

마그네슘합금의 리사이클링 기술 동향

신희덕
한국과학기술정보연구원

Trend of Recycling Technology for Magnesium Alloys

Hee Duck Shin
Korea Institute of Science and Technology Information

1. 서론.

마그네슘은 광석과 해수 중에 존재하고 지구상에 풍부한 자원이다. 마그네슘합금(이하 Mg합금)은 경량, 고강도, 고방열성이 있어서, 현재 경량화가 요구되는 자동차와 항공, 노트북PC 등에 이용되고 있다. Mg합금의 리사이클링은 성형가공 시에 발생하는 불요부분의 리사이클링과 회수한 Mg합금의 리사이클로 되어 있다. 그러나 아직 캐스팅공장에서 Mg합금 스크랩 처리를 위한 합리적인 방법은 개발되지 않은 상태이다. 본 보고에서는 에너지소모가 적고 재생재의 기계적 특성을 향상시키는 리사이클링 법을 소개하였다.

근래에 발표된 보고에 의하면 여객운송에 드는 에너지소비량이 수송부분의 총 에너지소비에 약 60%에 이르고 있고, 특히 자가용 승용차가 높은 증가율을 나타내고 있다. 미래 지속가능한 사회를 건설하기 위하여 수송기계 특히 자가용차에 사용되는 구조재료의 경량화는 에너지절약과 지구온난화를 최소화하기 위하여 필요하다.

2. Mg합금의 특성과 용도

마그네슘은 실용금속재료 중 가장 가볍고 전자파 차폐, 진동감쇄성이 높다. 또한, 절삭성이 좋고 인체에 무해한 특징이 있다. 한편으로 마그네슘은 강도, 전신율, 내열성 및 부식되기 쉬운 결점도 있는데 부식문제는 마그네슘지금에 혼입된 미량의 철, 니켈, 동 등이 원인이라고 판명되어 순도를 높임으로써 부식문제를 해결할 수 있다. 그러나 마그네슘은 타금소과 접촉하여 전위를 생성하는 조건에서는 부식을 면할 수 없으므로 대개 표면처리를 한다.

일반적으로 금속은 플라스틱에 비해서 용해하여 재이용할 수 있다는 점에서 리사이클 성이 양호하다. 특히 마그네슘은 다른 금속보다도 비열이 작아 용점이 낮으므로 재용해하여 리사이클링 할 때 필요한 에너지가 신재제조시의 4%정도로 대단히 작아도 되는 이점이 있다.

Table. 1 Comparison of physical properties of magnesium and other metals

금속명	비중	융점 (°C)	비점 (°C)	용융잠열 (kJ/kg, J/cm ³)	비열 (kJ/kg·K, J/cm ³)	선팽창계 수×10 ⁶	인장강도 (MPa)	신장율
Mg	1.74	650	1110	368, 640	1.05, 1.84	25.5	98	5
Al	2.75	660	2486	398, 1088	0.88, 2.43	23.9	88	45
Fe	7.86	1535	2754	272, 213	0.46, 3.68	11.7	265	45

source: Provided by Prof. Kamado, Nagaoka University of Technology

3. Mg합금의 자동차에 이용확대추세와 과제

자동차는 안전장치와 전자기기 등의 부가기능으로 중량이 증가되는 경향이 있는데 차체성능향상으로 중량증가를 상쇄한 다음에 여하히 경량화 할 것인가가 금후과제가 된다. 지금까지의 경량화기술은 구조설계자체의 연구와 철강 재료의 고강도화에 의한 박육화(薄肉化)등으로 대처해왔으나, 금후에는 구조재료의 대폭적인 변경도 시야에 넣을 필요가 있다고 생각된다.

승용차의 생산에서 폐차까지의 총에너지사용량에서 약 86%가 사용단계인 주행에서 소비되는 것으로 알려져 있다. 개소린 승용차의 주행 중의 에너지사용은 차량중량이 10% 경감되면 5~19%의 연비향상을 기대할 수 있다. 예를 들면 차량중량이 1,000kg당 1kg의 차량경량화에서 약 0.016km/l의 연비향상이 기대된다.

