

Mg 함량이 Al-Mg 합금 레이저 용접부 기계적 성질에 미치는 영향

Effect of Mg content on the mechanical properties of laser welded Al-Mg alloys

동의대학교 신소재공학과 윤종원

I. 서론

승용차 바디 패널과 Body-In-White 소재로서는 드로잉용 압연 강판이 널리 사용되고 있다. CAFE (Corporate Average Fuel Economy) 규정 등이 승용차의 연비를 개선하도록 요구함에 따라 차체 경량화를 위해 ULSAB (Ultra-Light Steel Auto Body) 과제에서처럼 고장력강판의 사용을 증가시키거나 tailored weld blank, hydroforming과 같은 새로운 설계 개념을 도입하는 한편, Al합금, Mg합금과 같은 경량 소재를 차체에 사용하는 방안이 강구되고 있다.

Al-Mg 합금은 기계적 성질과 용접성의 측면에서 승용차용 바디 패널 및 BIW 소재로 유망한 것으로 알려져 있으며 이미 일부 알루미늄 바디 승용차에 사용이 시도되고 있다. 이 합금의 용접 방법으로는 spot 용접과 아크 용접이 사용되고 있으나, 용접속도가 빠르고, 변형량이 적은 CO₂ 레이저 용접 공정도 고려되고 있다. 본 연구에서는 Al-Mg 합금의 CO₂ 레이저 용접 시 Mg 함량변화에 따른 용접부의 기계적 성질을 조사하여 소재 선정 기준을 제공하고자 하였다.

II. 실험방법

2mm 두께, 100mm × 200mm 크기의 pure grade 알루미늄 판재 (1200) 및 Al-Mg 합금판재 (5005, 5251, 5754, 5083)를 5kW CO₂ 레이저를 이용하여 autogeneous butt 용접 및 wire feed butt 용접하였다. 용접 와이어의 직경은 1.2mm 이며, GMAW 용접시 사용되는 5154 및 5556A 용접 와이어를 선정하였다. 사용한 모재 및 용접 와이어의 조성을 Table 1과 Table 2에 표시하였다. 용접비드가 인장시험편 표점거리 중앙에 위치하고 인장하중 방향과 수직이 되도록 한 cross-weld 인장시험편을 가공하여, CO₂ 레이저 용접부의 Mg 함량 변화에 따른 인장강도와 연신율의 변화를 조사하였다. 또한 동일한 조건에서 autogeneous 및 wire feed butt 용접한 용접 쿠폰 그대로 biaxial bulge 시험 (Fig. 1)을 행하여, tearing이 일어나는 순간의 dome의 높이를 성형성의 지수로 하여 레이저 용접부의 uniaxial elongation 값과 비교하였다. 모재, 용접와이어 및 용접금속의 화학 조성은 Inductively coupled plasma (ICP) spectroscopy에 의해 분석하였다.

III. 결과 및 검토

CO₂ 레이저 용접된 Al-Mg 합금 cross-weld 인장 시험편은 인장시험시 대부분 용접금속에서 파단되어 용접부의 인장 강도가 모재의 인장강도에 비해 낮게 조사되었다. Al-Mg 합금 CO₂ laser 용접부 (autogeneous butt용접 및 wire feed butt용접)의 인장강도를 Fig. 2에 정리하였으며, Fig. 3에 Mg 함량 변화에 따른 Al-Mg 합금 CO₂ laser 용접부의 인장강도 변화를 모재의 인장강도와 함께 정리하였다. Mg 함량이 증가함에 따라 Al-Mg 합금 CO₂ laser 용접

부의 인장강도가 증가하나, 모재의 인장강도에 비해서는 항상 낮다. 이것은 아크용접된 Al-Mg 합금에서와 비슷한 양상이나 CO₂ laser 용접부의 연신율이 다른 연구자들에 [1, 2, 3, 4] 의해 보고된 아크 용접부의 연신율에 비해 낮은 것으로 조사되었다.

Uniaxial 인장시험에서의 얻은 연신율과 biaxial bulge 시험에서의 얻은 formability를 Fig. 4 및 Fig. 5에 나타내었다. Cross-weld형 인장 시험편에서 얻은 CO₂ laser 용접부의 연신률은 all-weld-metal test를 수행하지 못하여 용접금속 연신율의 전형적인 값이라 할 수는 없으나 모재의 연신율에 비해 매우 낮으며, uniaxial 인장시험에서의 연신률과 biaxial bulge 시험에서의 성형성이 서로 상관관계가 있음을 확인하였다. 5556A (Al-5.6wt%Mg) 용접와이어로 용접한 5754 (Al-3wt%Mg) 판재의 연신율과 성형성이 가장 높음을 주목할 만하다.

