

마그네슘 합금의 초음파 용접성에 관한 연구 A study on the ultrasonic weldability of Mg alloy

안병훈*, 김숙환*, 이목영* 윤종원**

* 포항산업과학연구원

** 동의대학교 신소재공학과

1. 서 론

마그네슘합금인 AZ31은 밀도가 1.8g/cm³ 으로 현재 상용화 되어 있는 금속 중에서 가장 가벼운 대 비해 비강도가 높아서 앞으로 이 금속의 활용이 매우 기대된다. 또한 진동, 충격, 전자 파동에 대한 제진성이 탁월하고 전기, 열전도도, 가공성 및 고온에서의 피로, 충격 특성이 우수하여 자동차, 항공기, 및 일반기계 등에 요구되는 우수한 특성을 지니고 있다.⁽¹⁻²⁾ AZ31은 GMAW, GTAW, LBW, EBW, FSW, USW등의 접합법이 시도되고 있으며 사용용도에 따라 적합한 용접공정이 채택되고 있다. 이들 접합법 중 초음파 용접은 고상용접의 일종으로서 용접중에 국부적으로 고주파 진동에너지와 압력을 가하여 용접하는 방법으로 모재를 용융시키지 않고 건전한 야금학적 결합부가 얻어진다는 데에 큰 특징이 있다. 또한, 다른 용접법에 비해 경제성이 매우 높고, 용접에 필요한 출력이 전기 아크 용접에 필요한 출력의 5-10% 수준에 불과할 뿐만 아니라 통상의 방법으로 용접하기 어려운 극 박판 및 동종, 이종금속의 용접에 널리 사용이 되고 있다. 그러나 최근 경량화 소재로 각광받고 있는 마그네슘 합금은 증발온도가 낮고 산화성이 강하기 때문에 용융용접보다 고상접합의 유리한 특성이 있지만 초음파 용접등과 같은 접합법에 대한 연구는 매우 미흡한 실정이다. 따라서 본 연구에서는 상용화 되고 있는 AZ31 소재의 초음파 용접특성을 검토하고 적용가능성에 대하여 고찰하고자 하였다.

2. 실험방법

초음파 용접기의 기본 구성은 Fig. 1과 같으며, 초음파 진동은 압전체에서 발생되고 부스터에서 증폭된 후 소노트로드(sonotrode)를 통하여 피접합체에 진동 에너지가 전달되어 접합이 이루어지게 된다. 용접시의 가압력은 sonotrode 단부에서 가해지게 되며 anvil은 접합재를 지지하여 가압력에 대한 반력을 부가하는 역할을 한다. 따라서 sonotrode와 anvil 사이에 피접합재 A, B를 넣고 이것에 정압을 가하면서 초음파 진동을 주게 되면 sonotrode의 초음파 진동과 같은 주파수로 진동하고 이것과 마주한 anvil측의 피접합재 A, B사이에는 미끄럼 이동에 의해 마찰열과 소성변형으로 돌기부와 산화 피막 제거, 불순물의 파괴 제거 작용이 이루어지면서 피접합재 A, B 접합면에서 접합이 이루어진다.

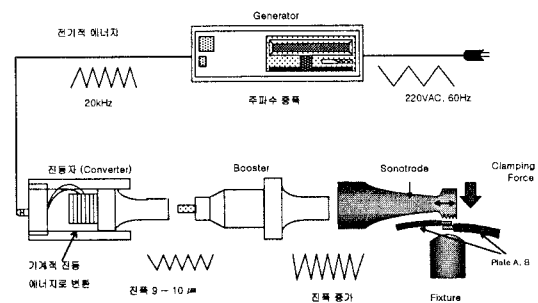


Fig. 1 Schematic diagram of ultrasonic welding machine

본 연구에 사용된 소재는 AZ31이며, AZ31의 화학조성은 Table. 1에 나타내었다. 초음파 용접 실험을 위해서 시편을 15mm x 75mm x 0.4mm로 가공한 후 접합부의 표면 산화막을 사포로 제거하고 아세톤에 넣어 20초간 세척하여 초음파

용접시험을 위하여 준비 하였다. 본 실험에 사용한 초음파 용접기는 Power가 200-240VAC, 50-60HZ, 10A인 장치를 사용하였다. 그리고 용접시간과 진폭은 고정시키고 용접 가압력만 3-5bar로 변화시키면서 적용가능성을 평가하기 위하여 실시하였다. 예비실험을 통하여 상·하부가 가장 잘 접합되는 조건인 Table. 2의 제시한 용접조건으로 AZ31시편을 Fig. 2와 같이 시편 끝에서 가로, 세로 1.2mm, 0.5mm 간격을 두어서 시편을 지그에 고정시킨 후 lap joint로 접합 하였다. 이때 시편의 이면과 접촉하고 있는 anvil은 돌기가 없는 것을 사용하였다.

