

CaO 첨가 Mg 합금 판재의 성형성

Formability of CaO containing Mg Alloy Sheet

*#권용남¹, 김원중², 김세광³

* #Y.-N. Kwon¹(kyn1740@kims.re.kr), W. J. Kim², S. K. Kim²

¹한국기계연구원 부설 재료연구소, ²부산대학교, ³한국생산기술연구원

Key words : Mg alloy, Formability, AZ61

1. 서론

마그네슘 합금은 상대적으로 우수한 비강도 및 비탄성 계수를 가지며 진동, 충격, 전자파 등에 대한 흡수 능력이 뛰어나고 전기 및 열전도도가 비교적 우수하기 때문에 자동차용 경량화 소재로 적용을 위해 많은 연구가 이루어지고 있다. 하지만, 조밀육방결정구조(hexagonal closed packed structure)를 가지는 마그네슘은 활성 슬립계가 저면(basal plane)에 속한 3개에 국한되기 때문에 성형성이 매우 낮다. 따라서, 소성가공을 통한 부품의 제조가 매우 어렵기 때문에 현재 공업적으로 사용되는 마그네슘 부품은 95% 이상이 각종 주조법을 통해 제조되고 있다. 하지만, 자동차를 포함한 수송 기기용 부품 중에는 판재성형을 비롯한 소성가공을 통하여 부품을 제조하는 것이 유리한 형상들이 많이 있기 때문에 앞으로 마그네슘 부품 산업이 활성화되기 위해서는 낮은 성형성을 극복할 수 있는 기술이 개발되어야 한다. 이와 함께 마그네슘 합금의 발화성은 제조비용의 증가의 원인이다.

최근에 주조단계에서 소량의 CaO를 첨가할 경우 마그네슘의 발화성이 제어될 수 있음이 보고되었으며 이를 이용한 다양한 합금이 제안되고 있다. 본 연구에서는 0.5 wt.%의 CaO를 주조중에 첨가한 AZ61 합금판재의 성형성을 일반 AZ61과 비교하는 연구를 통해 AZ61에 미치는 CaO 첨가 합금의 영향을 조사하고자 하였다.

2. 제 목

그림 1은 본 연구에 사용된 AZ61(두께 3.0mm) 및 0.5CaO 첨가 AZ61(두께 3.0mm) 판재의 미세조직(as-received)으로 각각 15 및 17 μ m의 평균결정립 크기를 가지고 있었다. 또한, 부위에 따라 일부영역에서는 평균결정립크기를 벗어나는 조대한 결정

립들이 존재하는 경우도 있었다. 0.5CaO-AZ61 합금의 경우 AZ61에서는 관찰할 수 없는 입자들이 압연방향으로 따라 일부 존재하는 것을 관찰할 수 있었다. 이러한 입자들은 상온이나 낮은 온도영역에서는 성형성에 미치는 영향이 크지 않을 것으로 예상되나 전위슬립뿐만 아니라 다른 변형기구가 작동하는 고온 영역에서는 성형성에 일정한 영향을 미칠 것으로 예상되는 조직을 가지고 있다.

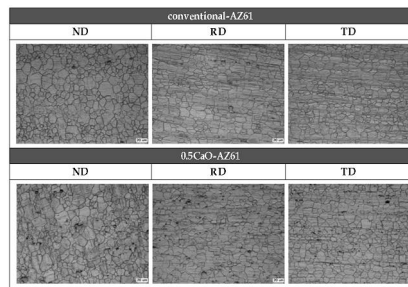


Fig. 1 Optical micrographs of AZ61 and 0.5wt.% CaO-AZ61 alloy sheet

그림 2는 0°방향의 시편을 이용하여 초기 변형 속도를 0.005/s 조건에서 온도 변화에 따른 인장곡선을 나타낸 결과이다. 온도가 증가하면서 연신율이 증가하는 일반적인 경향을 보여주고 있으며 시편 방향 및 변형속도를 달리한 시험에서도 동일한 경향을 나타내고 있음을 확인하였다. 유동곡선의 형상에 따라 판단하면 CaO첨가에 따른 영향은 크지 않은 것을 알 수 있다. 일반적으로 Mg판재의 온간 성형온도로 알려진 200~300℃ 영역에서는 동적재결정에 의한 가공연화경향이 나타나고 있으며 400℃ 조건에서는 정상상태 유동이 관찰되고 있다. 인장시험결과로부터 성형성과 관련된 인자로 가장 대표적인 것은 연신율이다. AZ61판재의 상온연신율은 판재방향, 변형율속도 등의 시험조

건에 따라 차이가 있으나 최소 15%이상 20%초반대의 높은 값을 가진다. 그림 3 압연방향 시편의 온도의 변화에 따른 연신율변화를 나타낸 것으로 상온에서 200℃ 영역까지는 온도증가의 영향이 거의 나타나지 않고 300℃ 이상의 온도에서 연신율이 증가하는 경향을 보여주고 있다. 300℃ 이상의 연신율 증가는 비저면슬립계가 활성화되며 결정립계미끄러짐이 작동하는데 그 원인이 있으나 각각의 변형기구의 영향에 관한 정량적인 평가는 추가적인 분석이 필요하다.

