

X20CrMoV12.1 소재의 용접부 자화도 연구

A Study on Magnetic Flux in Weld Joint of X20CrMoV12.1 Alloy

문인채*, 송근호, 이경운
한국중공업(주) 기술연구원

1. 서론

용접시 사용되는 대부분의 소재들은 강자성체로 쉽게 자화되는 경향이 있으며, 이렇게 자화된 소재는 용접시 아크쏠림을 발생시키고, 이로 인해 발생된 용접결함은 용접비용 증가 및 납기지연의 원인이 되고 있다.

과거에 주로 사용된 대부분의 용접장비들은 용접사의 기량에 의존하는 수동용접 장비들로 아크쏠림 발생시 용접사의 기량 및 경험에 의존해 왔으나, 최근에 들어서는 고가의 자동 용접장치 및 새로운 소재의 용접이 많이 적용되고 있어 용접사의 기량만으로는 아크쏠림을 해결하기 어려운 실정이다.

아크쏠림은 아크주위의 자계에 의한 전자작용으로 아크가 진동하는 현상이다. 이와같이 용접중에 발생하는 아크쏠림의 발생원인은 크게 두가지로 구분할 수 있다. 첫째는 용접전류 자체의 전자 유도 작용에 따라 발생하는 개선내의 자계에 따른 것으로 판 끝부분을 용접하는 경우와 접지 위치의 부적당 등에 따라 아크 주변의 자속분포가 불균일하게 되어 아크쏠림이 발생하는 경우이다. 둘째는 피용접물 자체가 잔류자기를 가지는 것으로, 개선내에 발생하는 자계에 대해서 접지위치 등에 관계없이 아크쏠림이 발생하는 경우이다. 전자에 대해서는 종래부터 그 현상이 규명되어 접지위치를 조정하거나, 전극봉 기울기를 조정하는 등 적극적으로 해결해 왔으나, 후자의 경우는 자기 발생의 근본 원인이 다름에도 불구하고 전자의 대처 방법을 그대로 적용해 오고 있다.

이에 본 연구에서는 실제 용접부의 자속밀도 변화 및 용접가능 자화량에 대하여 알아 보았다.

2. 실험 방법

본 연구에 사용된 소재는 X20CrMoV12.1 재질로 소재의 화학조성 및 물성치는 Table 1 과 Table 2 에 각각 나타내었으며, 시험편은 300mm 길이로 절단후 U-Groove 로 개선가공 하였다. 자화량은 용접개선면 Root 부를 따라 측정하였으며, 측정값중 최대값을 그 시험편의 자화량으로 표기 하였다. 시험은 용접 개선부에서 잔류자기의 변화 경향을 파악하는 시험과 용접기법별 개선내 자화량을 변화시킬 때 아크쏠림의 경향성을 파악하는 시험으로 구분된다. 먼저 개선내에 발생하는 자계 시험은 용접 개선부에서 극성 및 잔류자기 변화에 따른 자화량의 변화 경향을 파악하였으며, 또한 시험편의 방향 및 Gap 크기 변화에 따른 자화량의 변화도 측정 하였다. 시험편의 자화는 현재 MT 검사 장비로 사용되고 있는 요크 장비를 사용하였으며, 개선내 자화량은 가우스 미터로 측정 하였다.

또한 자화량에 따른 실제 아크쏠림 정도를 파악하기위해 수동 TIG 및 Orbital TIG 기법을 사용하였으며, 수동 TIG 용접은 용접 시험편의 개선 Root 부를 250G, 300G, 400G 로 각각 자화시킨후 용접을 실시하였고, Orbital TIG 용접은 개선 Root 부를 40G, 60G, 80G, 100G, 150G, 200G, 250G 로 자화시킨후 용접을 실시하여 작업성 및 아크쏠림 정도를 평가하였다.

3. 결과 및 고찰

용접 개선부에서 극성 및 잔류자기 변화에 따른 자화량의 변화 경향을 Table 3 ~ 5 에 나타내었다. Table 3 은 동쪽의 시험편 자화량을 동일하게 하고, 서쪽의 시험편 자화량을 변화 시킨 결과로 서쪽의 시험편 자화량이 증가할수록 개선내 자화량이 급격히 증가하고 있다. Table 4 의 결과는 이극끼리 조합시 개선내 자화량이 급격히 증가하고 있고, N극 시험편은 동쪽 및 남쪽으로 놓일때, 그리고 S극 시험편은 서쪽 및 북쪽으로 놓일때 자화량이 증가하고 있음을 나타내고 있다. 또한 Table 5 의 결과는 같은 극을 가진 시험편을 조합할 경우 개선내 자화량이 크게 증가되지 않음을 보여주고 있다. Gap 크

기에 따른 자화량 변화는 Fig 1에 나타난 바와 같이 Gap이 클수록 급격히 감소하고 있다. 이것은 아래의 식과 관련되며, 자기가 미치는 힘은 거리의 제곱에 반비례하기 때문이다.

