

박판 마그네슘 합금의 성형 해석에 관한 연구

A Study on Forming Analysis of the Magnesium Alloy Sheet

*정동원¹, 손영기²

*#D. W. Jung(jdwcheju@cheju.ac.kr)¹, Y. K. Son²

¹ 제주대학교 기계공학과 교수, ² 제주대학교 기계공학과 대학원

Key words : Magnesium alloy sheet, Forming analysis, Warm-working, Digital camera frame

1. 서론

전 세계적으로 마그네슘합금의 박판성형 기술에 관한 특허의 출원인은 대부분이 일본인으로, 현재 일본에서는 HITACHI사, MATSUSHITA 전기 등 press forming 기술을 적용한 마그네슘합금 휴대폰 케이스 및 노트북 케이스 등의 전자제품의 외장재를 상용화하는 단계에 있다. 하지만 press forming 기술을 적용한 자동차 Hood/Door Inner Panel 등 자동차 부품을 상용화한 국가는 아직 없으며, 독일의 폭스바겐 및 아우디 등 일부 자동차메이커에서만 마그네슘합금 부품을 시범 적용하는 단계이며, 아직까지 국내에서는 전무한 실정이다^[1]. 현재는 대부분 전자제품의 프레임이 플라스틱 혹은 알루미늄으로 되어 있다. 하지만 알루미늄 합금 제품은 무게 감소에 한계가 있으며 플라스틱은 가벼우나 색상변질이나 파손에 대한 저항이 약하다. 게다가 플라스틱, 알루미늄의 경우 사출 혹은 다이캐스팅에 의하므로 2차 가공이 필요하며 전자과 차단 효과가 없다. 현재는 대부분 전자제품의 프레임이 플라스틱 혹은 알루미늄으로 되어 있다. 하지만 알루미늄 합금 제품은 무게 감소에 한계가 있으며 플라스틱은 가벼우나 색상변질이나 파손에 대한 저항이 약하다. 게다가 플라스틱, 알루미늄의 경우 사출 혹은 다이캐스팅에 의하므로 2차 가공이 필요하며 전자과 차단 효과가 없다. 그렇기 때문에 전자과 흡수가 뛰어나며 실용금속 중 가장 가벼운 마그네슘 합금은 전자제품 프레임의 세계적 추세에 적합한 소재이다^[2]. 현재 마그네슘 합금을 가공하는 방법에는 다이캐스팅이 대표적이다. 그러나 박판 금속 성형법(sheet metal forming method)은 다이캐스팅에 비해 가공중의 소재의 손실이 적고 가공 시간이 짧아 낮은 가격으로 대량생산이 가능하고 제품 측면에서는 무게에 비해 강도가 높고 표면 특성이 우수한 장점이 있기 때문에 마그네슘 합금의 가공법은 박판 성형법으로 점차 변경될 것으로 예상된다. 하지만 금속 판재를 이용하여 다양한 형상의 제품을 만드는 박판 금속 성형법은 드로잉(drawing), 굽힘(bending), 스트레칭(stretching) 및 트림(trimming) 등의 다양하고 복합적인 공정으로 이루어져 있어 성형시 소재의 기계적 성질 및 성형 조건에 따라 터짐(crack), 주름(wrinkling) 및 형상불량 문제들이 발생한다. 이점은 소성변형을 수반할 때 스프링백이 심한 박판 마그네슘합금의 성질과도 맞물려서 그 가공에 어려움이 있다. 그렇기 때문에 본 연구에서는 박판 마그네슘 합금으로 디지털 카메라 프레임을 개발함에 있어서 성형해석을 통한 최적설계와 사전예측기술로 설계 및 공법을 개발하고 실제 금형개발에 반영할 수 있는 정보를 제공하고자 한다.

2. 성형해석

본 연구에서 사용된 정적-내연적 소프트웨어는 열간해석이 아직 개발되어 있지 않아, 사전에 기존 문헌에서 파악한 성형성이 가장 좋은 것으로 알려진 250°C 성형조건에서 재료물성치를 얻어 성형

해석을 진행하는 방법을 사용하였다. 본 논문에서는 Incremental 해석을 통한 성형해석을 하였는데, Incremental 해석은 금형형상으로부터 제품에 이르는 순차적인 해석을 진행하여 높은 정확도를 보장하지만 성형해석 시간이 오래 걸리는 단점이 있다. 재료는 AZ31 계열의 박판 마그네슘합금을 사용하였고 마찰계수는 0.1, 두께는 0.5mm이다. 프레스성형 형식은 싱글작동법(Single action method)을 채택하였고 fig. 1에서 보면 위에서부터 다이, 블랭크 홀더, 펀치의 형상이다.

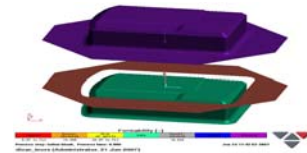


Fig. 1 The metallic pattern shape(Incremental)

3. 실험결과 및 분석

Fig. 2은 다이가 90mm 내려갔을 때, 최종 100mm 내려갔을 때 금형에서 제품을 끄집어내어 스프링백 변형 후의 성형성 분포를 보여주고 있다.

