



(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

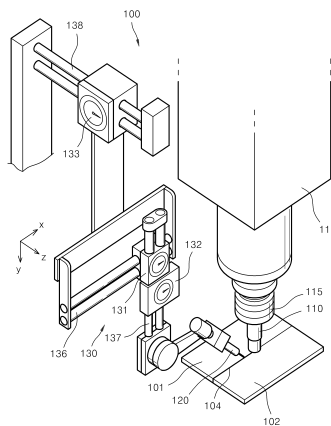
전체 청구항 수 : 총 7 항

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

(57) 요약

본 발명은 하이브리드 마찰교반에 의한 마그네슘 합금과 구조용강의 접합방법에 관한 것으로, 마그네슘 합금으로 된 제1모재와, 구조용강으로 된 제2모재를 상호 맞게 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, 이중 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.

대표도 - 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 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 반시계 방향으로 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 50mm인 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 150mm이고, 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 5cm이고, 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 가이드 바를 따라 움직일 수 있도록 구성된 것을 특징으로 하는 하이브리드 마찰교반에 의한 마그네슘 합금과 구조용강의 접합방법.

명세서

기술분야

[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.

배경기술

[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 흠, 유해광선의 발생이 없이 고품질의 접합부를 얻을 수 있어 용접품질 및 경제적 측면에서 효과적이다.

[0005] 이에 따라, 이를 이용한 접합대상이 기존의 알루미늄과 알루미늄 동종계의 경량합금에서 이종계의 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 소성 유동 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 제공하는 데 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 아크 열에 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 50mm로 적용한다.

[0015] 상기 마찰 교반 접합용 공구의 회전속도는 300 내지 1600rpm이고, 전진속도는 분당 50 내지 150mm이고, 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 5cm이고, 상기 티그토치를 통해 인가되는 전류는 5 내지 500A이고, 상기 티그토치와 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 티그 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 실시함으로써 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 이중 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 이중 재료 하이브리드 마찰교반 접합 시스템(FSW-TIG)을 보인 요부 구성도이고, 도 2는 도 1의 이중 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 이중모재, 즉 구조용강(101)과 마그네슘합금(102)의 접합부에 맞닿아 회전하면서 접합을 행하는 마찰교반 접합용 공구(110), 이중 접합부 중 구조용강(101)을 예열시키는 티그 토치(120)를 포함한다.

[0029] 이때, 이중모재로서 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 이중모재의 접합부(104) 중 연결인 경량합금, 즉 마그네슘 합금(102) 쪽에 삽입되어 역회전 방향 즉, 진행방향을 기준으로 시계반대방향으로 회전하며, 마찰열을 발생시켜 이중모재 접합부(104)를 소성교반 시켜 접합을 시행한다.

