



(19) 대한민국특허청(KR)
(12) 공개특허공보(A)

(11) 공개번호 10-2024-0055363
(43) 공개일자 2024년04월29일

(51) 국제특허분류(Int. Cl.)
B23K 9/29 (2006.01) B23K 35/30 (2006.01)
B23K 9/23 (2006.01)
(52) CPC특허분류
B23K 9/295 (2013.01)
B23K 35/308 (2013.01)
(21) 출원번호 10-2022-0135569
(22) 출원일자 2022년10월20일
심사청구일자 2022년10월20일

(71) 출원인
국립한밭대학교 산학협력단
대전광역시 유성구 동서대로 125 (덕명동)
(주)세아제강
서울특별시 마포구 양화로 45 ,25,26,27층(서교동, 세아타워)
우양에이치씨(주)
경기도 평택시 포승읍 포승공단로118번길 88
(72) 발명자
박준식
서울특별시 강남구 도산대로83길 48-8 아트빌라 301호
김선환
세종특별자치시 남세종로 384 호려울마을9단지 901동 201호
(뒷면에 계속)
(74) 대리인
판현기, 임동우

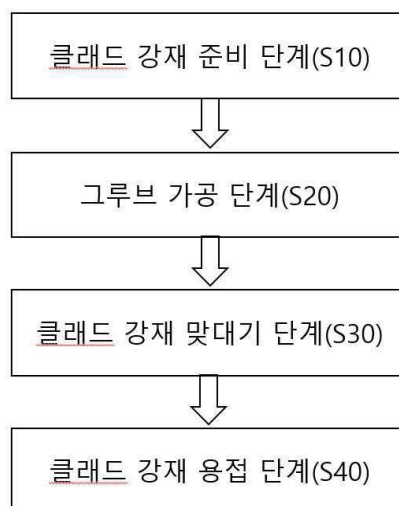
전체 청구항 수 : 총 8 항

(54) 발명의 명칭 스테인리스와 탄소강을 포함하는 클래드 강의 용접방법 및 이 방법으로 제조된 클래드 강

(57) 요약

본 발명은 스테인리스강과 탄소강을 포함하며 제조된 클래드 강을 용접하여 소정의 형태로 제조하는 클래드 강의 용접 방법과 이를 이용하여 제조된 클래드 강에 관한 것으로서, STS 316L/A516-70N 클래드 강을 용접하여 소정의 형상의 강을 제조하는 공정에서 용접시 그루브 각의 제어와 중간재 교체를 통하여 클래드 강의 생산효율성을 높이고 제조원가를 절감할 수 있도록 한 스테인리스와 탄소강을 포함하는 클래드 강의 용접방법 및 이 방법으로 제조된 클래드 강을 제공하고자 한다. 또한, 기존 공정 대비 생산 비용을 절감하면서도 생산된 클래드 강의 기계적 특성, 내산화성 및 강도는 유지할 수 있는 스테인리스와 탄소강을 포함하는 클래드 강의 용접방법 및 이 방법으로 제조된 클래드 강을 제공하고자 한다.

대표도 - 도1



(52) CPC특허분류

B23K 9/23 (2013.01)

(72) 발명자

황철홍

대전광역시 유성구 학하서로121번길 55-9 우경빌라
401호

한두희

대전광역시 중구 동서대로 1388 금호한사랑아파트
104동 1004호

조명우

대전광역시 유성구 지족북로 60 한화꿈에그린2블럭
207동 2702호

김성웅

경상북도 포항시 북구 새천년대로 1235 두산위브더
제니스 107동 902호

유경훈

경기도 군포시 산본로432번길 25 한양목련아파트
1209동 801호

이 발명을 지원한 국가연구개발사업

과제고유번호	1415168808
과제번호	20010717
부처명	산업통상자원부
과제관리(전문)기관명	한국산업기술평가관리원
연구사업명	소재부품기술개발(R&D)
연구과제명	광폭 압연클래드 후판을 이용한 강관 및 압력용기 제조기술 개발
기 여 율	1/1
과제수행기관명	세아제강
연구기간	2020.04.01 ~ 2022.12.31

명세서

청구범위

청구항 1

강의 본체를 이루는 탄소강인 모재와 상기 모재의 상단부에 접합된 스테인리스인 클래드부로 이루어진 클래드 강을 준비하는 단계(S10);

상기 클래드 강 of 끝단을 가공하여 그루브를 형성하는 단계(S20);

상기 클래드 강을 적어도 둘 이상 준비하여 상기 클래드 강 사이에 공간이 형성되도록 상기 끝단을 서로 마주보도록 위치시키는 단계(S30); 및

상기 공간으로 전극 와이어를 삽입시켜 적어도 둘 이상의 상기 클래드 강을 용접하는 단계(S40)를 포함하며,

상기 용접하는 단계에서, 상기 모재 부분을 먼저 용접한 후 상기 클래드부를 용접할 때 중간재를 삽입하여 용접하는 단계(S41)를 더 포함하는, 스테인리스와 탄소강을 포함하는 클래드 강의 용접방법.

청구항 2

제1항에 있어서,

상기 모재는 ATMS 규격 A516-70N 탄소강인, 스테인리스와 탄소강을 포함하는 클래드 강 of 용접방법.

청구항 3

제1항에 있어서,

상기 클래드부는 KS규격 스테인리스 STS316L 인, 스테인리스와 탄소강을 포함하는 클래드 강 of 용접방법.

청구항 4

제1항에 있어서,

상기 그루브는 상기 끝단을 서로 마주보도록 위치시킬 때 생기는 상기 공간의 형태가 H 형상을 이루는 H 그루브인, 스테인리스와 탄소강을 포함하는 클래드 강 of 용접방법.