IV. 결론

Al-Mg 합금 CO₂ 레이저 용접부의 인장강도, 연신율, 성형성은 모재에 비해 열화된다. 이 결과는 Al-Mg 합금 GMAW, GTAW 용접부의 기계적 성질과 유사하다. 한편, Mg함량이 0에서 5wt%로 증가할수록 Al-Mg 합금 레이저 용접부의 인장강도는 증가하나, 연신율과 성형성은 Al-3wt%Mg의 5754 합금을 5556A (Al-5.6wt%Mg) 와이어로 용접하였을 때 가장 높다. 적절한 조성의 filler wire를 사용하여 Al-Mg 합금을 CO₂ 레이저 용접하면 용접부의 기계적 성질을 개선할 수 있음을 확인하였다.

V. 참고문헌

1. Arata et al., "Effect of weld solidification mode tensile properties of aluminum weld metal", Trans. of JWRI, Vol. 2, No. 2, 1973, pp 55-61.
2. Scott et al., "Tensile and toughness properties of arc welded 5083 and 6802 alloys" Welding Journal, Vol. 62, No. 9, 1983, pp 243s-252s.
3. Moon et al., "Laser beam welding of aluminum alloy 5456" ; Welding Journal, Vol. 62, No. 2, 1983, pp 53s-58s.
4. Jones et al., "CO₂ laser welding of 5000 series aluminum alloys - updates", Report of TWI, Oct., 1992.

| Alloy (batch) | Si | Fe | Cu | Mn | Mg | Cr | Zn | Ti |
|---------------|------|------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|
| 1200 | 0.06 | 0.27 | <0.01 | <0.01 | <0.02 | <0.01 | <0.01 | <0.01 |
| 5005 | 0.05 | 0.37 | 0.04 | 0.05 | 0.77 | <0.01 | <0.01 | - |
| 5251(1) | 0.05 | 0.16 | <0.01 | 0.23 | 1.91 | <0.01 | 0.04 | - |
| 5251(2) | 0.14 | 0.36 | 0.03 | 0.25 | 2.19 | 0.02 | 0.05 | - |
| 5754(1) | 0.06 | 0.16 | <0.01 | 0.24 | 3.06 | <0.01 | <0.01 | - |
| 5754(2) | 0.06 | 0.16 | <0.01 | 0.24 | 3.07 | <0.01 | 0.07 | - |
| 5083(1) | 0.14 | 0.29 | 0.02 | 0.63 | 4.46 | 0.05 | 0.01 | - |
| 5083(2) | 0.14 | 0.30 | 0.02 | 0.63 | 4.54 | 0.05 | 0.03 | - |

Table 1 Nominal chemical composition (in wt%) of aluminum alloys used (balance aluminum).

| Filler wire | Si | Fe | Cu | Mn | Mg | Cr | Zn | Ti |
|-------------|------|------|-----|------|-----|------|-----|------|
| 5154 | 0.25 | 0.4 | 0.1 | 0.1 | 3.5 | 0.25 | 0.2 | 0.2 |
| 5556A | 0.09 | 0.34 | - | 0.57 | 5.6 | 0.07 | - | 0.07 |

Table 2 Nominal chemical compositions (in wt%) of filler wires (balance aluminum).

