



(19) 대한민국특허청(KR)
(12) 공개특허공보(A)

(11) 공개번호 10-2017-0094625
(43) 공개일자 2017년08월21일

(51) 국제특허분류(Int. Cl.)

B23K 9/16 (2006.01) B23K 35/02 (2006.01)
B23K 35/30 (2006.01) B23K 9/00 (2006.01)
B23K 9/02 (2006.01) C21D 9/50 (2006.01)
B23K 101/12 (2006.01) B23K 103/02 (2006.01)
B23K 103/18 (2006.01)

(52) CPC특허분류

B23K 9/16 (2013.01)
B23K 35/0266 (2013.01)

(21) 출원번호 10-2016-0015610

(22) 출원일자 2016년02월11일

심사청구일자 2016년02월11일

(71) 출원인

한국기술교육대학교 산학협력단

충남 천안시 동남구 병천면 충절로 1600, 내 (한국기술교육대학교)

(72) 발명자

고진현

충청남도 천안시 서북구 월봉1길 15, 109동 1304호 (쌍용동, 쌍용자이아파트)

신태우

충청북도 청주시 서원구 매봉로2번길 55, 103동 505호 (분평동, 보성아파트)

(뒷면에 계속)

(74) 대리인

김민태

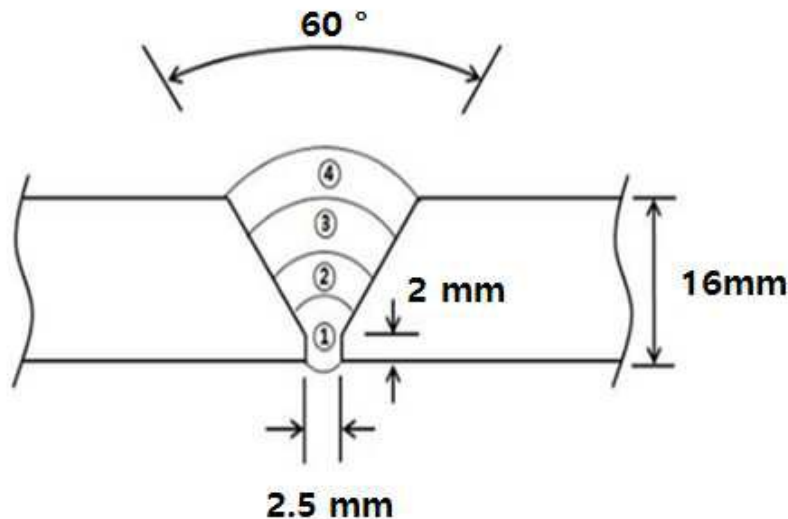
전체 청구항 수 : 총 6 항

(54) 발명의 명칭 합금강과 탄소강의 용접방법

(57) 요약

개시된 합금강과 탄소강의 용접 방법에 따르면, 상기 합금강과 상기 탄소강은 플럭스 코어드 와이어를 이용한 플럭스 코어드 아크 용접으로 수행된다. 상기 합금강은 탄소 0.06 내지 0.15 중량%, 망간 0.25 내지 0.66 중량%, 인 0.02 내지 0.03 중량%, 황 0.005 내지 0.020 중량%, 실리콘 0.18 내지 0.56 중량%, 몰리브덴 0.8 내지 1.1 중량%, 크롬 7.9 내지 9.6 중량%, 니켈 0.3 내지 0.6 중량%, 니오븀 0.05 내지 0.11 중량%, 바나듐 0.16 내지 0.27 중량%, 질소 0.025 내지 0.08 중량% 및 여분의 철을 포함하고, 상기 탄소강은 탄소 0.2 내지 0.3 중량%, 망간 0.79 내지 1.30 중량%, 인 0.03 내지 0.04 중량%, 황 0.03 내지 0.04 중량%, 실리콘 0.13 내지 0.45 중량% 및 여분의 철을 포함한다.