청구항 5

제1항에 있어서,

상기 중간재의 조성은 C: 0.005 내지 0.2중량%, Si:0.3내지 0.6중량%, Mn:1.0 내지 2.0중량%, Cr:20 내지 25중량%, Ni:11 내지 15중량%, Mo:0.05 내지 0.2중량%와 나머지 Fe로 이루어지는, 스테인리스와 탄소강을 포함하는 클래드 강 of 용접방법.

청구항 6

제 1항에 있어서,

상기 중간재는 KS규격 스테인리스 STS 309L인, 스테인리스와 탄소강을 포함하는 클래드 강 of 용접방법.

청구항 7

제 1항에 있어서,

상기 용접은 FCAW(Flux Cored Arc Welding) 또는 GTAW(Gas Tungsten Arc Welding) 중 어느 하나인, 스테인리스와 탄소강을 포함하는 클래드 강의 용접방법.

청구항 8

제1항 내지 제7항 중 어느 한 항의 방법으로 제조된, 스테인리스와 탄소강을 포함하는 클래드 강.

발명의 설명

기술 분야

[0001] 본 발명은 스테인리스강과 탄소강을 포함하며 제조된 클래드 강을 용접하여 소정의 형태로 제조하는 스테인리스와 탄소강을 포함하는 클래드 강의 용접방법 및 이 방법으로 제조된 클래드 강에 관한 것이다.

배경 기술

[0002] 클래드 합금은 고난이도 접합 기술에 의한 신소재이며 여러 가지 다양한 금속을 압착함으로써 각각의 재료가 가진 장점만을 극대화하는 기술로 도금과는 달리 다른 금속의 얇은 판을 함께 압연하여 표피에 다른 금속을 접합하는 고급 신소재이다. 표면에 사용되는 금속은 필요성에 따라 열전도율, 열보존율, 열효율성, 내식성 등 기계적 특성이 뛰어난 재료를 선택하여 다른 금속과 결합하여 사용하여 경제성 또한 뛰어난 기술이다. 특히 스테인리스 및 Ni기 금속은 해양 플랜트에 사용되며 우수한 기계적 특성과 내부식성에 의해 고온, 고압과 부식 등 다양한 극한의 환경에서 사용된다. 스테인리스 및 Ni기 클래드강은 일상생활에서 사용되는 주방용품부터 산업 현장에서 사용되는 압력용기, 해양 환경의 파이프, 각종 저장조, 선박, 등에 다양하게 적용되고 있다.

[0003] 비교적 손쉽게 제조할 수 있는 클래드(clad) 강이 가전, 자동차, 중공업 등의 산업 전반에 폭 넓게 이용되고 있다. 스테인리스(stainless) 클래드 재는 사용 목적에 따라 다방면으로 사용되고 있다. 클래드 강(clad steel)은 내식성(corrosion resistance) 및 강성(rigidity)이 동시에 요구되는 압력용기(pressure vessel)용 재료로 많이 사용되고 있다. 그러나 클래드강은 현재 적용 분야 및 수요에서, 제조원가의 문제가 있다. 즉 재료 측면에서는 스테인리스강에 첨가되는 많은 합금 원소를 절약할 수 있어 경제적 생산에 유리하지만 일반 탄소강보다 제조 공정이 복잡하여 생산 효율성이 낮다. 탄소강과 스테인리스강 사이에 Ni과 같은 중간재(foil)가 삽입되는 경우도 많아 제조 원가가 높기 때문에 경제적으로 수요가 낮다.

[0004] 현재 클래드 합금은 폭발 압접을 이용하여 제조한 Ti-Cu 이중 클래드 판재의 TIG 용접 건전성에 대해 연구하여 열교환기와 같은 부품으로 제조 가능성을 제시하거나 타이타늄-구리를 열간 압연을 통해 제조한 STS 304L/A516-70N과 STS316L/A516-70N 클래드 재들의 미세조직을 비교한 연구와, 용접 시 그루브(groove) 각의 축소에 따른 영향을 비교하여 기계적 특성을 분석한 연구, 접합을 통해 클래딩 하는 방식이 아닌 레이저를 이용하여 다층 클래딩한 Al-Si 합금의 미세조직과 내마모 특성 분석한 연구 등 요구되는 특성에 따라 선택된 금속으로 제작한 클래드 합금들이 많은 관점으로 연구가 진행되고 있다. 즉, 가격이 저렴한 탄소강을 외부에 사용하고 내부식성이 필요한 부분에는 가격이 비싼 스테인레스 강을 접합하여 사용하고 있다.

[0005] 하지만 클래드 합금의 용접 시 그루브 각에 따른 용접 후 미세조직, 기계적 특징, 중간재 교체에 따른 효과를 비교하여 클래드 강을 생산하는 것에 대한 연구나 결과물은 드물다. 그루브 각은 효율적으로 용접하기 위해 용접하는 모재 사이에 만들어진 가공부를 말한다. 그루브의 형상에는 V자 형상의 X 그루브와 U자 형상의 H 그루브 등 다양한 형태가 있다.

발명의 내용

해결하려는 과제

[0006] 본 발명에서는 STS 316L/A516-70N로 이루어진 클래드 강을 용접하여 소정의 형상의 강을 제조하는 공정에서 용접 시 그루브 각의 제어와 중간재 교체를 통하여 클래드 강 생산효율성을 높이고 제조원가를 절감할 수 있도록 한 스테인리스와 탄소강을 포함하는 클래드 강의 용접방법 및 이 방법으로 제조된 클래드 강을 제공하고자

한다. 또한, 기존 공정 대비 생산 비용을 절감하면서도 생산된 클래드 강의 기계적 특성, 내산화성 및 강도는 유지할 수 있는 스테인리스와 탄소강을 포함하는 클래드 강의 용접방법 및 이 방법으로 제조된 클래드 강을 제공하고자 한다.

