

내열 · 내식용 스테인리스강과 일반구조용 탄소강의 이중금속재료 용접기술

한국과학기술정보연구원
전문연구위원 김환태
(htkimm@reseat.re.kr)

1. 서론

용접구조물 전체를 고합금강(High alloy steel) 단독으로 제작하는 것보다는 탄소강/저합금강(Carbon steel/Low alloy steel)과 고합금강을 동시에 사용하여 제작하는 것이 경제적인 측면과 용접구조물의 사용성능 측면에서 훨씬 유리한 경우가 많다. 예를 들어 석유화학산업의 정유공장 설비나 발전산업의 각종 설비에는 고합금강 계열의 스테인리스강과 저합금강 계열의 탄소강과 같은 이중금속재료 용접부가 많이 적용된다. 즉 설비의 내식성을 확보하기 위해 구성품 전체를 고합금강으로 제작하면 비용이 많이 소요됨으로 탄소강/저합금강과 고합금강을 적절하게 조합하여 제작비용을 절감하는 방법을 많이 사용한다. 이와 같이 부가가치가 큰 산업계에서 활용성이 높은 이중금속재료의 용접을 성공적으로 수행하기 위해서는 최고의 이중금속 용접부 품질을 얻을 수 있는 용접시공기술의 개발이 필요하다.

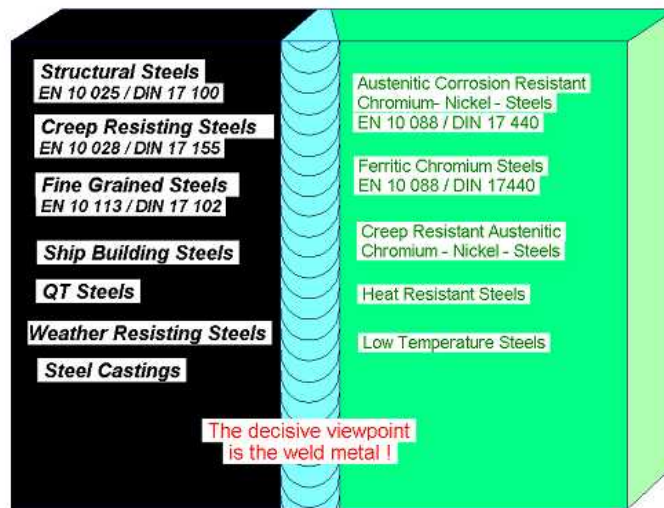
이중금속재료의 용접은 두 재료간의 화학성분과 물리적 성질의 차이 때문에 동종금속재료의 용접부에 비해 미세조직의 형태와 분포가 복잡하며 용접부의 기계적 성질에서도 많은 차이를 보인다. 따라서 이중금속재료 용접부의 품질을 높이기 위해서는 내식성과 기계적 성질을 확보하고 고온균열과 같은 용접결함을 방지해야 하며 이를 위해서는 적절한 용접재료의 선정, 용접금속의 희석률과 미세조직의 제어, 용접변수를 포함한 최적의 용접작업절차서를 작성하는 것이 중요하다.

본 보고서는 중화학산업, 발전플랜트, 조선·해양산업 등 많은 산업분야의 생산공정에서 폭넓게 활용되고 있는 이중금속재료의 용접공정 생산성 향상과 용접부의 우수한 품질을 확보할 수 있도록 고품질·고능률 이중금속재료 용접기술의 개요와 특성에 관하여 정리하였다.

2. 이중금속 용접 일반

고온·고압 분위기, 부식분위기에서 가동하는 장비가 증가함에 따라 가열장치, 반응장

치, 배관장치 등의 설비에 많은 종류의 고합금 재료가 사용되고 있다. 그런데 해당 설비 전체를 고합금 재료로 제작하면 비용이 많이 소요됨으로 저합금 재료/고합금 재료의 이중금속재료 복합구조시스템으로 제작비용을 절감하는 방법을 많이 사용한다. 유럽에서 정리한 저합금 철강재료와 고합금 철강재료를 조합하는 이중금속재료 복합구조시스템에 사용되는 소재의 종류와 조합은 <그림 1> 과 같다.⁽¹⁾ 이를 보면 저합금 철강재료에는 구조용 탄소강, 미세립강, QT강재, 내후성강, 주강 등이 포함되며 고합금 철강재료에는 Cr-Ni 스테인리스강, 내열강, 저온용강 등이 포함된다.



