

Al-Zn-Mg 합금 용접부의 부식 균열의 방지 대책

김 영 섭*, 권 영 자

산업과학기술연구소
용접연구센터

1. 서론

Al-Zn-Mg 합금을 제외한 용접용 Al 합금들은 실사용 환경하에서 부식에 의한 용접부의 균열을 거의 볼 수 없으며, 극히 제한적인 경우(Al-Mg 용접부), 열영향부(HAZ)내에서 전기화학적으로 active한 beta(Mg₂Al₃)상이 입계에 존재하므로써 비슷한 조건으로 예민화시킨 모재에서 발생하는 양극용해기구(anodic dissolution mechanism)에 의한 SCC를 볼 수 있다.

Al-Zn-Mg 합금 용접부의 국부부식(localized corrosion)은 실사용중 뿐만아니라 실험적으로도 많이 관찰되어 왔다. 용접부의 부식에는 두가지의 종류가 있는데 weld bead로부터 3-4mm 떨어진 HAZ의 exfoliation corrosion과 SCC 형태의 weld toe cracking(WTC)이 있다. WTC는 weld toe에서 생성되어 질산용액으로 etching하면 희게 보이기 때문에 white zone이라고 하는 weld bead와 HAZ 사이의 경계부위를 따라 전파해 간다.

WTC는 복합적인 현상으로 적어도 두가지 과정을 포함 하는데, 첫번째는 모재로부터 weld toe 부분의 분리 과정이며, 두번째는 수소취성(HE)에 의한 균열의 생성 및 전파이다.

본 기술 보고에서는 이러한 용접부 부식에 대한 방지 대책과 효과에 관하여 검토해 보고자 한다.

2. 방지 대책

가. 첨가제

지금까지 WTC를 방지하기 위한 많은 연구가 진행 되었는데 처음에는 모재에 Cu 또는 Ag를 첨가 했었다. 뒤이어 용접봉에 Ag를 첨가하는 연구가 진행되었다. 이러한 일련의 연구를 통하여 자연시효(natural aging)시킨 Al-Zn-Mg 합금의 용접부와 용접후 인공시효 열처리(post-weld artificial aging)한 용접부에 대한 방지 효과를 얻을 수 있었다. 그러나 이러한 것 들은 완전한 해결책이 되지 못하였다. Ag 첨가는 고가일 뿐 아니라 quench

sensitivity 를 증가시켜 자연 시효 또는 용접후 인공시효 처리한 용접부의 강도를 저하시킨다. Cu 첨가는 hot cracking 때문에 0.15% 까지 제한하며 Ag 첨가는 보통 0.5% 인데 두가지 방법 모두 exfoliation corrosion 의 경향을 가속시키며 최근의 관찰에 의하면 WTC에 대한 이러한 방법의 효과는 균열 전파 보다는 균열 생성에 있으므로 장기적인 해결책으로는 부적합하다.

나. Coatings

더욱 최근에는 용접부의 응력을 최소화 하는 연구와 보호 coating 에 대한 연구가 진행되었다. 응력 최소화 방법은 유한 요소 해석(finite element analysis)을 통해 얻은 weld gap을 이용 하므로써 peening에 의해 조절 할 수 있는 것과 같이 용접부의 응력을 효과적으로 감소시킬 수 가 있다. 그러므로 이러한 방법은 용접부의 설계와 밀접한 관계들 가지고 있다. 그러나 이 방법 역시 완전한 해결책으로 보기에는 힘들다. 그것은 어떤 접합부에서는 높은 응력을 피할 수 없어 결국 WTC가 쉽게 발생하기 때문이다.

