(19) 대한민국특허청(KR)
(12) 공개특허공보(A)

(11) 공개번호 10-2013-0045023
(43) 공개일자 2013년05월03일

(51) 국제특허분류(Int. Cl.)
B23K 20/12 (2006.01) *B23K 20/227* (2006.01)
B23K 28/02 (2006.01) *B23K 9/167* (2006.01)
(21) 출원번호 10-2011-0109440
(22) 출원일자 2011년10월25일
심사청구일자 2011년10월25일

(71) 출원인
조선대학교산학협력단
광주광역시 동구 서석동 375 조선대학교 내
(72) 발명자
방한서
광주광역시 남구 봉선1로62번안길 1-2 (봉선동)
방희선
광주광역시 북구 서암대로 199, 105동 1201호 (중흥동, 모아타운)
오익현
광주광역시 북구 일곡동 819-2 현대아파트 302-1505
(74) 대리인
이재량

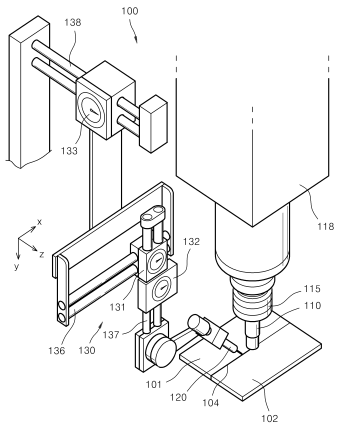
전체 청구항 수 : 총 7 항

(54) 발명의 명칭 **하이브리드 마찰교반에 의한 마그네슘 합금과 구조용강의 접합방법**

(57) 요 약

본 발명은 하이브리드 마찰교반에 의한 마그네슘 합금과 구조용강의 접합방법에 관한 것으로, 마그네슘 합금으로 된 제1모재와, 구조용강으로 된 제2모재를 상호 맞닿게 접촉시킨 상태에서 티그 토치를 마찰 교반 접합용 공구보다 선행시킬 때 제2모재 쪽에만 위치된 상태를 유지하면서 아크열을 통해 구조용강을 예열하고, 마찰 교반 접합용 공구의 핀을 접합부에 위치시킨 상태에서 진행방향에 대해 반시계방향으로 회전시키면서 접합부를 가압하면서 마찰열을 이용하여 소성유동을 유도하여 접합부를 따라 이동시키면서 용접한다. 이러한 본 발명에 따르면, 경도가 높은 금속의 소성교반을 양호하게 할 수 있으며 취약한 합금상을 억제하여 건전한 접합부를 얻을 수 있고, 이종 접합부의 접합성능을 향상시킴과 동시에 인장강도를 향상시킬 수 있으며, 접합부의 취성 파괴 양상을 억제하고, 마찰교반 접합용 공구의 마모를 줄일 수 있어 접합 속도 및 생산성 향상에 기여하는 효과를 얻을 수 있다.

대 표 도 - 도1



특허청구의 범위

청구항 1

이종 모재가 수평상으로 상호 서로 맞닿아 접합부를 형성하도록 배치된 이종모재의 상기 접합부에 접촉 회전하면서 마찰열을 발생시키는 마찰 교반 접합용 공구와, 상기 마찰 교반 접합용 공구 보다 선행하면서 아크열에 의해 상기 접합부에 예열을 수행하는 티그 토치를 포함하는 하이브리드 마찰교반 접합시스템을 이용하여 이종재료를 접합하는 방법에 있어서,

상기 이종모재는 마그네슘 합금으로된 제1모재와, 구조용강으로 된 제2모재이고, 상기 티그 토치를 상기 마찰교반 접합용 공구 보다 선행시킬 때 상기 제2모재 쪽에만 위치된 상태를 유지하면서 아크열을 통해 상기 구조용강을 예열하고, 상기 마찰 교반 접합용 공구의 핀을 상기 접합부에 위치시킨 상태에서 진행방향에 대해 반시계방향으로 회전시키면서 상기 접합부를 가압하면서 마찰열을 이용하여 소성유동을 유도하고, 소성유동에 의해 상기 제1모재와 상기 제2모재가 대등한 온도분포를 갖게 하여 탈락된 구조용강의 입자가 상기 제1모재 측으로 이동분포되는 것을 억제한 상태에서 상기 접합부를 따라 이동시키면서 용접하는 것을 특징으로 하는 하이브리드 마찰교반에 의한 마그네슘 합금과 구조용강의 접합방법.