과제의 해결 수단

- [0007] 강의 본체를 이루는 탄소강인 모재와 모재의 상단부에 접합된 스테인리스인 클래드부로 이루어진 클래드 강을 준비하는 단계와, 클래드 강의 끝단을 가공하여 그루브를 형성하는 단계와, 클래드 강을 적어도 둘 이상 준비하여 상기 클래드 강 사이에 공간이 형성되도록 끝단을 서로 마주보도록 위치시키는 단계 및 공간으로 전극 와이어를 삽입시켜 적어도 둘 이상의 클래드 강을 용접하는 단계를 포함한다. 또한, 용접하는 단계에서 모재 부분을 먼저 용접한 후 상기 클래드부를 용접할 때 중간재를 삽입하여 용접하는 단계를 더 포함하는 스테인리스와 탄소강의 용접방법이다.
- [0008] 본 발명에서 모재는 ATMS 규격 A516-70N 탄소강이며, 클래드재는 KS규격 스테인리스 STS316L 이다.
- [0009] 본 발명의 그루브는 상기 끝단을 서로 마주보도록 위치시킬 때 생기는 상기 공간의 형태가 H 형상을 이루는 H 그루브일 수 있다.
- [0010] 본 발명의 중간재의 조성은 C: 0.005 내지 0.2중량%, Si:0.3내지 0.6중량%, Mn:1.0 내지 2.0중량%, Cr:20 내지 25중량%, Ni:11 내지 15중량%, Mo:0.05 내지 0.2중량%와 나머지 Fe로 이루어질 수 있다.
- [0011] 본 발명의 용접에 사용되는 중간재는 KS규격 스테인리스 STS 309L일 수 있다.
- [0012] 본 발명에서의 용접은 FCAW(Flux Cored Arc Welding) 또는 GTAW(Gas Tungsten Arc Welding) 중 어느 하나를 사용할 수 있다.
- [0013] 또한, 상술한 방법으로 제조된 스테인리스와 탄소강을 포함하는 클래드 강을 통하여 스테인리스/탄소강 클래드 강을 보다 생산적이고 효율적이며 경제적으로 제조하고 기계적 특성 및 강도나 내산화성을 유지할 수 있도록 한다.

발명의 효과

- [0014] 본 발명의 스테인리스와 탄소강을 포함하는 클래드 강의 용접방법 및 이 방법으로 제조된 클래드 강은 STS 316L/A516-70N 클래드 판재의 용접 시 그루브(groove) 각의 형태와 중간재의 재료를 변경하여 클래드 강의 생산 효율과 경제성을 향상시킬 수 있는 효과가 있다.
- [0015] 또한, 기존 공정 대비 생산 비용을 절감하면서도 생산된 클래드 강의 기계적 특성, 내산화성 및 강도는 유지할 수 있는 효과가 있다.

도면의 간단한 설명

- [0016] 도 1은 본 발명에 따른 스테인리스와 탄소강을 포함하는 클래드 강의 용접방법을 순서에 따라 도시한 순서도이다.
- 도 2는 용접 전 스테인리스/탄소강을 포함하는 클래드 강 시편에 그루브를 형성하여 서로 맞대어 놓은 사진으로 (a)는 X 그루브, (b)는 H 그루브로 가공한 형태를 나타낸 사진이다.
- 도 3은 클래드 강의 용접 방법을 나타낸 모식도로서 (a)는 X 그루브로, (b)는 H 그루브로 가공하여 용접한 형태를 나타낸 사진이다.
- 도 4는 클래드 강의 용접 후의 SEM 분석 사진을 나타낸 것으로, (a)는 X 그루브 형태로 용접하고 중간재로 STS 309L을 사용한 STS 316L/STS 309L 경계부, (b)는 X 그루브로 용접한 STS 309L/A516-70N 경계부이고, (c)는 H 그루브 형태로 용접하고 중간재로 STS 308L을 사용한 STS 316L/STS 308L 경계부, (d)는 H 그루브 형태로 용접하고 중간재로 STS 308L을 사용한 STS 308L/A516-70N 경계부의 이미지이다.
- 도 5는 클래드 강의 인장 시험 결과를 나타낸 그래프로서, (a)는 X 그루브로 중간재 STS 309L을 사용한 봉상 시편의 인장시험 결과이고, (b)는 X 그루브로 중간재 STS 309L을 사용한 판상 시편의 인장시험 결과이고, (c)는 H 그루브로 중간재 STS 308L을 사용한 봉상 시편의 인장시험 결과이고, (d)는 H 그루브로 중간재 STS 308L을 사용한 판상 시편의 인장시험 결과이다.

도 6은 비커스경도 측정 결과를 나타낸 그래프로써, (a) V 그루브 중간재 STS 309L과 (b) H 그루브 중간재 STS 308L를 사용한 클래드 강의 경도값이다.

