

# Al 합금 용접부의 강도에 미치는 용접결함의 영향

## Effect of weld defect on the strength of Al alloy welds

황 주환, 유 영구  
현대중공업 (주) 종합 연구소

### 1. 서 론

Al 합금은 가벼운 중량과 높은 강도 즉, 비강도가 높고 가공성이 우수하여 각종 산업에 많이 사용되고 있다. Al 합금의 접합은 종류, 제품의 용도 및 사용 환경에 의하여 결정되는데, 구조용 Al 합금은 주로 GTAW 나 GMAW 기법이 채택되고 있다. Al 합금은 일반 구조용 강재와는 달리 활성이 높고, 열전도율이나 열팽창계수가 매우 크기 때문에 용접부에는 결함이 발생되기 쉽다. Al 합금의 용접시 문제점으로 대두되고 있는 것은 기공, 용입 및 용융불량 및 고온균열 등이다. 이 같은 용접결함들은 용접조건, 용접재료 및 용접환경 등을 동시에 정립함으로써 방지 혹은 최소화할 수 있다.

실제 용접부의 결함중 고온균열은 비파괴 검사에 의하여 철저히 제거되지만, 기공은 어느 정도 허용하고 있으며, 미제거된 산화피막이 용융지내에 산발적으로 존재함으로써 형성된 용융불량 (lack of fusion)은  $Al_2O_3$  가 모재인 Al 합금과 동일한 radiographic density 를 가지고 있어 X-ray 로서 판별하기 어려움기 때문에 어느 정도 용착금속에 존재할 수 있다. 최근 Al 합금의 개발추세가 고강도화 되어짐에 따라 용접부의 강도를 저하시킬수 있는 용접결함의 공학적 의미는 정립되어야 하겠다.

따라서 본 연구에서는 Al 합금의 용착금속에 존재하는 결함 (기공, 용융불량)이 용접부의 강도 즉, 인장 강도 및 피로강도에 미치는 영향에 대하여 5xxx 계열의 용접재료를 중심으로 평가하고자 하였다.

## 2. 실험

Al 합금의 용접은 자동 GMAW 기법으로 실시하였으며, 사용된 용접재료는 ER 5183 과 ER 5356 filler metal 이었다. 용접시 전류는 200 - 250 amp. 로 입열량은 10 - 17 KJ/cm 이었다. 용접부의 강도 평가는 인장시험과 피로 균열 전파속도 및 피로강도 시험으로 상온에서 실시하였다. 기계시험후 파면에서 관찰된 기공이나 용융불량등의 결함분율을 측정하여 얻어진 기계적 성질과 결함량간의 상관관계를 모색하였다.

## 3. 결과 및 고찰

Al 합금 용접부에 있어서 기공은 고온용융 상태와 응고구간에서의 Al 합금의 수소 용해도가 급격히 변화(약 20배 차이) 되기 때문이다. Al 합금의 용착금속에서 관찰되는 기공은 직경이  $\mu\text{m}$  단위의 미세한 것에서 부터 1~2mm의 큰 것까지 다양하게 분포되어 있다. 용융불량 역시 미세한 것 부터 5~6 mm<sup>2</sup> 정도의 큰 것도 용착금속내에 산발적으로 존재한다.

그림 1 (a) 는 용착금속에 있어 인장시험 후의 파단면에서 관찰된 기공과 용융불량 (매우 적음)의 분율에 따른 용착금속의 인장강도 변화를 보여주고 있다. 용착금속내에 결함의 함유량이 약 2 - 3% 까지는 인장강도의 변화가 없으나 그 이상으로 증가되면 용착금속의 인장강도는 직선적으로 감소되고 있다. 이는 하중전달 능력에 대한 유효 단면적 감소에 기인된다.