<그림 1> 저합금 철강재료 + 고합금 철강재료 이중금속 용접부 조합⁽¹⁾

페라이트계 구조용강과 오스테나이트계 스테인리스강과 같이 서로 다른 재질을 성공적으로 제작하기 위해서는 이중금속간의 용접·접합기술을 확보하는 것이 필수적이다. <표 1>에서는 저합금 철강재료(예: 구조용 탄소강)과 고합금 철강재료(예: 스테인리스강)를 사용하여 이중금속 용접부를 제작할 때 용접예열처리, 용접재료 선정, 용접공정 및 변수, 용접후열처리, 800~500℃ 사이의 냉각시간($t_{8/5}$), 그리고 Schaeffler diagram 관점에서 검토해야 할 내용들을 정리하였다.⁽¹⁾

<표 1> 이중금속 용접시공에서 주요 검토 사항⁽¹⁾

변수	탄소강(저합금 철강재료)	스테인리스강(고합금 철강재료)
용접예열처리	수소유기 균열 방지	적용 안함
용접재료 선정	충격인성, 항복강도	동일한 화학성분, 페라이트 석출량
용접공정 및 변수	$t_{8/5}$, 용접비드 형상, 경제성	용접비드 형상, 희석, 고온균열감수성
용접후열처리	용접열영향부의 최고 경도값 감소	예민화 영역, 입계 탄화물 석출
기 타	$t_{8/5}$ 범위	용접열영향부의 미세조직, CCT 곡선
	Schaeffler diagram	-
		고온균열감수성, 페라이트 석출량

3. 스테인리스강 종류별 이중금속 용접기술

3-1. 오스테나이트계 스테인리스강/탄소강

3-1-1. STS304L 스테인리스강/연강(mild steel)의 GTAW(gas tungsten arc welding)

- (1) KS ER309L 용접재료를 사용하여 STS304L 스테인리스강과 연강으로 구성되는 이중 재료 이음부를 용접하면 용접금속이 우수한 내식성을 발휘할 수 있는 화학성분을 가지게 된다.⁽²⁾
- (2) 용접금속의 화학성분을 정확히 유지하고 용접시공 절차에 의해 발생하는 용접입열량을 알맞게 조절하면 목적하는 용접부의 기계적 성질을 충분히 얻을 수 있다. 일반적으로 스테인리스강과 연강으로 구성되는 이중재료 이음부를 용접할 때는 두 모재 중에서 기계적 성질이 높은 쪽의 용접재료를 선정하여 사용하는 필요하다.⁽²⁾
- (3) 스테인리스강/연강의 이중재료 용접부의 내식성을 확보하는 방법의 하나로서 스테인리스강 모재와 용접금속에 대한 용접입열량을 일정 수준 이하로 제한하는 것이 효과적이다.
- (4) 즉 용접입열량을 제한하면 용착된 용접금속과 연강과의 희석률이 감소하게 된다. 이에 따라 용착금속 중의 합금성분이 줄지 않고 유지되면서 용접부의 내식성을 원하는 수준으로 확보할 수 있게 된다.
- (5) 한편 탄소와의 친화력이 Cr보다 더 높은 안정화 원소인 Ti, Nb를 함유한 용접재료(KS ER321, KS ER347)를 사용하여도 Cr-carbide 탄화물이 결정립계에 석출하는 것을 방지할 수 있게 된다.

