

## 철도차량용 알루미늄 압출재의 용접접합부 미세적 조직 특성 연구

### A Study on the Microstructure Friction Stir Welding of Extruded Al -Alloy for Railway Vehicle

\*#김원경<sup>1</sup>, 원시태<sup>2</sup>, 구병춘<sup>3</sup>

\*\*W. K. Kim(wkkim@krii.re.kr)<sup>1</sup>, S. T. Won<sup>2</sup>, B. S. Goo<sup>3</sup>

<sup>1</sup>한국철도기술연구원 시험인증단, <sup>2</sup>서울과학기술대학교 금형설계학과, <sup>3</sup>한국철도기술연구원철도 구조연구실

Key words : Friction Stir Welding, Microstructure, Railway Vehicle

#### 1. 서론

마찰교반용접(Friction Stir Welding; FSW)은 1991년 영국의 TWI에 의해 개발된 이래 알루미늄합금을 중심으로 한 금속재료의 새로운 고상 접합법으로써 연구 및 개발이 활발히 진행되고 있으며, 또한 항공기, 자동차, 철도분야 등 다양한 산업분야에 적용이 되고 있다.

마찰교반용접에 관한 연구에서는 마찰교반용접 중에 고속으로 회전하는 공구에 의해 재료가 강소성가공됨으로써 접합부에서 동적재결정이 일어나고, 그 결과 미세한 재결정립이 접합부에 형성된다고 보고되고 있다. 본 논문에서는 최근 철도차량에 적용되고 있는 알루미늄 압출재(A6005-T5)에 대해서 FSW 방법과 GMAW(Gas Metal Arc Welding)에 의한 용접표면의 미세조직 특성에 대해 비교 고찰한 내용을 소개하고자 한다.

#### 2. 미세 조직 특성 비교

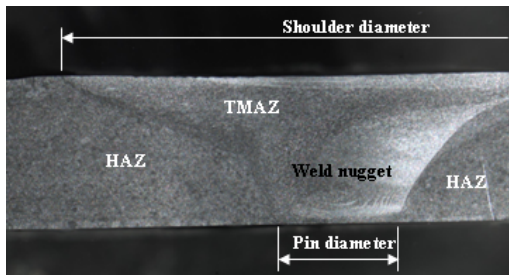
실체현미경(Olympus, SZX16)을 사용하여 FSW 및 GMAW 접합부를 거시적으로 관찰하여 용접상태를 확인하였고 광학현미경(Olympus, GX51)을 사용하여 모재, FSW 및 GMAW 용접 접합부의 조직을 200배 확대하여 미세적으로 관찰하였다.

Photo.1은 FSW 및 GMAW 용접 접합부의 횡단면(용접 방향에 대한 직각 단면)에 대해 실체현미경으로 거시적인 관찰을 한 것으로 두 경우 모두 기공, 크랙 등이 없기 때문에 시험시편에 대한 용접상태는 양호

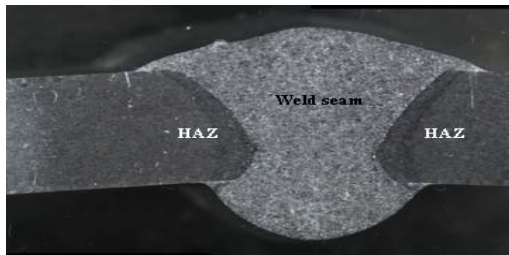
한 것으로 판단된다. Photo. 2 에서 보는 바와 같이 FSW의 접합부는 3개의 영역, 교반부(SZ, Stir Zone), 가공열영향부(TMAZ, Thermo-Mechanically Affected Zone)와 열영향부(HAZ, Heat Affected Zone)로 분류된다. 그림과 같이 교반부의 형상은 핀 주변에서 교반작용이 일어났기 때문에 거시적으로 양과형상의 타원으로 되어 있는 것을 알 수 있으며, 가공열영향부와 열영향부의 경계상면부는 공구솔더의 직경과 하단부는 공구핀의 직경과 거의 일치하고 있다.

Photo. 3은 GMAW 용접중심부에 대한 미세조직을 나타낸 것이다. 모재의 경우는 Photo. 2 (a)에서 보는 바와 같이 결정립(grain)의 크기가 100  $\mu\text{m}$  (최대 100  $\mu\text{m}$ 이상) 정도로 큰 결정립을 갖고 있으며, FSW의 경우는 Photo. 2 (b), (c)에서 보는 바와 같이 접합부는 3개의 영역에서 서로 다른 형상과 크기의 결정립을 갖고 있음이 확인되었다. 교반부에서는 평균 결정립의 크기가 약 20  $\mu\text{m}$  정도로 모든 방향의 결정입자의 길이가 거의 일정한 등축정(equiaxed) 조직으로 모재에 비해 결정립이 미세화 되어 있다. 이 미세화는 재료가 재결정 온도근방에서 공구에 의해 발생하는 강한 소성변형으로 인한 동적 재결정(dynamic recrystallization) 현상 때문으로 판단된다. 가공열영향부에서는 Photo. 2 (c)에서 보는 바와 같이 교반부의 조직과 거의 같은 크기의 미세한 결정립과 거칠고 큰 결정립이 혼재되어 있으며, 열영향부의 조직은 결정립의 평균 크기가 약 70  $\mu\text{m}$  정도로 모재보다

약간 작은 결정입자를 갖고 있음을 확인할 수 있었다. GMAW의 경우는 Photo. 3에서 보는 바와 같이 알루미늄 합금과 용접봉에 포함된 함유물이 아크 용접에 의해 용융된 후에 응고하는 온도의 차이 때문에 생기는 수지상 결정(dendrite)을 갖고 있음을 알 수 있다.



(a) FSW



(b) GMAW

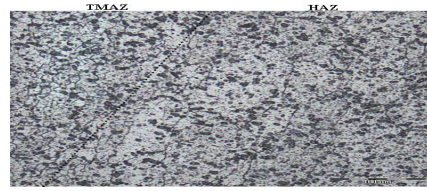
Photo.1 Macroscopic appearance of cross-section for FSW and GMAW (6x)



(a) Base metal (200x)



(b) Stir zone of FSW, (200x)



(c) Thermo-mechanically affected zone and heat affected zone of FSW, (200x)

Photo.2 Macroscopic appearance of cross-section for FSW



(d) GMAW (200x)

Photo.3 Microscopic appearance for GMAW

### 3. 결론

본 논문에서는, 최근 철도차량에 적용되고 있는 알루미늄 압출재의 FSW 및 GMAW에 대한 용접부의 미세조직을 비교 관찰하였으며, 향후 기계적 특성과의 상관관계에 대한 기술로 발전해 나아갈 것으로 기대된다.

### 참고문헌

1. Y. J. Kwon, "Surface Microstructure Control via Fricion Stir Process" Journal of KWJS. Vol. 25. No.3, June. 2007.
2. W.K.Kim, "A Study on the Optimization of Fricion Stir Welding of Extruded Al-Alloy For Railway Vehicle."박사학위논문, Aug.2010
3. 김환태, 김상철, "마찰교반용접기술의 최근연구동향", 대한용접학회춘계 학술대회, 제49권, 2008.