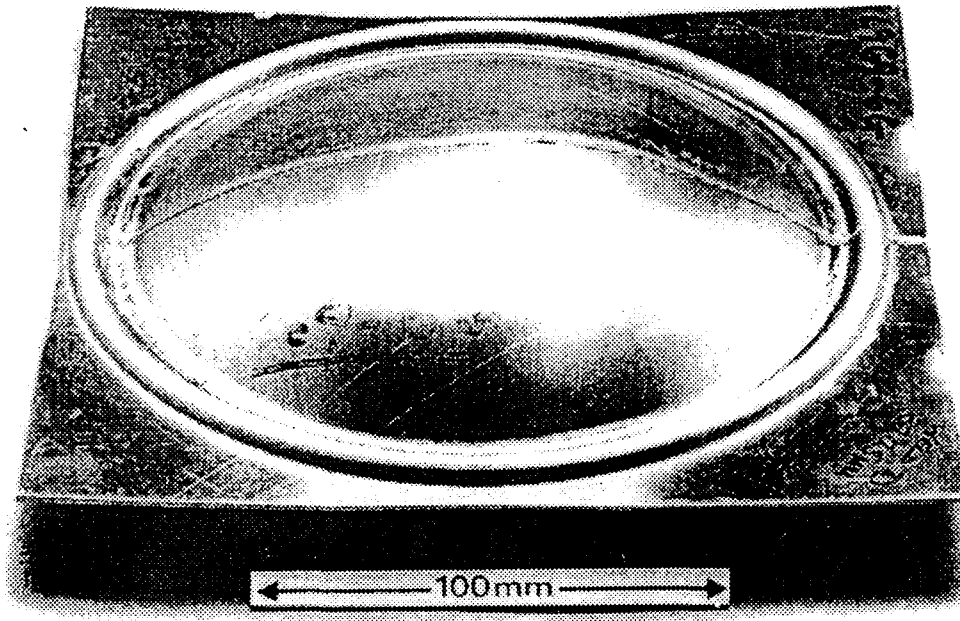


Fig. 1 Tearing in a typical biaxial bulge test coupon for a laser welded aluminum alloy.

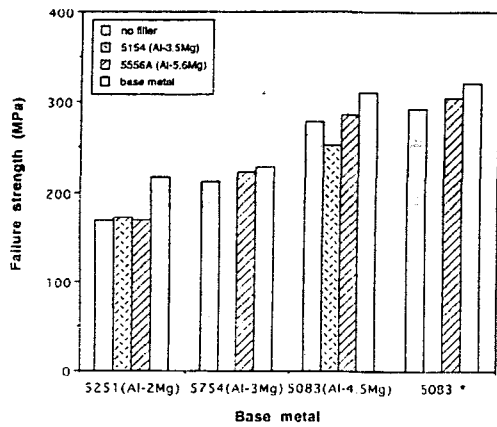


Fig. 2 Tensile strength of Al-Mg alloy laser welds (All alloys are 2 mm thick sheet except 5083* is 6 mm thick plate.)

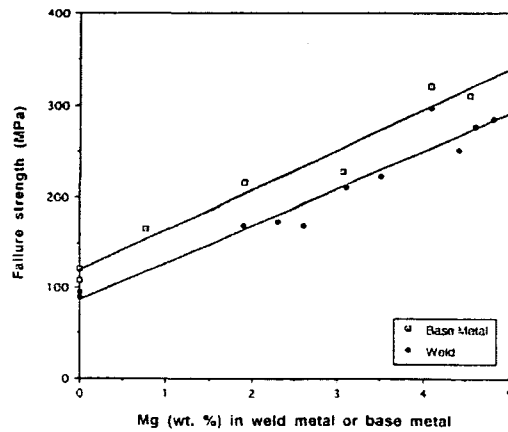


Fig. 3 Variation of tensile strength for base metal and laser welds of Al-Mg alloys with Mg content in weld metal

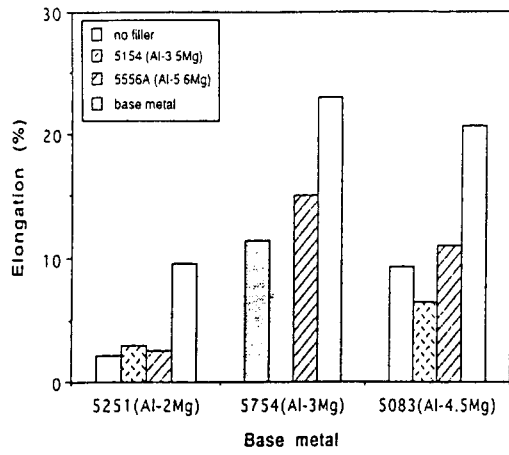


Fig. 4 Elongation of Al-Mg alloy laser welds.

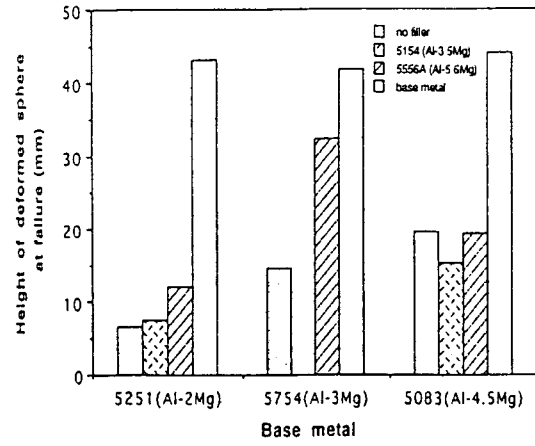


Fig. 5 Formability in the laser weld coupons of Al-Mg alloys.