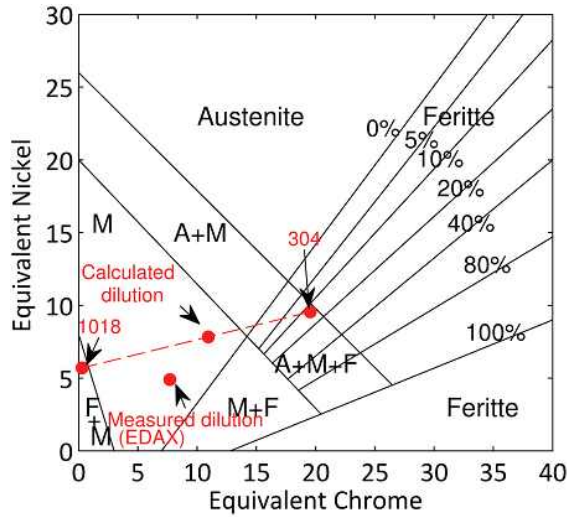
3-1-2. STS316L 스테인리스강/압력용기용 탄소강의 FCAW(flux cored arc welding)

- (1) KS STS316L은 18%Cr-12%Ni에 Mo을 약 2.5% 첨가한 오스테나이트 계열의 대표적인 내열강으로서 주로 화력·원자력 발전소의 증식로, 배관 및 밸브, 튜브를 비롯한 고온 구조물의 소재 등으로 사용된다. 압력용기용 탄소강 A516 Gr.70강은 용접성, 절삭성 및 가공성이 우수하며 저온·고온 압력용기, 저장용 탱크, 원자로 냉각재 배관, 탐조류 등에 사용되고 있다.⁽³⁾

- (2) 한국기술교육대학교는 판 두께 16mm의 STS316L과 A516 Gr.70강을 루트간격 3mm, 개선각 60° 로 맞추어 이중금속 용접을 실시하였다. 용접와이어는 오스테나이트계 스테인리스강용인 KS ER309LMoT1-1을 사용하였으며, 초층은 GTAW용접으로, 2~4 패스는 100% CO₂ 보호가스 분위기 하에서 플럭스코어드와이어 아크용접으로 워빙 용접하여 용접성을 평가하였다.
- (3) 이 결과에 의하면 이중금속 용접부는 모두 FA(ferrite-austenite)모드로 응고되었고 미세조직은 VF(vermicular ferrite)와 일부 LF(lath ferrite)가 형성되었으며 용접입열량이 증가함에 따라 페라이트가 조대화하였다.⁽³⁾
- (4) 이중금속 용접부에서 경도와 강도는 용접입열량이 증가할수록 감소하였다. 수평경도는 A516 Gr.70 강 용접열영향부에서 최고 경도값을 나타냈으며, 수직경도는 패스와 용접입열량이 증가할수록 감소하였다. 한편 이중금속 용접부의 충격에너지는 용접입열량이 증가할수록 상승되었다.

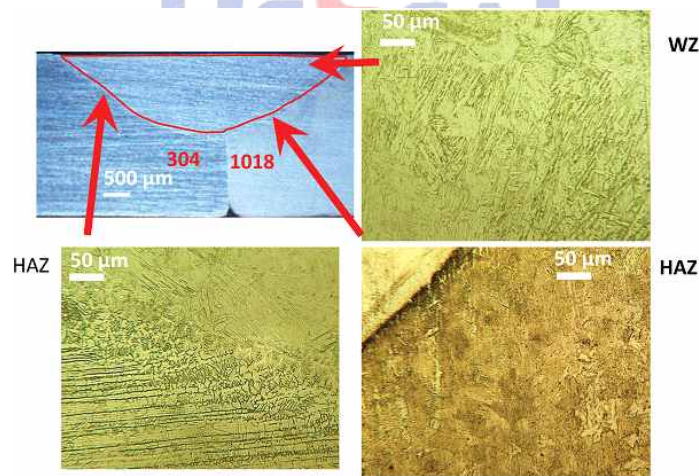
3-1-3. STS304 스테인리스강/AISI 1018 탄소강의 GTAW(gas tungsten arc welding)