대표도 - 도3



(52) CPC특허분류

B23K 35/308 (2013.01)

B23K 9/0026 (2013.01)

B23K 9/02 (2013.01)

C21D 9/50 (2013.01)

B23K 2201/12 (2013.01)

B23K 2203/02 (2013.01)

B23K 2203/18 (2013.01)

(72) 발명자

이안식

전라남도 광양시 진동2길 13, 301동 1705호 (중동,
대광로제비앙3차아파트)

한겨례

충청남도 천안시 동남구 목천읍 신계1길 41, 108동
904호 (동우아파트)

박소영

충청남도 보령시 주교면 울계큰길 500

명세서

청구범위

청구항 1

합금강과 탄소강의 용접 방법에 있어서,

상기 합금강은 탄소 0.06 내지 0.15 중량%, 망간 0.25 내지 0.66 중량%, 인 0.02 내지 0.03 중량%, 황 0.005 내지 0.020 중량%, 실리콘 0.18 내지 0.56 중량%, 몰리브덴 0.8 내지 1.1 중량%, 크롬 7.9 내지 9.6 중량%, 니켈 0.3 내지 0.6 중량%, 니오븀 0.05 내지 0.11 중량%, 바나듐 0.16 내지 0.27 중량%, 질소 0.025 내지 0.08 중량% 및 여분의 철을 포함하고,

상기 탄소강은 탄소 0.2 내지 0.3 중량%, 망간 0.79 내지 1.30 중량%, 인 0.03 내지 0.04 중량%, 황 0.03 내지 0.04 중량%, 실리콘 0.13 내지 0.45 중량% 및 여분의 철을 포함하고,

상기 용접은, 플럭스 코어드 와이어를 이용한 플럭스 코어드 아크 용접으로 수행되는 것을 특징으로 하는 합금강과 탄소강의 용접 방법.

청구항 2

제1항에 있어서, 상기 플럭스 코어드 와이어는, 탄소 0.08 내지 0.13 중량%, 망간 1.00 내지 1.40 중량%, 인 0.01 내지 0.03 중량%, 황 0.01 내지 0.03 중량%, 실리콘 0.3 내지 0.7 중량%, 몰리브덴 0.85 내지 1.2 중량%, 크롬 8.0 내지 10.5 중량%, 니켈 0.7 내지 0.9 중량%, 니오븀 0.02 내지 0.07 중량%, 바나듐 0.15 내지 0.25 중량%, 질소 0.02 내지 0.07 중량% 및 여분의 철을 포함하는 플럭스 코어를 포함하는 것을 특징으로 하는 합금강과 탄소강의 용접 방법.

청구항 3

제1항에 있어서, 상기 플럭스 코어드 아크 용접의 입열량은 10 내지 40kJ/cm인 것을 특징으로 하는 합금강과 탄소강의 용접 방법.

청구항 4

제1항에 있어서, 상기 플럭스 코어드 아크 용접의 실드 가스는, 탄산 가스 또는 탄산 가스와 불활성 가스의 혼합 가스를 포함하는 것을 특징으로 하는 합금강과 탄소강의 용접 방법.

청구항 5

제1항에 있어서, 상기 플럭스 코어드 아크 용접에 의해 얻어진 용접물은 700℃ 내지 800℃에서 후속 열처리 되는 것을 특징으로 하는 합금강과 탄소강의 용접 방법.

청구항 6

제1항에 있어서, 상기 플럭스 코어드 아크 용접에 의해 얻어진 용접물의 용접부의 미세조직은 템퍼드 마르텐사이트와 하부 베이나이트를 포함하는 것을 특징으로 하는 합금강과 탄소강의 용접 방법.

발명의 설명

기술 분야

[0001] 본 발명은 용접방법에 관한 것으로, 더욱 상세하게는 합금강과 탄소강의 용접방법에 관한 것이다.

배경 기술

[0002] 석유, 천연가스 및 전기와 같은 에너지 수요가 지속적으로 증가함에 따라 석유화학플랜트 및 발전소의 건설이 증가되고, 에너지 효율을 높이기 위한 고성능 압력용기의 개발이 활발히 진행되고 있다. 석유화학플랜트 및 발전소 분야에서 사용되는 압력용기는 모두 고온, 고압등 사용 환경이 매우 가혹하다. 뿐만 아니라 압력용기가 적

용되고 있는 기기의 대형화 및 고성능화는 사고 발생 시 막대한 피해로 이어질 수 있으므로 고기능성, 내구성, 안전성에 대한 요구는 커지고 있어 제작 시 시공법에 대한 신뢰성 확보는 중요한 문제로 대두되고 있다.

[0003] 현재 원자력 발전소에서 주기기는 주로 합금강으로 제작이 되고 있으나, 기술적, 경제적 이유로 부분적으로 이중 금속 용접을 적용해야하는 경우가 발생하고 있다.

[0004] 가장 널리 사용되고 있는 아크 용접은, 용입 깊이가 깊지 못하기 때문에 후물 강재의 용접시에는 수회의 용접 작업을 반복하는 다중 용접을 하여야 하며, 그에 따라, 용접 생산성이 매우 저하되나, 용접 생산성을 높이기 위하여 용접 입열량을 높일 경우에는 용접부의 물성 저하 및 용접열에 의한 열변형이 커지게 되는 문제가 있다.