발명을 실시하기 위한 구체적인 내용

- [0017] 본 발명에서는 스테인레스와 탄소강(STS 316L/A516-70N)을 포함하는 클래드 합금강을 용접하여 소정의 형상을 가지는 클래드 강을 제조함에 있어 FCAW(Flux-cored arc welding) 및 GTAW(Gas tungsten arc welding)으로 용접을 수행하였다. 이와 같이 본 발명에서 클래드 강의 용접을 수행할 때 모재 사이에 형성되는 각도를 가진 형상인 그루브(groove) 각의 제어와 경제적인 중간재 선정을 통하여 생산 효율과 경제성을 향상시키고자 하였다. 기존에는 스테인레스/탄소강 클래드 강, 특히 판재의 용접 시 X 그루브 형태를 사용하고 STS 309L 중간재로 용접을 해왔으나, 본 발명에서는 STS 309L에 비해 가격이 저렴한 STS 308L 중간재를 사용하고 기존 X 그루브 대신 H 그루브를 사용하여 개선된 특성을 획득하였다.
- [0018] 또한, 본 발명에서 사용된 시험편은 비교를 위해 X 그루브 형태를 갖는 클래드 강은 STS 309L 중간재를 사용한 시험편과 H 그루브 형태를 갖는 클래드 강은 STS 308L 중간재를 사용한 시험편의 두 가지 시험편으로 나누어 용접을 수행하였다.
- [0019] 또 다른 그루브 각과 중간재를 사용한 클래드 강은 그루브 각의 변경에 따라 변형량 및 인장시험을 통해 그루브 각의 선정에 따른 우수한 효과를 비교 분석하고자 하였으며, 상술한 바와 같이 중간재의 값이 비싼 STS 309L를 비교적 가격이 낮은 STS 308L로 교체하여 용접을 실시하고 그 기계적 특성 및 강도가 유지되는지 확인하여 용접을 통한 클래드 강의 생산 시 경제성을 확보하고자 하였다.
- [0020] 구체적으로, 본 발명에 따른 스테인리스와 탄소강을 포함하는 클래드 강의 용접 방법을 설명하면 다음과 같다.
- [0021] 먼저, 강의 본체를 이루는 탄소강인 모재와 모재의 상단부에 접합된 스테인리스인 클래드부로 이루어진 클래드 강을 준비한다(S10).
- [0022] 본 발명에서 클래드 강에 사용되는 모재는 탄소강을 사용한다. 구체적으로 모재는 ATMS 규격 A516-70N 탄소강이며, 클래드재는 스테인리스 강으로서, KS규격 스테인리스 STS 316L 이다.
- [0023] 이와같이 스테인리스/탄소강을 포함하는 클래드 강은 모재 혹은 클래드재의 표면의 스케일, 먼지, 기름 등 오염 물질을 제거하는 전처리 공정을 거친 후 가열공정, 압연공정, 후열처리 공정을 거쳐 제조된다. 소재 조합에 따라서 후열처리 공정이 생략되기도 한다. 먼저 전처리로 서는 접합에 유해한 표면의 스케일, 기름 등을 제거하기 위하여 접합될 면을 연마하고 계면을 통한 탄소의 이동을 방지하기 위하여 접합될 면을 코팅하거나 박막을 접합할 면 사이에 삽입하기도 한다. 모재와 클래드재를 겹쳐서 압연하여 두 소재를 접합하며 고온에서 접합재 표면 산화를 방지하기 위하여 테두리를 용접하여 압연할 수도 있다.
- [0024] 다음으로 클래드 강의 끝단을 가공하여 그루브를 형성하는 단계(S20)를 거친다. 그루브는 효율적으로 용접하기 위해 용접하는 모재 사이에 만들어져 다양한 형태와 형태에 따른 소정의 각을 가지는 가공부를 말한다. 그루브의 형상에는 V자 형상의 X 그루브와 U자 형상의 H 그루브등 다양한 형태가 있다.
- [0025] 본 발명의 클래드 강 끝단에 가공하여 형성하는 그루브는 상기 끝단을 서로 마주보도록 위치시킬 때 생기는 상기 공간의 형태가 H를 이루는 H 그루브이다.
- [0026] 기존의 클래드 합금 판재 등의 용접에서는 X 그루브를 사용하여 왔다. 하지만 본 발명에서는 H 그루브 형태로 클래드 강 끝단을 가공하였다.
- [0027] 일반적으로 X 그루브는 용접 후 기계적 특성이 single V 그루브 및 H 그루브 보다 우수하여 항복응력, 인장응력 및 연신율이 더 요구되는 경우 사용되며, 양면 용접에 의해 완전한 용입을 얻는 방법으로 두꺼운 판에 유리하며 용접 변형도 적은 편이다. 한편, H 그루브는 용착 금속의 양과 용접 시 pass 수를 줄일 목적으로 사용된다. X 그루브는 형상이 V 형상으로써 그루브의 각이 일반적으로 30도에서 45도로 가공한다. 그러나 H 그루브는 U 형상으로 가공된다. 이러한 두개의 그루브를 비교해 볼 때, X 그루브에서의 각도가 H 그루브보다 넓으므로 용가재가 더 많이 투입된다. 또한, X 그루브 용접 시 모재 부분에서 용접을 시작하여 점차 클래드부 쪽으로 이동하면서 용접하므로 용접 각도가 점점 커지게 되고 필요한 pass 수가 증가하여 입열량이 증가되며 이는 더 큰 변형을 야기하는 문제점이 있다.
- [0028] 따라서 본 발명에서는 U자 형의 공간을 형성하는 H 형상의 그루브로 가공하여 모재에서 클래드부 쪽으로 이동하면서 용접을 실시한다. H 형상의 그루브는 공간이 U자형이므로 지속적으로 용접이 실시되는 동안 공간의 각도가

일정하게 유지되어 입열량이 유지되므로 변형을 적게 일으킬 수 있고 용가재의 투입량도 X 그루브에 비해 절감할 수 있다. 기존에 사용하였던 X 그루브와 본 발명에서 사용한 H 그루브는 도 2에 도시하였다.

[0029] 다음으로 봉상 혹은 판상 등 소정의 형태를 갖는 클래드 강을 적어도 둘 이상 준비하여 상기 클래드 강 사이에 공간이 형성되도록 끝단을 서로 마주보도록 위치시킨다(S30).

[0030] 판상이나 봉상 등의 형태 혹은 파이프 형태 등으로 제조하고자 하는 형태와 크개의 강을 제조하기 위하여 끝단이 그루브 가공된 둘 이상의 클래드 강을 연결할 수 있도록 끝단을 마주대어 맞대기 하고 끝단 사이에는 공간이 형성될 수 있도록 하는데 이 공간에 용접을 위한 장치 및 용가재 등이 인입될 수 있다.

[0031] 용가재는 금속의 용접 작업 시, 용접부에 부가적으로 녹여서 첨가하는 금속 재료를 일컫는다. 본 발명에서 용가재는 중간재를 포함한다.

[0032] 이와같이 적어도 둘 이상의 클래드 강 끝단을 마주보도록 배치시켜 맞대어 놓아 형성된 공간으로 전극 와이어를 삽입시켜 적어도 둘 이상의 클래드 강을 용접한다(S40).