청구항 2

제1항에 있어서,

상기 마찰 교반 접합용 공구의 핀은 상기 접합부에 대한 접촉면 중 상기 제1모재와 접촉하는 제1면적과 상기 제2모재와 접촉하는 제2면적의 비율이 3:7 내지 9:1이 되게 위치시키는 것을 특징으로 하는 하이브리드 마찰교반에 의한 마그네슘 합금과 구조용강의 접합방법.

청구항 3

제2항에 있어서, 상기 접합부의 계면과 상기 티그 토치와의 이격거리는 0.001 내지 50㎜인 것을 특징으로 하는 하이브리드 마찰교반에 의한 마그네슘 합금과 구조용강의 접합방법.

청구항 4

제3항에 있어서, 상기 마찰 교반 접합용 공구의 회전속도는 300 내지 1600rpm이고, 전진속도는 분당 50 내지 150㎜이고, 가압력은 50 내지 3000kgf이며, 상기 마찰교반 접합용 공구의 저면과 상기 접합부의 표면과의 사이각은 0 내지 10° 인 것을 특징으로 하는 하이브리드 마찰교반에 의한 마그네슘 합금과 구조용강의 접합방법.

청구항 5

제4항에 있어서, 상기 티그토치와 상기 마찰교반접합용 공구와의 이격거리는 0.001 내지 5㎝이고, 상기 티크토치를 통해 인가되는 전류는 5 내지 500A이고, 상기 티크토치와 상기 접합부의 표면과의 사이각은 10 내지 90° 인 것을 특징으로 하는 하이브리드 마찰교반에 의한 마그네슘 합금과 구조용강의 접합방법.

청구항 6

제5항에 있어서,

상기 접합부는 용접된 후 상기 마그네슘 합금이 갖는 인장강도 대비 평균적으로 80-91%의 인장강도를 갖는 것을 특징으로 하는 하이브리드 마찰교반에 의한 마그네슘 합금과 구조용강의 접합방법.

청구항 7

제1항에 있어서,

상기 티크 토치는 X, Y, Z축 좌표 설정지그를 통해 좌표 설정이 가능하고, 상기 X,Y축 좌표 설정지그는 가이드바를 따라 움직일 수 있도록 구성된 것을 특징으로 하는 하이브리드 마찰교반에 의한 마그네슘 합금과 구조용강의 접합방법.

명 세 서

기 술 분 야

[0001] 본 발명은 하이브리드 마찰교반에 의한 마그네슘 합금과 구조용강의 접합방법에 관한 것으로, 보다 상세하게는 마그네슘 합금과 구조용강의 이종재료를 접합할 때 구조용강의 접합부에 티그 예열을 실시함으로써 마찰교반 접합용 공구의 회전으로 발생하는 마찰열이 이종재료에 동등하게 분포함으로써 마그네슘 합금과 구조용강의 충분한 소성유동을 통해 용이한 접합과 함께 건전한 접합부를 얻을 수 있도록 한 하이브리드 마찰교반에 의한 마그네슘 합금과 구조용강의 접합방법에 관한 것이다.

배 경 기 술

[0002] 최근, 각종 산업분야에 있어서 경량화 구조가 증가하고 있으며, 특히 수송기계분야(철도차량, 자동차, 선박, 항공기 등)에 있어서 경량 부재의 적용이 빠른 속도로 확대되고 있다.

[0003] 기존의 용융용접을 이용하여 고강도/경량소재의 구조체를 제작하는 경우, 용접열에 의한 변형 및 잔류응력과 응고균열, 기공, 산화 등 용접결함 뿐만 아니라 접합부의 강도저하로 만족스러운 접합부를 얻기가 어려웠다.

[0004] 이러한 문제점을 획기적으로 해결할 수 있는 환경 친화적 신 용접기술 즉, 마찰에 의한 가열 및 소성유동을 응용한 고상용접(마찰교반접합:Friction Stir Welding, 이하 'FSW'라 함) 적용시 용접에 의한 열 변형 및 잔류응력이 극히 적고 용가재를 사용하지 않고 흄, 유해광선의 발생이 없이 고품질의 접합부를 얻을 수 있어 용접품질 및 경제적 측면에서 효과적이다.

[0005] 이에 따라, 이를 이용한 접합대상이 기존의 알루미늄과 알루미늄 동종계의 경량합금에서 이종재의 경량합금의 접합 영역 뿐 아니라 경량합금과 철강재료 접합의 영역까지 연구가 진행 되고 있다.

[0006] 그러나, 마찰교반 접합용 공구 재료의 제한으로 피 접합 재료가 경금속 또는 저 융점 금속에 한정되어 있으며, 철강 재료에는 아직까지 산업응용분야에서의 실제구현은 거의 이루어지지 않고 있다.