[0033] 또한, 이중재료 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 10mm인 경우 1mm가 구조용강(102)에 접촉되고 9mm가 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 50mm가 되게 위치시킨다. 바람직하게는 접합부(104)와 티그 토치(120)와의 이격거리는 20mm가 되게 위치시킨다.
- [0045] 또한, 마찰 교반 접합용 공구(110)의 핀(112)과 티그 토치(120)와의 이격거리는 0.001 내지 50mm가 되게 위치시킨다.
- [0046] 바람직하게는 마찰 교반 접합용 공구(110)의 핀(112)과 티그 토치(120)와의 이격거리는 20mm가 되게 위치시킨다.
- [0047] 이후, 마찰교반 접합용 공구(110)를 역회전 방향으로 즉, 공구(110) 진행방향에 대해 시계반대방향 회전시키면서 이중재료와 맞닿아 마찰열을 발생시키고, 티그토치(120)는 구조용강(101)측에 예열을 실시하며, 접합부(104)를 따라 이동하면서 접합작업을 수행한다.
- [0048] 이때, 마찰 교반 접합용 공구(110)의 회전속도는 300 내지 1600rpm이고, 전진속도는 분당 50 내지 150mm이고, 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 이중재료 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 이중재료인 마그네슘 합금(102)과 구조용강(101)에 대해 하이브리드 마찰교반 접합을 실시한 이중재료의 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 이중재료를 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 나타난 것과 같이, 접합부의 인장강도가 마그네슘합금 인장강도의 평균 65~87%의 값을 보이는 반면, 도 4의 우측 그래프에 나타난 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, 이중재료 접합부의 인장 파괴양상을 살펴보면, 도 5에 나타난 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 이중재료를 종래 마찰교반 접합에 의해 접합 한 시편과 본 발명에 따른 하이브리드 마찰교반 접합 시스템(FSW-TIG)을 이용하여 이중재료(마그네슘 합금과 구조용강) 하이브리드 마찰교반 접합을 실시한 접합부의 위치별(시험편 상표면으로 부터 0.5mm, 1.5mm, 2.5mm 떨어진 지점) 경도분포 결과이다. 도 5에서 마그네슘 합금(102) 측은 모재에 대비하여 경도가 크게 변하지 않았고, 구조용강(101)은 접합부(104)

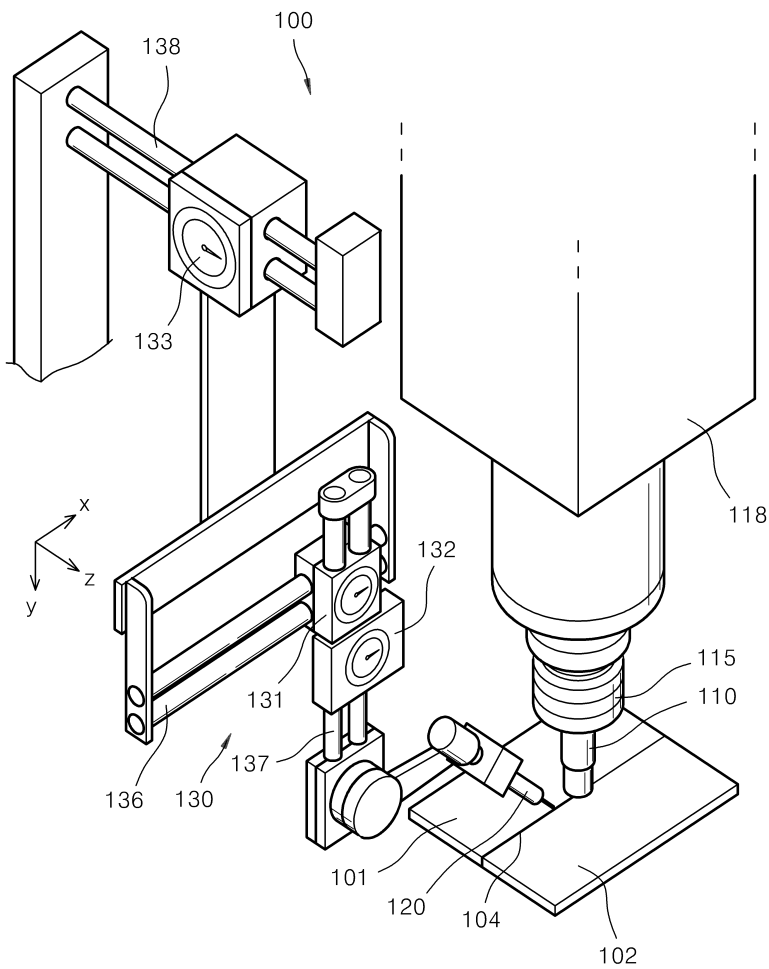
근방에서 모재보다 경도가 상승하는 종래 마찰교반접합부의 경우와 전체적인 양상이 동일하게 나타남을 확인할 수 있었다. 그러나 본 발명에 따른 하이브리드 마찰교반 접합 시스템(FSW-TIG)을 이용한 접합부의 경우 도 6에 서와 같이 구조용강(101)측의 경도가 종래의 마찰교반접합부에 비해 소폭으로 감소함을 확인할 수 있었다.

