 1 또는 청구항 2에 있어서,

상기 탄소 소재는,

그래파이트(Graphite), 그래핀(Graphene), 카본 나노 튜브(CNT;Carbon Nano Tube), 익스팬디드 그래파이트(Expanded Graphite) 및 이들의 하이브리드 혼합물로 이루어진 군에서 선택된 어느 하나인 것을 특징으로 하는 금속기지 복합재료 점접합부 제조방법.

청구항 4

청구항 1 또는 청구항 2에 있어서,

상기 마찰교반점용접(FSSW)에 의해 형성된 상기 점접합부의 탄소 소재 함량은, 물과 혼합된 탄소 소재의 콜로이드 농도에 의해 조절되는 것을 특징으로 하는 금속기지 복합재료 점접합부 제조방법.

명세서

기술분야

[0001] 본 발명은 금속기지 복합재료(MMC;Metal Matrix Composites) 점접합부 제조방법에 관한 것으로서, 보다 상세하게는 마찰교반점용접(FSSW;Friction Stir Spot Welding)에 의하여 금속기지 복합재료의 점접합부를 제조할 수 있는 금속기지 복합재료 점접합부 제조방법에 관한 것이다.

배경기술

[0002] 일반적으로 금속기지 복합재료는 탄소 소재를 금속기지에 첨가하여 금속기지의 기계적 성능을 향상시킨 것을 말하며, 통상 알루미늄(Al), 마그네슘(Mg) 등의 경량인 금속소재로 기지로 사용하여 제조된다.

[0003] 상기 탄소 소재는, 일반 금속재료에 비하여 높은 탄성계수를 가지고, 열전도도 및 전기 전도성이 우수한 소재로서, 일반적으로 나노(Nano) 크기의 그래파이트(Graphite), 그래핀(Graphene), 카본 나노 튜브(CNT;Carbon Nano

Tube) 등을 사용한다.

- [0004] 상기 금속기지 복합재료는, 그 일례로 경량의 알루미늄 판재에 마찰교반처리법(FSP;Friction Stir Process)을 적용하여 알루미늄 기지의 경량성과 탄소 소재의 높은 강도 및 열전도도를 동시에 가지도록 제조할 수 있다. 여기서 상기 마찰교반처리법(FSP)은 고속으로 회전하는 공구(Tool)로 소재의 표면에 국부적인 소성변형을 발생시켜 소재표면의 미세구조를 원하는 형태로 변화시켜 표면의 기계적 특성을 향상시키는 방법이다.
- [0005] 한편, 상기 마찰교반점용접(FSSW)은 마찰교반용접(FSW;Friction Stir Welding)에서 파생된 고상접합기술의 하나로서, 기존의 저항점용접의 단점을 보완하여 용접부의 기계적 성질을 대폭 향상시킬 수 있는 접합기술이다.
- [0006] 도 1에는 일반적인 마찰교반점용접(FSSW)의 과정을 나타낸 개념도가 도시되어 있다.
- [0007] 도면을 참조하면, 마찰교반점용접(FSSW)에 사용되는 공구(10;Tool)는, 상하로 접촉 배치된 피접합재(1,2)에 직접 삽입되는 나사산 형태의 프로브(11;Probe)와, 상기 피접합재(1,2)의 상면에서 마찰되는 쇼울더(12;Shoulder)와, 도시하지는 않았지만 상기 쇼울더(12)를 주축에 결합시킬 수 있는 그립(Grip) 등으로 구성된다.
- [0008] 상기 마찰교반점용접의 과정은 다음과 같다. 먼저 상기 공구(10)를 회전시켜 프로브(11)를 피접합재(1,2)에 삽입한다(Plunging). 그러면 상기 프로브(11) 및 쇼울더(12)와 피접합재(1,2)와의 상호마찰에 의해 열이 발생하고, 이러한 마찰열에 의해 주변의 피접합재(1,2)는 연화되며, 공구(10)의 교반에 의한 재료의 소성 유동으로 접합면 양쪽의 재료들이 강제적으로 혼합되어 점접합부(20)를 형성한다(Bonding). 끝으로 상기 공구(10)의 프로브(11) 및 쇼울더(12)를 피접합재(1,2)로부터 분리시킴으로써 피접합재(1,2)의 마찰교반점용접(FSSW) 과정은 마무리 된다(Drawing out).
- [0009] 그런데 상기한 바와 같은 마찰교반점용접(FSSW)에 의해 형성된 점접합부(20)는, 후크(21;Hook) 부위가 상대적으로 취약하여 파단의 시작점이 된다. 이 때문에 상대적으로 높은 기계적 성질이 요구되는 접합부에는 마찰교반점용접(FSSW)을 적용하기 어렵다는 한계를 갖는다.
- [0010]

