

마그네슘합금 압연판재의 소성가공을 위한 노트북케이스 제조기술 연구

김흥규(생기원), 이재근, 김대욱((주)이노캐스트), 이하성, 강순동, 강동명(유한대학)

1. 서론

정보통신산업의 급격한 발전으로 전자제품에 대한 체질적인 요구사항은 제품의 소형화, 박육화, 경량화 측면에서 상당수 연구되고 있다.

최근 전자제품의 소재로써는 경량화, 열전도성, 충격흡수성등이 우수한 마그네슘합금을 사용하기 시작하였고, 100% 리사이클링이 가능한면에서 환경친화적인 구조소재로써의 실용화를 진보하고 있다.

국내의 경우에는 고속고압 다이캐스팅 주조법을 이용한 마그네슘합금 부품들이 적용범위를 넓히고 있으나, 해외의 경우에는 이미 소형 CD레코더, 노트북, DVD플레이어 등의 케이스제품으로 마그네슘합금이 프레스 성형기술이 적용되어 활용중이다.

국내의 소재업계에서는 근래부터 마그네슘합금 판재에 대한 생산을 시작하였으며, 이에 따라 국내의 적용제품시장이 더욱 발전을 거듭하며, 확대될 것으로 사료된다.

하지만, 마그네슘합금 압연판재의 프레스 성형은 성형변수에 따른 한계성에 대한 충분한 기반기술력을 확보하고 있지 못하므로, 제품특성에 따른 프레스성형 요인에 대한 연구개발은 반드시 필요한 과제이다.

따라서, 본 연구에서는 기존에 강화플라스틱이나 고속고압다이캐스팅에 의존하던 마그네슘합금 제품군중에서 평탄도유지 및 형상적 왜곡이 복합화된 노트북케이스제품을 기존 시험제품으로 선정하여, 이를 대체할 수 있는 박육화된 마그네슘합금압연판재를 성형할 수 있는 프레스 성형에 대한 실험분석법을 통해 금형조건과 성형작업조건에 따른 제품화에 대한 효과적인 조건을 제시하고자 한다.

향후, 본 연구의 결과는 상대적으로 적은 공정수와 성형시간의 단축에 의해 경제성을 부여할 수 있는 마그네슘합금 압연판재 제품화에 기여할 수 있을 것으로 사료된다.

2. 실험

마그네슘합금 압연판재의 재질은 국내에서 0.6mm로 생산중인 AZ31B를 선정하였다.

AZ31B에 대한 기본적인 조직분석결과는 Fig.1과 같다.

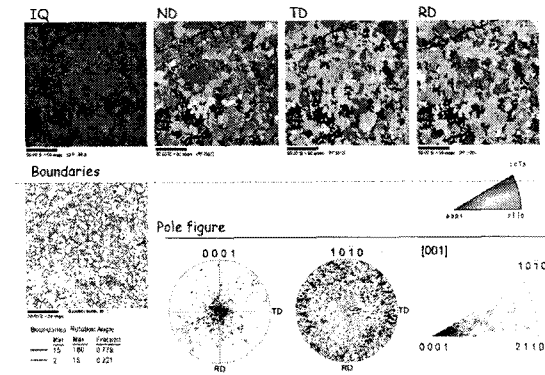


Fig. 1 AZ31마그네슘 합금 판재의 집합조직 분석 결과

마그네슘합금 노트북케이스의 성형은 두께 0.6mm이하의 초박형 제품생산에는 유리하지만, 소재자체의 두께가 얇기 때문에 인장강도는 확보가 되지만, 제품화의 평탄도유지 및 형상적 왜곡의 억제가 어려운 난점이다.

따라서, 제품의 형상은 15"기준의 노트북케이스 제품을 선정하여 수행하였으며, 성형에 사용할 블랭트의 형상은 Fig. 2와 같은 형상으로 설계하였다.