부호의 설명

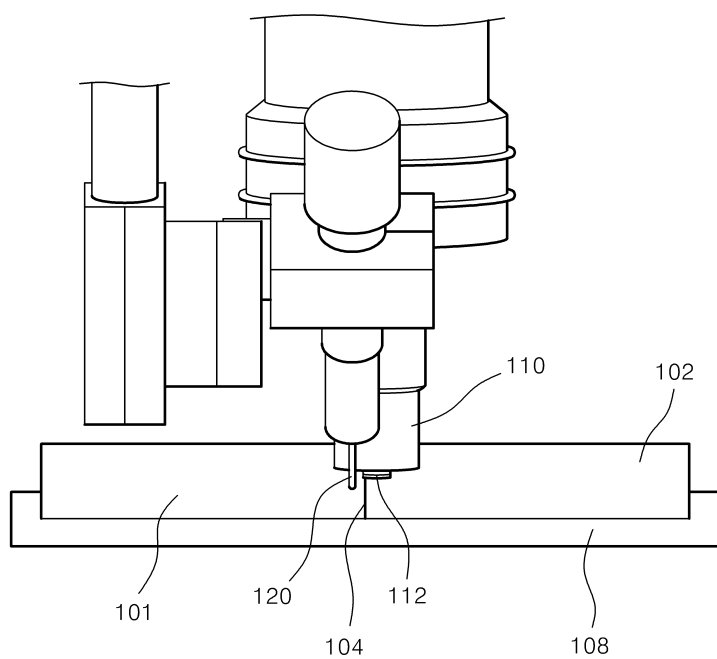
- [0055] 100 : 하이브리드 마찰교반 접합시스템(FSW-TIG)
 101 : 구조용강 102 : 마그네슘합금
 104 : 접합부 110 : 마찰교반 접합용 공구
 115 : 스피들 120 : 티그 토치
 130 : 좌표 설정 지그