[0005] 플럭스 코어드 아크 용접법(FCAW)은 저온 충격인성이 뛰어나고 고능률성, 생산성 및 신뢰성 확보가 우수하여 널리 사용되고 있다. 그러나, 이중금속용접은 현장적용사례가 부족하고 금속학적 결점으로 몇몇의 구조물에 사용되고 있는데, 이 중 부적절한 용가재의 사용으로 용접부에서 결함이 발생되어 크고 작은 문제를 야기하기도 한다.

발명의 내용

해결하려는 과제

[0006] 이에, 본 발명의 기술적 과제는 이러한 점에서 착안된 것으로 이중 금속의 용접 특성을 개선할 수 있는, 합금강과 탄소강의 용접방법을 제공하는 것이다.]

과제의 해결 수단

[0007] 상기한 본 발명의 목적을 실현하기 위한 일 실시예에 따른 합금강과 탄소강의 용접 방법에 따르면, 상기 합금강과 상기 탄소강은 플럭스 코어드 와이어를 이용한 플럭스 코어드 아크 용접으로 수행된다. 상기 합금강은 탄소 0.06 내지 0.15 중량%, 망간 0.25 내지 0.66 중량%, 인 0.02 내지 0.03 중량%, 황 0.005 내지 0.020 중량%, 실리콘 0.18 내지 0.56 중량%, 몰리브덴 0.8 내지 1.1 중량%, 크롬 7.9 내지 9.6 중량%, 니켈 0.3 내지 0.6 중량%, 니오븀 0.05 내지 0.11 중량%, 바나듐 0.16 내지 0.27 중량%, 질소 0.025 내지 0.08 중량% 및 여분의 철을 포함하고, 상기 탄소강은 탄소 0.2 내지 0.3 중량%, 망간 0.79 내지 1.30 중량%, 인 0.03 내지 0.04 중량%, 황 0.03 내지 0.04 중량%, 실리콘 0.13 내지 0.45 중량% 및 여분의 철을 포함한다.

[0008] 일 실시예에서, 상기 플럭스 코어드 와이어는, 탄소 0.08 내지 0.13 중량%, 망간 1.00 내지 1.40 중량%, 인 0.01 내지 0.03 중량%, 황 0.01 내지 0.03 중량%, 실리콘 0.3 내지 0.7 중량%, 몰리브덴 0.85 내지 1.2 중량%, 크롬 8.0 내지 10.5 중량%, 니켈 0.7 내지 0.9 중량%, 니오븀 0.02 내지 0.07 중량%, 바나듐 0.15 내지 0.25 중량%, 질소 0.02 내지 0.07 중량% 및 여분의 철을 포함하는 플럭스 코어를 포함한다.

[0009] 일 실시예에서, 상기 플럭스 코어드 아크 용접의 입열량은 10 내지 40kJ/cm이다.

[0010] 일 실시예에서, 상기 플럭스 코어드 아크 용접의 실드 가스는, 탄산 가스 또는 탄산 가스와 불활성 가스의 혼합 가스를 포함한다.

[0011] 일 실시예에서, 상기 플럭스 코어드 아크 용접에 의해 얻어진 용접물은 700℃ 내지 800℃에서 후속 열처리된다.

[0012] 일 실시예에서, 상기 플럭스 코어드 아크 용접에 의해 얻어진 용접물의 용접부의 미세조직은 템퍼드 마르텐사이트와 하부 베이나이트를 포함한다.

발명의 효과

[0013] 본 발명의 실시예에 의하면, 이중 합금(탄소강 및 합금강)의 용접이 가능하며, 얻어진 용접물은 우수한 물성을 가질 수 있다.

도면의 간단한 설명

[0014] 도 1은 본 발명의 일 실시예에 따른 합금강과 탄소강의 용접 방법에 사용될 수 있는 플럭스 코어드 와이어를 도시한 사시도이다.

도 2는 본 발명의 일 실시예에 따른 합금강과 탄소강의 용접 방법에 사용될 수 있는 용접 시스템을 개략적으로 도시한 블록도이다.

도 3은 실시예 1 내지 3의 시편 및 용접 방법을 도시한 단면도이다.

도 4는 실시예 1 내지 3에서 얻어진 용접물의 용접부에서 입열량에 따른 인장시험 결과를 도시한 그래프이다.

도 5는 실시예 1 내지 3에서 얻어진 용접물의 용접부에서, 온도 변화 조건에서 입열량에 따른 충격시험 결과를 도시한 그래프이다.