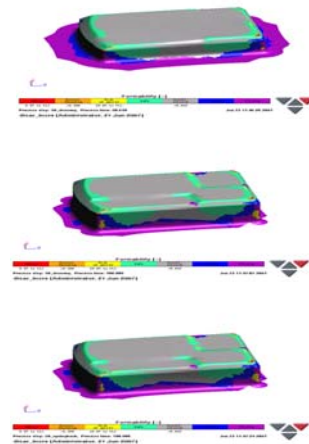
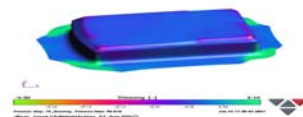


Fig. 2 formability distribution

Fig. 3은 다이가 90mm 내려갔을 때, 최종 100mm 내려갔을 때 금형에서 제품을 끄집어내어 스프링백 변형 후의 두께 변형률 분포를 보여주고 있다.



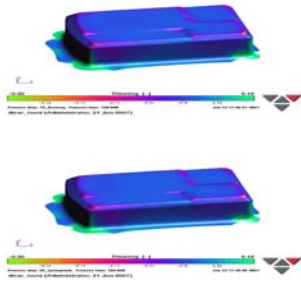


Fig. 3 The thickness reduction ratio distribution

Fig. 6은 성형이 끝나고 제품에 생길 수 있는 skid line을 살펴본 것인데, 정면과 측면에 세로로 굽힘의 가능성이 있음을 알 수 있다.

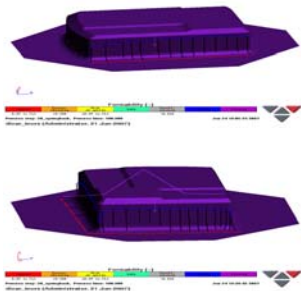


Fig. 4 The skid mark distribution according to forming

그 외에도 성형력과 성형한계도곡선, 그리고 스프링 백 전후의 정밀한 형상비교를 통하여 전체적 성형성분석을 수행하였다.

4. 결론

박판 금속성형법으로 마그네슘합금 판재를 사용해서 제품을 생산할 때, 사전 성형해석 없이 곧바로 금형설계를 하는 것은 수많은 시행착오를 수반하기 때문에 시간과 비용의 측면에서 비경제적이며, 앞에서 말했듯이 아직 상용화된 기술이 공개되지 않았기 때문에 더욱 신중하게 개발에 임해야 개발에 따른 리스크를 최소화 할 수 있다.

1. 성형성과 두께감소율 비교를 통해서 성형해석 제품의 모서리 부분에 파단이 발생할 가능성이 있으나 그크기가 미비하고 두께 감소율이 20%를 넘지않아 실제로는 파단이 발생하지 않을 것으로 예상되었다.
2. 실제 산업현장에서 박판 마그네슘합금으로 제품을 생산하기 위해서는 최소 25 Ton이 넘는 프레스용량이 필요하며, 프레스 공정을 마치면 실질적인 제품이 완성되는 박판 금속성형법의 특성상 성형이 끝나고 제품에 생길 수 있는 skid line을 제거하기 위해 윤활을 높이거나 펀치 R을 키우는 방안을 금형설계에 반영해야 한다.
3. 스프링백의 형상과 치수 비교에서 스프링백량이 최대 0.5mm 이하여서 치수정밀도 관점에서 냉간 가공보다 온간가공이 훨씬 유리함을 알 수 있었고, 본 논문에서 적용한 250°C 이외에 더 적절한 온도가 있는지도 조사할 필요가 있다.

후기

마그네슘 합금은 상온에서 가공이 어렵기 때문에, 금속을 재결정 온도 이하, 실온 이상으로 가열하여 성형하는 소성(塑性) 가공 방

법인 온간가공 방법을 사용함으로써 가공력을 적게 들게 하고, 치수정밀도와 품질이 높은 제품을 얻을 수 있도록 해야 한다. 그 구체적인 방법으로 마그네슘 합금이 박판이기 때문에 열 발산율이 높아 온도 유지가 어려운 점을 가만하여, 금형에 직접 열을 가하는 금형구조와 가열과 동시에 프레스 작업도 유지할 수 있도록 열처리 시스템을 개발해야 할 것이다. 그리고 수차례 온간가공 실험을 시도하여 성형성이 극대화되는 최적온도 등을 향후 실험을 통해 찾을 계획이다.

참고문헌

- 1) 한국특허정보원, 2006.4, 친환경 고기능 마그네슘합금 성형공정 및 부품제조기술 특허동향, pp.149-150.
- 2) 이용길, 2004.2, 마그네슘 합금 판재의 온간 디프 드로잉성에 관한 연구, 서울산업대 산업대학원 석사논문, pp5-9.
- 3) 정동원, 이찬호, 셀요소를 이용한 차체판넬 성형해석, 한국정밀공학회 2007년 춘계학술대회 논문집, 제주컨벤션센터, 2007년 6월 20~22일, pp99-100.
- 4) 고흥훈, 정동원, 안현길, 이찬호, 안병일, 문원섭, 2006.3, REF SILL OTR-R/L 차체판넬 스템핑 공정에서 성형해석을 통한 공법개발에 관한연구, 한국정밀공학회지 제23권 제3호, pp118-124.