도면

도면1



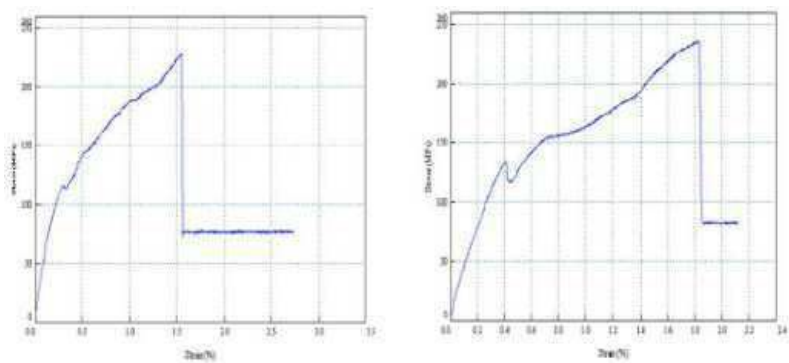
도면2



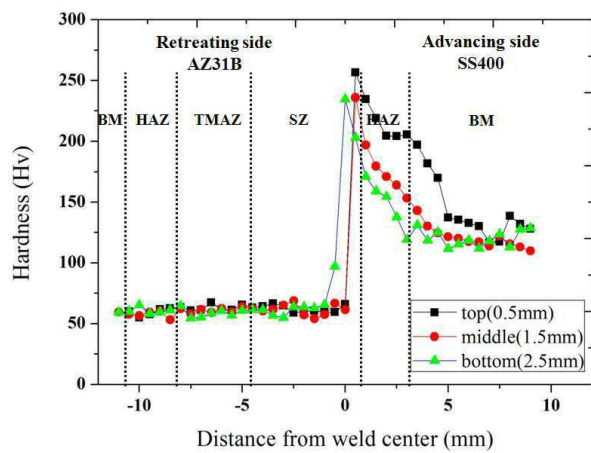
도면3



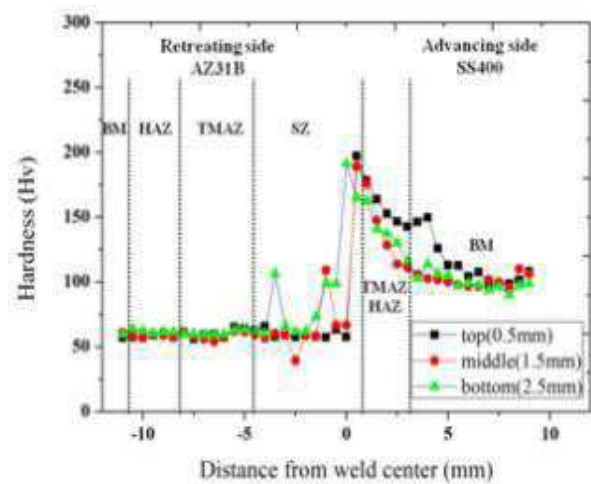
도면4



도면5



도면6



Notice

This translation is machine - generated. It cannot be guaranteed that it is intelligible, accurate, complete, reliable or fit for specific purposes. Critical decisions, such as commercially relevant or financial decisions, should not be based on machine - translation output.

DESCRIPTION KR20130045023A

¹¹ Method for joining magnesium alloy and structural steel by hybrid friction stir
{ Method For Welding Magnesium Alloy and Structural Steel By Hybrid Friction Stir
Welding with Tungsten Inert Gas Welding }

[0001]

¹⁷ The present invention relates to a method of joining magnesium alloy and structural steel by hybrid friction stir. More specifically, when joining dissimilar materials of magnesium alloy and structural steel, TIG preheating is performed on the joint of the structural steel to rotate the tool for friction stir joining. This relates to a method of joining magnesium alloy and structural steel using hybrid friction stirring, which enables easy joining and a healthy joint through sufficient plastic flow of the magnesium alloy and structural steel by distributing the frictional heat generated equally to the dissimilar materials.

[0002]

²⁸ Recently, lightweight structures are increasing in various industrial fields, and the application of lightweight members is expanding at a rapid pace, especially in the transportation machinery field (railroad vehicles, automobiles, ships, aircraft, etc.).

[0003]

³⁴ When manufacturing a structure made of high - strength/lightweight materials using existing melt welding, it was difficult to obtain a satisfactory joint due to deformation and residual stress caused by welding heat, welding defects such as solidification cracks, porosity, and oxidation, as well as a decrease in the strength of the joint.

[0004]

⁴¹ When applying a new environmentally friendly welding technology that can dramatically solve these problems, that is, solid - state welding (friction stir welding, hereinafter referred to as 'FSW') that applies heating and plastic flow by friction, thermal deformation due to welding occurs. It is effective in terms of welding quality and economics as the residual stress is extremely low and high - quality joints can be obtained without using filler metal and without generating fumes or harmful rays.

[0005]

⁵⁰ Accordingly, research is being conducted not only on the area of joining lightweight alloys of different materials from existing aluminum and lightweight alloys of the same type as aluminum, but also on joining areas of lightweight alloys and steel materials.

[0006]

⁵⁶ However, due to limitations in tool materials for friction stir welding, the materials to be joined are limited to light metals or low melting point metals, and practical implementation in industrial applications has not yet been achieved for steel materials.

[0007]

⁶² In this regard, when a friction stir welding tool is inserted into the center of a dissimilar joint between a lightweight alloy (magnesium alloy) and a steel material (structural steel) to join them using a conventionally known friction stir welding technology, the physical and mechanical properties are different. As a result, a weak alloy layer is created at the joint, problems such as a decrease in joint strength and low plastic stirring occur, and defects occur at the joint, making joining extremely difficult.