[0033] 본 발명에서 용접은 FCAW(Flux Cored Arc Welding) 또는 GTAW(Gas Tungsten Arc Welding) 중 어느 하나를 사용한다. 또한, 상술한 방법으로 제조된 스테인리스와 탄소강을 포함하는 클래드 강을 통하여 스테인리스/탄소강 클래드 강을 보다 생산적이고 효율적이며 경제적으로 제조하고 기계적 특성 및 강도나 내산화성을 유지할 수 있도록 한다.

[0034] 또한, 용접하는 단계에서 모재 부분을 먼저 용접한 후 상기 클래드부를 용접할 때 중간재(Filler metal)를 삽입하여 용접한다(S41).

[0035] 일반적으로 클래드 강의 용접순서는 먼저 모재 측을 용접한 후 클래드부 측을 용접한다. 모재를 용접한 후 클래드재 측을 용접할 때에는 모재 측의 용접된 부분을 가우징 또는 그라인딩하여 제거한 다음 연마하여 클래드재용 용접 재료로 용접을 실시한다. 이때 첫 번째 층은 모재에 의한 희석을 고려하여 클래드재 보다 합금성분 함량이 높은 재료로 용접을 실시하며, 두 번째 층부터는 클래드재에 상응한 용접재료를 사용한다. 중간재는 모재와 클래드재의 중간부분에 위치하도록 사용되는 재료로서 H 그루브의 클래드 강 용접 시 모재인 탄소강 층에서 클래드재인 스테인리스 층의 박리현상을 방지하기 위해 사용되는 재료이다.

[0036] 본 발명의 용접에 사용되는 중간재의 조성은 C: 0.005 내지 0.2중량%, Si:0.3내지 0.6중량%, Mn:1.0 내지 2.0 중량%, Cr:20 내지 25중량%, Ni:11 내지 15중량%, Mo:0.05 내지 0.2중량%와 나머지 Fe로 이루어진다.

[0037] 이와 같은 조성을 가지는 재료를 중간재로 사용하는 이유는다른 스테인레스보다 Cr 및 Ni의 함유량이 더 높아 내산화성이 우수하며 스테인레스 용접 시 입계에 Cr carbide가 석출하여 내산화성을 저하시키는 입계 예민화를 방지할 수 있기 때문이다.

[0038] 바람직하게는 본 발명에 사용되는 중간재는KS규격 스테인리스 STS 309L인 것이 좋다. 이와 같이 클래드 강의 용접 시 중간재로 STS 309L을 사용하는 이유는 상술한 바와 같이 다른 스테인레스보다 STS 309L가 Cr 및 Ni의 함유량이 더 높아 내산화성이 우수하며 스테인레스 용접 시 입계에 Cr carbide가 석출하여 내산화성을 저하시키는 입계 예민화를 방지할 수 있기 때문이다.STS 309L과 STS 308L의 화학적 성분은 표1에 나타냈다.

표 1

	Fe	C	Si	Mn	Cr	Ni	Mo
STS 309L	balance	0.01	0.5	1.6	23.1	13.8	0.1
STS 308L	balance	0.02	0.5	1.6	19.8	9.6	0.2

[0040] 이러한 효과를 입증하기 위하여 본 발명에서는 중간재 선정에 따른 효과와 각 그루브 각에 따른 기계적 특성을 분석하여 보다 경제적이고 효율적인 클래드 강을 생산할 수 있도록 하였다.

[0041] 도 2는 용접 전 스테인리스/탄소강을 포함하는 클래드 강 시편에 그루브를 형성하여 서로 맞대어 놓은 사진으로 (a)는 X 그루브, (b)는 H 그루브로 가공한 형태를 나타낸 사진이다.

[0042] 시험실 스케일의 테스트를 위해 실제 용접 시 사용한 X 그루브 및 H 그루브의 STS 316L과 A516-70N을 클래드 한 클래드 강을 300 x 300 x 33.5(30 t + 3.5 t) mm (width x length x thickness)로 가공하였다.스테인리스를 포함하는 윗부분은 용접 시 발생할 수 있는 박리 현상을 방지하기 위해 스테인리스와 탄소강 사이에 약 5 mm 정도

의 간격을 준 후 45°의 개선 각을 내었으며 아랫부분인 탄소강은 40°로 개선 각을 내었다. H 그루브의 시험편의 경우 R = 6의 반지름의 원 형상과 8°의 개선각을 내었다. (a)에 나타낸 X 그루브는 용접 시 중간재로 STS 309L를, (b)에 나타낸 H 그루브는 STS 308L을 사용하였다.

[0043] 탄소강부인 A516-70N에 AWS E71T-1C과 중간재는 STS 309L 혹은 STS 308L를 사용하였다. 스테인리스부인 STS 316L는 STS 316L를 GTAW 용접 시에 사용하였다.

[0044] 도 3은 클래드 강의 용접 방법을 나타낸 모식도로서 (a)는 X 그루브로, (b)는 H 그루브로 가공하여 용접한 형태를 나타낸 사진이다.

[0045] 이와 같이 용접된 클래드 강 시험편의 미세조직 관찰을 위해 도 4와 같이 클래드 강의 용접 후의 SEM 분석 사진을 나타냈다. 도4의 (a)는 X 그루브 형태로 용접하고 중간재로 STS 309L를 사용한 STS 316L/STS 309L 경계부, (b)는 X 그루브로 용접한 STS 309L/A516-70N 경계부이고, (c)는 H 그루브 형태로 용접하고 중간재로 STS 308L을 사용한 STS 316L/STS 308L 경계부, (d)는 H 그루브 형태로 용접하고 중간재로 308L을 사용한 STS 308L/A516-70N 경계부의 이미지이다.

