



(19) 대한민국특허청(KR)
(12) 공개특허공보(A)

(11) 공개번호 10-2018-0058136
(43) 공개일자 2018년05월31일

(51) 국제특허분류(Int. Cl.)

B23K 9/23 (2006.01) *B23K 9/095* (2006.01)
C22C 38/02 (2006.01) *C22C 38/04* (2006.01)
C22C 38/44 (2006.01) *C22C 38/58* (2006.01)
B23K 103/18 (2006.01)

(52) CPC특허분류

B23K 9/232 (2013.01)
B23K 9/095 (2013.01)

(21) 출원번호 10-2016-0156877

(22) 출원일자 2016년11월23일

심사청구일자 2016년11월23일

(71) 출원인

한국기술교육대학교 산학협력단

충남 천안시 동남구 병천면 충절로 1600, 내 (한국기술교육대학교)

(72) 발명자

고진현

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

김지수

경기도 의왕시 중앙샛길 38-4, 301호 (삼동, 럭키빌라)

(뒷면에 계속)

(74) 대리인

특허법인 남앤드남

전체 청구항 수 : 총 2 항

(54) 발명의 명칭 스테인리스강과 탄소강의 이중금속 용접방법 및 이를 통해 용접된 용접부 조성

(57) 요약

본 발명의 다양한 실시예에 따른 스테인리스강과 탄소강의 이중금속 용접방법은, 탄소(C) 0.08 wt%, 실리콘(Si) 1 wt%, 망간(Mn) 2 wt%, 인(P) 0.045 wt%, 니켈(Ni) 10 내지 14 wt%, 크롬(Cr) 16 내지 18 wt%, 몰리브덴 2 내지 3 wt%를 포함하는 스테인리스강을 준비하는 단계; 탄소(C) 0.21 wt%, 실리콘(Si) 0.15 내지 0.4 wt%, 망간(Mn) 0.6 내지 0.8 wt%, 인(P) 0.035%를 포함하는 탄소강을 준비하는 단계; 및 상기 스테인리스강과 상기 탄소강을 용접하는 단계를 포함하고, 상기 용접하는 단계에서 전류 120A, 전압 10V, 속도 8cpm, 입열량 9.00 내지 13.50 kJ/cm의 용접조건으로 용접하는 것을 특징으로 한다.

(52) CPC특허분류

C22C 38/02 (2013.01)

C22C 38/04 (2013.01)

C22C 38/44 (2013.01)

C22C 38/58 (2013.01)

B23K 2203/18 (2013.01)

(72) 발명자

유관휘

전라북도 전주시 덕진구 솔내로 142, 103동 302호
(송천동1가, 신일아파트)

고연경

경기도 수원시 권선구 세류로 60, 102동 504호 (세
류동, LH수원센트럴타운1단지)

명세서

청구범위

청구항 1

탄소(C) 0.08 wt%, 실리콘(Si) 1 wt%, 망간(Mn) 2 wt%, 인(P) 0.045 wt%, 니켈(Ni) 10 내지 14 wt%, 크롬(Cr) 16 내지 18 wt%, 몰리브덴 2 내지 3 wt%를 포함하는 스테인리스강을 준비하는 단계;

탄소(C) 0.21 wt%, 실리콘(Si) 0.15 내지 0.4 wt%, 망간(Mn) 0.6 내지 0.8 wt%, 인(P) 0.035%를 포함하는 탄소강을 준비하는 단계; 및

상기 스테인리스강과 상기 탄소강을 용접하는 단계를 포함하고,

상기 용접하는 단계에서 전류 120A, 전압 10V, 속도 8cpm, 입열량 9.00 내지 13.50 kJ/cm의 용접조건으로 용접하는 것을 특징으로 하는 스테인리스강과 탄소강의 이중금속 용접방법.

청구항 2

제1항에 있어서,

상기 용접하는 단계에서 입열량은 10 kJ/cm 내지 11 kJ/cm 인 것을 특징으로 하는 스테인리스강과 탄소강의 이중금속 용접방법.

발명의 설명

기술 분야

[0001] 본 발명은 스테인리스강과 탄소강의 이중금속 용접방법 및 이를 통해 용접된 용접부의 구성에 관한 것이다.

배경 기술

[0002] 용접은 대형 강판을 연속적으로 연결할 수 있는 장점을 가지고 있다. 리벳 이음에 비해 밀폐성이 높아서 보일러, 선박, 해양플랜트 등의 분야에서 널리 사용되고 있다.