발명의 내용

해결하려는 과제

- [0011] 본 발명은 상기한 바와 같은 문제점을 해결하기 위하여 창출된 것으로서, 일반 접합부에 비하여 우수한 기계적 성질을 갖는 금속기지 복합재료의 접합부를 형성할 수 있는 반면에, 그 공정이 단순하여 생산비용을 절감할 수 있는 금속기지 복합재료 점접합부 제조방법을 제공하는 데 목적이 있다.

과제의 해결 수단

- [0012] 상기한 목적을 달성하기 위한 본 발명에 따르면, 상부 금속재와 하부 금속재를 상하로 접촉 배치하는 단계; 접합 부위에 물과 혼합된 콜로이드(Colloid) 상태의 탄소 소재를 공급하는 단계; 및 상기 콜로이드 상태의 탄소 소재가 공급된 상태에서, 공구를 이용한 마찰교반점용접(FSSW)에 의해 금속기지 복합재료 점접합부를 형성하는 단계를 포함하는 금속기지 복합재료 점접합부 제조방법이 제공된다.
- [0013] 상기 콜로이드 상태의 탄소 소재를 공급하는 단계에서, 상기 콜로이드 상태의 탄소 소재는 상기 공구와 상기 상부 금속재 간의 계면에 공급되는 것이 바람직하다.
- [0014] 또한 상기 탄소 소재는, 그래파이트(Graphite), 그래핀(Graphene), 카본 나노 튜브(CNT;Carbon Nano Tube), 익스팬디드 그래파이트(Expanded Graphite) 및 이들의 하이브리드 혼합물로 이루어진 군에서 선택된 어느 하나일 수 있다.
- [0015] 더욱이 상기 마찰교반점용접에 의해 형성된 상기 점접합부의 탄소 소재 함량은, 물과 혼합된 탄소 소재의 콜로이드 농도에 의해 조절될 수 있다.

발명의 효과

- [0016] 본 발명에 따른 금속기지 복합재료 점접합부 제조방법에 의하면, 일반 접합부에 비하여 우수한 기계적 성질을 갖는 금속기지 복합재료의 접합부를 형성할 수 있다.
- [0017] 또한 마찰교반점용접(FSSW)에 의해 높은 기계적 성질이 요구되는 접합부에만 금속기지 복합재료를 형성할 수 있기 때문에 공정의 단순화가 가능하고 생산비용을 절감할 수 있다.
- [0018] 더욱이 물과 혼합된 콜로이드 상태의 탄소 소재를 사용하여 탄소 소재가 공기 중으로 산포될 위험을 없앨 수 있기 때문에 안전성을 확보할 수 있고 친환경적이다.