[0046] SEM(scanning electron microscopy)를 이용하여 미세조직을 관찰하였으며, 관찰된 미세조직 사진은 도 STS 316L의 etching 용액은 HNO₃ 10 ml, Acetic acid 10 ml, HCl 15 ml, Glycerol 5 ml를 혼합하여 사용하였으며 A516-70N은 HNO₃ 3 ml, Ethanol 97 ml를 혼합하여 사용하였다. 용접 방법에 따른 기계적 특성을 파악하기 위하여 봉상과 판상형의 시험편을 제작하여 인장시험을 진행하였다. 봉상의 시험편은 200 mm * 20∅의 규격으로 제작되었으며 판상의 인장시험편은 20 mm * 200 mm * 3.2t 규격으로 제작되어 KOLAS사의 Q250-Ve2H 만능재료시험기로 인장 시험을 수행하였으며, 경도 시험은 KOLAS사의 VMT-7 비커스 경도 시험기를 통해 비커스 경도를 측정하였다. 용접 후 변형량은 Bridge Cam gauge 통해 측정하였다.

[0047] 각 시험편의 용접 방법에 따른 용접조건은 표 2에 도시하였으며 다음과 같다.

[0048]

표 2

[0049]

welding method	current (A)	voltage (V)	welding speed (cm/min)	heat input (KJ)
FCAW	180 ~ 220	20 ~ 24 V	10 ~ 12	1.9
GTAW	190 ~ 220	16 ~ 18 V	8 ~ 10	2.6

[0050] V 그루브 STS 309L과 H 그루브 STS 308L은 동일한 용접 조건으로 용접을 실시하였으며, FCAW 용접의 조건은 180 ~ 220 A, 16 ~ 24 V와 8 ~ 12 cm/min의 용접 속도로 용접을 진행하였으며 GTAW 용접의 조건은 180 ~ 220 A, 16 ~ 18 V를 이용하여 8 ~ 10 cm/min의 용접 속도로 용접을 진행하였다.

[0051] 상기 표 2와 같이 두 용접 조건이 미소하게 다른 이유는 GTAW의 용접의 경우 FCAW 용접보다 아크전압이 낮고 용접속도가 느리기 때문이다.

[0052] X 그루브 및 H 그루브 모두 양면 용접에 의해 완전한 용입을 얻는 방법이며 H 그루브는 용착 금속의 양과 패스수를 X 그루브에 비해 적게 형성하며 충분한 용입량을 얻을 수 있다. 따라서 X 그루브 보다 H 그루브를 사용하였을 때 비슷한 용입량에 비해 적은 패스수로 인해 변형량이 덜 발생할 것으로 예상되었다.

[0053] 실험 결과 용접 후 측정된 각 시험편의 변형량은 X 그루브 STS 309L은 5 mm, H 그루브 STS 308L은 2 mm로서, 예상한 바와 같이 H 그루브의 변형량이 더 적게 발생하였다.

[0054] 따라서 각 시험편의 미세조직을 통해 용접금속부, 열영향부 및 모재부 분석을 수행하였다.

[0055] 도 4는 클래드 강의 용접 후의 SEM 분석 사진을 나타낸 것으로, (a)는 X 그루브 형태로 용접하고 중간재로 STS 309L를 사용한 STS 316L/STS 309L 경계부, (b)는 X 그루브로 용접한 STS 309L/A516-70N 경계부이고, (c)는 H 그루브 형태로 용접하고 중간재로 STS 308L을 사용한 STS 316L/STS 308L 경계부, (d)는 H 그루브 형태로 용접하고 중간재로 308L을 사용한 STS 308L/A516-70N 경계부의 이미지이다.

[0056] 도 4에 나타낸 (a)의 STS 316L/STS 309L의 경계부에서 STS 316L과 STS 309L의 열영향부는 116.6 μm로 나타났으며, (b)의 STS 309L과 A516-70N의 열영향부는 99.2 μm로 나타났다.

[0057] 반면, 도 4 (c)의 H 그루브 308L의 STS 316L/STS 308L의 열영향부는 114.5 μ m과 STS 308L/A516-70N의 열영향부는 62.2 μ m의 결과가 나타났다.

[0058] 이와 같이 용접 방법 및 조건은 동일하게 수행하였기에 미세조직에 미치는 영향은 그루브 각에 따라 생성되는 pass 수에 의해 다음과 같이 X 그루브 STS 309L 시험편의 열영향부가 더 넓은 경향을 나타내며 이는 즉 변형량으로 결과가 이어진것으로 보인다. 위 시험편의 기계적 특성을 분석하기 위해 판상, 봉상 인장시험 및 경도 시험을 수행하였다.

[0059] 도 5는 클래드 강의 인장 시험 결과를 나타낸 그래프로써, (a)는 X 그루브로 중간재 STS 309L을 사용한 봉상 시험편의 인장시험 결과이고, (b)는 X 그루브로 중간재 STS 309L을 사용한 판상 시험편의 인장시험 결과이고, (c)는 H 그루브로 중간재 STS 308L을 사용한 봉상 시험편의 인장시험 결과이고, (d)는 H 그루브로 중간재 STS 308L을 사용한 판상 시험편의 인장시험 결과이다.

[0060] X 그루브 STS 309L 조건의 봉상 인장 시험편의 경우 최대 연신율 27.8 %, 인장강도 522.2 MPa를 나타내고 판상 인장 시험편은 경우 최대 연신율 26.7 %, 인장강도 536.6 MPa를 나타내었다. 반면 H 그루브 STS 308L의 봉상 인장 시험편의 경우 최대 연신율 24.1 %, 인장강도 524.9 MPa를 나타내고 판상 인장 시험편은 경우 최대 연신율 21 %, 인장강도 568.3 MPa를 나타내었다. 위 결과는 하기 표 3을 통해 도시하였으며 이를 비교하였을 때 두 시험편이 큰 차이를 나타내지 않아 중간재를 STS 309L에서 STS 308L로 교체에 따라 기계적 특성은 크게 차이가 없이 유지되는 것으로 확인되었다.

