

마르텐사이트 스테인레스강 용접을 위한 예열 및 후열처리 조건의 선정
< Preheating & stress relief condition for martensite stainless steel welding >

최준태*, 강석근, 최기영
(현대중공업(주), 산업기술연구소)

1. 서론

마르텐사이트 스테인레스강은 탄소강과 동일한 열처리에 의해 광범위한 기계적 성질을 얻을 수 있으며, 내산화성이 우수하고 고온, 고압하에서 강도가 뛰어나지만 내식성, 인성 및 용접성이 다른 종류의 스테인레스강에 비해 떨어진다.

그러나 최근, 대용량 수력발전 설비의 설계강도가 증가함에 따라 기존의 SUS410으로 대표되던 13Cr계 스테인레스강에 Ni 과 Mo을 첨가하여 우수한 기계적 성질을 확보한 A182 F6NM (13Cr-4Ni-0.5Mo)의 마르텐사이트계 스테인레스강 발전설비 제작시 많이 사용되고 있으나, 마르텐사이트계 스테인레스강의 용접부는 BCT의 결정구조를 가짐으로 FCC의 결정구조를 가진 오스트나이트계 스테인레스강에 비해 수소의 고용도가 낮고, 그 확산속도는 탄소강이나 저합금강에 비해 약 1/10~1/25 정도로 늦을 뿐만 아니라, Ms 와 Mf 온도가 낮아 저온 균열의 발생이 용이하다.

저온균열의 발생기구는 용접중에 발생한 수소가 용접 결합부에 집적, 미세조직을 취화 시키고 이 부분에 용접 잔류응력(열응력, 수축응력, 구속응력)이 집중되어 균열이 발생하게 되는 것으로 알려져 있으며, 이러한 저온균열의 방지책으로 1) 미세조직의 제어에 의한 취약한 상의 형성을 억제하거나, 2) 용접중 발생하는 확산성 수소의 양을 최소화 하고, 3) 용접후 용착금속의 응고시 발생하는 인장응력을 극소화하는 세 가지 측면을 고려할 수 있으나, 실질적으로 용접 열응력의 제어는 매우 어렵기 때문에 확산성 수소의 발생이 적은 용가재의 사용과 함께 미세조직을 제어하는 방법이 적절할 것으로 생각된다. 따라서 본 보고서에서는 마르텐사이트 스테인레스강의 용접부에서 저온균열을 방지하기 위한 예열조건을 y-groove실험을 실시하여 선정하고자 하였을 뿐만 아니라, 용접부에서 연성 및 인성을 확보할 수 있는 후열처리 조건을 선정하고자 하였다.

2. 실험 방법

Y-groove실험에 사용된 모재는 A182 F6NM으로 E410NiMo의 수동용접재를 사용해 용접후 용접부 예열온도에 따른 결함의 발생정도와 hardness값을 조사하였고, 또한 수동용접재 E410LNiMo와 자동 용접재인 와이어 ER410L과 플럭스를 사용해 선정된 예열온도로 예열후 용접을 실시하였으며, 후열처리 온도와 유지시간의 변화에 따른 기계적 성질을 평가하였다

3. 결과 및 고찰.

Y-groove실험을 통해 최소 150 °C에서는 저온균열이 발생하지 않았으며, 또한 용접부 및 용접 열영향부를 후열처리 온도와 유지시간을 변화시킨 결과 600 °C에서 최소 13시간 이상을 열처리 했을 때 만족할 만한 연성을 얻을 수 있었다.

X:crack 발생, O:양호

• Joint design:

예열온도(°C)	a~a'	b~b'	c~c'
50 °C	X	X	X
100 °C	X	o	X
150 °C	o	o	o
200 °C	O	o	o
250 °C	o	o	o

Table 1. : Y-groove 실험 결과.

본 실험에서 예열온도에 따른 용접부와 열 영향부의 hardness값 및 미세조직상의 변화는 크지 않았다. 따라서 마르텐사이트계 스테인레스강의 용접시 적용된 예열효과는

취화한 미세조직 생성을 억제하기 보다는 용접시 발생하는 확산성 수소를 방출시킴으로써 저온균열을 방지할 수 있는 것으로 판단된다.

마르텐사이트계 스테인레스강의 용접 후열처리는 일반적으로 변태점에 근접한 온도인 700 °C에서 실시 하지만 모재의 선행 열처리 조건에 따라 600 °C에서 용접 후열처리를 실시 했을 때 질량효과에 의해 얻고자 하는 연성 및 인성을 위해서는 열처리 유지시간이 보다 길어져야 된다는 결론을 얻었다.

X:파단, ▲:3.2mm 이내의 crack, 0:양호

후열처리 조건	Hardness (HRC)		굴곡 시험			
	W/M	HAZ	1	2	3	4
AS WELDED	40 ~ 42	38 ~ 39				
600 ° C/4시간	33 ~ 36	29 ~ 31	X	X	X	X
600 ° C/10시간	29 ~ 31	28 ~ 30	X	X	X	X
600 ° C/13시간	29 ~ 30	24 ~ 26	0	0	▲	▲

Table 2. : 후열처리 조건에 따른 hardness값과 굴곡시험 결과.