[0008]

⁷² In addition, when joining magnesium alloy and structural steel using the friction stir welding technology, the frictional heat generated between the friction stir welding tool and the structural steel is relatively less than that of the magnesium alloy, so sufficient plastic deformation and recrystallization temperatures are not reached, resulting in structural steel. The fallen particles of the steel move and disperse towards the magnesium alloy, making it difficult to obtain a healthy joint.

[0009]

⁸¹ In addition, when structural steel is joined using the friction stir welding technology, the friction stir welding tool is severely worn and the friction stir welding device experiences severe vibration.

[0010]

⁸⁷ In addition, the pressing force and frictional heat of the friction stir joining tool alone are insufficient to soften the structural steel among the joints of dissimilar materials and cause plastic flow, making it difficult to obtain a sound joint.

[]

⁹³ The present invention was created to improve the conventional problems as described above. When joining magnesium alloy and structural steel with different physical properties, the structural steel is preheated to generate sufficient plastic flow through the rotation and friction of the friction stir joining tool. The purpose is to provide a joining method of magnesium alloy and structural steel by hybrid friction stirring, which can improve sound joints and joint characteristics by equally imparting frictional heat temperature distribution and softening to enable sufficient plastic stirring.

¹⁰¹ In order to achieve the above object, the method of joining magnesium alloy and structural steel by hybrid friction stirring according to the present invention is to generate friction heat by contacting and rotating at the joint of dissimilar base materials arranged to form a joint by horizontally contacting each other. In the method of joining dissimilar materials using a hybrid friction stir welding system including a friction stir welding tool that generates a friction stir welding tool and a Tig torch that preheats the joint by arc heat while preceding the friction stir welding tool. , the heterogeneous base material is a first base material made of magnesium alloy and a second base material made of structural steel, and when the Tig torch is advanced ahead of the friction stir welding tool, the arc is maintained only on the side of the second base material. Preheat the structural steel through heat, place the pin of the friction stir welding tool at the joint, rotate it counterclockwise relative to the direction of travel, pressurize the joint, and induce plastic flow using frictional heat. , The first base material and the second base material are welded while moving along the joint in a state where the particles of the fallen structural steel are suppressed from moving and distributing toward the first base material by allowing the first base material and the second base material to have equal temperature distribution due to plastic flow. Preferably, the pin of the friction stir welding tool has a ratio of a first area in contact with the first base material and a second area in contact with the second base material among the contact surfaces for the joint part of 3:7 to 9:1. Position it properly. In addition, the separation distance between the

interface of the joint and the TIG torch is set to 0.001 to 50 mm. The rotation speed of the friction stir welding tool is 300 to 1600 rpm, the forward speed is 50 to 150 mm per minute, the pressing force is 50 to 3000 kgf, and the angle between the bottom of the friction stir welding tool and the surface of the joint is 0. It is preferable to apply it at an angle of 10° to 10° . The separation distance between the TIG torch and the friction stir welding tool is 0.001 to 5 cm, the current applied through the TIG torch is 5 to 500 A, and the angle between the TIG torch and the surface of the joint is 10° to 90° . It is desirable to apply.