힌지부분의 블랭크 형상은 힌지부분성형성과 성형후 플랜지양을 고려하여 설계하였다.



Fig. 2 실제 제작된 판재 블랭크

본 실험에서는 성형의 변수에 따른 최적화 조건을 만족하기 위해 Trial & Error로 비교가 가능하도록 시험가공횟수를 정하였으며, 실험의 방법에서의 주요 환경인자는 금형의 온도 및 프레스 속도에 대해 변화실험결과의 도출을 위해 금형은 열선을 상하형에 20개소씩 배치하였고, 프레스머신은 서보프레스 200Ton(KOMATSU)을 사용하였다.



Fig. 3 서보프레스 및 금형모습

3. 실험결과 및 분석

(1) 기초 성형성 실험

금형상의 조건은 상형과 하형의 온도를 별도로 제어, 유지가 가능하도록 설계, 제작하였으며, 제작된 금형의 기능을 활용하여 상형과 하형에 대해 다양한 온도를 적용하여 시험해 볼 필요가 있으며, 상형 온도로는 275℃(판재 제조사인 포스코 기술진의 의견 최적 성형성의 온도 조건을 참고)를 중간기준으로 하여, 상하범위의 온도 조건들을 임의로 적용하였다.

금형의 하형은 프레스 볼스터에 클램핑 고정되고 상형은 프레스 슬라이드에 클램핑 고정되므로 프레스 성형 속도, 또는 펀치 속도는 프레스 슬라이드 속도의 설정에 따른다. 여기서는 프레스 속도 100% 기준으

로 하여 다음과 같은 조건들을 시험하였다.

- 슬라이드 속도: 0.1, 1, 2, 5%
(1%≒0.36mm/s)

Table 1. 노트북 PC 케이스 성형을 위한 금형 및 성형 조건들

| # | 상형 온도(℃) | 하형 온도(℃) | 속도 조건 | 윤활 조건 |
|----|----------|----------|-------|----------|
| 1 | 100 | 100 | jog | 무윤활 |
| 2 | 250 | 250 | jog | 무윤활 |
| 3 | 250 | 250 | jog | Graphite |
| 4 | 250 | 350 | jog | 무윤활 |
| 5 | 250 | 350 | jog | Graphite |
| 6 | 250 | 350 | 0.10% | Graphite |
| 7 | 275 | 200 | 1% | 무윤활 |
| 8 | 275 | 200 | 1% | Graphite |
| 9 | 275 | 200 | 2% | Graphite |
| 10 | 275 | 100 | 1% | Graphite |
| 11 | 400 | 100 | 1% | Graphite |
| 12 | 400 | 200 | 1% | Graphite |

프레스 속도 설정 100%는 프레스 모션의 특성상 성형 구간에 따라 다른 절대 속도를 갖는다. 여기서 노트북 성형 구간을 기준으로 LVDT를 통해 실측해보면 1%는 약 0.36mm/s의 절대속도에 해당하였다.

성형시 윤활제로는 흑연(Graphite)을 사용하거나 아무 윤활제도 사용하지 않는 무윤활 조건을 적용하였다.

위와 같은 다양한 조건들을 조합하여 결국 Table1.과 같은 12가지 조건에 대해 성형 시험을 수행하였다.

12가지 조건에 따른 시험결과, 금형의 온도를 증가시키면 패턴부 파단이 개선되지만 미세 크랙이 완전히 없어지지는 않았다.

힌지부의 경우 금형의 온도가 너무 낮아도 파단이 발생하지만 너무 높아도 파단이 발생하였다. (Fig.4)

따라서, 위의 조건들에서는 상형 275℃ & 하형 200℃일 때 힌지의 성형이 가능하였고 패턴부에서도 다른 조건 못지 않은 성형성을 볼 수 있었다.

