

405 Clad 용접부의 기계적 성질에 미치는 용접 변수의 영향 (Effects of Welding Variation on the Mechanical Properties of 405 Clad Weldments)

성희준*, 최준태, 김대순
현대중공업(주), 산업 기술 연구소

1. 서 론

일반적으로 석유 화학 공업에 사용되는 압력 용기에 있어서 내식성을 확보할 목적으로 오스테나이트, 페라이트 그리고 마르텐사이트계 스테인레스 및 고 Ni 합금과 같은 다양한 종류의 Clad 강재가 사용되어 왔다. 그러나 오스테나이트의 기지조직을 가진 다른 Clad 강재와 달리 페라이트/마르텐사이트계 스테인레스강은 황화물과 같은 특별한 사용 분위기에서 뛰어난 내 응력부식 균열 저항성을 가짐으로 고온, 고압에서 황화물을 처리하는 압력용기에서 널리 사용되고 있다.

현재 압력용기에 적용되고 있는 페라이트계 스테인레스 Clad강 중에서 가장 널리 사용되고 있는 TP 405 스테인레스 Clad 강 용접시공은 그림 1과 같이 모재의 용접 후 TP 405 스테인레스 Clad부의 육성 용접이 이루어지며, 사용되는 용접재료로는 용접시공이 쉬운 TP 309의 육성 용접재료가 널리 이용되어 왔다. 그러나 오스테나이트계 용접재료인 TP 309를 사용한 육성 용접은 TP405 Clad/TP 309 육성용접부의 계면에서 경화조직의 생성으로 인해 용접시공 중이나, 혹은 용접 시공 후 Forming 작업에서 균열이 발생하는 현상이 있어 왔다.

따라서 본 연구에서는 TP 405 스테인레스 Clad강 육성 용접에 있어서 용접 재료, 예열 및 후열처리 조건을 변수로 하여 육성 용접부의 기계적 성질을 평가하여 가장 적절한 용접 시공 방법을 선정하고자 하였다.

2. 실험 및 결과

405 Clad의 적절한 용접 시공 방법을 선정하기 위하여 용접 재료, 예열 그리고 후열 처리의 유무를 변수로 하여 용접을 실시한 후 육성 용접부의 미세 조직, 경도 그리고 벤딩 시험을 통하여 육성 용접부의 기계적 성질을 확인하였다.

2.1 용접

405 스테인레스 Clad 강재 부위에서 탄소강용 용접재와 육성 용접재를 구분하기 위하여 그림 1과 같이 개선 가공하였다. 용접은 탄소강을 먼저 용접한 후 최종 육성 용접은 표 1과 같이 용접재를 오스테나이트 용접재, 페라이트 스테인레스강 용접재 그리고 고 니켈 용접재를 사용하였으며, 예열과 후열처리의 유무를 변수로 하였다.

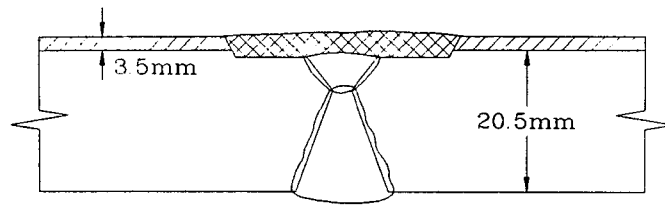


그림 1. 용접부 개선 형상

< 표 1. 용접 변수들 >

용접 재료	예열	후열 처리(625℃)	용접 조건		
			전류(A)	전압(V)	속도(cm/min)
E309LT-1	상온	○,×	170	27	25
	232℃	○,×	170	27	25
ER(430Nb)	상온	○,×	220	25	21
ERNiCrMo-3	상온	○,×	210	29	20

2.2 기계적 시험

용접된 시험편에 대하여 굽힘 시험을 실시하여 표 2와 같은 결과를 얻었다. 표 2에서 보여 주듯이 E309LT-1 용접부에 대하여 예열을 하거나 후열처리를 한 경우 건전한 용접부를 얻을 수 있었으며, ER(430Nb) 용접부는 후열 처리를 한 경우 만 건전한 용접부를 얻을 수 있었다. 또한 ERNiCrMo-3 용접부의 경우는 예열과 후열 처리에 무관하게 건전한 용접부를 얻었다.