유럽에서는 자동차의 CO2배출량의 규제가 시작되었고, 주행거리 당 CO2의 배출량규제는 2012년에는 140g/km이하, 2014년에는 120g/km이하로 한다는 기준이 제시되었다. 이 기준대로 한다면 2014년의 기준을 달성하기 위해서는 20km/l의 높은 연비를 달성할 필요가 있다.

이러한 큰 폭의 중량감소를 위해서는 철강에서 Mg합금으로 구조재료의 전환이 필요하다고 생각된다. 이러한 관점에서 자동차의 구조재료 혹은 부품재료로 Mg합금이 주목된다.

4. 마그네슘의 재순환성

일반적으로 금속은 플라스틱에 비해서 용해하여 재이용할 수 있다는 점에서 리사이클 성이 우수하다. 특히 마그네슘이라는 금속은 여타금속보다 비열이 작고 융점이 낮으므로 재용해하여 리사이클링 할 때 필요한 에너지가 신 재료 제조시의 4%정도로 대단히 적은 량으로 처리할 수 있는 이점이 있다. 그러나 현재 리사이클링 기술은 아직 개발단계에 있고 비교적 크린한 공장 내에서 폐제의 리사이클링 기술이 개발되고 있다. 미래에 이것은 총 Mg합금 량의 수10%를 리사이클링재로 충당하기위한 material flow의 검토가 필요할 것이다.

5. 고체리사이클링에 의한 Mg합금의 고도화 연구

5-1. Mg합금 하우징의 리사이클링

Mg합금하우징의 리사이클링은 성형공정에서 발생하는 불요부분의 리사이클링과 소비자에 출하된 제품을 회수한 Mg 합금 하우징으로 구성 된다. Mg합금을 이용한 하우징의 성형은 다이캐스팅과 thixomolding 이 있다. 이 중 thixomolding은 전용사출성형기를 이용하여 반 용융상태의 Mg합금이 갖는 틱소 성을 이용하여 용탕을 충전상태로 금형 내에 사출하는 방법이다.

5-2. 도장박리기술

회수한 Mg합금 하우징을 리사이클링 하기 위해서는 하우징표면의 도장박리(塗裝剝離)가 필요하다. Mg합금하우징의 도장박리방법으로는 기계적인 방법과 화학적인 방법이 있다. 기계적 방법으로 블라스트처리가 있는데, 통상적으로 널리 이용되고 있는 sand blast처리는 Mg분진발생으로 인한 폭발위험이 있다. 또한 물과 연마제를 동시에 분사하여 도장을 박리하는 wet blast법이 있는데, 이 방법 안전하게 도장을 박리할 수 있는 장점이 있다.

화학적 방법은 산과 알칼리를 이용하는 용액처리가 있는데, 이 방법도 산 용액 중에 Mg합금하우징을 담글 경우 충분히 도장을 박리할 수 있으나 산과 Mg가 격렬하게 반응하므로 박리액 수명이 짧다. 이와 마찬가지로 알칼리용액에 Mg합금 하우징을 담글 경우 박리상태에는 불 균질상태가 되었으나 알칼리와 Mg는 반응하지 않으므로 액의 열화가 작다.

5-3. 회수 Mg합금 하우징의 리사이클링 및 평가

5-3-1. 리사이클링 개요

마그네슘생산량의 약 50%를 알루미늄의 강도개선과 내식용으로, 약 18%가 자동차산업의 구조재료로 쓰인다. 마그네슘의 리사이클링에서 가장 중점을 두는 것은 마그네슘이 산화가 용이하여 알루미늄보다 용해가 어려워진다. 그리하여 주조스크랩표면에 산화 막을 형성한다.

