

자동차 초고강도 강판 패널의 스프링백 저감에 관한 연구

김병규¹, 이인석², 김영탁[#]

Study on the Springback Reduction of Automotive Advanced High Strength Steel Panel

B. G. Kim, I. S. Lee, Y. T. Keum

Abstract

Very big springback in advanced high strength steel(AHSS) sheets invokes undesired shape defects, which can be eliminated by the tool surface correction method or the forming process control method. Since the springback reduction by controlling the forming process is limited, in this study, the die correction method which finds die correction from the relationship between die design variable and springback is introduced to achieve springback reduction and is applied to the automotive side rail to reduce the springback of 75.8% within the assembly limit of 1mm.

Key Words : Springback(스프링백), Springback Reduction(스프링백 저감), Sheet Metal Forming(박판 성형), FE Analysis(유한요소해석)

1. 서론

최근 자동차 경량화를 위해 많이 사용되고 있는 초고장력 강판(Advanced High Strength Steel)은 과도한 스프링백(Springback) 현상으로 치수 정밀도 불량에 주요 원인이 되어 조립 불량을 발생시킨다.

이러한 스프링백의 저감을 위한 방법으로는 블랭크 홀더력, 드로우비드 등의 공정 변수를 조절하는 방법과 금형을 보정하는 방법 등이 있다. 공정 변수의 조절을 통한 스프링백 저감은 적용에 한계가 있으므로 스프링백 해석으로 스프링백량을 예측하고 금형 보정 상용프로그램을 이용한 금형 보정으로 스프링백량을 최소화하는 방법등이 제안되고 있다[1]. 금형 보정값 결정을 위한 방법으로는 Karagillis & Boyce 등[2]은 Springforward

를 제안하였고, Wagoner 등[3]은 변위조정법을 제안하였다.

본 연구에서는 초고강도 강판 DP780과 CR340을 용접한 사이드 레일 TWB(Tailor Welded Blank)에 대하여 먼저 공정별로 성형해석과 스프링백 해석을 수행하고 스프링백량을 구하였다. 그리고 기존 금형의 스프링백량을 기초로 금형 설계변수와 스프링백량의 관계로부터 스프링백이 없는 금형 설계 변수의 보정값을 구하고, 이를 금형 설계에 적용하여 스프링백을 저감시켰다.

2. 금형 보정

금형 보정은 스프링백 해석의 반복으로 기존 금형의 스프링백량과 설계 변수의 보정값에 따른 스프링백량을 구하고, 이들의 관계를 이용하여 스

1. 한양대학교 일반대학원, 자동차공학과

2. GM DAEWOO Die & Press

교신저자: 한양대학교 기계공학부, ytkeum@hanyang.ac.kr

프링백이 없는 보정값을 구해 결정되었다.

금형 보정을 위하여 기존 금형의 스프링백량(u_0)과 금형 설계 변수의 1차 보정 값($\delta\theta_1$)을 적용한 보정 금형의 스프링백량(u_1)을 선형적으로 보간하여 스프링백량(u)이 0이 되는 설계 변수의 2차 보정 값($\delta\theta_2$)을 구한다. 2차 보정 값을 적용한 보정 금형의 스프링백 해석을 통해 스프링백량(u_2)을 예측하고, 2차 보정에 의한 스프링백량이 조립 허용 공차를 벗어나면 기존 금형의 스프링백량(u_0), 1차 보정 금형의 스프링백량(u_1), 2차 보정 금형의 스프링백량(u_2)을 최소자승법으로 보간하여 스프링백이 없는 3차 보정 값($\delta\theta_3$)을 구한다. 이를 적용한 보정 금형의 스프링백 해석으로 스프링백량을 확인 하고, 스프링백량이 조립 허용 공차 이내로 감소하면 최종 보정 금형 도형을 얻게 된다(Fig. 1 참조). 이와 같은 방법의 반복으로 금형 보정을 위한 보정값을 구한다. 본 연구에서 모든 단면에서의 1차 보정 값($\delta\theta_1$)은 2차 보정 값($\delta\theta_2$)을 구한 방법과 같이 보정의 용이성과 해석 시간을 고려하여 2차원 스프링백 해석으로 구한 2차원 보정 금형 도형의 스프링백량과 기존 단면의 스프링백량을 선형적으로 보간하여 구하였다.