< 표 2. 용접 변수에 따른 벤딩 시험 결과 >

용접 재료	예열	후열 처리(625℃)	벤딩 시험 결과 (4t & 180°)
E309LT-1	상온	×	균열
		○	균열 없음
	232℃	×	균열 없음
		○	균열 없음
ER(430Nb)	상온	×	균열
		○	균열 없음
ERNiCrMo-3	상온	×	균열 없음
		○	균열 없음

현재 가장 많이 사용되고 있는 방법중의 하나인 오스테나이트 용접부에 대하여 예열 또는 후열 처리를 하지 않았을 경우 균열이 발생하였는데, 균열이 발생한 부위는 육성 초층 용접부와 clad 경계부에서 발생하였다.

미세 조직과 미소 경도 시험에서 균열이 발생한 부위는 그림 2의 사진에서 보듯이 경도가 Hv 400인 狀(화살표)이 형성된 fusion line부근 이었다. 따라서 벤딩 시험에서 균열은 이 狀과 경도가 낮은 페라이트 狀 (Hv200) 사이에서 발생하였다. 이 狀은 예열을 하거나 또는 후열 처리 공정을 거치게 되면 경도가 크게 감소되어 벤딩 시험에서 균열을 방지 할 수 있었다.

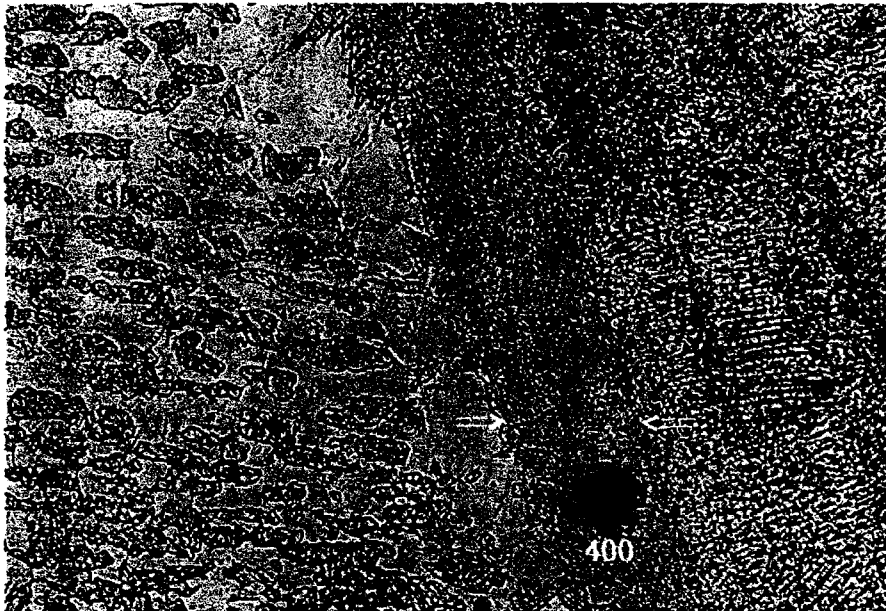


그림 2. 405 Clad용접부 미세 조직(예열 없음, 후열 처리 없음, X200)

3. 결 론

405 스테인레스 강재에 대하여 용접 변수를 변화시켜서 용접한 용접부의 굽힘 시험을 통하여 다음과 같은 결론을 얻었다.

1. TP 309의 오스테이트계 스테인레스 용접재료가 사용될 경우 예열이나, 후열 처리가 필요하다.
2. TP 430의 페라이트계 스테인레스 용접재료가 사용될 경우 예열이 필요하지 않지만, 후열처리가 필요하다.
3. 고 Ni 합금의 용접재료 사용시에는 예열 및 후열처리가 필요없다.