$$F = \frac{m}{4 \pi \mu r^2} \text{ (N)}$$

F: 미치는 힘의 크기 (N)
 m: 자극의 크기 (wb)
 μ : 강판의 투자율 (H/m)
 r: 거리 (m)

또한 용접기법별 자화량에 따른 아크솔림 정도 시험에서 수동 TIG 용접의 경우, 300G까지는 아크솔림이 발생하지 않아 비드외관 및 용접작업성이 양호 하였으나, 400G 시험편에서는 Root부에서 아크솔림이 발생하였다. 그러나 잔여층에서는 아크솔림이 거의 발생되지 않아 수동 TIG 용접이 자화량에 큰 영향을 받지 않은 것으로 파악되었다. 그러나 Orbital TIG 용접의 경우 40G 시험편의 용접에 있어 초층부터 용접와이어를 사용하여도 작업에 전혀 문제가 없었으나, 60G와 80G에서는 초층 용접시 용접와이어를 사용하면 아크솔림으로 인해 아크가 불안하였다. 이에 초층 용접시 와이어를 사용하지 않고 용접후 2번째 Pass부터 용접와이어를 송급해주면 Root부의 자화량을 상당히 줄일수 있었기 때문에 아크의 불안을 해소할 수 있었다. 그러나 100G 이상 시험편에서는 아크솔림으로 인해 용접 작업이 불가하였다. 특히 개선내의 자계의 방향은 플레밍의 왼손법칙에 따라 용접진행 방향에 대해서 우측이 N극이 되는 경우에는 아크솔림이 용접진행 방향의 뒷쪽으로 발생되며, 용접진행 방향에 대해서 우측이 S극이 되는 경우에는 아크솔림이 용접진행 방향의 앞쪽에 발생된다. 따라서 용접진행 방향으로 아크솔림이 생기는 경우 개선내 자속밀도가 220G에서도 용접이 가능한 것에 반해 용접진행 방향과 역으로 아크솔림이 발생하는 경우 60 ~ 80G에서도 용접이 불가능하여, 아크솔림의 방향이 용접가능 자속밀도를 결정하는데 중요한 인자임을 알 수 있었다.

4. 결론

본 실험을 통하여 X20CrMoV12.1 강의 개선내 자화량 변화 및 기법별 적용 가능 자화량을 설정할 수 있었다.

- 1) 각각 시험편의 자화량은 시험편의 방향에 따라 자극 및 자속밀도가 달라지게 된다. 즉 동쪽 및 남쪽으로 시험편이 향하게 되면 N극 쪽으로 증가하고, 서쪽 및 북쪽으로 시험편이 향하게 되면 S극 쪽으로 증가하게 된다.
- 2) 개선내 자화량은 각각 시험편의 자극 및 자속밀도에 따라 달라지게 된다. 즉 이극거리 조합하면 개선내 자속밀도는 수배에서 수십배의 값을 가지며, 동극거리 조합하면 상쇄되어 작은 값이 된다.
- 3) 수동 TIG 용접의 경우 200G 이상에서도 용접이 가능하였다.
- 4) Orbital TIG 용접의 경우 50G 미만에서 용접가능하였으며, 70G 이하까지는 초층 Non-Filler 용접으로 용접이 가능 하였다.

Table 1. 모재의 화학성분

화학성분	C	Si	Mn	P	S	Ni	Cr	Mo	V
Min.	0.17					0.30	10.00	0.80	0.25
Max.	0.23	0.50	1.00	0.030	0.030	0.80	12.50	1.20	0.35
모재	0.19	0.34	0.65	0.020	0.001	0.40	11.19	0.86	0.29

Table 2. 모재의 물성치

구 분	항복강도 (MPa)	인장강도(MPa)	연신율(%)
Spec.	Min. 490	690-840	Min. 17
모 재	566	761	21

Table 3. X20CrMoV12.1 강에서 개선내에 발생하는 자계

시험편	동 N10 S5 서	동 N10 S25 서	동 N10 N25 서
자화량	35 ~ 45	80 ~ 90	20 ~ 30

Table 4. X20CrMoV12.1 강에서 이극간 조합시 개선내에 발생하는 자계

구 분	Case I	Case II
측정 조건	동 N4 S10 서	동 S5 N1 서
최대 자화량	25	10

구 분	Case I	Case II
측정 조건	동 N10 S10 서	동 S5 N6 서
최대 자화량	25	10

구 분	Case I	Case II
측정 조건	동 N22 S30 서	동 S25 N19 서
최대 자화량	130	80

Table 5. X20CrMoV12.1 강에서 동극간 조합시 개선내에 발생하는 자계

구 분	Case I	Case II
측정 조건	동 N25 N10 서	동 N13 N21 서
최대 자화량	40	30

구 분	Case I	Case II
측정 조건	동 S17 S25 서	동 S22 S20 서
최대 자화량	30	20

FIG 1. X20CrMoV12.1 강에서
Gap 크기에 따른 자화량 변화