도 6은 실시예 1 내지 3에서 얻어진 용접물의 용접부에서 표면 직하 2mm에서 수평 방향으로 측정된 경도값을 나타내는 그래프이다.

도 7은 시예 1 내지 3에서 얻어진 용접물의 용접부에서 입열량에 따른 수직 방향 경도값을 나타내는 그래프이다.

발명을 실시하기 위한 구체적인 내용

- [0015] 본 발명은 다양한 변경을 가할 수 있고 여러 가지 형태를 가질 수 있는 바, 실시예들을 본문에 상세하게 설명하고자 한다. 그러나 이는 본 발명을 특정한 개시 형태에 대해 한정하려는 것이 아니며, 본 발명의 사상 및 기술 범위에 포함되는 모든 변경, 균등물 내지 대체물을 포함하는 것으로 이해되어야 한다. 각 도면을 설명하면서 유사한 참조부호를 유사한 구성요소에 대해 사용하였다. 제1, 제2 등의 용어는 다양한 구성요소들을 설명하는데 사용될 수 있지만, 상기 구성요소들은 상기 용어들에 의해 한정되어서는 안 된다.
- [0016] 상기 용어들은 하나의 구성요소를 다른 구성요소로부터 구별하는 목적으로만 사용된다. 본 출원에서 사용한 용어는 단지 특정한 실시예를 설명하기 위해 사용된 것으로, 본 발명을 한정하려는 의도가 아니다. 단수의 표현은 문맥상 명백하게 다르게 뜻하지 않는 한, 복수의 표현을 포함한다.
- [0017] 본 출원에서, "포함하다" 또는 "이루어진다" 등의 용어는 명세서상에 기재된 특징, 숫자, 단계, 동작, 구성요소, 부분품 또는 이들을 조합한 것이 존재함을 지정하려는 것이지, 하나 또는 그 이상의 다른 특징들이나 숫자, 단계, 동작, 구성요소, 부분품 또는 이들을 조합한 것들의 존재 또는 부가 가능성을 미리 배제하지 않는 것으로 이해되어야 한다.
- [0018] 다르게 정의되지 않는 한, 기술적이거나 과학적인 용어를 포함해서 여기서 사용되는 모든 용어들은 본 발명이 속하는 기술 분야에서 통상의 지식을 가진 자에 의해 일반적으로 이해되는 것과 동일한 의미를 가지고 있다. 일반적으로 사용되는 사전에 정의되어 있는 것과 같은 용어들은 관련 기술의 문맥 상 가지는 의미와 일치하는 의미를 가지는 것으로 해석되어야 하며, 본 출원에서 명백하게 정의하지 않는 한, 이상적이거나 과도하게 형식적인 의미로 해석되지 않는다.
- [0019] 본 발명의 일 실시예에 따르면, 플럭스 코어드 아크 용접법(flux cored arc welding)을 이용하여, 합금강과 상기 탄소강을 용접한다.
- [0020] 상기 합금강은, 탄소(C), 망간(Mn), 인(P), 황(S), 실리콘(Si), 몰리브덴(Mo), 크롬(Cr), 니켈(Ni), 니오븀(Nb), 바나듐(V), 질소(N) 및 여분의 철을 포함한다. 예를 들어, 상기 합금강은 탄소 0.06 내지 0.15 중량%, 망간 0.25 내지 0.66 중량%, 인 0.02 내지 0.03 중량%, 황 0.005 내지 0.020 중량%, 실리콘 0.18 내지 0.56 중량%, 몰리브덴 0.8 내지 1.1 중량%, 크롬 7.9 내지 9.6 중량%, 니켈 0.3 내지 0.6 중량%, 니오븀 0.05 내지 0.11 중량%, 바나듐 0.16 내지 0.27 중량%, 질소 0.025 내지 0.08 중량% 및 여분의 철을 포함할 수 있다(불가피한 불순물 포함).
- [0021] 예를 들어, 상기 합금강의 인장강도는 약 585 내지 760MPa일 수 있다. 상기 합금강은 고온에서 우수한 강도를 갖는다.
- [0022] 상기 탄소강은, 탄소, 망간, 인, 황, 실리콘 및 여분의 철을 포함한다. 예를 들어, 상기 탄소강은, 탄소 0.2 내지 0.3 중량%, 망간 0.79 내지 1.30 중량%, 인 0.03 내지 0.04 중량%, 황 0.03 내지 0.04 중량%, 실리콘 0.13 내지 0.45 중량% 및 여분의 철을 포함할 수 있다(불가피한 불순물 포함).
- [0023] 예를 들어, 상기 탄소강의 인장 강도는 약 485 내지 620MPa일 수 있다. 상기 탄소강은 저온에서의 신뢰성이 높고 비교적 높은 강도와 노치 인성을 가질 수 있다.
- [0024] 상기 용접에는 용접 와이어가 사용될 수 있다. 예를 들어, 상기 용접 와이어로는 플럭스 코어드 와이어가 사용될 수 있다.
- [0025] 도 1은 본 발명의 일 실시예에 따른 합금강과 탄소강의 용접 방법에 사용될 수 있는 플럭스 코어드 와이어를 도

