

마그네슘합금 사출성형의 기술적용에 관한 연구

강태호*(부경대 대학원 기계공학부), 김인관(부경대 대학원 기계공학부)
최준영(부경대 대학원 기계공학부), 김영수(부경대 기계공학부)

A Study of Technical Adapting on Injection Molding for Magnesium Alloy

T. H. Kang(Mech. Eng. Dept., PKNU), I. K. Kim(Mech. Eng. Dept., PKNU),
J. Y. Choi(Mech. Eng. Dept., PKNU), Y. S. Kim(Mech. Eng. Dept., PKNU)

ABSTRACT

Magnesium alloys are one of light weight material. Strength and stiffness of Magnesium alloys are enough to use for commercial product. Demand for strong, lightweight parts several computer and electronics have driven much of Magnesium injection molding's growth so far. And it is eighth most abundant resource on earth. In electronic device, electromagnetic interface and electrostatic discharge can affect performance. Magnesium injection molding is similar to normal plastic injection molding process. But some process condition is different. Especially injection speed and process temperature are so differs from other injection molding system. It just start for make something. But Magnesium injection molding is one of best alternate process for producing metal alloy part.

Key Words : Magnesium injection molding (마그네슘 사출성형), Injection speed (사출속도), electromagnetic interface and electrostatic discharge Cutting force (전자파 차폐)

1. 서론

대체 공업재료의 요구는 기존의 생산체계에서 나타나 한계와 더욱 개선된 성능이 필요하게 됨에 따라 더욱 확대되고 있다. 특히 금속재료에서는 철을 중심으로 한 기존의 생산체계가 큰 영역을 차지하고 있기 때문에 개선된 기능의 요구에 의해서 대체 재료의 사용이 확대되고 있다. 마그네슘은 이런 면에서 아주 매력적이지만 실제 제품에 대한 적용에는 한정적이다. 그 이유는 비용, 내식성, 수지 성형품에 대한 생산성 등 여러 가지 문제를 가지고 있기 때문이다. 때문에 한계를 인식하고 보충 하여 사용을 계획하든지 환경을 인식하고 기술개발을 진행하여야 한다.

마그네슘의 응용확대를 생각할 경우 중요한 점은 생산성에 있다. 마그네슘은 조밀육방체이기 때문에 냉간에서의 소성가공성이 나쁘고, 프레스 가공과 압출가공이 철강이나 알루미늄에 비교해서 좋지 않다. 이 때문에 일반적으로 다이캐스팅을 이용한 생산방법을 택하고 있고 다이캐스팅에서 불순물감소, 용해

기술의 진보 등의 발전이 있어왔다. 그러나 용탕을 보유, 관리할 필요가 있는 다이캐스팅은 화학적으로 활성인 마그네슘(Mg)의 특성상 산화방지 때문에 특별한 설치를 할 필요가 있는 등, 안전 및 환경문제에 신경을 써야 한다. 이 때문에 알루미늄(Al)보다 보급성이 좋지 않다. 또한 고온 용탕을 급속히 금형으로 주입하는 공정에 기인하는 성형품의 파손과 가스의 유입, 치수정밀의 한계 등의 품질에서의 문제도 존재한다.

이에 대하여 플라스틱의 성형에 사용되는 사출성형의 공정을 마그네슘에 적용한 방법이 최근 실용화되어 마그네슘성형의 새로운 전개 방향을 제시하였다. 이에 국내에서의 성형기계와 금형 성형공정변수 등의 기본적인 기술을 확보하고 향상된 생산성의 확보를 위하여 마그네슘 사출성형 기술을 소개하고 성형해석을 통한 제품개발의 전 단계와 금형에서의 기술적인 최적화에 대하여 소개하려 한다. 또한 기본적인 표준 공정 과정을 제공함으로써 새로운 기술이 자리를 잡을 수 있는 배경을 제공하려 한다. 이에 기술적인 현실이나 적용의 기초를 제공함과 동시에 앞

으로의 전개를 위한 초석을 다짐에 그 목적을 두고 있다.