- 130 The joint preferably has a tensile strength of 80 - 91% on average compared to the tensile strength of the magnesium alloy after welding. In addition, the teak torch can set coordinates through an X, Y, and Z - axis coordinate setting jig, and the X, Y - axis coordinate setting jig is configured to move along a guide bar.
- 134 The present invention provides the following effects through a method of joining magnesium alloy and structural steel using hybrid friction stirring. First, when joining dissimilar materials of magnesium alloy and structural steel, TIG preheating is performed on the structural steel joint, thereby generating frictional heat generated by the rotation of the friction stir welding tool, thereby causing sufficient plastic flow of the magnesium alloy and structural steel to bond the dissimilar materials. Can be easily joined. Second, by performing TIG preheating, plastic agitation of metals with high hardness can be improved and a sound joint can be obtained by suppressing the weak alloy phase. Third, by performing TIG preheating on the joint side of the structural steel, plastic deformation and recrystallization temperature can be reached, which has the effect of improving the joint performance of heterogeneous joints by suppressing the movement and distribution of fallen structural steel particles to the magnesium alloy side. Fourth, the tensile strength of heterogeneous joints can be improved and the brittle fracture pattern of the joint can be suppressed. Fifth, it has the effect of reducing wear of tools for friction stir welding and increasing productivity by improving friction stir welding speed.

[0025]

- 153 Figure 1 is a main configuration diagram showing a heterogeneous material hybrid friction stir welding system (FSW - TIG) that performs the joining method of magnesium alloy and structural steel by hybrid friction stir according to the present invention, and Figure 2 is a schematic diagram of the heterogeneous material hybrid of Figure 1. It is a side view of the friction stir welding system (FSW - TIG), Figure 3 is an actual photograph showing the joint of dissimilar materials joined by the joining method of magnesium alloy and structural steel by hybrid friction stir according to the present invention, and Figure 4 is It is a graph of the tensile properties of a joint made by a conventional friction stir welding method and a joint joined by a heterogeneous material hybrid friction stir welding system (FSW - TIG) according to the present invention, and Figure 5 is a graph of the joint of the joint by

the conventional friction stir welding method. This is a graph showing the results of measuring the hardness distribution by location, and Figure 6 is a graph showing the results of measuring the hardness distribution by location of the joints joined according to the present invention.

[0026]

¹⁷¹ Hereinafter, a preferred embodiment of the method of joining magnesium alloy and structural steel by hybrid friction stirring according to the present invention will be described in more detail with reference to the accompanying drawings.

[0027]

¹⁷⁷ Figure 1 is a main configuration diagram showing a heterogeneous material hybrid friction stir welding system (FSW - TIG) that performs the joining method of magnesium alloy and structural steel by hybrid friction stir according to the present invention, and Figure 2 is a schematic diagram of the heterogeneous material hybrid of Figure 1. This is a side view of the friction stir welding system (FSW - TIG).

[0028]

¹⁸⁵ Referring to Figures 1 and 2, the hybrid friction stir joining system 100 applied to the present invention performs joining while rotating in contact with the junction of the dissimilar base materials to be joined, that is, structural steel 101 and magnesium alloy 102. It includes a friction stir welding tool 110 and a TIG torch 120 for preheating the structural steel 101 among dissimilar joints.

[0029]

¹⁹³ At this time, the magnesium alloy 102, which is a plate - shaped first base material as a heterogeneous base material, is a lightweight alloy, and the structural steel 101, which is a plate - shaped second base material, is a steel material, and they are in contact with each other horizontally to form a joint (104).) is arranged to form.

[0030]

²⁰⁰ The friction stir welding tool 110 is fixed to the spindle 115 of the friction stir welding system, and the spindle 115 is connected to the drive motor 118 through a drive shaft so that the number of rotations can be set.

[0031]

²⁰⁶ Meanwhile, the tool 110 for friction stir welding may be made of cemented carbide steel, which has excellent heat resistance and wear resistance and excellent hardness, and may also be made of other special alloy steels corresponding thereto.

[0032]

²¹² In addition, the friction stir welding tool 110, which rotates by the drive motor 118, is inserted into the soft lightweight alloy, that is, the magnesium alloy 102 side, among the joints 104 of dissimilar base materials, and rotates in the reverse direction, that is, in the Jinhae direction. It rotates counterclockwise as a standard and generates friction heat to plastically stir the dissimilar base material joint (104) to perform joining.