그림 1 (b)는 ER 5356 용착금속의 피로 균열 전파속도에 미치는 용접결함 주로 기공 (약 4 - 6%) 의 영향을 보여 주고 있는데, 기공 존재로 인한 피로균열 전파속도의 증가현상은 관찰되지 않는다. 피로균열은 인장시험과는 달리 반복적인 저응력 하에서 진전되기 때문에 기공에서 다소 지지되다가 어느정도 반복횟수가 증가되면 갑자기 진전되게 되므로 전체적인 피로균열의 진전 속도에는 영향이 없는 것으로 판단된다. 따라서 Al 합금 용접부의 피로강도에 미치는 기공의 영향은 거의 무시될 정도로 약화된다. 그러나 용접결함 특히 면상의 용융불량부가 시편의 표면부에 존재하게 되면 그 분율이 매우 적더라도 이곳에서 피로 균열이 직접 개시되므로 용착금속의 피로수명은 크게 감소된다. 따라서 용착부의 표면에 존재하는 용접결함은 반드시 제거하여야 한다.

#### 4. 결론

- 1) 용착금속의 인장강도는 용접결함 특히 기공의 분율이 2 - 3 %까지는 변화가 크게 없으나 더 이상 증가되면 직선적으로 감소된다.
- 2) 용접결함 특히 기공이 4-6% 정도 존재하여도 피로균열의 전파속도 나 피로 강도의 감소는 없으나, 용접결함이 시편의 표면에 존재하면 결함의 분율에 관계없이 피로특성은 열화된다.

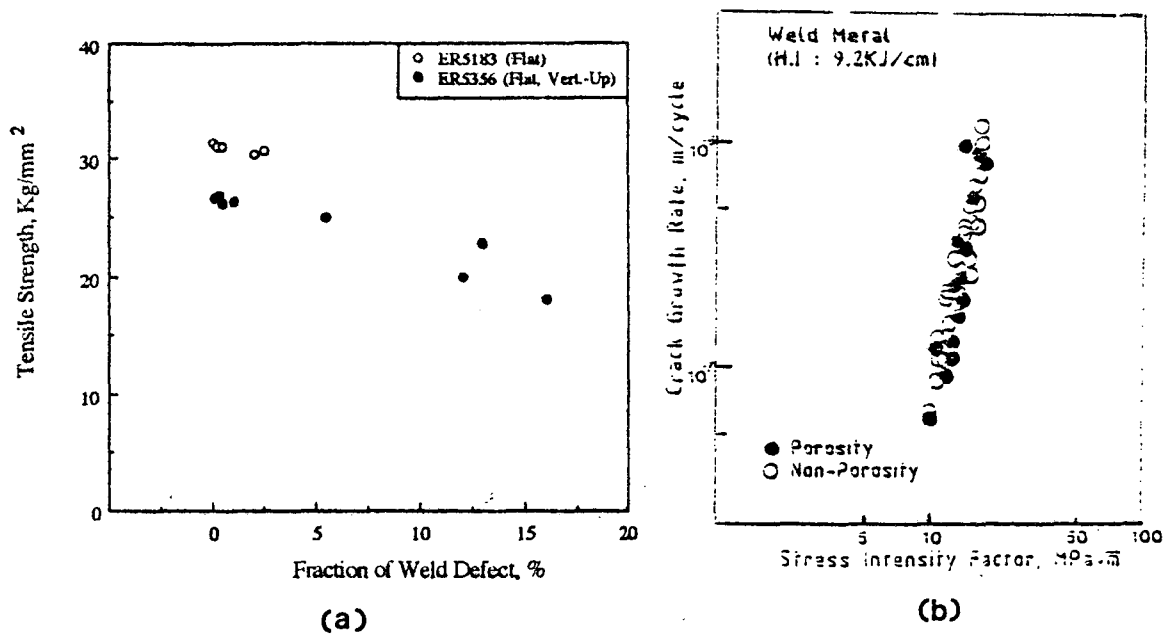


그림 1 용착금속의 기계적 성질에 미치는 용접결함 (주로 기공) 의 영향 :  
 (a) 인장강도 (b) 피로 균열 전파속도