- (1) STS304 스테인리스강과 AISI 1018 탄소강으로 이중금속 용접을 실시하면 용접시 공과정에서 고온으로 가열된 저합금강 용접금속이 급속냉각과정을 거치면서 오스테나이트가 마르텐사이트로 변태를 하고 격자의 부피가 5% 정도 팽창하면서 변태응력에 의한 잔류응력이 발생한다. 따라서 이중금속 용접부의 인장잔류응력을 감소시켜 주기 위해서는 오스테나이트에서 마르텐사이트로 상변태가 시작되는 변태개시 온도(Ms)를 가능한 낮추고 용접부의 냉각이 완료되는 온도보다 약간 높은 온도에서 상변태가 종료되도록 하는 것이 필요하다.
- (2) 미국 Clarkson university는 판 두께 3mm의 STS304 스테인리스강과 AISI 1018 탄소강을 GTAW법으로 용접전류 150A, 용접전압 18V, 용접속도 4mm/sec의 용접조건으로 이중금속용접을 실시하여 용접부의 미세조직과 잔류응력의 분포를 평가하였다.
- (3) 그 결과 AISI 1018/STS304을 사용한 이중금속재료 용접부의 미세조직은 Schaeffler Diagram을 사용하여 예측할 수 있다. AISI 1018 모재의 Cr_{eq}(0.3)과 Ni_{eq}(6), STS 304 모재의 Cr_{eq}(20)과 Ni_{eq}(10), 그리고 AISI 1018 모재측의 희석률 43%와 STS304 모재측의 희석률 56%를 사용하여 Schaeffler Diagram에서 도출된 AISI 1018/STS304 이중금속재료 용접부의 미세조직은 마르텐사이트 조직을 나타냈다.⁽⁴⁾



<그림 2> Schaeffler Diagram을 사용하여 예측한 이종금속재료 용접부의 미세조직⁽⁴⁾

- (4) AISI 1018/STS304을 사용한 이종금속재료 용접부는 Schaeffler Diagram을 통해 분석된 바와 같이 용접금속 내에서 마르텐사이트 조직이 생성되었기 때문에 용접금속의 경도가 용접열영향부보다 약 200HV 정도로 급격하게 높은 분포를 나타냈다.



<그림 3> AISI 1018/STS304 이종금속재료 용접부의 미세조직⁽⁴⁾

- (5) AISI 1018/STS304을 사용한 이종금속재료 용접부의 잔류응력 분포를 보면, AISI 1018 측에서 잔류응력이 크게 감소되었다. 이것은 용접과정에서 열팽창계수가 높은 STS304측의 팽창에 따른 인장 하중이 AISI 1018측 용접부에 추가되고 STS304측은 압축상태가 되는 것에 기인한다.⁽⁴⁾

- (6) AISI 1018/STS304을 사용한 이종금속재료 용접부는 화학성분이 변하고 급냉을 거치

면서 마르텐사이트 미세조직을 갖게 된다. 그런데 용접금속의 냉각과정에서 FCC (오스테나이트) 격자가 BCT(마르텐사이트) 격자로 상변태를 일으키면 체적의 팽창이 일어나게 되고 용접금속 주변의 열영향부와 모재에서는 이와 같은 과정을 동시에 겪으면서 인장하중을 받게 되고 그 결과 압축성분의 잔류응력이 남게 된다. 한편 STS347(18Cr-12Ni-Nb) 오스테나이트계 스테인리스강과 합금성분이 많은 ASTM A213 T22(2.25Cr-1Mo)강의 GTAW 이종금속용접부에서 오스테나이트 조직과 마르텐사이트 조직이 혼합된 약 50~100 μ m 크기의 영역에서 경도분포가 HV400 정도로 급격하게 변화되는 상태를 보이는데 이 구간을 약 50mm 정도로 넓게 하여 이종금속재료 용접부의 경사기능을 강화시켜 주는 효과를 얻었다.^{(5),(6)}

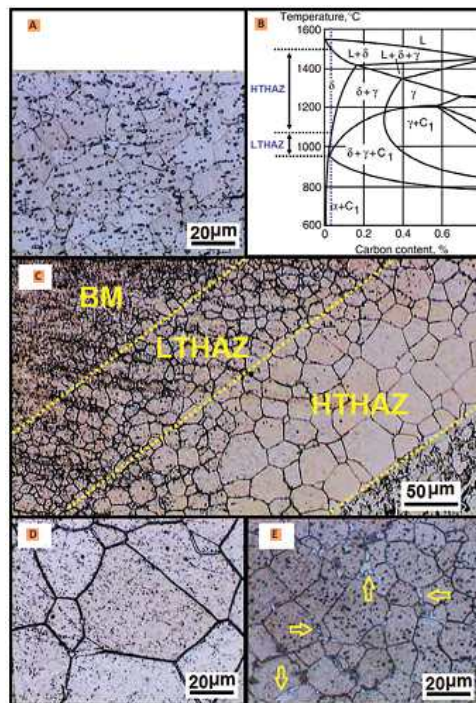
3-1-4. STS316L 스테인리스강/AISI 516-70 탄소강의 GTAW(gas tungsten arc welding)