시한 사시도이다. 도 1을 참조하면, 플럭스 코어드 와이어는 원통 형상으로 형성된 강재로 이루어진 외피(110)의 내측에 플럭스 코어(120)가 충전된 것일 수 있다. 예를 들어, 상기 플럭스 코어는 탄소, 망간, 인, 황, 실리콘, 몰리브덴, 크롬, 니켈, 니오븀, 바나듐, 질소 및 여분의 철을 포함할 수 있다. 보다 구체적으로, 상기 플럭스 코어는, 탄소 0.08 내지 0.13 중량%, 망간 1.00 내지 1.40 중량%, 인 0.01 내지 0.03 중량%, 황 0.01 내지 0.03 중량%, 실리콘 0.3 내지 0.7 중량%, 몰리브덴 0.85 내지 1.2 중량%, 크롬 8.0 내지 10.5 중량%, 니켈 0.7 내지 0.9 중량%, 니오븀 0.02 내지 0.07 중량%, 바나듐 0.15 내지 0.25 중량%, 질소 0.02 내지 0.07 중량% 및 여분의 철을 포함할 수 있다(불가피한 불순물 포함).

[0026] 상기 플럭스 코어드 아크 용접에는 차폐(shield) 가스가 제공된다. 예를 들어, 상기 차폐 가스는 탄산 가스, 또는 탄산 가스와 불활성 가스(예를 들어, 아르곤 가스 등)의 혼합 가스 등을 포함할 수 있다.

[0027] 일 실시예에서, 상기 플럭스 코어드 아크 용접이 입열량은 10 내지 40kJ/cm일 수 있다.

[0028] 본 발명의 일 실시예에 따르면, 상기 합금강과 상기 탄소강의 용접 후에, 후속 열처리(post-weld heat treatment)가 진행될 수 있다.

[0029] 일 실시예에서, 상기 후속 열처리는 약 700℃ 내지 800℃에서 진행될 수 있다.

[0030] 상기 후속 열처리를 거친 후, 상기 용접 복합체는 로냉(cooled in furnace) 등의 방식을 통해 냉각된다.

[0031] 상기 탄소강과 상기 합금강의 용접은 종래의 플럭스 코어드 아크 용접을 위한 시스템으로 수행될 수 있다.

[0032] 예를 들어, 도 2에 도시된 용접 시스템이 이용될 수 있다. 도 2를 참조하면, 용접 시스템(10)은 용접 전력 유닛(12), 용접 와이어 공급기(14), 가스 공급 시스템(16), 및 용접 토치(18)를 포함한다. 용접 전력 유닛(12)은 일반적으로 용접 시스템(10)에 전력을 공급하며, 또한 클램프(26)를 갖는 리드 케이블(24)을 사용하여 작업편(22)에 결합될 뿐만 아니라 케이블 번들(20)을 통해 용접 와이어 공급기(14)에 결합될 수 있다. 도시된 실시예에 있어서, 용접 와이어 공급기(14)는 소비 가능한 관형 용접 와이어(즉, 용접 전극)를 공급하기 위해 또한 용접 시스템(10)의 작동 중 용접 토치(18)에 전력을 공급하기 위해, 케이블 번들(28)을 통해 용접 토치(18)에 결합된다. 다른 실시예에 있어서, 용접 전력 유닛(12)은 용접 토치(18)와 결합할 수 있으며 또한 이에 직접적으로 전력을 공급할 수 있다.

[0033] 본 발명의 실시예들에 따르면, 이중 합금(탄소강 및 합금강)의 용접이 가능하며, 얻어진 용접물은 우수한 물성을 가질 수 있다.

[0034] 이하에서는 구체적인 실시예 및 실험예를 통하여 본 발명의 효과를 살펴보기로 한다.

