

마그네슘 합금 판재 적용 자동차 부품의 해석기반 온간 성형 공정 조건 분석

Process Condition Analysis of Simulation-based Warm Forming for an Automotive Part with Magnesium Alloy Sheets

*최현준¹, #김기풍¹, 김세호²

*H. J. Choi¹, #K. P. Kim(keepkim@kitech.re.kr)¹, S. H. Kim²

¹ 한국생산기술연구원 광부품생산기술센터, ² 대구대학교 기계·자동차공학부

Key words : Magnesium alloy sheet; Warm forming; Forming process condition; Finite element analysis

1. 서론

마그네슘 합금은 최근 자동차 산업에서 부품 경량화를 위한 소재로서 각광받고 있다. 마그네슘 합금은 온도, 가공속도, 윤활 등의 성형 특성에 민감하므로 부품 성형을 위한 공정조건의 최적화가 필수적이다¹.

본 논문에서는 마그네슘 판재를 이용한 차량 에어백 하우징(airbag housing)을 성형하기 위하여 온간 성형공정 조건을 분석하였다. 공정 조건으로 금형 바인더의 형상, 마찰 조건 및 성형 온도를 고려하였다. 성형해석을 이용하여 최적 성형 조건을 도출하였다.

2. 대상모델 및 성형해석 조건

2.1 대상모델 및 재료특성

본 논문의 대상은 차량용 에어백 하우징 부품이다. 성형해석은 딥드로잉 공정에 관하여만 수행하였고, 최대 성형 깊이는 72 mm 이다. 원활한 온간 딥드로잉을 위하여 다이와 홀더를 가열하고 펀치를 냉각하는 방식을 적용하였다. 사용된 재료는 AZ31B로 두께는 2 mm 이고, 열적물성은 Lee 등의 연구를 참고하였다¹. 소성 이방성계수는 $r_{00} = 1.172$, $r_{45} = 1.503$, $r_{90} = 1.212$ 이고 응력-변형률 선도는 Fig. 1에 도시하였다.

2.2 성형해석 조건

금형 및 블랭크의 형상은 Fig. 2에 도시하였다. 블랭크의 초기 요소 크기는 8mm 이며, 적응형 격자분할법을 이용하였다. 성형해석에는

PAM-STAMP 2G V2011을 이용하였고, 형상이 대칭이므로 1/2 모델을 이용하여 해석시간을 단축하였다. 실제 성형속도는 약 0.75 mm/s 이나, 빠른 해석을 위해 다이 이동속도를 5 m/s로 부과하였다. 블랭크 홀딩력과 쿨롱 마찰계수는 각각 108 kN, 0.12로 부과하였다. 금형의 온도는 기존의 연구를 참조하여² 다이와 홀더는 250 °C로, 펀치는 100 °C로 설정하였다.

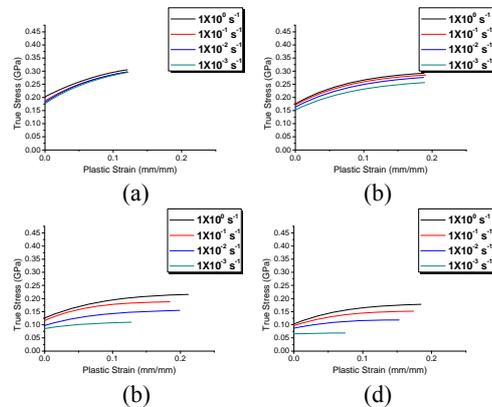


Fig. 1 Stress-strain curves of AZ31B Mg alloy sheet for forming of the airbag housing : (a) 25 °C; (b) 100 °C; (c) 200 °C; (d) 250 °C

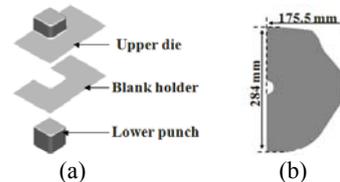


Fig. 2 Initial setting of tools and the initial blank shape: (a) tools; (b) blank