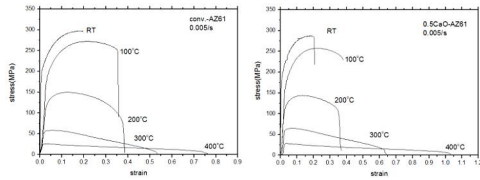


Fig. 2 Tensile curves of AZ61 and 0.5wt.% CaO-AZ61 alloy sheet

AZ61 판재의 성형성을 평가하기 위하여 그림 4에 나타낸 것과 같이 에릭슨 컵 시험을 온도를 변화시키면서 실시하였다. CaO첨가에 따른 AZ61 판재의 에릭슨 값을 나타낸 것으로 CaO첨가의 영향은 상온에서 100℃까지의 영역에서는 크지 않을 것을 확인할 수 있다. 하지만, 온도의 증가에 300℃ 이상의 온도에서는 0.5CaO를 첨가한 AZ61판재의 에릭슨값이 일반 AZ61에 비해 20~30%가량 높은 값을 가지는 것으로 나타났다. 이상의 결과에서 에릭슨값은 인장시험의 연신율 경향과 일치하는 경향을 보이지는 않음을 확인할 수 있었다.

한계 드로잉비는 판재 블랭크의 직경을 변화시키며 드로잉이 가능한 최대 블랭크 직경을 결정하는 시험이다. 그림 4는 AZ61판재의 LDR을 측정할 결과로 온도가 높아짐에 따라 LDR값이 커짐을 확인할 수 있었다. 하지만, 유사한 결정립크기를 가지는 AZ31 판재에 비해 동일한 LDR값을 가지는 온도가 훨씬 높음을 알 수 있다.

앞선 성형성 평가 결과를 바탕으로 사각금형의 설계시 펀치 및 금형의 코너 반경을 5mm 수준으로 설정하여 금형을 제작하였으며 소재의 두께에 따라 금형과 펀치의 간격을 일정하게 유지하도록 제작하였다. 또한, 사각 드로잉을 위한 블랭크 설계는 코너부위의 드로잉을 고려하여 실시하였으며 유한요소해석을 통해 코너 r값이 30mm 수준으로 결정하였다. 그림에서 알 수 있듯이 AZ61판재는

소재의 종류에 관계없이 250도 이상의 온도에서는 성형이 무난하게 진행됨을 확인할 수 있었다. 하지만 동일한 결정립크기를 가지는 0.5CaO-AZ31은 상대적으로 훨씬 낮은 온도인 180도에서도 결함없이 성형이 진행됨을 확인할 수 있었다.

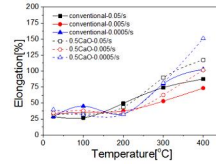


Fig. 3 Elongation of AZ61

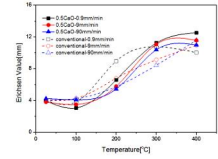


Fig. 4 Erichsen value of AZ61.

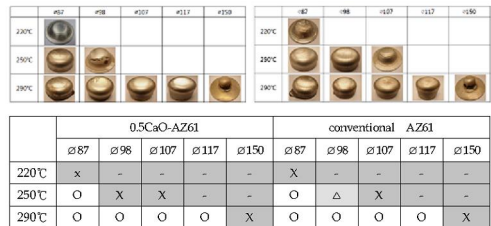


Fig. 5 LDR test of AZ61 sheets

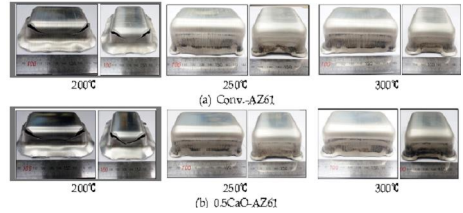


Fig. 5 Square box drawing for AZ61 sheets

3. 결론

AZ61 합금 판재 성형성은 AZ31합금 판재과 비교할 때 소재의 제조방법에 관계없이 매우 낮은 수준임을 확인하였다. Mg 판재 성형시 가장 중요한 성형온도가 AZ61판재의 경우 300도 부근으로 0.5CaO-AZ31판재의 경우 180도 부근까지 내려갈 수 있는 가능성을 보인 것에 비해 매우 낮은 수준임을 알 수 있었다.

후기

본 연구는 산업원천기술개발사업(과제명: 환경부하 및 에너지 저감을 위한 Eco-Mg 생산기반기술 개발- 과제번호: 10035292)의 지원을 받아 수행되었으며 이에 감사 드립니다.