표 3

rod / plate	elongation (%)	tensile strength (MPa)	stress at 0.2 % offset (MPa)
X 그루브 STS 309L	27.8 / 26.7	522.2 / 536.6	316.8 / 359.3
H 그루브 STS 308L	24.1 / 21	524.9 / 568.3	344.1 / 379.3

[0062] 마지막으로, 본 발명의 클래드 강의 용접 후 시험편의 용접부 및 위치에 따른 기계적 특성을 확인하기 위해 비커스 경도를 측정하였다.

[0063] 도 6은 비커스경도 측정 결과를 나타낸 그래프로써, (a) V 그루브 중간재 STS 309L과 (b) H 그루브 중간재 STS 308L를 사용한 클래드 강의 결과이다.

[0064] X 그루브 STS 309L과 H 그루브 STS 308L 두 시험편 모두 용접부, 열영향부와 모재 순서로 경도값은 점점 낮아지는 경향을 나타내며 표 4를 통해 X 그루브 STS 309L, H 그루브 STS 308L의 경도시험 평균값 결과를 나타내었다.

표 4

	STS 316L	STS 309L/ STS 308L	A516-70N
X 그루브/ STS 309L	269 HV	346.6 HV	197.3 HV
H 그루브/ STS 308L	228 HV	387.3 HV	197.5 HV

[0066]

[0067] 두 시험편 모두 중간재 부분에서 가장 높은 경도값을 나타내었으며, X 그루브 STS 309L의 시험편의 최대 경도값은 420.6 HV, H 그루브 308L의 시험편의 최대 경도값은 423.5 HV를 나타낸다. 이를 통해 두 시험편의 경도 특성은 크게 차이가 발생하지 않은 것으로 사료되며 H 그루브 STS 308L의 시험편이 비교적 더 높은 경도값을 나타내는 이유는 X 그루브 STS 309L의 pass 수 및 입열량에 의해 H 그루브 STS 308L은 더 작은 용접 열영향부(HAZ부)를 나타내어 결정립이 더 작기 때문에 다음과 같은 결과가 나타났음을 알 수 있다. 따라서 H 그루브 각을 사용하고 STS 308L 중간재를 이용한 시험편이 X 그루브 각의 STS 309L 중간재를 사용하는 시험편보다 기계적 특성이 더 우수하며 값싼 중간재로 인해 경제적 효과가 우수한 것으로 나타났다.

[0068] 이처럼 본 발명에서는 스테인리스/탄소강(STS 316L/A516-70N) 클래드 판재의 용접 시 경제성을 향상시키기 위해

두 가지를 변경하였다. 기존 클래드 강 용접에 사용되던 X 그루브 형태를 H 그루브 형태로 가공하여 용접함으로써 용가재 투입량과 열입량을 X 그루브 보다 줄여 열변형을 줄이고 경제적인 용접이 가능하도록 하였으며, X 그루브의 판재와 H 그루브의 판재와 용접 시 탄소강에서 스테인레스의 박리현상을 방지하기 위해 사용되는 중간재를 기존의 STS 309L에서 STS 308L로 변경하였다.

[0069] 그 결과 용접 후 X 그루브 형태로 중간재 STS 309L를 사용한 클래드 강은 5 mm의 변형량을 나타낸 반면 본 발명에서의 H 그루브 형태로 중간재 STS 308L은 2 mm의 변형량을 나타내었다. 이는 그루브각이 X 그루브에서 H 그루브로 변경함에 있어 용접 시 생성되는 비드의 pass수가 감소하였고 이는 즉 사용되는 용가재의 양이 감소함을 나타낸다. 또한 각 시험편의 미세조직을 분석하였을 때 용접열에 의해 발생하는 HAZ부(열영향부) 또한 H 그루브 308L의 시험편이 더 좁게 나타났다. 이는 앞서 변형량의 감소의 원인으로 작용한 결과이며 경계부의 Cr carbide의 형성도 확인되지 않았다. 이는 STS 309L을 STS 308L로 교체하여도 용접 후 내산화성이 저하되지 않음을 나타낸다.

[0070] 또한, 각 시험편의 봉상, 판상 시험편 각각 인장시험을 수행한 결과 X 그루브 STS 309L 봉상 인장 시험편의 경우 최대 연신율 27.8 %, 인장강도 522.2 MPa를 나타내고 판상 인장 시험편은 경우 최대 연신율 26.7 %, 인장강도 536.6 MPa를 나타내었다. 반면 H 그루브 STS 308L의 봉상 인장 시험편의 경우 최대 연신율 24.1 %, 인장강도 524.9 MPa를 나타내고 판상 인장 시험편은 경우 최대 연신율 21 %, 인장강도 568.3 MPa를 나타내었다. 또한 각 시험편의 STS 316부, 중간재 (STS 309L/STS 308L)부와 A516-70N부의 경도를 측정하였을 때 X 그루브 STS 309L은 269 HV, 346.6 HV와 197.3 MPa를 나타내었으며, H 그루브 STS 308L은 228 MPa, 387.3 HV와 197.5 HV로 큰 차이가 없음을 나타내었다.

[0071] 따라서 그루브각의 변경 및 중간재의 교체는 STS 316L/A516-70N의 용접 시 경제성을 향상시키며 내산화성 및 기계적 특성 저하 없이 용접이 이루어진 것을 확인하였다.