도면의 간단한 설명

- [0019] 도 1은 일반적인 마찰교반점용접의 과정을 나타낸 개념도,
 도 2는 본 발명에 따른 금속기지 복합재료 점접합부의 제조방법을 나타낸 흐름도,
 도 3a는 도 2에 따라 금속기지 복합재료 점접합부를 제조하기 위한 장치의 구성도,
 도 3b는 도 3a에 나타낸 장치에 의해 제조된 금속기지 복합재료 점접합부를 나타낸 평면도,
 도 4는 본 발명의 제1실시예에 의해 형성된 금속기지 복합재료 점접합부와 제1비교예에 의해 형성된 점접합부의 인장시험 결과에 따른 하중-변위 선도,
 도 5는 본 발명의 제2실시예에 의해 형성된 금속기지 복합재료 점접합부와 제2 및 제3비교예에 의해 각각 형성된 점접합부의 인장시험 결과에 따른 하중-변위 선도이다.

발명을 실시하기 위한 구체적인 내용

- [0020] 이하 첨부된 도면을 참조로 본 발명의 바람직한 실시예들을 상세히 설명하기로 한다.
- [0021] 도 2는 본 발명에 따른 금속기지 복합재료 점접합부의 제조방법을 나타낸 흐름도이고, 도 3a는 도 2에 따라 금속기지 복합재료 점접합부를 제조하기 위한 장치의 구성도이며, 도 3b는 도 3a에 나타낸 장치에 의해 제조된 금속기지 복합재료 점접합부를 나타낸 평면도이다. 여기서 도 1에 나타낸 참조번호와 동일한 참조번호는 동일한 작용 및 효과를 갖는 동일구성을 나타낸다.
- [0022] 도면을 참조하면, 먼저 상부 금속재(111)와 하부 금속재(112)를 상하 접촉하도록 배치한다(S10). 여기서 상기 상부 금속재(111)와 하부 금속재(112)로는, 알루미늄(Al) 합금 또는 마그네슘(Mg) 합금 등과 같은 경량의 금속 소재가 일반적으로 사용된다. 그리고 상기 상부 금속재(111)와 하부 금속재(112)는, 추후 형성되는 점접합부(100)에서 금속기지(Metal matrix)로서의 역할을 한다. 이에 대한 자세한 설명은 후술(後述)하도록 한다.
- [0023] 다음으로, 접합 부위에 물과 혼합된 콜로이드(Colloid) 상태의 탄소 소재를 공급한다(S20). 여기서 상기 콜로이드 상태의 탄소 소재는, 상부 금속재(111)와 하부 금속재(112)의 계면(S1)보다, 상기 공구(10)와 상부 금속재(111) 간의 계면(S2)에 공급하는 것이 바람직하다. 보다 상세하게는 상기 공구(10)의 쇼울더(12)와 상부 금속재(111) 간의 계면(S2)에 공급한다. 다만, 그 이유에 대해서는 본 발명에 따라 제조된 점접합부(100)의 실시예들과 비교예에 대한 인장시험 결과(도 4 및 도 5 참조)의 분석에서 자세히 후술하도록 한다.
- [0024] 한편 물과 혼합된 콜로이드 상태의 탄소 소재를 사용하는 이유는, 나노 크기의 탄소 소재 분말이 공기 중으로 산포될 위험을 제거하여 안전성을 확보할 수 있고 친환경적이라는 장점을 갖기 때문이다. 여기서 상기 탄소 소재로는, 그래파이트(Graphite), 그래핀(Graphene), 카본 나노 튜브(CNT; Carbon Nano Tube), 익스팬디드 그래파이트(Expanded Graphite) 또는 이들의 하이브리드 혼합물 중 어느 하나를 사용할 수 있다. 좀 더 부연하면, 상기 그래파이트는 일반적인 금속재료에 비하여 높은 탄성계수를 가지고, 열전도도 및 전기 전도성이 우수한 소재이며, 이러한 이유로 그래핀 또는 카본 나노 튜브 등의 탄소 소재 등과 함께 금속 혹은 폴리머를 모재로 하는 복합재료의 강화제(Reinforcement)로 흔히 고려되고 있다. 또한 상기 그래핀은 구조적 물성이 안정할 뿐 아니라, 그 밀도가 2g/cm^3 이하로서 금속재료 대비 가볍고, 인장강도가 수십 GPa 정도로 매우 강하며, 열전도도가 매우 크기 때문에 열적 인터페이스 재료(TIM; Thermal Interface Material) 등에 다양하게 활용되고 있으며, 향후 소재 분야에서 매우 중요한 소재로 인정되어 현재 전 세계적인 연구가 추진되고 있다. 더욱이 2차원 소재인 상기 그래핀을 1차원 소재인 탄소 나노 튜브와 하이브리드(Hybrid)화 할 경우에는, 전도에 필요한 퍼콜레이션 한계(Percolation limit) 농도를 낮출 수 있으며, 열전도도를 더욱 높일 수 있다는 장점을 갖는다.