2. 성형법

2.1 Thixotropy 현상

일반적으로 용융금속을 정지상태에서 응고시키면 고상은 텐트라이트로 발달하고 따라서 유동성이 급격히 떨어지게 된다. 그러나 교반이나 전단력의 영향 아래서 응고시키면 고상이 입상이 되어 고화가 진행되어도 유동성이 좋게 된다. 이러한 유동성은 교반이나 전단응력이 없으면 줄어든다. 유동에 대한 한계유동장의 특성은 Fig. 1에 나타내었다. Fig. 2는 사출속도에 대한 유동장의 변화를 나타낸 것이다.

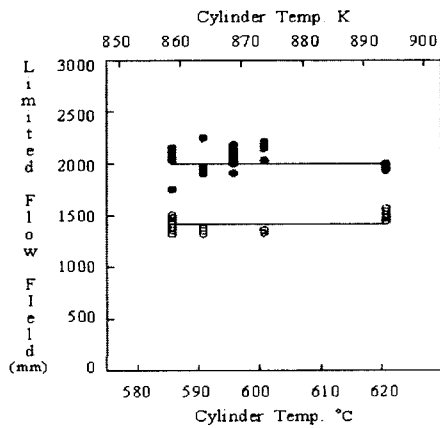


Fig. 1 Variation of limited flow field Vs. cylinder temperature change

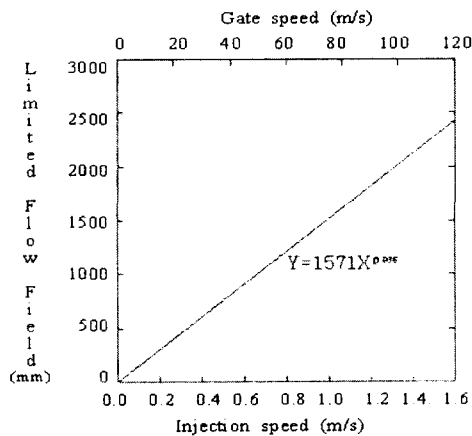


Fig. 2 Variation of limited flow field Vs. injection speed change

2.2 사출성형기

지금 상용화된 마그네슘 사출성형기는 일본제강소에 생산되는 것 뿐이다. 마그네슘 사출성형기는 일반 플라스틱용 사출성형기와 매우 흡사하다. 사출기의 기본구조는 형체장치와 사출장치로 나누어진다. 그러나 사출성형기와 차이점은 스크류(screw)나 실린더(cylinder)에서의 온도제어가 870K정도가 가능하도록 내열성이어야 하며 수지를 다루는 것이 아니라 용융금속을 다루는 것이기 때문에 내마모성이 우수한 재질을 사용하여야 한다. 또한 사출속도가 1m/s에서 4m/s에 까지 이르기 때문에 충분한 강도를 가지고 있어야 하며 노즐의 토출압을 좌우하는 스크류의 이송속도가 매우 빨라야 한다. 이에 따라 형체부에서도 이러한 압력에 견딜 수 있도록 충분한 형체력이 있어야 한다. 이러한 조건에서 금형내부에 전해지는 압력은 80Mpa정도이다. 또한 여기에서 고려해야 할 점은 플라스틱보다 고착률이 높기 때문에 전체적인 강성과 고온에서의 충분한 역할을 할 수 있는 이형체가 필수적이다. 또한 금형을 500K정도 수준으로 가열할 필요성이 있고 금형에서의 가열장치가 필수적이다.

재료의 투입에 있어서 주의 할 점은 일반적인 사출성형의 투입구조를 가져서는 않된다. 마그네슘은 고온에 대한 반응이 격렬하여 폭발의 위험이 있다. 또한 제품의 품질향상을 위해서는 불활성 가스(SF6)를 같이 주입하여야 하고, 그러기 위해서 불활성 가스 중에 하나인 아르곤(Ar) 가스를 투입재료와 함께 공급하여 외기로부터 실린더와 분리시키는 역할을 한다. 이것은 작업의 안전성과도 연관되며 제품의 품질과도 직접적인 관련이 있다.