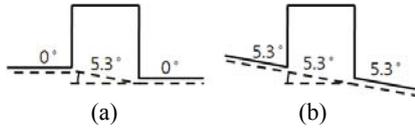


Fig. 3 Shape comparison of binder faces: (a) bended binder; (b) inclined binder

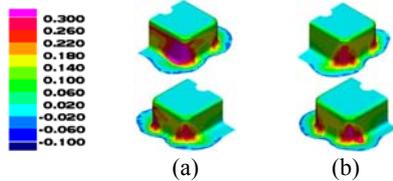


Fig. 4 Comparison of thinning distribution with respect to the binder shape: (a) bended binder; (b) inclined binder

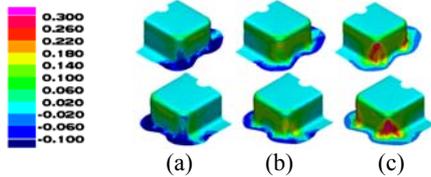


Fig. 5 Comparison of thinning distribution with respect to the friction coefficient: (a) $\mu=0.05$; (b) $\mu=0.1$; (c) $\mu=0.15$

3. 성형 공정 조건 분석

3.1 바인더면의 형상에 따른 분석

부품의 형상에 맞추어 바인더면의 형상을 Fig. 3(a)와 같이 각진 면으로 설계하여 해석을 수행하였다. 해석 결과 최대 두께감소율이 51%로 나타나 파단이 예측되었다. 따라서 바인더 면의 형상을 Fig. 3(b)와 같이 경사진 면으로 수정하였다. 해석 결과 최대 두께감소율은 33%로 감소하여 경사면 형상을 채택하였다. 바인더 면의 형상에 따른 두께감소율 분포는 Fig. 4에 나타내었다.

3.2 마찰조건에 따른 영향 분석

바인더 면이 경사면인 경우에도 파단의 가능성이 존재한다. 파단 발생을 방지하기 위하여 마찰의 영향을 분석하였다. 마찰계수를 변화시키고 두께감소율 분포를 비교하여 Fig. 5에 도시하였다. 마찰계수가 0.05, 0.1, 0.15일 때 최대 두께 감소율은 각각 12.8%, 22.0%,

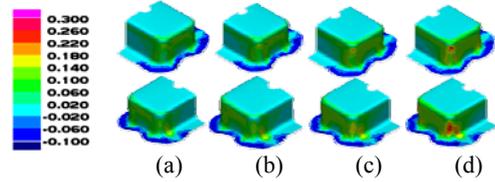


Fig. 6 Comparison of thinning distribution with respect to the temperature of punch : (a) 30°C; (b) 50°C; (c) 100°C; (d) 150°C

36.0%로 나타나 마찰계수가 작을수록 두께 감소율도 작아졌다. 그러나 마찰계수 0.05에서는 사각 코너 플랜지부에서 주름이 발생하였다.

3.3 펀치 냉각 온도 변화에 따른 결과

마그네슘 합금은 온간 상태에서는 열적 연화가 발생하기 때문에 원활한 딥드로잉을 위한 펀치 냉각이 필요하다¹. 본 논문에서는 펀치의 온도를 변화시켜 성형특성을 비교하였고 해석 결과는 Fig. 6에 도시하였다. 펀치의 온도가 30°C, 50°C, 100°C, 150°C일 때 최대 두께감소율은 각각 17.0%, 17.8%, 22.0%, 26.8%로 나타나 펀치 온도가 낮을수록 성형성은 우수하였다.

4. 결론

본 논문에서 마그네슘 합금을 이용한 차량 에어백 하우징 부품을 적용하기 위하여 온간 성형해석을 수행하여 공정 조건을 분석하였다. 바인더 면은 경사면 형상을 적용하는 것이 유리하였고 적절한 윤활도 필요하였다. 펀치는 상온에 가깝게 냉각하는 것이 유리하였다. 향후에는 딥드로잉 시험을 수행하여 해석의 유효성을 검증할 계획이다.

참고문헌

1. M. H. Lee, H. Y. Kim, H. J. Kim, H. K. Kim, and S. I. Oh, 2007, "Forming Analysis for Warm Deep Drawing Process of Magnesium Alloy Sheet," Trans. Mater. Process. Vol. 16, No. 5, pp. 401~405.
2. K. T. Kwon, C. G. Kang, and S. B. Kang, 2007, "Formability Evaluation of Circle and Rectangle Deep Drawing Process with AZ31B Magnesium Alloy Sheet," KSPE Spring Conf., pp. 235~236.