Table. 1 Chemical composition of AZ31 (wt%)

| | | | |
|----|-----|-----|-----|
| Mg | Al | Zn | Mn |
| 95 | 3.0 | 1.0 | 0.3 |

Table. 2 Ultrasonic welding conditions

| | | |
|----------------|-----------------|--------------|
| Weld time(sec) | Weld force(bar) | Amplitude(%) |
| 3 | 3-5 | 80 |



Fig. 2 Joint location of welding

용접 후 다이아몬드 cutter를 이용하여 용접부 단면을 채취하여 마운팅, 그라인딩, 폴리싱과 에칭(아세트산+피크릴산+알코올+증류수)한 후 광학현미경을 사용하여 용접부 조직학적 관점에서 접합특성을 검토하였다. 그리고 용접부 기계적 특성을 평가하기 위해서 비커스 경도(하중 500g, 유지시간 10sec)를 0.5mm간격으로 상부에서 0.2mm떨어진 위치에서 모재와 용접부의 경도를 측정하였다. 또한, cross head speed 1mm/min의 속도로 인장시험 하여 강도 값을 측정하였다.

3. 결과 및 고찰

Fig. 3은 AZ31시편을 용접시간 3sec, 용접하중 3-5bar, 진폭 80%의 용접조건으로 용접한 용접부 단면의 미세조직을 나타낸 것이다. 사진에서 알 수 있는 바와같이 용접부의 표면은 심하게 변형된 형상을 보여 주고 있으며 lap joint된 시편의 이면은 anvil의 돌기가 없기 때문에 상부와 같이

소성변형된 흔적이 나타나지 않았다. 전체적으로 완전한 접합은 이루어지지 않았으나 용접하중이 작은 3bar~4bar에서 보다 하중이 큰 5bar에서 용접부의 계면접합특성이 양호한 것을 관찰 할 수가 있었다. 이는 하중이 증가할수록 소성변형량과 에너지량이 커지기 때문에 용접부의 소성유동량이 증가하여 보다 양호한 계면이 얻어진 것으로 생각된다.

Fig. 4는 각 용접조건에서 용접부의 기계적 특성을 평가하기 위하여 모재와 용접부의 비커스 경도를 측정된 결과를 나타낸 것이다. 비커스 경도 측정결과 각 조건의 모재와 용접부의 비커스 경도값은 거의 비슷하였으며, 모재부의 경도가 66~69Hv, 용접부가 64~68Hv로 모재와 용접부의 경도가 거의 동등한 수준으로 확인 되었다.

Table. 3과 Fig 5는 lap joint된 AZ31시편을 각 조건별로 3회 인장시험을 측정하여 그 결과를 표와 Graph로 나타낸 것이다. 인장강도는 용접하중 3bar의 경우 67MPa, 4bar는 99MPa, 5bar는 136MPa정도를 나타내고 있다. 이러한 결과는 미세조직을 살펴본 결과 용접하중이 3bar~5bar로 증가 할수록 양호한 계면이 얻어진 것과 잘 일치하였다.

4. 결 론

연구에서는 초음파 용접에 의한 AZ31의 접합성 및 기계적 특성에 관하여 고찰한 결과 아래와 같은 결론을 얻었다.

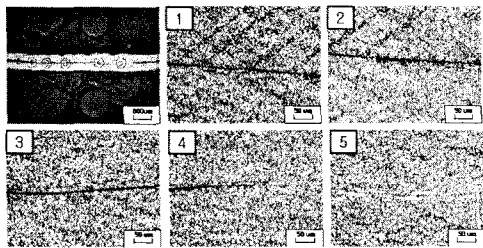
1. AZ31의 초음파 용접부는 용접하중이 증가할수록 양호한 접합계면을 형성하여 초음파 용접의 적용가능성을 확인할 수 있었다.
2. 비커스 경도 측정결과 모재부의 경도가 66~69Hv, 용접부가 64~68Hv로 모재부와 용접부의 경도가 거의 비슷한 수준이었다.
3. 용접부 인장강도는 용접하중 3bar의 경우 67MPa, 4bar는 99MPa, 5bar는 136MPa정도를 나타내었으나 sonotrode의 knurling pattern을 최적화 한다면 강도증가가 가능할 것으로 판단되었다.