[0004] 최근에 해양플랜트 산업은 점차 시추가 이루어지는 수심이 깊어지고, 과거 석유에 한정되어 있던 채취가 여러분야로 확대됨에 따라 새로운 재료에 대한 연구가 활발히 이루어지고 있다.

[0006] 스테인리스강은 내식성과 내공핍성을 가져서 해양플랜트 설치에 적합하다. 또한 탄소강은 저온에서의 신뢰성이 높고 비교적 높은 강도와 노치 인성(Notch Toughness)을 지녀 깊은 수심에 배치되는 구조물 및 탱크 설치에 유리하다.

[0008] 탄소함량이 적은 저탄소강과 스테인리스강의 이중용접은 발전분야, 화학분야, 석유화학분야, 원자력산업에서 널리 이용되고 있다. 이중금속 용접은 기술적, 경제적인 이유로 항공기, 우주산업, 전자기기, 저온기기 등 첨단 산업 분야에 고품질 고기능성을 가지면서 가격면에서 유리한 제품생산에 적용되고 있다.

[0010] 그러나 이중금속 용접은 시공시 용융온도 및 응고온도가 금속 화학성분 차이에 따라 달라진다. 용융온도 및 응고온도가 금속 화학성분 차이에 따라 달라지는 경우, 용접시 금속조직의 조대화가 발생할 수 있다. 이중금속 용접은 금속 화학성분의 차이에 따라 격자구조와 물성치가 달라서 용접후 응고시에 균열발생빈도가 증가하고, 기공이 발생하기 쉬운 문제점이 있다.

[0012] 특히 용융접에서 용접차가 큰 경우 응고 시에 용접차로 인한 응력이 발생하기 쉽다. 용접차로 인한 응력은 용융접에서 균열을 발생시킨다. 또한 계면에 취약한 생성상이 형성되거나, 두 금속의 회석 때문에 균열이 발생하여 양호한 성능을 얻을 수 없는 문제가 있다.

[0014] 더욱이 용접부의 개선과 용가재 사용으로 인하여 용접재료의 가격이 상승한다. 이종금속용접의 일반적인 용융용접은 오스테나이트 스테인리스강의 전극봉이나 용가재를 사용하고 있다. 이들의 전극봉이나 용가재는 높은 합금 원소를 가지고 있어서, 용접부 탄소강 재료의 회석정도에 따라 미세조직의 균열민감도가 선택적으로 적용되고 있다. 결국 용접변수 즉, 입열량, 용접속도 등의 선정에 따라 고온균열에 의한 용접금속 결함이 발생할 수 있다.

발명의 내용

해결하려는 과제

[0015] 본 발명은 상기와 같은 문제점을 해결하기 위한 것으로서, 본 발명의 목적은 용접 품질을 향상시키고, 비용을 절감할 수 있는 스테인리스강과 탄소강의 이종금속 용접방법을 제공하는데 있다.

과제의 해결 수단

[0016] 본 발명의 다양한 실시예에 따른 스테인리스강과 탄소강의 이종금속 용접방법은, 탄소(C) 0.08 wt%, 실리콘(Si) 1 wt%, 망간(Mn) 2 wt%, 인(P) 0.045 wt%, 니켈(Ni) 10 내지 14 wt%, 크롬(Cr) 16 내지 18 wt%, 몰리브덴 2 내지 3 wt%를 포함하는 스테인리스강을 준비하는 단계; 탄소(C) 0.21 wt%, 실리콘(Si) 0.15 내지 0.4 wt%, 망간(Mn) 0.6 내지 0.8 wt%, 인(P) 0.035%를 포함하는 탄소강을 준비하는 단계; 및 상기 스테인리스강과 상기 탄소강을 용접하는 단계를 포함하고, 상기 용접하는 단계에서 전류 120A, 전압 10V, 속도 8cpm, 입열량 9.00 내지 13.50 kJ/cm의 용접조건으로 용접하는 것을 특징으로 한다.

발명의 효과

[0017] 본 발명의 다양한 실시예에 따른 스테인리스강과 탄소강의 이종금속 용접방법에서 별도의 접합 재료를 생략할 수 있어 간단하게 용접할 수 있고, 비용을 절감할 수 있다. 또한, 이러한 용접방법으로 용접된 용접부는 기계적 특성이 우수하여 결함 발생을 줄일 수 있다.