[0007] 이와 관련하여, 종래 공지된 마찰교반 접합 기술을 이용하여 경량합금(마그네슘 합금)과 철강재료(구조용강)의 이종 접합부 중심에 마찰교반 접합용 공구를 삽입하여 접합할 경우 물리적 성질과 기계적 특성이 상이하여 접합부에 취약한 합금층이 생성되고, 접합강도 저하 및 소성교반 저하 등의 문제가 발생하여 접합부에 결함이 발생하므로 접합이 극히 어렵다.

[0008] 또한, 상기 마찰교반 접합 기술로 마그네슘 합금과 구조용강을 접합할 경우 마찰교반 접합용 공구와 구조용강 사이에서 발생하는 마찰열이 마그네슘합금 보다 상대적으로 적게 발생하기 때문에 충분한 소성변형 및 재결정 온도에 이르지 못하여 구조용강의 탈락된 입자들이 마그네슘 합금 쪽으로 이동 분산되어 건전한 접합부를 얻기 힘들다.

[0009] 뿐만 아니라, 상기 마찰교반 접합 기술을 이용하여 구조용강을 접합할 경우 마찰교반 접합용 공구의 마모가 심하게 발생하며 마찰교반 접합 장치의 심한 진동이 발생하는 문제가 발생한다.

[0010] 그리고, 상기 마찰교반 접합용 공구의 가압력과 마찰열 만으로는 이종재료 접합부 중 구조용강을 연화시켜 소성유동 시키기에 역부족하여 건전한 접합부를 얻기 힘들다.

발명의 내용

해결하려는 과제

[0011] 본 발명은 상술한 바와 같은 종래의 문제점을 개선하기 위하여 창안된 것으로서, 물리적 특성이 상이한 마그네슘 합금과 구조용강의 접합시 구조용강을 예열함으로써 마찰교반 접합용 공구의 회전과 마찰에 의해 충분한 소성유동을 일으키고, 마찰열 온도분포를 동등하게 부여하여 충분한 소성교반이 가능하게 연화시켜 건전한 접합부와 접합특성을 향상시킬 수 있는 하이브리드 마찰교반에 의한 마그네슘 합금과 구조용강의 접합방법을 제공하는데 그 목적이 있다.

과제의 해결 수단

[0012] 상기의 목적을 달성하기 위하여 본 발명에 따른 하이브리드 마찰교반에 의한 마그네슘 합금과 구조용강의 접합

방법은 이종 모재가 수평상으로 상호 서로 맞닿아 접합부를 형성하도록 배치된 이종모재의 상기 접합부에 접촉 회전하면서 마찰열을 발생시키는 마찰 교반 접합용 공구와, 상기 마찰 교반 접합용 공구 보다 선행하면서 아크열에 의해 상기 접합부에 예열을 수행하는 티그 토치를 포함하는 하이브리드 마찰교반 접합시스템을 이용하여 이종재료를 접합하는 방법에 있어서, 상기 이종모재는 마그네슘 합금으로된 제1모재와, 구조용강으로 된 제2모재이고, 상기 티그 토치를 상기 마찰 교반 접합용 공구 보다 선행시킬 때 상기 제2모재 쪽에만 위치된 상태를 유지하면서 아크열을 통해 상기 구조용강을 예열하고, 상기 마찰 교반 접합용 공구의 핀을 상기 접합부에 위치시킨 상태에서 진행방향에 대해 반시계방향으로 회전시키면서 상기 접합부를 가압하면서 마찰열을 이용하여 소성유동을 유도하고, 소성유동에 의해 상기 제1모재와 상기 제2모재가 대등한 온도분포를 갖게 하여 탈락된 구조용강의 입자가 상기 제1모재 측으로 이동분포되는 것을 억제한 상태에서 상기 접합부를 따라 이동시키면서 용접한다.

[0013] 바람직하게는 상기 마찰 교반 접합용 공구의 핀은 상기 접합부에 대한 접촉면 중 상기 제1모재와 접촉하는 제1면적과 상기 제2모재와 접촉하는 제2면적의 비율이 3:7 내지 9:1이 되게 위치시킨다.

[0014] 또한, 상기 접합부의 계면과 상기 티그 토치와의 이격거리는 0.001 내지 50㎜로 적용한다.

[0015] 상기 마찰 교반 접합용 공구의 회전속도는 300 내지 1600rpm이고, 전진속도는 분당 50 내지 150㎜이고, 가압력은 50 내지 3000kgf이며, 상기 마찰교반 접합용 공구의 저면과 상기 접합부의 표면과의 사이각은 0 내지 10° 로 적용하는 것이 바람직하다.