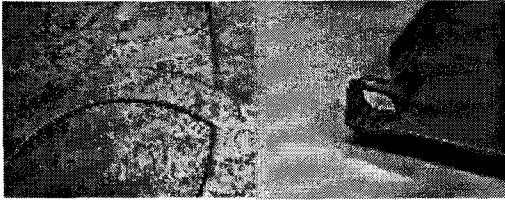


Fig. 4 패턴부 및 힌지부 파단

(2) 최적조건을 위한 시제품시험

비례조건 실험에서의 모든 조건들에서 패턴부의 파단이 미세 크랙도 없이 완전히 없어지는 않았기 때문에 최종적으로는 금형의 수정 가공을 하기로 하였다.

기존에는 다이캐스팅 금형의 설계를 따라 패턴부 에지 부분의 코너 반경이 거의 없었기 때문에 이번에는 판재의 굽힘 변형을 고려하여 0.3mm의 코너 반경을 갖도록 금형을 가공하였다. 힌지의 경우 최적 온도 조건에서 이미 성형이 가능하였기 때문에 수정 금형에서도 성공적으로 성형 가능할 것으로 예상되었다. 따라서 최적 온도 조건에 대해서만 수정 금형에 대해 다음의 Table2. 와 같은 조건에서의 재시험을 수행하였다.

Table 2. 노트북 PC 케이스 성형을 위한 금형 및 성형 조건들 (수정 금형에서)

| # | 산형 온도(C) | 한형 온도(C) | 속도 조건 | 윤활 조건 |
|---|----------|----------|-------|----------|
| ① | 275 | 200 | 1% | 무윤활 |
| ② | 275 | 200 | 1% | Graphite |
| ③ | 275 | 200 | 2% | Graphite |
| ④ | 275 | 200 | 5% | Graphite |

① 이전 금형에서의 최적 조건에서 윤활 없이 무윤활 조건으로 시험하였다. 이것은 패턴부 에지가 수정되었기 때문에 그에 따라 무윤활 조건에서 얼마만큼 성형 가능한지를 보기 위해서였다. 결과를 보면 패턴부는 무난히 성형되었지만 힌지부에 약간의 갈라짐이 발생하였다.(Fig.5)

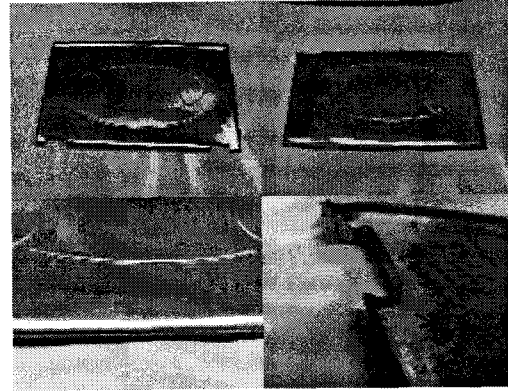


Fig. 5 패턴부 성형 및 힌지 미세파단

② 금형 수정 전에도 이 조건에서는 이미 좋은 성형성을 보였기 때문에 패턴부 금형이 수정된 후에는 더욱 좋은 성형성이 기대되었다. 결과를 보면 예상대로 패턴부는 물론이고 힌지부도 파단 없이 성형되었음을 볼 수 있었다.(Fig.6)

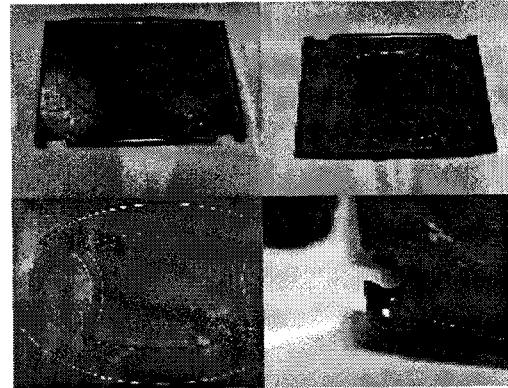


Fig. 6 패턴부 및 힌지 성형

③ 위의 최적 조건에서 성형 속도를 증가시켜 보았다. 역시 패턴부는 무난히 성형되었지만 힌지부에서는 약간의 갈라짐이 발생하였다.(Fig.7)