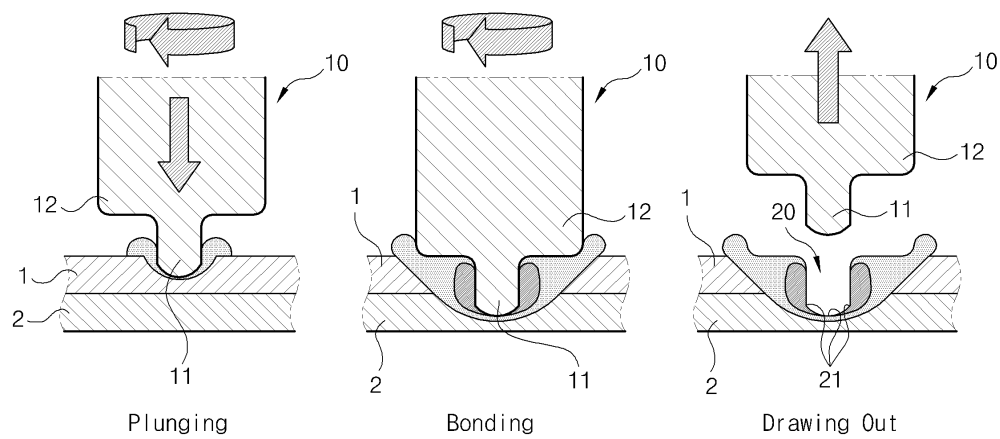
- [0025] 끝으로, 상기 콜로이드 상태의 탄소 소재가 공급된 상태에서, 공구(10)를 이용한 마찰교반점용접(FSSW)에 의해, 도 3b에 도시된 바와 같은 금속기지 복합재료 점접합부(100)를 형성한다(S30). 여기서 상기 마찰교반점용접(FSSW)에 의해 형성된 상기 점접합부(100)의 탄소 소재 함량은, 물과 혼합된 탄소 소재의 콜로이드 농도에 의해 조절될 수 있다. 그리고 상기 마찰교반점용접(FSSW)에 사용되는 공구(10)는, 나사산 형태의 프로브(11)와, 상기 상부 금속재(111)의 상면에서 마찰되는 쇼울더(12)와, 이러한 쇼울더(12)를 주축에 결합시킬 수 있는 그립(13) 등으로 구성된다.
- [0026] 이하에서는 본 발명에 따라 제조된 금속기지 복합재료 점접합부(100)의 실시예들과 비교예의 인장실험 결과에 대해 살펴보기로 한다.
- [0027] <실험 1> 제1실시예와 제1비교예의 인장실험
- [0028] 제1실시예와 제1비교예는 모두 "알루미늄 합금 5052-H32"를 금속기지, 즉 상부 금속재(111) 및 하부 금속재(112)로 사용하였다.
- [0029] 또한 제1실시예는 마찰교반용접용 공구(10)와 상부 금속재(111) 간의 계면(S2)에 콜로이드 상태의 탄소 소재(그래파이트 20 w%, 산화 그래핀 1w%, 나머지는 물)를 공급하여 마찰교반점용접(FSSW)에 의해 금속기지 복합재료 점접합부를 형성하였다.
- [0030] 반면에 제1비교예는 콜로이드 상태의 탄소 소재를 공급하지 않고, 통상적인 마찰교반점용접에 의해서만 점접합부를 형성하였다.
- [0031] 그리고 본 <실험 1>은 Lap-Shear 인장시험(시험속도 1 mm/min)을 통하여 제1실시예에 의한 금속기지 복합재료 점접합부와 제1비교예에 의한 점접합부의 기계적 특성을 비교하였다.
- [0032] 도 4는 본 발명의 제1실시예에 의해 형성된 금속기지 복합재료 점접합부와 제1비교예에 의해 형성된 점접합부의 인장시험 결과에 따른 하중-변위 선도이다.