[0033]

²²¹ In addition, the heterogeneous material hybrid friction stir welding system 100 includes a TIG preheating system, a TIG torch 120 that generates an arc, a coordinate setting jig 130 that can set the coordinates of the TIG torch 120, and It includes a protective gas to protect the TIG preheating unit from the atmosphere and a TIG welder main body (not shown) that generates electric current.

[0034]

²²⁹ At this time, the coordinate setting jig 130 for setting the coordinates of the TIG torch 120 is a gauge that can adjust the distances of the X - axis, Y - axis, and Z - axis, and includes the X - axis coordinate setting gauge 131 and the Y - axis coordinate setting gauge. (132), and includes a Z - axis coordinate setting gauge (133).

[0035]

²³⁷ Among the above gauges, the It is formed in a structure that sets coordinates.

[0036]

²⁴¹ The TIG welder body can adjust the current according to the thickness and shape of the material, and any one of argon, helium, or a mixed gas of argon and helium can be used as the protective gas depending on the joining conditions.

[0037]

²⁴⁷ The TIG welder body may include a gauge that controls the flow rate of the

protective gas.

[0038]

²⁵² In this hybrid friction stir welding system (FSW - TIG) 100, the insertion position of the friction stir welding tool 110 and the preheating position of the TIG torch 120 will be described in detail with reference to FIG. 2.

[0039]

²⁵⁸ First, the magnesium alloy 102, a lightweight alloy to be joined, and the structural steel 101, a steel material, are installed and fixed on a jig 108 in contact with each other, and the pin of the friction stir joining tool 110 is fixed.) (112) is positioned on the magnesium alloy (102) side of the joint portion (104), and only a portion of the pin is positioned on the structural steel (101).

[0040]

²⁶⁶ That is, among the contact surfaces of the pin 112 of the friction stir welding tool 110 with respect to the joint portion 104, the first area in contact with the magnesium alloy 102, which is the first base material, the structural steel 102, which is the second base material, and It is positioned so that the ratio of the second area in contact is 3:7 to 9:1.

²⁷¹ More preferably, among the contact surfaces of the pin 112 of the friction stir welding tool 110 with respect to the joint portion 104, the first area in contact with the magnesium alloy 102, which is the first base material, and the structural steel 102, which is the second base material,) is positioned so that the ratio of the second area in contact with it is 9:1.

[0041]

²⁷⁹ As an example, if the diameter of the pin 112 of the friction stir welding tool 110 is 10 mm, it is positioned so that 1 mm is in contact with the structural steel 102 and 9 mm is in contact with the magnesium alloy 102.

[0042]

²⁸⁵ Then, the TIG torch 120 to be preheated is placed on the structural steel 101 side of the joint 104.

[0043]

²⁹⁰ At this time, the TIG torch 120 must be located in the leading portion ahead of the tool 110 in the direction of movement of the friction stir welding tool 110.

[0044]

²⁹⁵ In addition, the separation distance between the interface of the joint 104 and the Tig torch 120 is set to be 0.001 to 50 mm.

²⁹⁷ Preferably, the separation distance between the joint 104 and the TIG torch 120 is 20 mm.

[0045]

³⁰² In addition, the separation distance between the pin 112 of the friction stir welding tool 110 and the TIG torch 120 is positioned to be 0.001 to 50 mm.

[0046]

³⁰⁷ Preferably, the separation distance between the pin 112 of the friction stir welding tool 110 and the Tig torch 120 is 20 mm.

[0047]

³¹² Thereafter, the friction stir welding tool 110 is rotated in the reverse rotation direction, that is, counterclockwise with respect to the direction of movement of the tool 110, to generate friction heat by contacting the dissimilar material, and the Tig torch 120 is used to generate friction heat in the structural steel 101.) side is preheated, and the joining work is performed while conveying along the joining part 104.