[0035] 실시예 1-3

[0036] 합금강으로서 A516 Gr. 91, 탄소강으로서, A387 Gr. 70을 이용하여(시편 크기는 300(L)x300(W)x16(T)), 도 3에 도시된 것과 같이, 두 강 사이 홈 각도 60°, 루트면 2mm, 루트간격 2.5mm로 가공하여 4패스의 FCA(Flux Cored Arc) 용접을 실시하였다. 보호가스는 100% CO₂를 사용하였으며, 플럭스 코어드 와이어는 E91T1-B9C를 사용하였다.

[0037] 상기 용접을 진행함에 있어서, 아래의 표 1에 도시된 것과 같이, 전류값(A)을 변화시켜 15.0, 22.5, 30.0 kJ/cm의 입열량으로 용접을 진행하고, 후속 열처리로서 750℃에서 2.5h 유지한 후 로냉하였다.

[0038] 표 1

	전류 (A)	전압 (V)	속도 (mm/s)	입열량 (kJ/cm)	후속열처리
실시예 1	200	25	25	15.0	750℃ / 2.5h
실시예 2	300	25	25	22.5	
실시예 3	400	25	25	30.0	

[0039]

[0040] 각 시편의 조직을 관찰하기 위하여, 정밀연마 후 합금강과 용접부는 왕수(질산+염산), 탄소강은 나이탈 5%(에탄올+질산) 용액을 이용하여 에칭 후 두 강의 표면 직하 2mm부근의 열영향부와 용착금속의 각 패스구간을 관찰하였다.

[0041] 또한, 각 시편의 기계적 특성은 충격, 인장, 경도시험을 통하여 분석하고, 화학적 특성은 부식시험 및 화학성분 분석을 통하여 분석하였다. 충격시험은 KS B 0809 4호 시험편을 제작하여 4개의 온도를 설정한 후 하중 30kg-m의 샤르피 충격시험기로 수행하였으며, 인장시험은 KS B 0801의 비례 14 A호 시험편으로 제작하여 만능인장시험기로 실험을 수행하였다. 경도시험은 마이크로 비커스 경도기로 10kgf의 하중을 두어 표면 직하 2mm 부근과 용접부에서 수행하였다.

[0042] 용접부(합금강과 탄소강의 경계, 용착부)에서는, 입열량 15.0kJ/cm 일 때 초층(1st layer) 조직에서 템퍼드 마르텐사이트(Tempered Martensite, TM)가 관찰되는데 입열량이 증가할수록 TM의 분율이 줄고 하부 베이나이트(Lower Bainite, LB)의 분율이 증가하는 것을 관찰할 수 있었다.

[0043] 또한, 합금강(A516)쪽 열영향구간(HAZ, heat-affected zone)에서는, 입계 페라이트(Grain Boundary Ferrite, GBF), 위드만스텐 페라이트(Widmannstätten Ferrite, WF), 침상형 페라이트(Acicular Ferrite, AF)가 혼합된 조직이 관찰되었다. 이 구간에서는 아래의 표 2에서 나타낸 것과 같이, 입열량이 증가할수록 GBF 분율은 증가하고 WF 분율은 감소하였다.

[0044] 표 2

입열량 (kJ/cm)	GBF (%)	WF (%)	AF (%)
15.0	77.6	17.1	5.3
22.5	84.4	8.7	7.4
30.0	92.4	4.4	3.2

[0045]

[0046] 또한, 탄소강(A387)쪽 열영향 구간에서는, 입열량 15.0kJ/cm 일 때 조직으로 템퍼드 마르텐사이트(Tempered Martensite, TM)가 관찰되며, 입열량이 증가할수록 TM 분율은 감소하고 LB 분율이 증가하는 것이 관찰되었다.

[0047] 도 4는 용접부에서 입열량에 따른 인장시험 결과를 도시한 그래프이다.

[0048] 도 4를 참조하면, 입열량(Heat Input)이 증가할수록 인장강도(Tensile Strength)가 감소함을 확인할 수 있다. 이는 입열량이 증가할수록, 용접부에서 경한 조직인 TM의 분율이 감소하고, LB의 분율이 증가하는데서 기인한 것일 수 있다.

[0049] 도 5는 용접부에서, 온도 변화 조건에서 입열량에 따른 충격시험 결과를 도시한 그래프이다.

[0050] 도 5를 참조하면, 용접부의 충격에너지(Impact Energy)는 -25℃ 내지 -35℃ 구간에서 뚜렷하게 감소하였는데, 파단면을 분석한 결과, -25℃ 이상에서는 연성파괴인 딥풀이 발생하고, -35℃ 이하에서는 취성 파괴인 벽개파괴(Cleavage fracture)가 발생하기 때문임을 확인할 수 있었다.

[0051] 도 6은 용접부 표면 직하 2mm에서 수평 방향으로 측정된 경도값을 나타내는 그래프이다.