근래 정련, 용해기술의 발전으로 용융금속 중 불순물농도가 저하되고 내식성이 향상되었다. 이것은 종래부터 이용된 다이캐스트기술의 발전과 새로운 프로세스인 Thixomolding의 개발로 취급이 용이해진 때문이다.

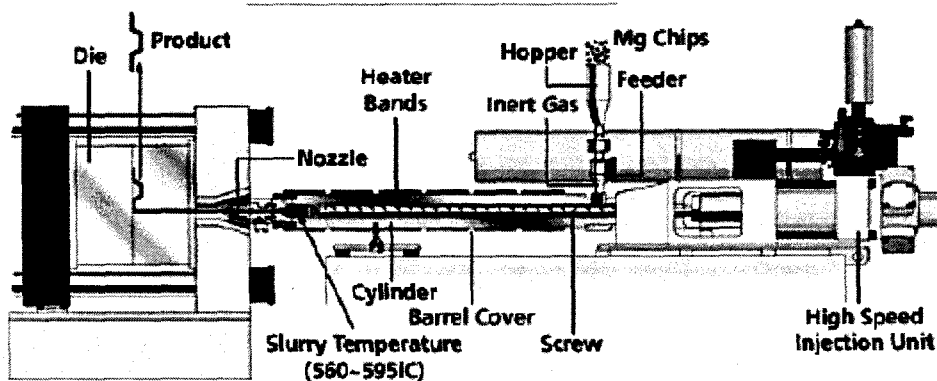
5-3-2. 회수율 및 물성비교

Mg합금하우징을 재 용해 후 용해로에 잔류한 슬러지량에서 재생재의 회수율을 구한 결과 도장을 박리함으로써 회수율이 높아지게 되었다. 또한 bending특성은 각 재생재가 모두 동등한 상태를 나타내고 있어서, 도장유무가 bending특성에는 아무런 영향을 주지 않음을 알 수 있다. 그리고 내식성 역시 미 도장 Mg합금하우징을 이용한 재생 재와, 용액처리로 도장을 박리한 Mg합금하우징을 이용한 재생 재는 동등한 수치를 나타내었다.

5-4. 반고체용융 법에 의한 Mg합금 리사이클링

본 법은 Mg합금을 기계로 chip 화한 원료를 플라스틱사출성형기술을 응용하여 주조하는 공법이다. 즉 실린더 내에서 chip을 가열한 후 스크류로 공급하여 반 용융상태에서 사출하는 것으로, 사출력은 80~120MPa, 사출속도는 1.5~3m/s로 cold chamber와 같은 기능을 갖고 있다. 이 장치는 용해로가 불필요하고 30%이하의 상당히 낮은 고상율(固相率)에서도 주조가 가능한 특징이 있다.

Fig.1 Thixomolding machine



6. 결론

경량소재로 각광을 받고 있는 Mg합금은 현재 다이캐스팅법이 주 생산 공정으로 채택되고 있는데, 생산부품의 용도는 주로 자동차용 구조재료이다. 자동차의 경량화에 의한 에너지절약은 최근의 유가폭등으로 더욱 관심을 모을 것으로 전망된다.

특히 환경문제, 자원문제가 대두됨에 따라 경량화재료로의 마그네슘에 거는 기대가 고조되고 있는데, 금후의 채용확대에 대비하여 재료가격, 제조코스트를 여하히 저감하는가가 중요한 과제라 할 수 있다.

<참고문헌>

1. Katsuyoshi Kondoh, Tachai Luangvaranunt and Tatsuhiko Aizawa, "Solid-state Recycle Processing for Magnesium Alloy Waste via Direct Hot Forging", *Material Transactions*, 43(3), 2002, pp.322-325
2. B. L. Mordike and T. Ebert, "Magnesium -Properties-applications- potential". *Material Science & Engineering*, A302(2001), pp.37-45
3. 東 健司, "マグネシウム製造技術の研究" 「電氣製鋼」, 76(2), 2005, pp.113-124