[0048]

³²¹ At this time, the rotation speed of the friction stir welding tool 110 is 300 to 1600 rpm, the forward speed is 50 to 150 mm per minute, the pressing force is 50 to 3000 kgf, and the bottom surface of the friction stir welding tool 110 and the joint portion 104 It is desirable to apply an angle between 0 and 10 ° with the surface.

[0049]

³²⁸ Through this process, the TIG torch 120 precedes the friction stir welding tool 110 and preheats the structural steel 101 side of the dissimilar material joint 104, resulting in rotation of the friction stir welding tool 110. With the frictional heat generated, the magnesium alloy (102), a lightweight alloy, and the structural steel

(101), a steel material, are easily plasticized and joined by forming an equal temperature distribution.

[0050]

³³⁷ For this joint, TIG current, which is the current flowing through the TIG torch 120, shielding gas, torch angle, which is the angle between the surface of the TIG torch 102 and the joint 104, pulse current, etc. are considered as main process factors. The joint characteristics were considered, and the TIG current applied through the teak torch 120 is preferably 5 to 500A, and the angle between the surface of the teak torch 120 and the joint 104 is 10 to 90 ° . did.

[0051]

³⁴⁶ Figure 3 is a photograph showing a cross - section of a joint of dissimilar materials where hybrid friction stir welding was performed on magnesium alloy 102 and structural steel 101, which are dissimilar materials, using a hybrid friction stir welding system (FSW - TIG). As shown, almost no cracks, pores, or intermetallic compounds occurred in the joint 104, and a healthy joint was obtained.

[0052]

³⁵⁴ In addition, the test specimens joined using the conventional friction stir welding method without applying the TIG torch (120) and the hybrid friction stir welding system (FSW - TIG) using the TIG torch (120) were tested according to the tensile test specimen manufacturing standards. As a result of performing a tensile test by manufacturing 20 test specimens according to the specification, when joining using conventional friction stir welding, as shown in the left graph of FIG. 4, the tensile strength of the joint is 65 ~ 65 on average of the tensile strength of magnesium alloy. While the value is 87%, when joined using the hybrid friction stir welding system (FSW - TIG) according to the present invention, as shown in the right graph of FIG. 4, the tensile strength of the joint 104 is that of the magnesium alloy 102. Excellent bonding properties with an average of 80 to 91% of the tensile strength were obtained, and in particular, it was confirmed that the elongation rate was significantly improved.

[0053]

³⁷⁰ In addition, looking at the tensile failure pattern of the joint of dissimilar materials, as shown in Figure 5, the joint subjected to conventional friction stir welding showed a brittle fracture pattern, while the hybrid friction stir welding system (FSW - TIG) according to the present invention showed a brittle fracture pattern. It was also

confirmed that an excellent joint could be obtained by showing a ductile fracture pattern as shown in Figure 6.

[0054]

379 Here, Figures 5 and 6 show a specimen in which the dissimilar materials were joined by conventional friction stir welding, respectively, and hybrid friction of dissimilar materials (magnesium alloy and structural steel) using a hybrid friction stir welding system (FSW - TIG) according to the present invention. This is the hardness distribution result for each location of the joint where stir welding was performed (points 0.5 mm, 1.5 mm, and 2.5 mm away from the test specimen surface).

385 In Figure 5, the hardness of the magnesium alloy 102 side did not change significantly compared to the base material, and the overall aspect of the structural steel 101 was the same as in the case of a conventional friction stir joint where the hardness increases compared to the base material near the joint 104. was able to confirm.

390 However, in the case of the joint using the hybrid friction stir welding system (FSW - TIG) according to the present invention, it was confirmed that the hardness of the structural steel 101 side decreased slightly compared to the conventional friction stir joint, as shown in FIG. 6.

[0055]

397 100 : Hybrid friction stir welding system (FSW - TIG) 101: Structural steel 102: Magnesium alloy 104: Joint 110: Friction stir welding tool 115: Spindle 120: TIG torch 130: Coordinate setting jig