- (1) KS STS316L은 Mo(2~3%)과 Cr, Ni을 함유하고 내식성과 내점부식성이 우수한 오스테나이트계 스테인리스강으로서 해양구조물 설치에 널리 사용된다. A516강은 C를 0.21~0.26% 함유하는 탄소강으로 중·저온용 압력용기에 사용되고 있다.
- (2) 한국기술교육대학교는 판 두께 6mm의 STS316L과 A516 Gr.70강을 루트간격 2~3mm, 개섩각 60°로 하여 이종금속 용접을 실시하였다. 용접와이어는 오스테나이트계 스테인리스강용인 직경 2mm의 KS ER309(AWS)를 사용하였으며 Ar보호가스 분위기 하에서 GTAW 직류역극성(DCRP)으로 용접전류 120~180A, 용접입열량 9.0~13.5kJ/cm의 용접조건을 적용하였다.
- (3) 그 결과 이종금속 용접부에서 STS316L에 인접한 용접열영향부와 용융선 부근의 페라이트 조직과 혼합역(mixed zone)의 미세조직은 용접입열량이 증가할수록 조대화되는 경향을 나타냈다.⁽⁷⁾
- (4) 용융선에 인접한 용접열영향부에서는 경도가 높은 미세조직이 형성되면서 모재와 용접금속보다 높은 경도분포를 나타냈다. 이는 A516 Gr.70강에 인접한 용접열영향부에서 상부 베이나이트와 페라이트 사이드플레이트를 포함한 경도가 높은 미세조직이 형성되었기 때문이다.
- (5) 이종금속 용접부의 경도와 강도는 용접입열량이 낮을수록 높았다. 그리고 이종금속 용접부의 부식은 A516 Gr.70강측에서 발생하였으며 STS316L측에서는 발생하지 않았다.⁽⁷⁾

3-2. 페라이트계 스테인리스강/탄소강

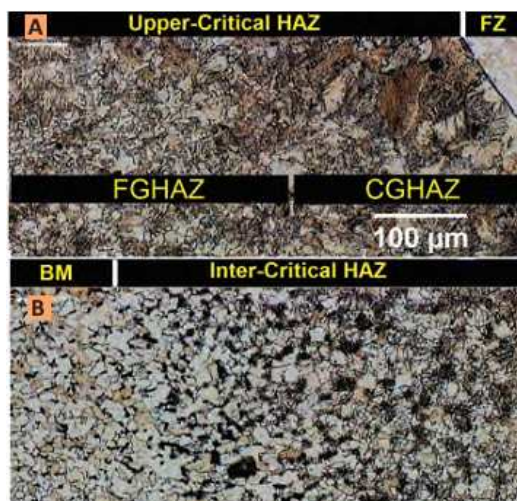
3-2-1. STS430 스테인리스강/DQSK 저탄소강의 저항점용접(spot welding)

- (1) 페라이트계 스테인리스강인 AISI430과 구조용 탄소강재인 DQSK(drawing quality special killed)강으로 구성된 이중금속재료 저항점용접부(Resistance Spot Welding)에서 용융부(fusion zone)를 통과하여 전파되는 계면손상(Interfacial failure)과 용접 너깃이 분리되는 박리손상(Pullout failure)을 방지하고 품질을 확보하기 위해서는 용접전류를 포함하는 용접조건에 따른 용접부의 미세조직과 경도 등의 야금학적 특성이 중요하다.
- (2) M. Pouranvari 등은 판 두께 1.5mm인 AISI430 페라이트계 스테인리스강과 DQSK 구조용 탄소강재의 저항점용접조건은 가압력을 3.3kN, 용접부 너깃형성을 위한 통전전류를 6~11kA 범위에서 사용하였다.⁽⁸⁾
- (3) AISI430 페라이트계 스테인리스강측의 용접부 조직을 <그림 4>에 나타냈다.⁽⁸⁾ 용접열영향부(HAZ)는 용접과정에서 최고 도달 온도의 분포에 따라 ① 100% δ -페라이트로 구성되는 고온역 용접열영향부(HTHAZ, <그림 4D>)와 ② δ -페라이트와 오스테나이트가 혼합된 저온역 용접열영향부(LTHAZ, <그림 4E>)로 구별된다. 고온역 용접열영향부의 미세조직은 용융선(fusion line)과 가까울수록 결정립이 크게 성장한다.