발명을 실시하기 위한 구체적인 내용

[0018] 이하, 본 문서의 다양한 실시예들이 첨부된 도면을 참조하여 기재된다. 실시예 및 이에 사용된 용어들은 본 문서에 기재된 기술을 특정한 실시 형태에 대해 한정하려는 것이 아니며, 해당 실시예의 다양한 변경, 균등물, 및/또는 대체물을 포함하는 것으로 이해되어야 한다.

[0019] 이하, 첨부한 도면을 참조하여 본 발명의 실시예를 상세하게 설명하면 다음과 같다.

[0021] 본 발명의 스테인리스강과 탄소강의 이종금속 용접방법에서 모재는 스테인리스강 STS 316과 탄소강 A516-70 이 사용될 수 있다.

[0023] 스테인리스강 STS 316은 탄소(C) 0.07 내지 0.09 wt%, 실리콘(Si) 0.9 내지 1.1 wt%, 망간(Mn) 1.8 내지 2.2 wt%, 인(P) 0.040 내지 0.50 wt%, 니켈(Ni) 10 내지 14 wt%, 크롬(Cr) 16 내지 18 wt%, 몰리브덴 2 내지 3 wt%를 포함할 수 있다. 또한 스테인리스강 STS 316은 61 내지 70 wt%의 철(Fe)을 포함할 수 있다. 바람직하게는 스테인리스강 STS 316은 탄소(C) 0.08 wt%, 실리콘(Si) 1 wt%, 망간(Mn) 2 wt%, 인(P) 0.045 wt%, 니켈(Ni) 10 내지 14 wt%, 크롬(Cr) 16 내지 18 wt%, 몰리브덴 2 내지 3 wt%를 포함할 수 있다.

[0025] 탄소강 A516-70은 탄소(C) 0.20 내지 0.22 wt%, 실리콘(Si) 0.15 내지 0.4 wt%, 망간(Mn) 0.6 내지 0.8 wt%, 인(P) 0.030 내지 0.040 wt%를 포함할 수 있다. 또한 탄소강 A516-70은 98.5 내지 99.1 wt%의 철(Fe)을 포함할

수 있다. 바람직하게는 탄소강 A516-70은 탄소(C) 0.21 wt%, 실리콘(Si) 0.15 내지 0.4 wt%, 망간(Mn) 0.6 내지 0.8 wt%, 인(P) 0.035 wt%를 포함할 수 있다.

[0027] 스테인리스강과 탄소강은 전류 100 A 내지 140 A, 전압 8 V 내지 12 V, 속도 6 cpm 내지 10 cpm, 입열량 7.00 kJ/cm 내지 16 kJ/cm의 용접조건으로 용접할 수 있다. 입열량이 7.00 kJ/cm 보다 낮을 경우, 스테인리스강과 탄소강의 접합 속도가 느리고, 접합이 어려울 수 있다. 입열량이 13.50 kJ/cm보다 높을 경우 용접부의 경도가 낮아 결함 발생에 취약해질 수 있다. 바람직하게는, 스테인리스강과 탄소강은 전류 120 A, 전압 10 V, 속도 8 cpm, 입열량 9.00 kJ/cm 내지 13.50 kJ/cm의 용접조건으로 용접할 수 있다. 더욱 바람직하게는 입열량이 10.4 kJ/cm일 수 있다.

[0029] 이러한 조건으로 용접을 완료한 스테인리스강과 탄소강의 용접부는 조성을 가질 수 있다.

[0031] 본 발명의 용접은 시편에 V형 그루브를 가공하여 GTA 2패스 용접을 실시하되, 입열량은 10.4 kJ/cm, 16.9 kJ/cm, 23.4 kJ/cm이었다.

[0033] 조직관찰은 경면연마 후 왕수와 나이탈 용액을 이용하여 에칭하여 관찰하였다. X-선 회절기(XRD)를 이용하여 상 분석하였다. 또한 정확한 성분을 분석하기 위하여 EDS를 이용하여 용접부(WM, weld metal)의 화학성분을 분석하였다.

[0035] 기계적 특성 시험으로는 경도시험을 하였으며 각각 입열량별로 제작한 시험편의 용접부 절단면을 마이크로 비커스 경도기로 하중 1kgf로 실시하였다.