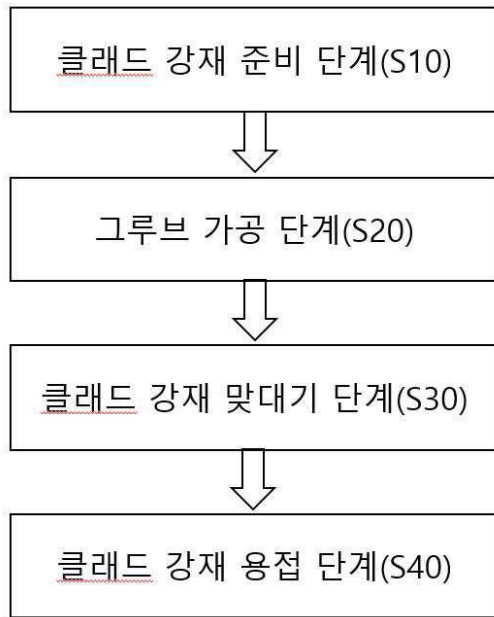
[0072] 이와 같이 본 발명에 따른 스테인리스와 탄소강을 포함하는 클래드 강의 용접방법과 이 방법을 이용하여 제조된 클래드 강은 클래드 강 간 용접을 실시할 때 그루브 형태를 H 그루브 형태로 하고 중간재로서 STS 308L을 사용함으로써 용접에 사용되는 비용을 절감하며, 열변형을 줄이고 내산화성 및 기계적 특성의 저하가 없으므로 생산 효율 향상과 경제성 향상의 효과가 있다.

부호의 설명

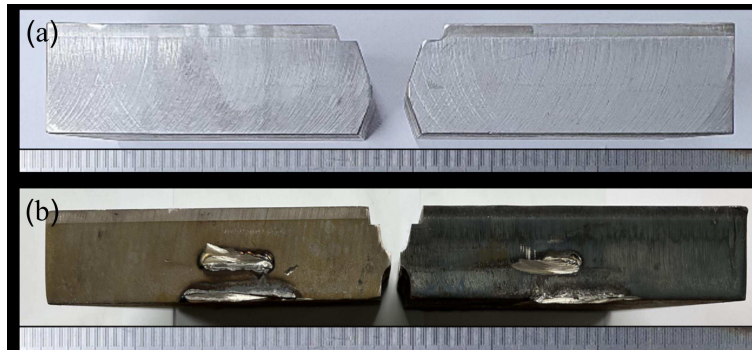
[0073] S10: 클래드 강 준비단계 S20:그루브 가공 단계
S30: 클래드 강 맞대기 단계 S40: 클래드 강 용접 단계
S41: 중간재 삽입 단계

도면

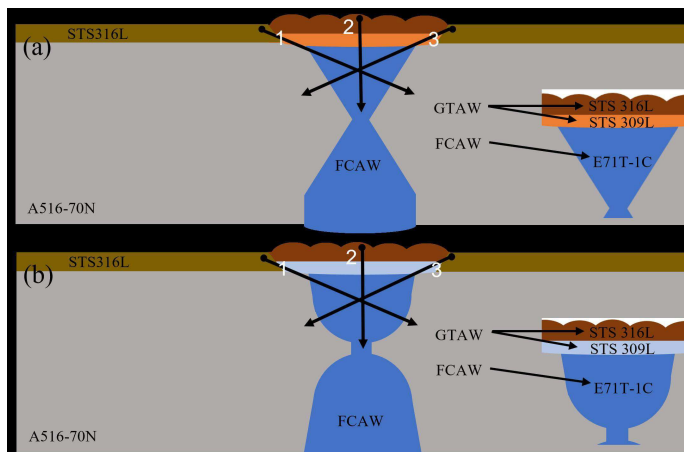
도면1



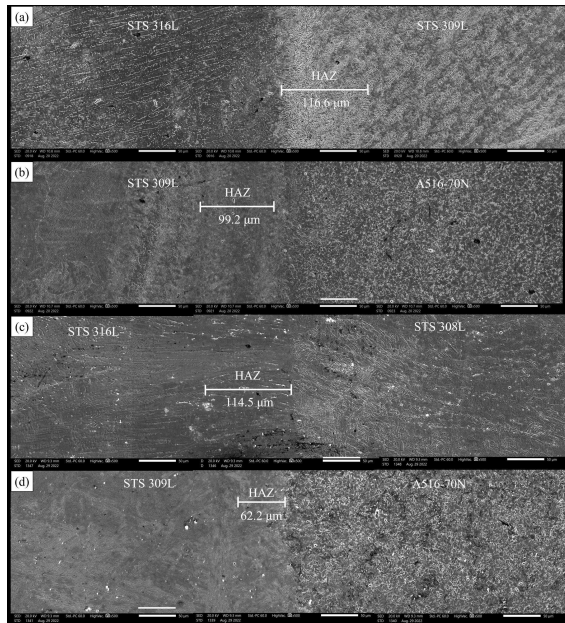
도면2



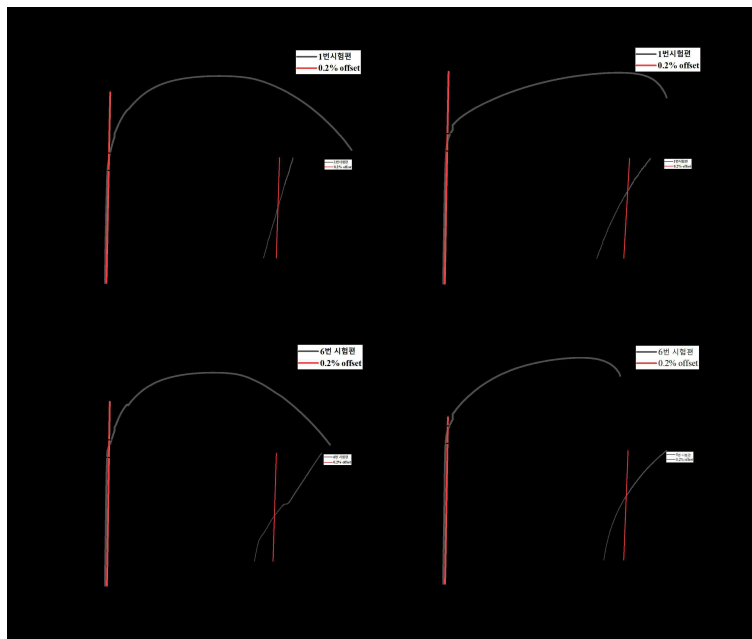
도면3



도면4



도면5



도면6