- [0033] 도시된 바와 같이, 제1실시예의 최대 하중은 6.002 KN이고, 제1비교예의 최대 하중은 5.428 KN으로서, 콜로이드 상태의 탄소 소재를 제공하여 금속기지 복합재료 점접합부를 형성한 제1실시예의 최대 하중이 통상적인 마찰교반점용접에 의해 점접합부를 형성한 제1비교예에 비하여 대략 10.58% 증가한 것을 알 수 있다.
- [0034] <실험 2> 제2실시예와 제2 및 제3비교예의 인장시험
- [0035] 제2실시예와 제2 및 제3비교예는 모두 "알루미늄 합금 1050-H14"를 금속기지, 즉 상부 금속재(111) 및 하부 금속재(112)로 사용하였다.
- [0036] 또한 제2실시예는 마찰교반용접용 공구(10)와 상부 금속재(111) 간의 계면(S2)에 콜로이드 상태의 탄소 소재(그래파이트 20 w%, 산화 그래핀 1w%, 나머지는 물)를 제공하여 마찰교반점용접(FSSW)에 의해 금속기지 복합재료 점접합부를 형성하였다. 여기서 상기 제2실시예와 상기 제1실시예의 차이는 금속기지로 사용되는 소재의 차이로서, 제2실시예에서 사용되는 "알루미늄 합금 1050-H14"는 제1실시예에서 사용되는 "알루미늄 합금 5052-H32"에 비하여 상대적으로 알루미늄(AL)의 함량이 높아 연성이 크다는 특징을 갖는다.
- [0037] 상기 제2비교예는 상부 금속재(111)와 하부 금속재(112) 간의 계면(S1)에 콜로이드 상태의 탄소 소재(그래파이트 20 w%, 산화 그래핀 1w%, 나머지는 물)를 공급하여 마찰교반점용접(FSSW)에 의해 점접합부를 형성하였다. 여기서 상기 제2실시예와 상기 제2비교예의 차이는 콜로이드 상태의 탄소 소재가 제공되는 위치의 차이로서, 제2실시예에서는 공구(10)와 상부 금속재(111) 간의 계면(S2)에 제공되는 반면에, 제2비교예에서는 상부 금속재(111)와 하부 금속재(112) 간의 계면(S1)에 제공된다는 점에 차이가 있다.
- [0038] 상기 제3비교예는 콜로이드 상태의 탄소 소재를 제공하지 않고, 통상적인 마찰교반점용접(FSSW)에 의해서만 점접합부를 형성하였다. 여기서 상기 제3비교예와 상기 제1비교예의 차이는 금속기지로 사용되는 소재가 다르다는 점에 있다.
- [0039] 그리고 본 <실험 2>도 Lap-Shear 인장시험(시험속도 1 mm/min)을 통하여 제2실시예에 의한 금속기지 복합재료 점접합부와 제2 및 제3비교예에 의한 점접합부의 기계적 특성을 비교하였다.