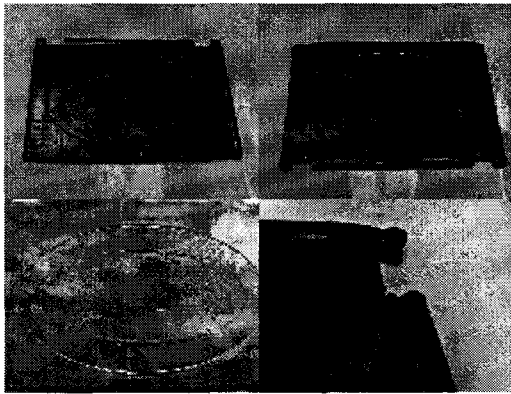


Fig. 7 패턴부 성형 및 힌지 미세파단

④ 위의 조건에서 성형 속도가 더 증가하였을 때 파단의 정도가 얼마나 변하는지 보고자 성형 속도를 2%에서 5%로 증가시켰다. 1%에서 2%로 증가시켰을 때 갈라지는 파단 양상이 나타난 것에 비해 2%에서 5%로 증가시키면 파단의 정도에 큰 차이는 나타나지 않았다. (Fig.8)

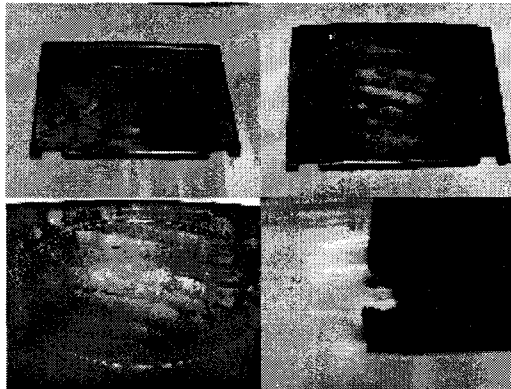


Fig. 8 패턴부 성형 및 힌지 미세파단

(3)제품화를 위한 공정분석

최적 공정 조건을 수립한 후에는 해당 조건에서 성형한 판재를 이용하여 시작품 제작을 수행하였다. 시작품 제작은 프레스 성형 판재에 대하여 트리밍 가공 및 외곽 절삭 가공, 샌딩 및 방청, 도장의 순으로 진행되었으며, 완성된 시작품에 대해서는 공정 평가 및 도장 부착성을 확인하기 위한 시험을 실시하였다.

①공정비교

서보 프레스를 이용한 마그네슘 합금 판재

의 노트북 케이스 성형은 기존 다이캐스팅에 비하여 사상이나 퍼티 공정과 같은 인력 위주의 후 공정 삭제가 가능하여 제조 원가 절감 측면에서 유리한 장점을 가지고 있다. Fig.9에 나타낸 바와 같이 다이캐스팅 공정은 제품 외에 비스켓, 런너, 오버플로우 등과 같은 주조 방안들에 의해 그 회수율 (용탕 투입 중량 대비 제품 중량)이 최저 50% 가까이 낮게 형성되므로, 트리밍 공정에서 복잡 형상부만 펀치 트리밍으로 제거하는 서보 프레스 공법이 월등히 우수한 회수율을 보이며, 스크랩 발생을 최소화 할 수 있다.(Fig.10)