[0037] 입열량이 각 10.4 kJ/cm, 16.9 kJ/cm, 23.4 kJ/cm으로 용접하였다. A516-70 탄소강의 조직은, 입열량이 가장 적은 10.4 kJ/cm 인 경우 열영향부의 결정립 성장 속도가 느렸으며, 조직의 크기가 작고 열영향부의 영역도 작았다. 같은 방식으로 입열량이 16.9 kJ/cm에서는 10.4 kJ/cm인 경우보다 냉각속도가 증가하고 핵 성장으로 조직의 크기가 증가하였으며 열영향부의 영역도 증가했다. 입열량이 가장 큰 23.4 kJ/cm인 경우 냉각속도가 16.9 kJ/cm보다 크기 때문에 핵 성장으로 조직의 크기 및 열영향부의 영역이 가장 컸다.

[0039] 펄라이트, 마르텐사이트와 베이나이트의 조합, 마르텐사이트로의 조직변화를 관찰하였다. 상기 조직변화는 냉각 속도의 차이에 의해 조직적으로 발생했다. 용접부(WM)로부터 모재(BM)에 가까울수록 냉각속도가 느려져 조직의 변태가 마르텐사이트, 베이나이트, 펄라이트로 진행되는 것을 확인 할 수 있었다. 또한 모재(BM) 성분의 페라이트량 또한 증가된 것을 볼 수 있으며 조직이 조대해지는 것을 확인 할 수 있다.

[0042] 스테인리스강 STS316의 열영향부의 크기는 탄소강 A516-70에 비해 넓지 않다. 스테인리스강 STS316의 열영향부의 조직은 제1층에서 재열(reheat)을 받기 때문에 제2층과 다른 조직형태를 갖는다.

[0044] 오스테나이트계 스테인레스강과 탄소강을 용접하여 소량의 페라이트를 나타냈다. 조직이 한 방향으로 길게 성장하는 것이 보여 지면서 수지상과 비슷한 형상을 띄고 있었다. 이는 버미큘러(Vermicular) 페라이트 조직으로 8 페라이트 조직의 성장과 변태는 C_{req}/N_{ieq} 을 기준으로 나타나며 AF 모드($C_{req}/N_{ieq} \leq 1.48$)로 초정 오스테나이트 응고를 시작한 후, 인접한 수지상정의 경계에서 공정 페라이트가 정출되어 응고를 완료한 조직이었다