[0052] 도 6을 참조하면, 용접부(Weld Metal)에서의 경도는 탄소강(A387)과 합금강(A516) 보다 높은 경도값(Vickers Hardness)을 지니지만 탄소강의 열영향구간(HAZ)보다 낮은 결과를 보였다. 전반적으로는 입열량이 낮을수록 대부분의 구간에서의 경도가 높게 나타났는데 이는 입열량이 증가할수록 냉각속도가 느려지기 때문이다. 용착금속에서 탄소강 열영향구간(HAZ)로 넘어가는 좁은 영역에서 탄소강 모재보다 경도가 더 낮은 영역(Softening zone)이 관찰되는데 이는 후속열처리시에 합금성분이 많은 용착금속으로의 탄소강의 성분 이동과 용접 입열에 의한 미세조직의 불안정화로 인해 발생한 열영향부 연화현상(HAZ softening)이 나타나기 때문이다. 합금강 열영향구간에서의 경도는 입열량이 증가할수록 낮아지는데, 이는 입열량이 증가할수록 합금강에서 용착금속으로의 탄소 확산이 증가하였기 때문이다.

[0053] 도 7은 입열량에 따른 용접부에서의 수직 방향 경도값을 나타내는 그래프이다.

[0054] 도 7을 참조하면, 입열량이 증가할수록 초층(1pass)에서의 경도는 감소하였으며, 패스가 증가함에 따라 전반적인 평균 경도값은 입열량이 증가할수록 감소하였다. 각 입열량 별로 패스 구간 사이의 경도값이 낮음을 확인할 수 있는데 이는 다층 용접시 각 패스 구간에 적용되는 용접 후 재가열에 의해 조직적으로 변화된 구간인 재열부(Reheated zone)에 의한 것일 수 있다.

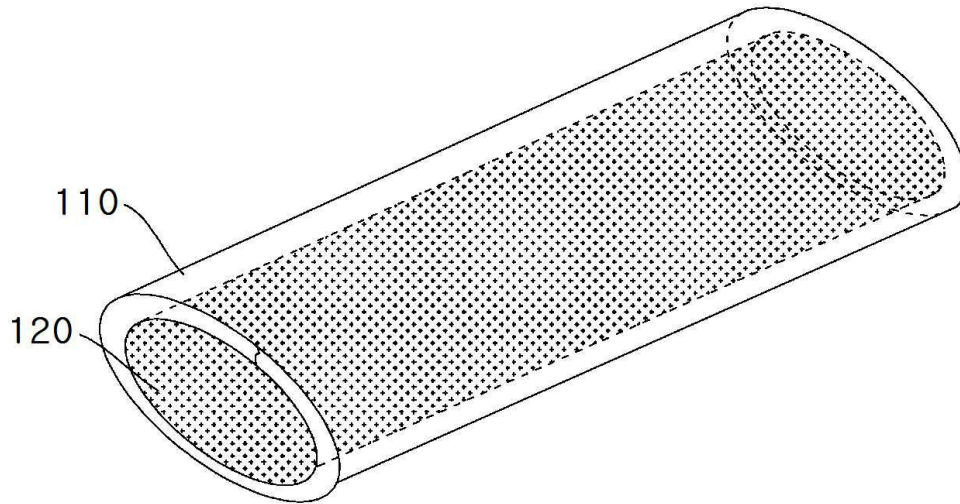
[0055] 상기에서는 본 발명의 바람직한 실시예를 참조하여 설명하였지만, 해당 기술 분야의 숙련된 당업자는 하기의 특허 청구 범위에 기재된 본 발명의 사상 및 영역으로부터 벗어나지 않는 범위 내에서 본 발명을 다양하게 수정 및 변경시킬 수 있음을 이해할 수 있을 것이다.

산업상 이용가능성

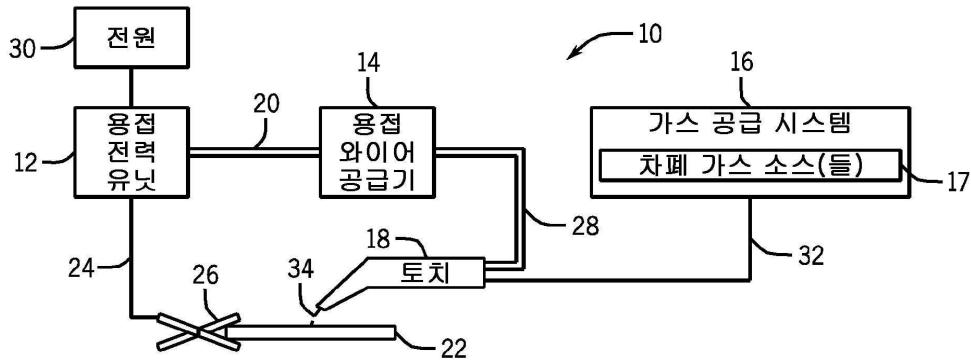
[0056] 본 발명은 이종 합금의 용접에 이용될 수 있다.