<그림 4> AISI430 페라이트계 스테인리스강축의 용접부 조직⁽⁸⁾

(4) DQSK 구조용 탄소강축의 용접부 조직을 <그림 5>에 나타냈다. 용접열영향부(HAZ)는 냉각과정에서 마르텐사이트 변태와 공석변태가 일어나는데 용접과정에서 최고 도달 온도의 분포에 따라 ① 상부 임계 용접열영향부(UCHAZ, 그림 5A)와 ② 임계간 용접열영향부(UCHAZ, 그림 5B)로 구별된다. 한편 상부 임계 HAZ는 용접과정에서 최고 도달 온도의 크기에 의해 결정립이 조대한 용접열영향부(CGHAZ)와 결정립이 미세한 용접열영향부(FGHAZ)으로 분리된다.

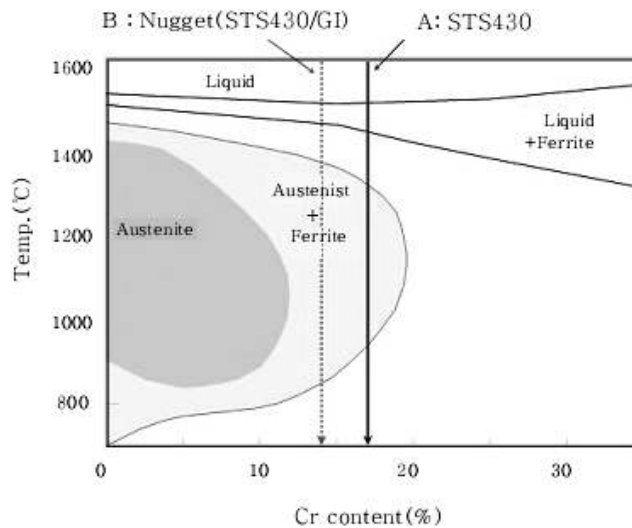


<그림 5> DQSK 구조용 탄소강축의 용접부 조직⁽⁸⁾

- (5) DQSK 구조용 탄소강 용접열영향부의 경도는 모재보다 높다. 모재의 미세조직은 근본적으로 페라이트로 구성되어 있다. 결정립이 조대한 용접열영향부의 경도가 모재에 비해 높은 것은 이들 지역에 마르텐사이트와 펄라이트 미세조직이 생성되었기 때문이다. 한편 용융부(fusion zone)에 Cr 성분이 풍부한 경화성의 마르텐사이트 미세조직이 생성됨에 따라 용융부의 경도는 용접열영향부와 모재보다 높게 나타났다. 치환형 고용강화 원소인 Cr 성분은 페라이트와 마르텐사이트를 강화시켜 주는 역할을 한다.

3-2-2. STS430 스테인리스강/용융아연도금강의 저항점용접(spot welding)

- (1) 탄소강에 용융아연도금공정을 거쳐 생산되는 강재로써 내식성과 표면품질이 우수한 용융아연도금강판(Galvanized stlle)과 페라이트계 스테인리스강인 STS430과 구성된 이중금속재료 저항점용접부에 요구되는 특성으로는 용접부의 인장강도, 용접부 외관품질, 연속타점 전극수명 등이 필요하다.
- (2) POSCO기술연구소는 저항점용접의 가압력을 2.25~2.45kN으로 변화시켰으며, 용접부 너깃형성을 위한 1단 통전전류를 4~6kA(통전시간 7cycle), 열처리를 위한 2단 통전전류를 5~9.5kA(통전시간 11cycle)로 변화시켰다.⁽⁹⁾
- (3) 그 결과에 의하면 1단 통전에 따른 저항점용접부는 너깃의 화학 조성 변화와 급속 응고에 의한 마르텐사이트 생성, 그리고 용접 중 가압에 의한 응력증가에 의해 경도가 상승한다. 즉 1단 통전에 의해 형성된 너깃은 원모재인 STS430 페라이트계 스테인리스강보다 Cr함유량이 낮아져서 <그림 6>에 표시된 line A보다 페라이트+오스테나이트 영역이 넓어진 line B를 따라 응고가 빠른 속도로 진행되는데 이 과정에서 오스테나이트가 마르텐사이트로 상변태를 일으켜서 응고가 완료된 용접 너깃의 미세조직은 페라이트+마르텐사이트의 혼합조직을 갖게 된다.⁽⁹⁾