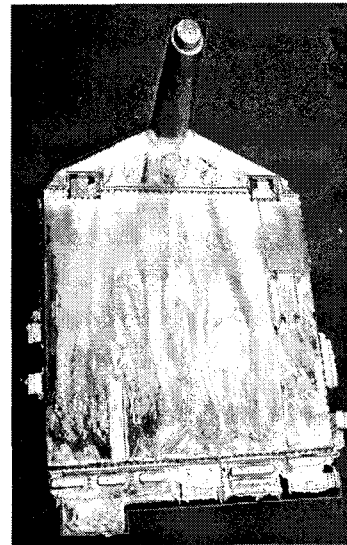


Fig. 9 다이캐스팅 공법으로 제조한 마그네슘 합금 노트북 케이스 (회수율 평균 60%) (적색 점선 - 제품 / 황색 실선 - 오버플로우 / 청색 실선 - 비스켓 및 런너)

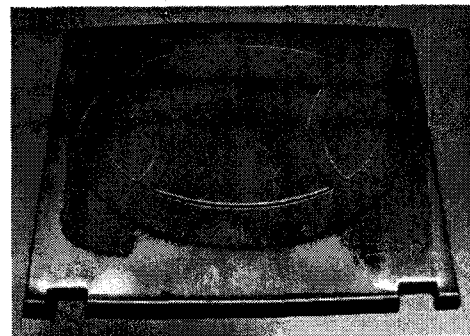


Fig. 10 서보프레스 성형법으로 제조한 마그네슘 합금 노트북 케이스

기존 다이캐스팅 제조방법과 프레스 성형 방법과의 공정비교는 Fig.11과 같으며, 공정 흐름의 생산성을 고려할 때, 프레스 성형공정을 통해 월등한 양산성을 보유한 라인구성이 가능할 것으로 사료된다.

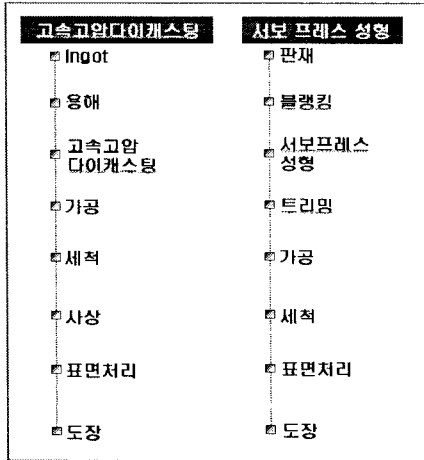


Fig. 11 다이캐스팅 주조 / 서보 프레스 성형 공정

②도장작업 비교

앞서 얻어진 최적 공정 조건을 토대로해서 Fig.12도장 공정을 거친 최종 제품으로 Fig.13과 같이 완성하였다.

기존 다이캐스팅 주조품에 대한 필수 작업공정이 제외되었음에도 불구하고, 우수한 제품상태를 보이고 있다.

이로써 다이캐스팅 주조에 비하여 프레스 성형공정이 양산성 및 원가 절감 측면에서 우수한 특성을 보이고 있는 것을 확인할 수 있다.