[0016] 상기 티그토치와 상기 마찰교반접합용 공구와의 이격거리는 0.001 내지 5㎝이고, 상기 티크토치를 통해 인가되는 전류는 5 내지 500A이고, 상기 티크토치와 상기 접합부의 표면과의 사이각은 10 내지 90° 로 적용하는 것이 바람직하다.

[0017] 상기 접합부는 용접된 후 상기 마그네슘 합금이 갖는 인장강도 대비 평균적으로 80-91%의 인장강도를 갖는 것이 바람직하다.

[0018] 또한, 상기 티크 토치는 X, Y, Z축 좌표 설정지그를 통해 좌표 설정이 가능하고, 상기 X,Y축 좌표 설정지그는 가이드바를 따라 움직일 수 있도록 구성된다.

발명의 효과

[0019] 본 발명은 하이브리드 마찰교반에 의한 마그네슘 합금과 구조용강의 접합방법에 의하면 다음과 같은 효과를 제공한다.

[0020] 첫째, 마그네슘 합금과 구조용강의 이종재료를 접합할 때 구조용강 접합부에 티그 예열을 실시함으로써 마찰교반 접합용 공구의 회전으로 발생하는 마찰열이 함께 발생하여 마그네슘 합금과 구조용강의 충분한 소성유동을 일으켜 이종소재를 용이하게 접합할 수 있다.

[0021] 둘째, 티그 예열을 실시함으로써 경도가 높은 금속의 소성교반을 양호하게 할 수 있으며 취약한 합금상을 억제하여 건전한 접합부를 얻을 수 있는 효과가 있다.

[0022] 세째, 구조용강의 접합부 측에 티그 예열을 실시함으로 소성변형과 재결정 온도에 이를 수 있으므로 탈락된 구조용강의 입자가 마그네슘 합금 측으로 이동 분포하는 것을 억제하여 이종 접합부의 접합성능을 향상시킬 수 있는 효과가 있다.

[0023] 네째, 이종 접합부의 인장강도를 향상시킬 수 있으며 접합부의 취성 파괴 양상을 억제할 수 있는 효과가 있다.

[0024] 다섯째, 마찰교반 접합용 공구의 마모를 줄일 수 있고 마찰교반 접합 속도를 향상시켜 생산성을 높일 수 있는 효과가 있다.

도면의 간단한 설명

[0025] 도 1은 본 발명에 따른 하이브리드 마찰교반에 의한 마그네슘 합금과 구조용강의 접합방법을 수행하는 이종 재료 하이브리드 마찰교반 접합 시스템(FSW-TIG)을 보인 요부 구성도이고,

도 2는 도 1의 이종 재료 하이브리드 마찰교반 접합 시스템(FSW-TIG)의 측면도이고,

도 3은 본 발명에 따른 하이브리드 마찰교반에 의한 마그네슘 합금과 구조용강의 접합방법에 의해 접합된 이종 재료의 접합부를 보인 실제 촬영 사진이고,

도 4는 종래의 마찰교반 접합 방법의 접합부와 본 발명에 의한 이종 재료 하이브리드 마찰교반 접합 시스템(FSW-TIG)으로 접합한 접합부의 인장특성 그래프이고,

도 5는 종래의 마찰교반 접합 방법의 접합부에 대해 접합부의 위치별 경도분포를 측정한 결과를 나타내 보인 그래프이고,

도 6은 본 발명에 따라 접합한 접합부의 위치별 경도분포를 측정한 결과를 나타내 보인 그래프이다.

발명을 실시하기 위한 구체적인 내용

[0026] 이하에서는, 첨부도면을 참고하여 본 발명에 따른 하이브리드 마찰교반에 의한 마그네슘 합금과 구조용강의 접합방법의 바람직한 실시예를 더욱 상세하게 설명하기로 한다.

[0027] 도 1은 본 발명에 따른 하이브리드 마찰교반에 의한 마그네슘 합금과 구조용강의 접합방법을 수행하는 이종 재료 하이브리드 마찰교반 접합 시스템(FSW-TIG)을 보인 요부 구성도이고, 도 2는 도 1의 이종 재료 하이브리드 마찰교반 접합 시스템(FSW-TIG)의 측면도이다.

[0028] 도 1 및 도 2를 참조하면, 본 발명에 적용되는 하이브리드 마찰교반 접합 시스템(100)은 접합 대상인 이종모재, 즉 구조용강(101)과 마그네슘합금(102)의 접합부에 맞닿아 회전하면서 접합을 행하는 마찰교반 접합용 공구(110), 이종 접합부 중 구조용강(101)을 예열시키는 티그 토치(120)를 포함한다.