<그림 6> STS430 스테인리스강의 Phase Diagram⁽⁹⁾

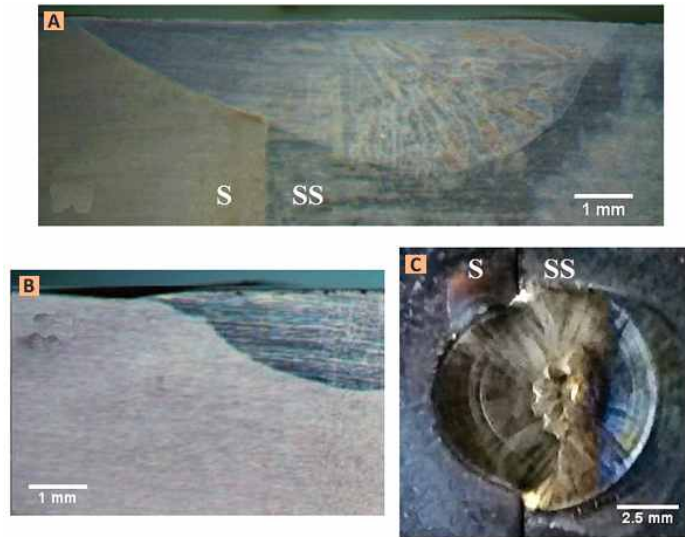
3-3. 듀플렉스 스테인리스강/탄소강

3-3-1. STS2205 듀플렉스 스테인리스강/AISI 1018 탄소강의 GTAW 점용접(spot gas tungsten arc welding)

(1) 페라이트와 오스테나이트 상이 거의 1:1의 비율로 혼합된 미세조직을 갖는 듀플렉스 스테인리스강(Duplex stainless steel)은 내식성과 기계적 성질이 우수하여 해수 처리설비, 해수담수화설비, 탈황설비, 석유화학탄소강 등에 많이 사용되고 있다. 듀플렉스 스테인리스강과 탄소강으로 구성된 이종금속재료 용접부는 스테인리스강의 사용 측면에서 용접과 열처리 특히 용접 후 균열방지, 내식성 확보가 중요하다.⁽¹⁰⁾

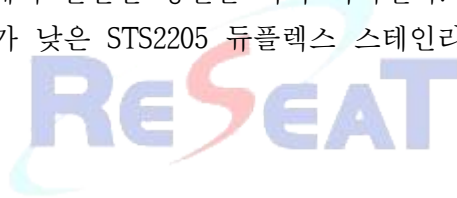
(2) 미국 Clarkson university는 판 두께 6mm인 STS2205 듀플렉스 스테인리스강과 AISI 1018 탄소강으로 구성된 이종금속재료 용접부를 용접전류 150A, 용접전압 14V, 아크타임 15초의 용접조건을 사용하여 GTAW 점용접을 실시하였다.