도면

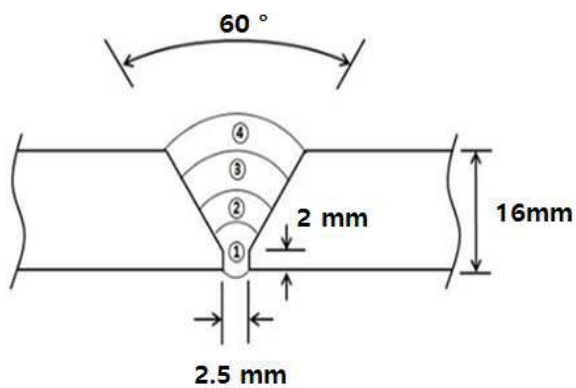
도면1



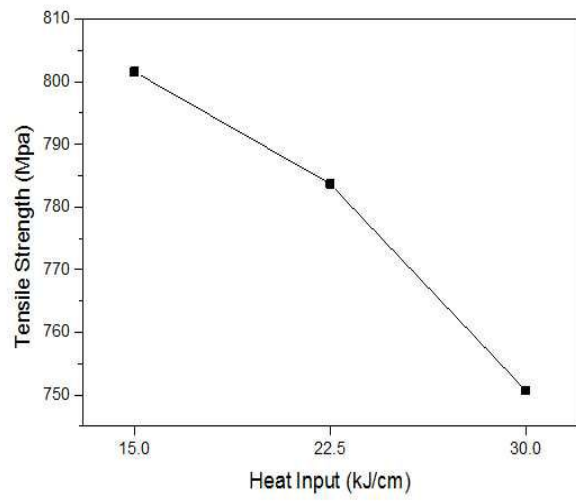
도면2



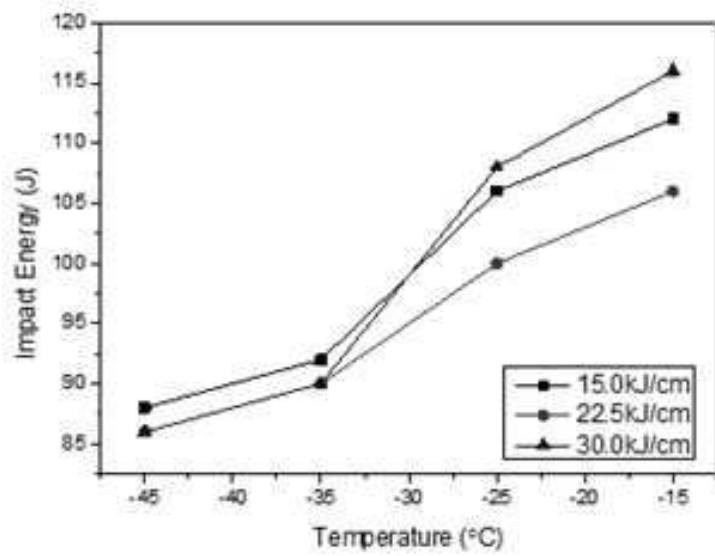
도면3



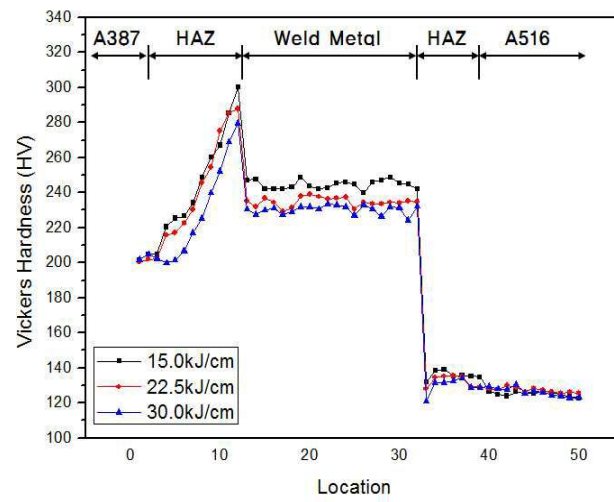
도면4



도면5



도면6



도면7