Coating 방법은 용접부를 덮는 Al 합금 용사 coating에 국한되어 왔다. 비록 Al-5%Zn flame 용사 coating이 실사용 환경에서 Al-Zn-Mg 용접부의 exfoliation corrosion을 방지 하는데 효과적으로 사용 되어 왔다고 해도 flame 또는 arc 용사 어떠한 것이든 용사재의 조성을 "활성 첨가제"를 사용하여 특별히 조절하지 않는 한 이러한 coating은 대부분의 실사용 환경에서 WTC에 대해 전기화학적으로 완전한 보호 효과들 얻을 수가 없다. 한편 coating의 물리적인 조건은 장시간 유지되기가 매우 힘들다. 왜냐하면 paint와 같은 모든 2차적인 보호재는 수분을 흡수하게 되며 용사 coating층 자체가 다공성 이기 때문이다. 그러므로 완전한 보호를 위해서는 용사 coating층이 침해받아 coating층 스스로 WTC와 exfoliation corrosion을 방지하는 희생 보호층이 되어야 한다.

다. Self protection

염분 수용액 중에서 용접부의 전기화학적 potential profile 을 보면 Al-Zn-Mg 합금과 다른 Al 합금 즉, Al-Cu, Al-Mg, Al-Mg-Si 합금들 사이에는 큰 차이점을 발견할 수 있다. Al-Zn-Mg 합금을 제외하고는 모든 합금의 용접부에서 weld bead가 모재와 HAZ에 비교하여 전기화학적으로 negative하다. 이러한 관찰은 매우 중요한 의미를 갖는데, 그것은 다른 Al 합금이 일반적으로 용접부 국부부식에 대해 안전한 반면 Al-Zn-Mg 합금은 이러한 부식에

민감한 이유를 설명해 주기 때문이다. 여기에서 Al-Zn-Mg 합금 뿐 아니라 Al-Mg, Al-Mg-Si 합금 용접부도 재결정 조직과 입계에 고농도의 Mg를 보이는 white zone이 존재 하는데도 왜 부식에 대한 반응이 다른가 하는 의문을 제기 할 수 있다. 이것은 WTC가 발생하지 않는 경우에 있어서 white zone 이 weld bead 에 의하여 희생적으로 보호를 받기 때문이라고 얘기 할 수 있겠다. 이러한 가정을 증명하기 위하여 활성 첨가제를 함유하고 있는 고순도 Al-5Mg 용접봉을 사용하여 7017-T651 용접부에 대한 potential profile을 변화 시킨 연구 결과가 있다. 염분 수용액중에서 potential profile은 활성 첨가제에 의해 negative 한 방향으로 원하는 profile을 얻을 수 있었으나 불행스럽게도 weld bead와 white zone이 같이 영향을 받아 potential profile이 완전한 변화를 이루지 못하였다. 그것은 용접중에 모재가 재용해되어 weld pool이 50%의 dilution을 보여 활성 첨가 원소가 반 액체 상태의 입계를 따라 white zone으로 확산 되었기 때문이다. 이러한 white zone의 활성화를 극복하기 위하여 double pass 용접법이 개발 되었다. 첫번째 pass는 상용 Al-5Mg 용접봉을 사용하여 한쪽 방향에서는 활성 원소가 확산되지 않도록 장벽 역할을 하는 한편 다른 쪽에서는 모재로부터 Fe/Si을 pick-up하도록 한다. 그리고 두번째 pass 에서는 고순도의 활성 첨가제 용접봉을 사용하므로써 효과적으로 potential profile 의 변화를 일으켜 위와 같은 부식 문제를 억제 시킬 수 있다.

3. 결론

본 기술 검토를 통하여 HAZ 의 SCC 를 최소화 하는 방법을 알아 보았다. 7xxx계열 Al 합금을 제외한 용접가능한 Al 합금에서 SCC에 취약한 HAZ 가 weld bead 에 의하여 전기 화학적으로 보호를 받으므로 실사용 환경 하에서 부식문제를 억제시킬 수 있다. 그러나 7xxx 계열 Al 합금에서는 그 반대 이므로 고순도 활성 첨가제 용접봉 을 사용하여 전기 화학적으로 HAZ가 보호를 받게 하므로써 부식 문제를 최소화 하게된다.

참고문헌

1. N.J.H.Holroyd, W.Hepples, G.M.Scamans, Corrosion Cracking, ASM(1985), P.291. 의 20종.