[0029] 이때, 이종모재로서 판형상의 제1모재인 마그네슘합금(102)은 경량합금이며, 판형상의 제2모재인 구조용강(101)은 철강재료가 적용되고, 이들이 수평상으로 상호 서로 맞닿아 접합부(104)를 형성하도록 배치된다.

[0030] 마찰교반 접합용 공구(110)는 마찰교반 접합 시스템의 스핀들(115)에 고정되고, 스핀들(115)은 구동모터(118)에 구동축으로 연결되어 회전수를 설정할 수 있도록 되어 있다.

[0031] 한편, 마찰교반 접합용 공구(110)는 내열성과 내마모성이 우수하고 경도가 우수한 초경합금강으로 된 것을 적용하면 되고, 이에 상응하는 다른 특수합금강으로 형성된 것을 사용 할 수도 있다.

[0032] 또한, 구동모터(118)에 의해 회전하는 마찰교반 접합용 공구(110)는 이종모재의 접합부(104) 중 연질인 경량합금, 즉 마그네슘 합금(102) 쪽에 삽입되어 역회전 방향 즉, 진해방향을 기준으로 시계반대방향으로 회전하며, 마찰열을 발생시켜 이종모재 접합부(104)를 소성교반 시켜 접합을 시행한다.

[0033] 또한, 이종재료 하이브리드 마찰교반 접합 시스템(100)은 티그예열 시스템을 포함하는데, 아크를 발생시키는 티그 토치(120)와, 티그 토치(120)의 좌표를 설정할 수 있는 좌표 설정 지그(130)와, 티그 예열부를 대기로부터 보호를 위한 보호가스, 전류를 발생시키는 티그 용접기 본체(미도시)를 포함한다.

[0034] 이때, 티그 토치(120)의 좌표를 설정하기 위한 좌표 설정 지그(130)는 X축, Y축, Z축의 거리를 조절할 수 있는 게이지로, X축 좌표 설정 게이지(131), Y축 좌표 설정 게이지(132), Z축 좌표 설정 게이지(133)를 포함한다.

[0035] 상기 게이지 중 X축 좌표 설정 게이지(131)와 Y축 좌표 설정 게이지(132) 및 Z축 좌표 설정 게이지(133)은 가이드바(Guide Bar)(136)(137)(138)를 따라 직선 운동하면서 좌표를 설정하는 구조로 형성되어 있다.

[0036] 티그 용접기 본체는 재료의 두께와 형상에 따라 전류를 조절할 수 있으며, 보호가스는 아르곤(Argon), 헬륨(Helium) 및 아르곤과 헬륨의 혼합된 가스 중 어느 하나를 접합 조건에 따라 사용할 수 있다.

[0037] 티그 용접기 본체에는 보호가스의 유량을 조절하는 게이지를 포함할 수 있다.

[0038] 이러한 하이브리드 마찰교반 접합 시스템(FSW-TIG)(100)에서 마찰교반 접합용 공구(110)의 삽입 위치와 티그 토치(120) 예열위치를 도 2를 통해 상세하게 설명한다.

[0039] 먼저, 접합할 경량합금인 마그네슘합금(102)과 철강재료인 구조용강(101)을 지그(Jig)(108) 위에 서로 맞닿게 설치하여 고정하고, 마찰교반 접합용 공구(110)의 핀(Pin)(112)을 접합부(104) 중 대부분 마그네슘합금(102)측 위에 위치시키고, 핀의 일부만 구조용강(101)에 위치되게 배치한다.

[0040] 즉, 마찰 교반 접합용 공구(110)의 핀(112)의 접합부(104)에 대한 접촉면 중 제1모재인 마그네슘합금(102)과 접촉하는 제1면적과 제2모재인 구조용강(102)과 접촉하는 제2면적의 비율이 3:7 내지 9:1이 되게 위치시킨다. 더욱 바람직하게는 마찰 교반 접합용 공구(110)의 핀(112)의 접합부(104)에 대한 접촉면 중 제1모재인 마그네슘합금(102)과 접촉하는 제1면적과 제2모재인 구조용강(102)과 접촉하는 제2면적의 비율이 9:1이 되게 위치시킨

다.

[0041] 일 예로서, 마찰 교반 접합용 공구(110)의 핀(112)의 직경이 10㎜인 경우 1㎜가 구조용강(102)에 접촉되고 9㎜가 마그네슘합금(102)에 접촉되게 위치시킨다.