2.3 성형해석 및 금형제작

성형해석은 주조용 해석 S/W인 MAGMA 사용하는 다른 S/W와 달리 Thixotropy 상태에 대한 정의도 자체실험연구를 통하여 신뢰성을 확보하고 있으며 마그네슘관련 재료물성도 충분히 제공하고 있다. 그럼으로 이러한 해석결과를 바탕으로 금형형상을 결정하고 제작한다. 그리고 사출시험을 통하여 금형이나 해석의 신뢰성을 확보하고 아직 갖추어지지 않은 데이터 베이스를 확보해 간다.

마그네슘 사출성형에 이용하는 금형은 Hot Chamber 다이캐스팅용 금형과 유사하다. 기본적으로 원추형의 스프루(sprue)와 이와 연결된 런너(runner)가 있고 캐비티(cavity)에 충전하는 게이트(gate)가 있다. 또한 오버 플로우(over flow)와 게스 밴트(gas vent)가 위치하게 된다. 또한 앞에서 언급한 것과 같이 금형을 450K에서 530K정도로 가열하는 것이 일반적인데 이것은 용탕의 온도 저하를 가능한 늦게 하기 위한 것이다. 또한 이형체의 수분을 증발시켜

우수한 제품을 성형할 수 있는 환경을 제공하게 된다. 그리고 게이트는 주로 사이드 게이트를 이용하게 되는데 이것은 빠른 고화에 따른 유동을 확보하기 위함이다. 그리고 플라스틱(plastic)성형에서 적용되고 있는 핫 런너(hot runner)의 적용이 하나의 개선책으로 연구가 진행중이며 이러한 시스템의 사용으로 원료에 대한 재료의 비율에서 효율적이다. 금형 재료로는 일반적인 STD61종이 사용되는데 고온의 마그네슘에 영향을 받아 히트 체크(heat-check) 현상이 발생하게 되는데 이러한 점을 고려하여 열처리에 특별히 신경을 써야 한다. 성형수축에 대해서는 0.0035에서 0.004정도를 고려하되 반복적인 실험을 통하여 제품에 적용할 수 있는 기준을 마련하여야 한다.

2.4 성형재료

마그네슘은 비중이 철의 22%정도인 매우 가벼운 금속이다. 사출성형 공법의 적용으로 0.6mm까지의 박판이 가능하며 이에 따른 경량화에 대한 발전도 가속화되고 있다.

경량화 재료에는 알루미늄과 아연을 들 수 있는데 마그네슘이 가진 강도와 경도 내진동성 그리고 전자파 차폐성 등의 특징으로 마그네슘이 우수한 재료로 인정받고 있다. 또한 이러한 마그네슘합금 중에서 사출성형에는 주조성이 좋은 AZ91D를 사용하게 된다. 마그네슘은 다이캐스팅(die-casting)에 적용되어 왔다. 그러나 우수한 성형방법으로서 사출성형을 이용한 Thixomolding이 대두되고 있다. Table 1은 다른 마그네슘 합금과의 물성비교를 나타낸 것이다. AZ91D는 평균 밀도 이하이며 인장강도나 경도가 평균이상인 것을 확인할 수 있다. 또한 피로강도에서 우수한 물성이 있음을 알 수 있다. Fig 3은 마그네슘 합금의 다이캐스팅과 Thixomolding을 비교한 것이다.

Table 1 Comparison of measured roughness data

	AZ91D	AM60B	AS41XB	AL-380	Zn-AC41A
Specific Gravity (g/cm ³)	1.81	1.79	1.77	2.69	6.6
Tensile Stress (Mpa)	230	220	210	315	383
Hardness (BHN)	63	-	-	80	82
Fatigue Strength (Mpa)	97	-	-	90	56.5