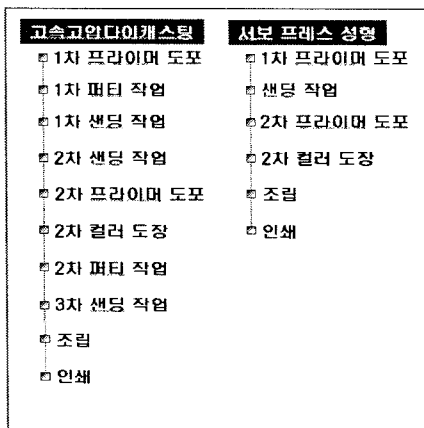


Fig. 12 다이캐스팅 주조 / 서보 프레스작업 후공정비교

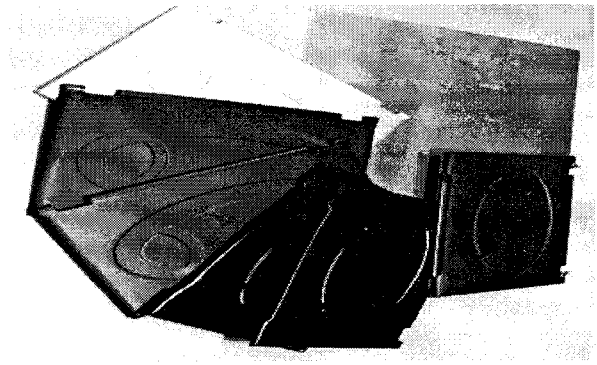


Fig. 13 서보프레스 성형 시작품 (좌로부터 Mg 합금 판재, 샌딩 상태, 도장 상태 (유광), 도장 상태 (유광), 가조립상태)

4. 결론 및 토의

(1) 성형 시험을 통해 금형 수정 후에도 상형 275℃, 하형 200℃의 온도 조건에서 프레스 속도 1%일 때 최적 성형성을 나타낼 수 있었다. 금형의 패턴부 에지 반경을 증가시킨 결과 패턴부 성형은 대부분의 경우 무난히 성공하였다. 반면 힌지부는 금형의 수정이 없었기 때문에 이전과 마찬가지로 1% 정도의 성형 속도를 넘지 않아서 파단 없는 성형이 가능하였다.

(2) 다이캐스팅 공정은 제품 외에 비스켓, 런너, 오버플로우 등과 같은 주조 방안들에 의해 그 회수율 (용탕 투입 중량 대비 제품 중량)이 평균 60 % 가까이 낮게 형성되는 반면, 트리밍 공정에서 복잡 형상부만 펀치 트리밍으로 제거하는 서보 프레스 공법은 평균90%의 월등히 우수한 회수율을 보인다.

(3) 기존 다이캐스팅 주조품에 대한 도장공정에서 필요하였던 수회에 걸친 퍼티공정이 삭제되었을 뿐만 아니라 샌딩 및 도장 공정 역시 그 차수가 현저히 줄어들어도 우수한 도장 상태를 보인다.

참고문헌

- [1] 박진기, 김영석, T. Kuwabara, 유봉선, 2005, AZ31
마그네슘 합금 판재의 소성변형특성,
한국소성
가공학회지, 제 14 권, 제 6 호, pp.
520~526.
- [2] 김흥규, 김종덕, 2006, 고체 윤활제를
사용한
마그네슘 합금 AZ31 판재 온간
디프드로잉의
성형성 평가, 한국소성가공학회지, 제15권,
제6
호, pp.453-458.
- [3] 김흥규, 김기덕, 2007, AZ31 판재의 온간
사각
컵 디프드로잉에서 금형 설계에 대한
성형성
민감도의 평가, 한국소성가공학회지,
제16권,
제2호, pp.120-125.
- [4] 이명환, 김현영, 김형중, 김흥규, 오수익,
2007,
마그네슘 합금 판재의 온간 딥드로잉
공정의
성형해석, 한국소성가공학회지, 제16권,
제5호,
pp.401-405.
- [5] E. Doege, K. Droder, 2001, Sheet metal
forming of magnesium wrought
alloys-formability
and process
technology, J. Mat. Proc. Tech., Vol. 115,
pp. 14~19.
- [6] H. Takuda, T. Yoshii, N. Hatta, 1999,
Finite-element
analysis of the formability of a
magnesium-based
alloy AZ31 sheet, J. Mat. Proc. Tech., Vol.
89-90, pp.
135~140.
- [7] D. L. Yin, K. F. Zhang, G. F. Wang,
and W. B. Han,
2005, Warm deformation behavior of
hot-rolled
AZ31 Mg alloy, Mat. Sci. Eng. A, Vol. 392,
pp.
320~325.
- [8] F. K. Chen, T. B. Huang, C. K. Chang,
2003, Deep
drawing of square cups with magnesium
alloy AZ31
sheets, Int. J. Mach. Tool. Manufac., Vol.
43, pp.
1553~1559.