[0042] 그런 다음, 접합부(104) 중 구조용강(101) 측에 예열할 티그 토치(120)를 위치시킨다.

[0043] 이때, 티그 토치(120)는 마찰교반 접합용 공구(110)의 진행방향에 대해 공구(110) 보다 앞쪽인 선행부에 위치하여야 한다.

[0044] 또한, 접합부(104)의 계면과 티그 토치(120)와의 이격거리는 0.001 내지 50㎜가 되게 위치시킨다. 바람직하게는 접합부(104)와 티그 토치(120)와의 이격거리는 20㎜가 되게 위치시킨다.

[0045] 또한, 마찰 교반 접합용 공구(110)의 핀(112)과 티그 토치(120)와의 이격거리는 0.001 내지 50㎜가 되게 위치시킨다.

[0046] 바람직하게는 마찰 교반 접합용 공구(110)의 핀(112)과 티그 토치(120)와의 이격거리는 20㎜가 되게 위치시킨다.

[0047] 이후, 마찰교반 접합용 공구(110)를 역회전 방향으로 즉, 공구(110) 진행방향에 대해 시계반대방향 회전시키면서 이종재료와 맞닿아 마찰열을 발생시키고, 티그토치(120)는 구조용강(101)측에 예열을 실시하며, 접합부(104)를 따라 이송하면서 접합작업을 수행한다.

[0048] 이때, 마찰 교반 접합용 공구(110)의 회전속도는 300 내지 1600rpm이고, 전진속도는 분당 50 내지 150㎜이고, 가압력은 50 내지 3000kgf이며, 마찰교반 접합용 공구(110)의 저면과 접합부(104)의 표면과의 사이각은 0 내지 10° 가 되게 적용하는 것이 바람직하다.

[0049] 이러한 과정에 의해 티그 토치(120)가 마찰교반 접합용 공구(110)보다 선행하여 이종재료 접합부(104) 중 구조용강(101)측을 예열함으로써 마찰교반 접합용 공구(110)의 회전으로 인하여 발생하는 마찰열과 함께 경량합금인 마그네슘합금(102)과 철강재료인 구조용강(101)을 용이하게 소성유동을 일으키게 하고, 대등한 온도분포를 형성하게 하여 접합하게 된다.

[0050] 이러한 접합에 대해 티그토치(120)를 통해 흐르는 전류인 TIG의 전류, 보호가스, 티크토치(102)와 접합부(104)의 표면과의 사이각인 토치앵글, 펄스전류 등을 주요 공정인자로 고려하여 접합특성을 고찰하였고, 티크토치(120)를 통해 인가되는 전류인 TIG 전류는 5 내지 500A, 티크토치(120)와 접합부(104)의 표면과의 사이각은 10 내지 90° 를 적용하는 것이 바람직하였다.

[0051] 도 3은 하이브리드 마찰교반 접합 시스템(FSW-TIG)을 이용하여 이종재료인 마그네슘 합금(102)과 구조용강(101)에 대해 하이브리드 마찰교반 접합을 실시한 이종재료의 접합부 단면을 나타낸 사진으로서, 사진에 나타난 바와 같이 접합부(104)에 균열, 기공 및 금속간 화합물이 거의 발생되지 않았으며 건전한 접합부를 얻을 수 있었다.

[0052] 또한, 상기 이종재료를 티그토치(120)를 적용하지 않은 종래의 마찰교반 접합 방식과 티크토치(120)를 적용한 하이브리드 마찰교반 접합 시스템(FSW-TIG)을 이용하여 접합한 시험편을 인장시험편 제작기준에 맞게 20개의 시험편을 각각 제작하여 인장시험을 수행한 결과로서, 종래 마찰교반 접합을 시행하여 접합할 경우 도 4의 좌측 그래프에 나타낸 것과 같이, 접합부의 인장강도가 마그네슘합금 인장강도의 평균 65~87%의 값을 보이는 반면, 도 4의 우측 그래프에 나타낸 것과 같이 본 발명에 따른 하이브리드 마찰교반 접합 시스템(FSW-TIG)을 이용하여 접합할 경우 접합부(104)의 인장강도는 마그네슘합금(102) 인장강도의 평균 80~91%의 우수한 접합 특성을 얻을 수 있었으며, 특히 연신율이 큰폭으로 향상됨을 확인할 수 있었다.

[0053] 뿐만 아니라, 이종재료 접합부의 인장 파괴양상을 살펴보면, 도 5에 나타낸 바와 같이 종래 마찰교반 접합을 시행한 접합부는 취성 파괴양상을 보인 반면, 본 발명에 따른 하이브리드 마찰교반 접합 시스템(FSW-TIG)을 이용하여 접합한 접합부는 도 6에 도시된 바와 같이 연성 파괴양상을 보임으로써 우수한 접합부를 얻을 수 있음도 확인되었다.