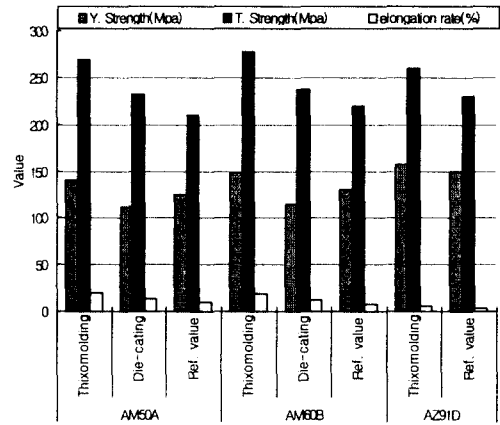


Fig. 3 Comparison of mechanical properties of semi-solid formed and diecast magnesium alloys

2.5 재활용

마그네슘은 다른 금속에 비하여 재료에 대한 비용의 부담이 크다. 마그네슘의 순수재료에 대해서는 재활용이 재료의 큰 물성변화 없이 가능함으로 가격 경쟁력을 가질 수 있는 요인이 된다. 그러나 성형과정이나 발생된 스크랩의 관리 과정에서 재료가 오염이 된다면 이러한 재활용에 대한 신뢰성도 잃게 되며 아울러 가격 경쟁력도 잃게 된다. 그렇기 때문에 재활용성이 좋은 마그네슘에 대해서 적용가능한 재활용 기술의 확보가 중요하다. 현재까지 제시되고 있는 마그네슘 스크랩 용탕의 청정화 방안으로는 교반 및 아르곤(Ar)가스 버블링(bubbling) 또는 탈산제들을 이용한 탈산처리방안과 Fe오염에 의한 내식성 저하를 막기위하여 망간(Mn)원소 첨가등의 방법이 있다.

4. 결론

마그네슘의 가장 큰 특징은 경량성이며 최근에 대두되고 있는 전자파의 차폐성이다. 또한 성형방법이 발전함과 동시에 재활용에 대한 재료의 특성을 밝히고 기술을 확립함에 따라서 사용이 증가하고 있다. 또한 기존의 마그네슘을 발전시킨 합금소재들이 개발되고 사용의 증가로 생산량도 증가함으로 재료 비용에 대한 문제도 해결되어 충분한 가격경쟁력을 가지게 될 것이다. 또한 우수한 재활용성은 재료에 대한 비용의 감소와 아울러 환경을 보호할 수 있는 환경 친화적인 소재라는 면에서 대체소재로의 발전 가능성은 크다.

현재 마그네슘은 일부 자동차 부품과 전자기기

부품에 적용되고 있다. 그러나 자동차 부품으로 응용범위를 넓히기 위해서는 내열성 재료로 발전하기 위한 기술적인 연구가 필요하다. 전자기기에 대해서는 마그네슘이 가지고 있는 우수한 전자파의 차폐성으로 이미 휴대폰이나 비디오 카메라, 휴대용 컴퓨터 등의 외장이나 부품으로 개발연구가 진행중이다.

이러한 마그네슘의 특성으로 경량화에 대한 대체 재료와 전자부품에 적용될 수 있는 재료로서 확실한 대안을 제시할 것이다. 또한 연구진행중인 마그네슘 사출성형기술에 대한 연구를 통하여 국내에서의 마그네슘 사출성형의 기술적인 기반을 마련할 수 있을 것이다.

참고문헌

1. A. Dworog, A. Steinscherer, "Mold Filling During Magnesium Injection" *Kunststoffe plat europe* vol. 90, pp. 40- 41, 2000
2. C. D. Yim, M. Y. Jang, K. S. Shine, H. K. Lee, S. C. Choi, *Bulletin of the Korean Institute of Metals and Materials*, Vol. 10, pp. 795 - 806, 1997
3. S. Le Beau, R. Decker, *Proceeding of 5th International Conference on Semi-Solid Proceeding of Alloys and Composites*. Golden, Colorado. USA. 1998.
4. E. Flender, M. Lipinski, E. Hepp, "New Developments for Process of Thixotropic Forming Process." *First International Aluminum Casting Technology Symposium*, 1998
5. Tadayoshi Tsukeda, Kengo Takeya, Ken Saito, Hiroshi Kubo. "Mechanical and Metallurgical Properties of Injection Molded AZ91D Magnesium Alloy" *Journal of Japan Institute of Light Metal*, Vol. 49, No. 7, pp. 287-290, 1999