

Al 용접부의 고온 균열에 대한 연구 (A study on hot cracking in an Al-alloy weld)

황 주환*, 유 영구, 윤 중근
현대중공업(주), 산업기술연구소

J.H. Hwang, Y.K. Yoo, J.G. Youn
(Hyundai Industrial Research Institute, Hyundai Heavy Industries Co., Ltd.)

1. 서 론

Al 합금은 가벼운 중량과 높은 강도 즉, 비강도가 높고 가공성이 우수하여 각종 산업에 많이 사용되고 있다. 특히 Al 합금은 결정구조가 면심입방구조이어서 취성파괴가 발생되지 않아 극저온용의 구조물에도 사용된다. Al 합금의 접합은 합금의 종류, 제품의 용도 및 사용 환경에 의하여 결정되는데, 구조용 Al 합금은 주로 GTAW 나 GMAW 기법이 채택되고 있다.

Al 합금의 용접시 문제점으로 대두되고 있는 것은 기공, lack of fusion 및 고온균열 등이 있다. Al 합금의 용접부가 기공에 민감한 이유는 액상 Al에 고용되는 수소농도가 고상 Al에 고용되는 수소농도에 비하여 크기 때문이며, lack of fusion 은 Al 합금표면에 형성된 고 용점 (약 2000℃) 산화피막의 불완전한 제거에 기인된다. 고온균열은 용접부의 냉각시 작용되는 구속응력과 저용점물질의 존재에 기인되어 발생한다. 이 같은 용접 결함 들은 적절한 용접재료의 선택, 용접부의 청결성유지 및 용접조건의 정립에 의하여 방지할 수 있다.

그러나 상기된 방지대책을 설정하였을지라도 후판 Al 합금 용접부에서는 고온균열 이 발생하기도 한다. 따라서 본 연구에서는 후판의 Al합금 용접부에서 발생하는 고온균열 의 특성 및 그 원인을 규명하고자, 균열이 발생된 용접부를 대상으로 고온 균열의 발생위 치 및 파면 등을 분석하였다. 이 결과를 토대로 건전한 용접부에 고온균열을 재현시키므로 써 고온균열의 발생 기구를 정립하고자 하였다.

2. 실험

본 연구의 대상은 약 43mm 두께의 비 열처리형인 Al-Mg 계 (5xxx계) Al합금 용접부 이었으며, 용접은 자동 carriage 를 이용한 MIG 기법에 의하여 실시된 것이었다. 개선은 double U 형태이였으며 양면 다층 용접되었다. Table 1에 용착금속의 화학적 조성 과 기계적 성질을 나타내었다. 용접부에 고온균열을 재현시키기 위하여 Al-Mg phase diagram 상의 고상변태 완료선을 기준으로 각 온도별로 열처리를 실시한 후 quenching 하여 시편에서의 액화 상태를 관찰하였다.

Table 1 Chemical composition and mechanical properties of the weld metal

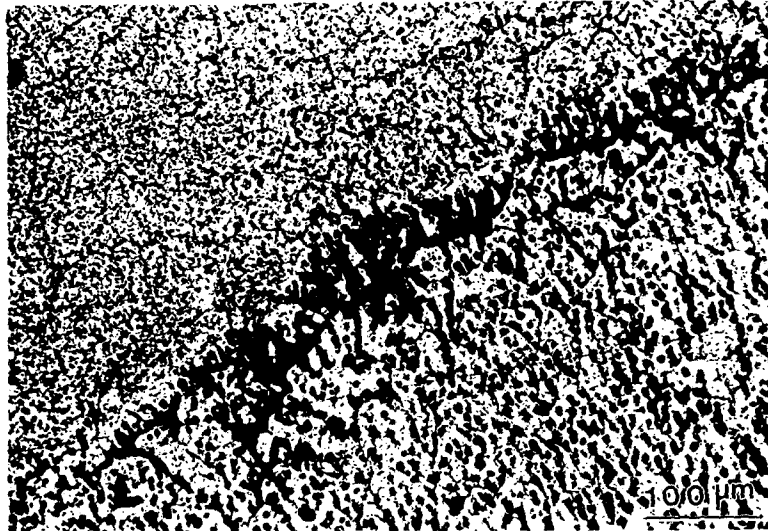
Chemical composition (wt%)							Mechanical properties		
Si	Fe	Cu	Mn	Mg	Cr	Zn	Y.S (Kg/mm ²)	T.S(Kg/mm ²)	El.(%)
0.21	0.1	0.02	0.81	5.2	0.08	0.02	14.2	29.4	22

3. 결과

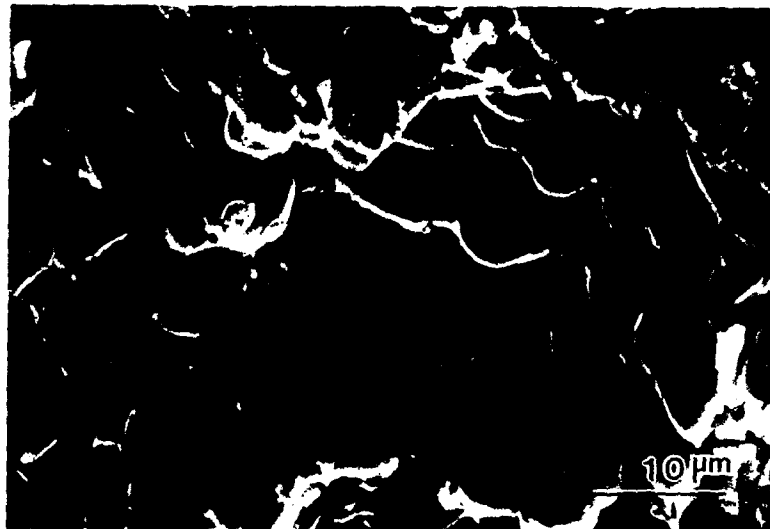
Al 용접부에서 발생된 균열은 Fig.1에서 보여주듯이 주로 root부 용착금속 즉, 초층의 용착금속과 2번째 용착금속간의 계면주위에서 발생되었으며 그 파면은 전형적인 고온 균열 특히 고온영역에서의 균열발생양상을 보였다. 따라서 Al 용접부에서 발생된 균열은 실 구조부재의 높은 구속력에 의하여 결정립계에 형성된 저융점 물질의 액상막이 분리되어 발생된 것이다. 그러나 고온 균열은 초층 용착금속의 중심부에서 발생되지 않고 초층 용착금속의 윗 부분에서 발생된 것을 고려할 때, 이 고온균열은 응고균열이 아니며 후속된 용접열에 의하여 결정립계에 존재하는 저융점물질 들이 재용해되고 후속 용착금속의 응고에 기인된 수축력과 외부 구속력에 의하여 재용해된 액상막이 분리되어 형성된 액화균열이라고 판단된다.

4. 결론

후판의 Al합금 용접부에서 발생하는 고온균열은 응고균열 이라기보다는 후속된 용접열에 의하여 결정립계에 존재하는 저융점물질들이 재용해되고 후속 용착금속의 응고에 기인된 수축력과 외부 구속력에 의하여 재용해된 액상막이 분리되어 형성된 액화균열이다.



(a)



(b)

Fig.1 Cracking at a thick 5xxx type Al-alloy weld :
(a) Location and (b) Fracture surface