(3) 그 결과 STS2205 듀플렉스 스테인리스강과 AISI 1018 탄소강으로 구성된 이종금속재료 GTAW 점용접부의 비드 형상을 <그림 7>에 나타냈다.⁽¹⁰⁾



<그림 7> STS2205 듀플렉스 스테인리스강/AISI 1018 탄소강의 용접부 형상⁽¹⁰⁾

여기서 <그림 7A>는 이종금속재료 점용접부의 횡단면을, <그림 7B>는 STS2205 듀플렉스 스테인리스강 용접부의 측면을, 그리고 <그림 7C>는 이종금속 재료 점용접부를 위에서 관찰한 평면을 각각 나타낸다. 이를 보면 AISI 1018 탄소강에 비해 응고온도가 낮은 STS2205 듀플렉스 스테인리스강의 용융지가 넓게 나타났다.⁽¹⁰⁾



4. 결 론

내식성이 요구되는 조선 및 해양구조물, 정유산업이나 에너지산업 등에서 설비 전체를 스테인리스강 단독으로 제작하는 것보다는 설비의 내식성을 확보하기 위해 탄소강 구조물에 스테인리스강을 적용하는 이종금속재료 용접구조물로 제작하는 것이 설비의 경제성과 사용성능을 높이는 것이 효과적이다.

스테인리스강과 탄소강을 사용하는 이종재료를 용접하는 경우에는 용접부의 성능이 저하되지 않도록 스테인리스강과 탄소강 용접모재간의 밀도, 비열, 열전도, 도전율 등 물리적 성질과 화학성분, 그리고 용접부의 미세조직, 기계적 성질 및 내식성에 대한 종합적인 분석과 검토가 필요하다. 특히 이종금속 용접부에서 조기손상의 주요 원인중의 하나는 페라이트강/스테인리스강 이종금속용접 계면에서의 탄화물의 생성을 억제해야 한다.

스테인리스강/연강 이종재료 이음부의 구속도가 높으면 용접 시 가열과 냉각에 의해 용접부에 높은 수준의 구속응력이 도입되면서 용접금속과 용접열영향부에 용접균열이 발생할 가능성이 크게 증가한다. 이를 방지하기 위해서는 용접입열량을 낮추거나 또는 용접 전에 예열을 실시하여 용접부의 냉각속도를 느리게 만들어 주는 것이 효과적이다.

<참고문헌>

1. SLV-Duisburg, “Materials and their behaviour during welding - Welding dissimilar steels I, II“, EWE-3/2.29, 3/2.30, 2002, pp.1
2. Dave Benson, “Tips for Successfully Welding Stainless Steel to Carbon Steel“, Welding Journal, 93(5), 2014, pp.54~56
3. 김세철, 현준혁, 신태우, 고진현, “스테인리스강(ASTM Type 316L)과 탄소강(ASTM A516 Gr.70) 이종금속의 FCA 다층용접부 특성에 대한 연구”, 대한 용접·접합학회지, 34(3), 2016, pp265~272
4. H. Eisazadeh, J. Bunn, H.E. Coules, A. Achuthan, J. Goldak, and D.K. Aidun, “A Residual Stress in Similiar and Dissimilar Welds“, Welding Journal, 95(4), 2016, pp.111s~119s
5. G.J. Brentrup, B.S. Snowden, J.N. Dupont and J.L. Grenestedt, “Design Considerations of Graded Transition Joints for Welding Dissimilar Alloys“, Welding Journal, 91(9), 2012, pp.252s~259s
6. G.J. Brentrup and J.N. Dupont, “fabrication and Characterization of Graded Transition Joints for Welding Dissimilar Alloys“, Welding Journal, 92(3), 2013, pp.72s~79s
7. 김세철, 신태우, 문인준, 장복수, 고진현, “스테인리스강 STS 316L과 탄소강 A516 -.70의 이종금속 GTA 용접부 특성에 대한 연구”, 대한 용접·접합학회지, 33(4), 2015, pp345~351
8. M. Pouranvari, S.P.H. Marashi, and M. Alizadeh-SH, “Welding Metallurgy of Dissimilar AISI 430/DQSK Steels Resistance Spot Welds“, Welding Journal, 94(6), 2015, pp.203s~210s
9. 김정길, 우인수, 정보영, 이종봉, “페라이트계 스테인리스강/용융아연도금강 이종 저항 점용접부의 특성”, 대한 용접·접합학회지, 24(6), 2006, pp475~479
10. A. Bahrami and D.K. Aidun, “Modeling of Carbon-Steel Duplex Stainless Steel GTA Weld Pool“, Welding Journal, 93(7), 2014, pp.262s~270s

이 분석물은 미래창조과학부 과학기술진흥기금, 복권기금의 지원을 받아 작성하였습니다.