

후열처리를 고려한 austenitic stainless  
steel계 overlay 용접재료 선정  
(Selection of austenitic stainless steel type welding consumables  
for the overlay, based on the application of PWHT)

서 창교\*, 주 정권, 최 기영  
(현대 중공업(주), 산업기술 연구소)

1. 서 론

최근, 석유 자원의 이용이 증대됨에 따라 석유 자원의 활용 및 저장을 위한 압력용기류의 제작이 활발히 진행됨에 따라 경제적인 측면에서 내부식성 및 고온강도를 보유한 stainless steel계 clad강의 사용이 보편화되고 있다. Clad강을 사용한 압력용기의 제작을 위해서는 austenitic stainless steel계 용가재를 사용한 overlay 용접을 하는 경우가 많다.

한편, 압력용기용 clad강은 용접 후 잔류응력을 제거할 목적으로 후열처리가 행해지는데 이 때 overlay 용접부도 동시에 열처리가 이루어진다. 이 결과 육성된 austenite계 stainless steel 용접부에서는 고온균열의 방지를 위해 형성되었던  $\delta$ -ferrite가  $\sigma$  phase로 변태되어 육성 용접부의 취화를 가져오게 된다. 이에 따라  $\sigma$  phase의 생성을 최소화 하고자 low ferrite type의 용접재료를 선정하게 되나, 이 low ferrite type의 용접재료는 고온균열의 발생이 민감함으로 현업시공상 문제가 야기 되고 있다. 따라서, 본 연구에서는 Cr-Mo용접부의 잔류응력 제거를 위한 후열처리를 실시할 경우 이러한 후열처리 온도영역 (약 700°C)에서  $\sigma$  phase이 형성됨으로 이 온도영역에서 후열처리를 실시하여  $\sigma$  phase 생성에 따른 기계적 성질의 변화를 검토하고자 하였으며, 본 결과를 토대로 후열처리되는 clad강용 overlay 용접재료의 선정기준을 정립하고자 하였다.

## 2. 시험 방법

본 시험에 사용된 재료는 압력용기 제작에 많이 사용되고 있는 ASTM A387 Gr.11 C1.2이며, 용접재료는 AWS Class. E309L type인 A (low ferrite type)와 B (conventional type)를 사용하였다. 용접 후 후열처리 시편은 온도 700 °C, 유지시간은 각각 5, 10, 15 시간으로 실시하였다. 후열처리 후 각 시편을 역상침투 시험 및 굴곡시험을 실시하였고  $\delta$ -ferrite 및  $\sigma$  phase의 석출을 각각 ferrite scope 및 전자현미경으로 관찰 하였다.

## 3. 시험 결과 및 고찰

Low ferrite type인 A 시편의 경우는 용접부에서 일부 crater 균열이 발생되었지만 반면에 conventional type인 B 시편의 경우는 발생이 없었다.

후열처리를 실시한 결과에서의  $\sigma$  phase의 생성에 있어서는 A 시편의 경우는  $\delta$ -ferrite의 양이 적으므로  $\sigma$  phase의 생성 경향이 낮은 반면에 B 시편에서는 높은 경향을 보였다. 그러나 굴곡시험의 결과 A, B시편 모두 양호한 결과를 얻었다.

한편,  $\delta$ -ferrite는 austenite보다 고용도도가 높기 때문에 용접부의 고온균열을 방지하기 위하여 austenite계 stainless steel의 용착금속에 3~8% 정도의  $\delta$ -ferrite가 존재한다. 700 °C 부근의 후열처리 온도영역에서는 low ferrite type의 용접재료가 추천되고 있지만 low ferrite type은  $\delta$ -ferrite 함량을 3~5% 정도로 제한하고 있으므로 용접 시공상의 crater 균열에 아주 민감하여 사실상 실 구조물의 적용에서는 적합하지 못하다고 판단된다.

따라서 현업 시공상 용접재료의 선택은 작업성 뿐만아니라 기계적 성질도 만족시킬 수 있는 conventional type이 선정되어야 한다고 판단된다.