참 고 문 헌

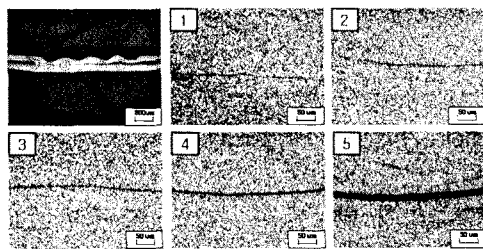
1. H.Friedrich, S.Schumann : Research for a " new age of magnesium: in the automotive industry, journal of Materials Processing

Technology, 117(2001), 276-281

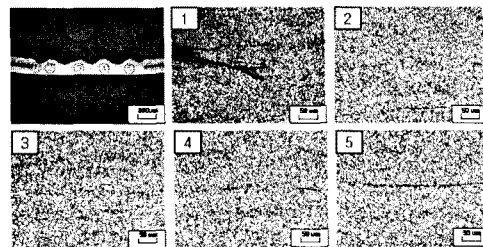
2. Eun-soo Park, Jae-woo kim, Do-Hyang Kim : Recent Development of High Strength, Gigh Toughness Magnesium Alloys, Journal of the Korean Foundry's Societh, vol.18, No2, 1998, 118-123(in Korean)



(a)

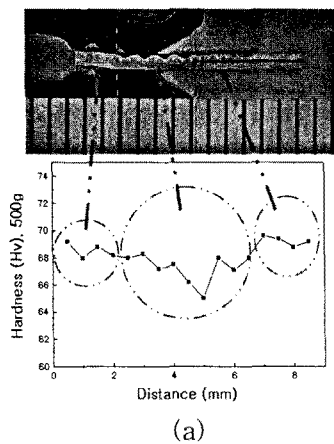


(b)

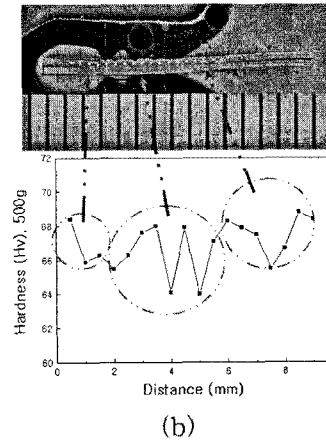


(c)

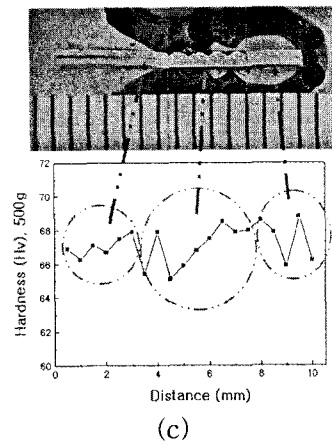
Fig. 3 Microstructures of AZ31 ultrasonic welded with Weld time of 3sec and Amplitued 80% and weld force 3-5bar (a) 3bar, (b) 4bar, (c) 5bar



(a)



(b)



(c)

Fig. 4 Hardness distributions of ultrasonic welded AZ31 (a) weld force : 3bar (b) weld force : 4bar (c) weld force : 5bar

Table. 3 Tensile test results of AZ31 by ultrasonic welding

| Welding force (bar) | Tensile Strength (N/mm ²) |
|---------------------|---------------------------------------|
| 3bar-① | 61 |
| 3bar-② | 73 |
| 3bar-③ | 68 |
| 4bar-① | 99 |
| 4bar-② | 97 |
| 4bar-③ | 107 |
| 5bar-① | 140 |
| 5bar-② | 137 |
| 5bar-③ | 132 |

| Welding forec(bar) | 3bar | 4bar | 5bar |
|--------------------------|------|------|------|
| 인장강도(N/mm ²) | 67 | 99 | 136 |

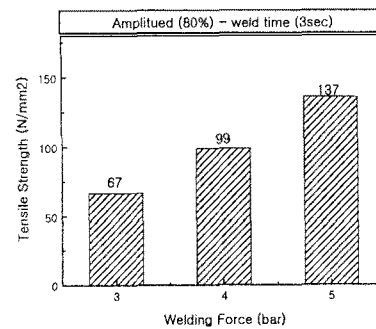


Fig. 5 Tensile strength of AZ31 by ultrasonic welding