- [0046] 제1층의 조직은 FA 모드($1.48 \leq C_{req}/N_{eq} \leq 1.95$)이었다. 이는 초정 페라이트상으로 응고를 시작한 후, 포공 정반응에 의해 오스테나이트가 정출되어 응고를 완료한 조직이었다. 하지만 용접부의 재열부(Reheat zone, 도 5 참조)조직은 미세해지고 망상의 오스테나이트 조직을 나타내는 것으로 관찰되었다.
- [0048] 격자 분석을 통해 탄소강 A516은 BCC구조를 가지고 있었고, 스테인리스강 STS316은 FCC구조를 가지고 있음을 확인하였다. 용접부(WM)에서는 탄소강 A516과 스테인리스강 STS316 모재(BM)에서 검출되었던 피크와 2θ , hkl 격자가 혼합되어 나타나고 있음을 알 수 있었다. 이를 통해 용접부(WM)에는 모재(BM)로 사용된 탄소강 A516과 스테인리스강 STS316의 성분이 혼재하는 것으로 판단되며 두 강 이외의 성분은 검출되지 않았다.
- [0050] 각 입열량별 XRD피크를 비교분석한 결과를 보면, 입열량에 상관없이 43.5와 44.6부근의 2θ 값에서 피크의 강도가 높은 것을 볼 수 있었다. 이는 각각 γ -오스테나이트(FCC)와 δ -페라이트(BCC)에 해당하므로, 용접부에서는 이 두 성분의 성장방위가 가장 활발한 것으로 나타났다.
- [0052] 제1층에서는 입열량 10.4kJ/cm 일 때 크롬(Cr)과 니켈(Ni)의 함유량이 높았으며, 탄소(C)는 고입열로 용접시 제1층에서 높게 나타났다. 용접부에 크롬(Cr)함유량은 23.7%, 스테인리스강의 크롬(Cr)함유량은 16%정도이며 탄소강의 크롬(Cr)함유량은 그 성분이 미미하다. 결과적으로 용접부에 크롬(Cr)함유량을 봤을 때 스테인리스강의 기존 함유량보다 매우 높게 측정되었으며 부식에 강한 용접부 특성을 예측할 수 있다. 니켈(Ni) 또한 기존의 스테인리스강의 함유량과 비슷한 함유량을 보여주었으며 크롬(Cr)과 니켈(Ni)같은 경우 상층부로 갈수록 함유량이 증가하였으나 탄소(C)는 감소한 것을 확인하였다.
- [0054] 제1층의 경우 용접부의 경도는 153 내지 177이었으며, 제2층의 경우 용접부의 경도는 평균 147.4이었다. 그러나 같은 부위라고 하더라도 위치에 따라 큰 경도값의 차이를 보였으며 열영향부 경계면을 향할수록 더 높은 경도값이 측정 되는 것을 관찰하였다. 이를 통해 용접부에 영향을 미치는 잔열이 부위별로 영향력이 다른 것을 확인하였으며, 모재 부근 열 영향부에서 제일 큰 것으로 확인되었다.
- [0056] 입열량 10.4 kJ/cm 및 16.9 kJ/cm의 용접부의 경도값은 크게 영향을 받지 않았으나, 23.4 kJ/cm은 강한 입열량으로 인해 용접부의 급격한 연화가 진행됨을 확인 할 수 있다.
- [0058] 또한 제2층의 경도값과 비교하여 보았을 때 스테인리스강 STS316 모재(BM)쪽 방향의 용접부 열영향 부분의 경도가 제2층보다 크게 증가한 것을 관찰 하였다. 이는 조직관찰의 결과 용접 시에 용접부에 탄소강이 많이 혼입되었고, 마르텐사이트가 많이 형성되어 경도가 높아졌다고 판단하였다.
- [0060] 입열량별 제1층과 제2층의 경도 결과를 보면 제1층(하부)의 경우 입열량에 따라 용접의 경도 변화가 급격하게 이루어지는 것을 확인할 수 있었다. 이는 1차 용접 이후 2차 용접 진행에 따라 남아 있는 입열량에 많은 영향을 미치는 결과를 확인할 수 있었다. 여기서 특이한 점은 10.4kJ/cm의 입열량으로 용접시에 경도가 타 열영향부보다 큰 경도값을 보인다는 것인데, 이는 1차 용접부의 조직을 살펴보면 오스테나이트의 형태를 보이긴 하나, 좁은 용입부를 지니기 때문에 스테인레스로부터 크롬(Cr), 니켈(Ni), 몰리브덴(Mo) 등의 원소가 많이 분포 되고 탄소 인자에 의한 경화 진행으로 경도가 높게 형성되었다.
- [0062] 오스테나이트계 스테인레스강은 FCC구조를 가진다. 따라서 제1층은 제2층에 비해 더 많은 탄소(C), 수소(H), 산소(O), 질소(N), 붕소(B) 등을 고용 할 수 있으며, 하부 용접부는 상부 용접부에 비해 면적이 작아 스테인레스 모재(BM)로부터 크롬(Cr), 니켈(Ni), 몰리브덴(Mo)의 성분이 고루 분포하게 되어 경도가 높은 것으로 판단되었다.

- [0064] 상술한 실시예에 설명된 특징, 구조, 효과 등은 본 발명의 적어도 하나의 실시예에 포함되며, 반드시 하나의 실시예에만 한정되는 것은 아니다. 나아가, 각 실시예에서 예시된 특징, 구조, 효과 등은 실시예들이 속하는 분야의 통상의 지식을 가지는 자에 의하여 다른 실시예들에 대해서도 조합 또는 변형되어 실시 가능하다. 따라서 이러한 조합과 변형에 관계된 내용들은 본 발명의 범위에 포함되는 것으로 해석되어야 할 것이다.
- [0065] 또한, 이상에서 실시예들을 중심으로 설명하였으나 이는 단지 예시일 뿐 본 발명을 한정하는 것이 아니며, 본 발명이 속하는 분야의 통상의 지식을 가진 자라면 본 실시예의 본질적인 특성을 벗어나지 않는 범위에서 이상에 예시되지 않은 여러 가지의 변형과 응용이 가능함을 알 수 있을 것이다. 예를 들어, 실시예들에 구체적으로 나타난 각 구성 요소는 변형하여 실시할 수 있는 것이다. 그리고 이러한 변형과 응용에 관계된 차이점들은 첨부한 청구 범위에서 규정하는 본 발명의 범위에 포함되는 것으로 해석되어야 할 것이다.