[0054] 여기서 도 5 및 도 6은 각각 상기 이종재료를 종래 마찰교반 접합에 의해 접합 한 시편과 본 발명에 따른 하이브리드 마찰교반 접합 시스템(FSW-TIG)을 이용하여 이종재료(마그네슘 합금과 구조용강) 하이브리드 마찰교반 접합을 실시한 접합부의 위치별(시험편 상표면으로 부터 0.5㎜, 1.5㎜, 2.5㎜ 떨어진 지점) 경도분포 결과이다. 도 5에서 마그네슘 합금(102) 측은 모재에 대비하여 경도가 크게 변하지 않았고, 구조용강(101)은 접합부(104)

근방에서 모재보다 경도가 상승하는 종래 마찰교반접합부의 경우와 전체적인 양상이 동일하게 나타남을 확인할 수 있었다. 그러나 본 발명에 따른 하이브리드 마찰교반 접합 시스템(FSW-TIG)을 이용한 접합부의 경우 도 6에서와 같이 구조용강(101)측의 경도가 종래의 마찰교반접합부에 비해 소폭으로 감소함을 확인할 수 있었다.

부호의 설명

[0055] 100 : 하이브리드 마찰교반 접합시스템(FSW-TIG)

101 : 구조용강 102 : 마그네슘합금

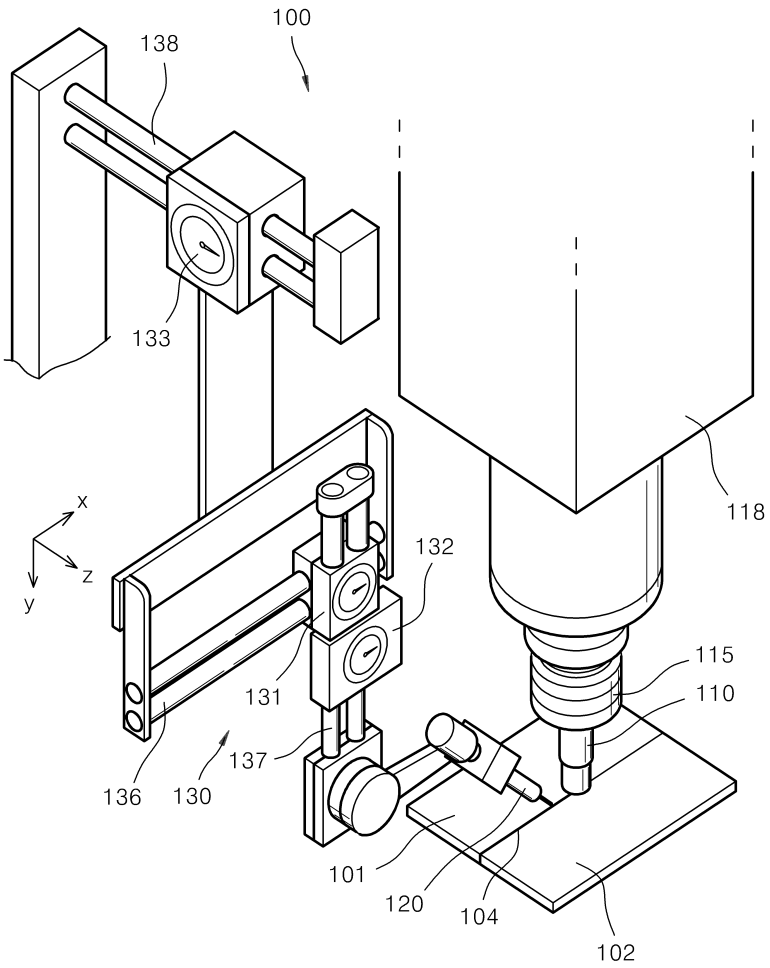