[0049]

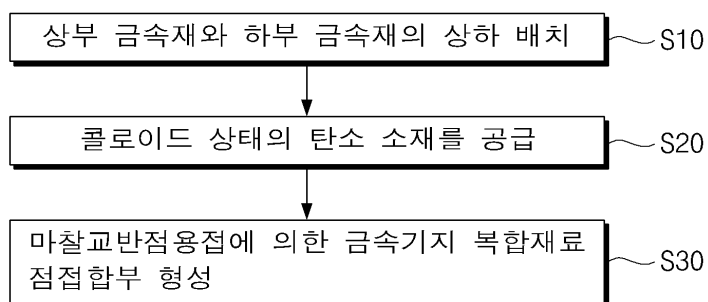
10 : 공구	11 : 프로브(Probe)
12 : 쇼울더(Shoulder)	100 : 점접합부
111 : 상부 금속재	112 : 하부 금속재
S1,S2 : 계면	

도면

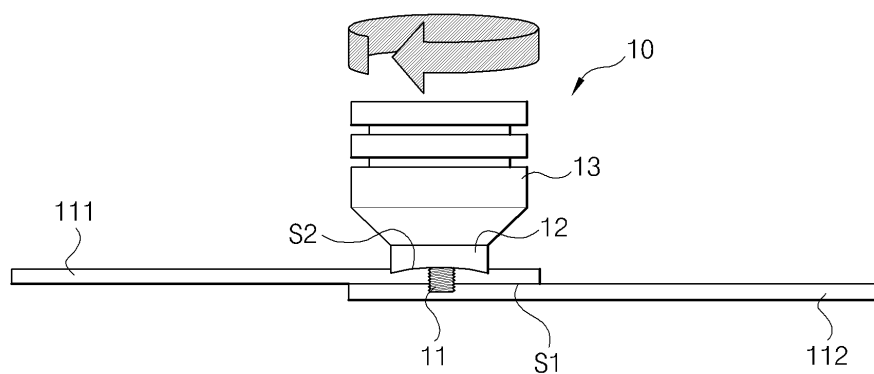
도면1



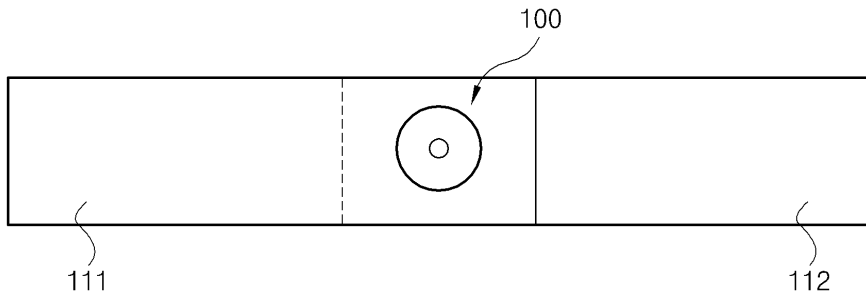
도면2



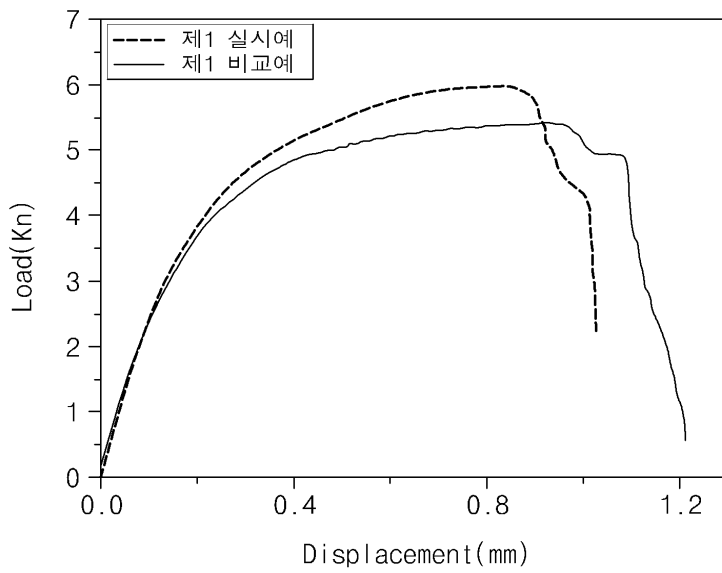
도면3a



도면3b



도면4



도면5