104 : 접합부 110 : 마찰교반 접합용 공구

115 : 스핀들 120 : 티그 토치

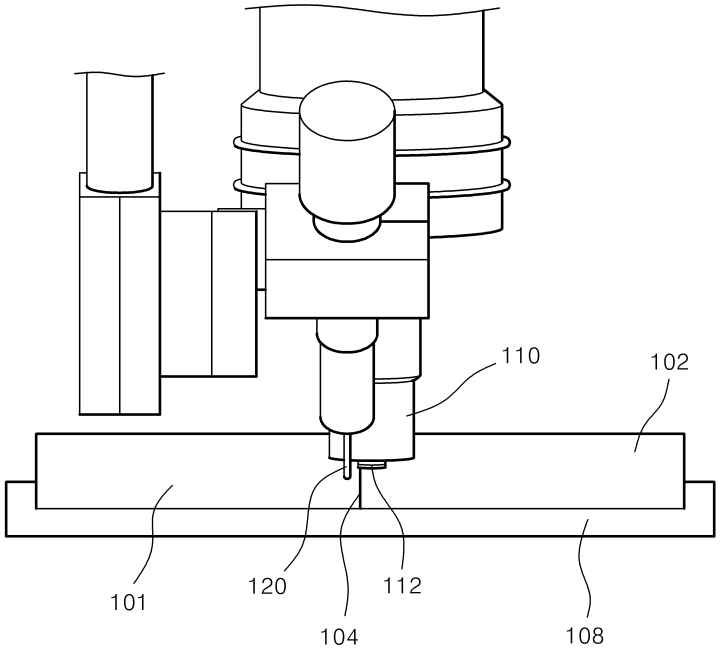
130 : 좌표 설정 지그

도면

도면1



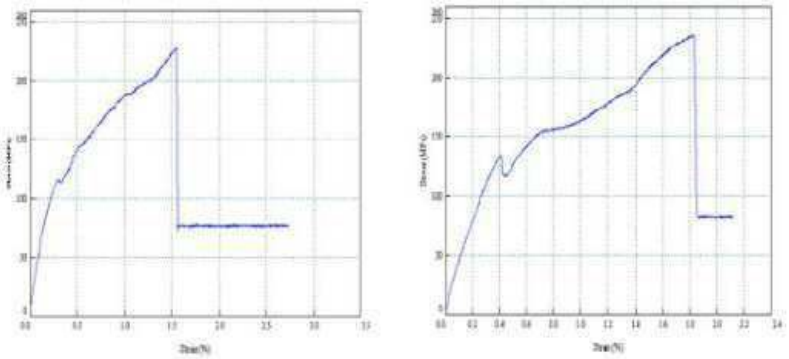
도면2



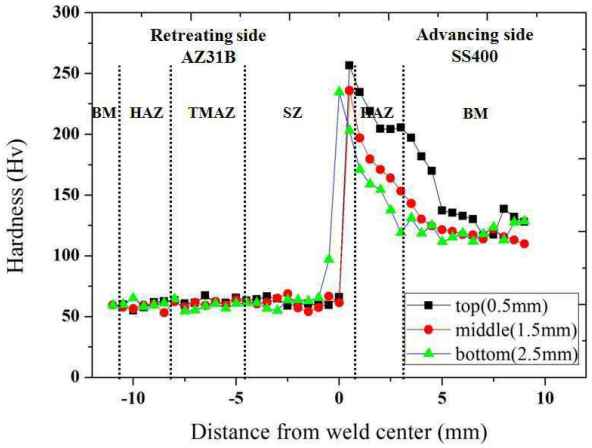
도면3



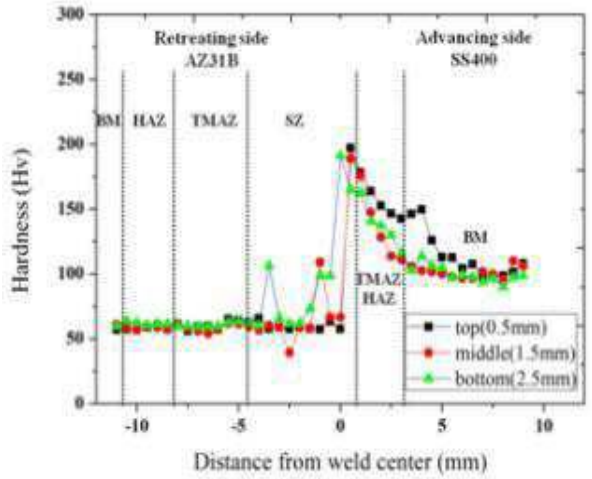
도면4



도면5


Retreating side
AZ31B
Advancing side
SS400
BM
HAZ
TMAZ
SZ
TMAZ
HAZ
BM
Hardness (Hv)
Distance from weld center (mm)
top(0.5mm)
middle(1.5mm)
bottom(2.5mm)

도면6


Retreating side
AZ31B
Advancing side
SS400
BM
HAZ
TMAZ
SZ
BM
TMAZ
HAZ
Hardness (Hv)
Distance from weld center (mm)
top(0.5mm)
middle(1.5mm)
bottom(2.5mm)