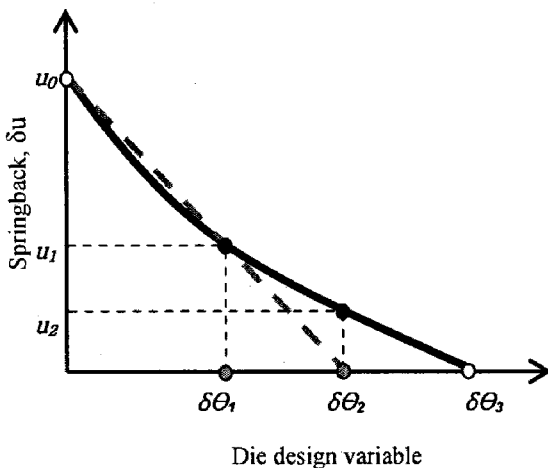


Fig.1 Schematic showing how to determine die design variable

3. 적용

사이드 레일의 드로우 공정(OP10), 트림 공정(OP20), 플랜지업 공정(OP30), 피어싱 공정(OP40)의 프레스 성형에 대하여 각 공정별 성형해석 및 스프링백해석을 수행하고, '2. 금형 보정'에서 제시

한 방법으로 금형 설계 변수의 보정량을 구하고 상당량의 스프링백을 저감시켰다.

3.1 스프링백 해석

본 연구에 적용한 자동차 사이드 레일의 형상을 Fig. 2에 나타냈다. 성형해석 및 스프링백 해석을 위해 박판은 4 절점 선형 쉘 요소로 모델링하여 Table 1에 나타낸 기계적 성질을 적용하였다. 박판의 용접부 기계적 성질은 고려하지 않았다. 해석조건은 Table 2에 나타내었으며 각 공정별 스프링백 해석시 동일한 절점을 구축하였다.

스프링백 해석에서 스프링백 전·후 측벽부 y 방향의 거리를 벽젓힘량(δu), 스프링백 전·후 단면의 하면이 만드는 두 수직벡터가 이루는 각도를 비틀림량($\delta\theta$)이라 정의하고 이들을 정량적으로 검토하였다. 각 공정별 평균 벽젓힘량의 절대값과 비틀림량은 각각 Fig. 3과 Fig. 4와 같이 플랜지 업에 의해 OP30의 평균 벽젓힘량이 1.47mm로 가장 크고, 많은 트림량에 따라 OP20의 평균 뒤틀림량이 1.35°로 비교적 크게 발생했다. OP30의 스프링백해석 결과는 Fig. 5와 같이 항복강도가 높은 DP강의 스프링백이 크게 발생하였고, Fig. 6의 단면 H의 스프링백 전·후 형상과 같이 측벽부가 스프링백에 의해 안쪽으로 젖혀짐을 알 수 있었다.

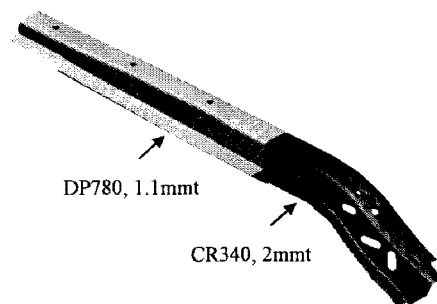


Fig. 2 Automotive side rail tailored with DP780 and CR340

Table 1 Mechanical properties of AHSS sheets

Material	DP780	CR340
Thickness (mm)	1.1	2
Yield stress (MPa)	587	380
Tensile strength (MPa)	783	495
K-value(MPa)	1229	782
Work hardening exponent, n	0.126	0.170

Table 2 Forming parameters used in FE-analysis

Friction coefficient	0.12
Blank holding force (OP10)	60ton
Flanging holding force (OP30)	35ton
Holder speed	2m/s
Punch speed	5m/s

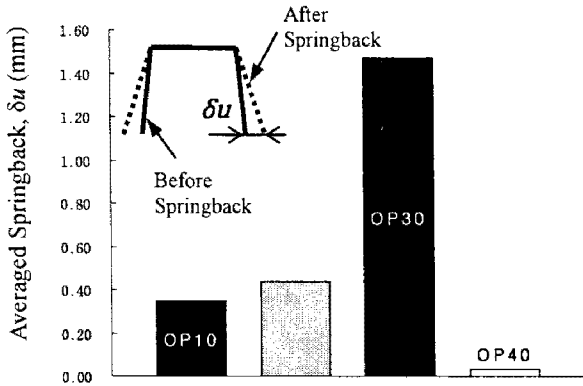


Fig. 3 Averaged springback in each operation

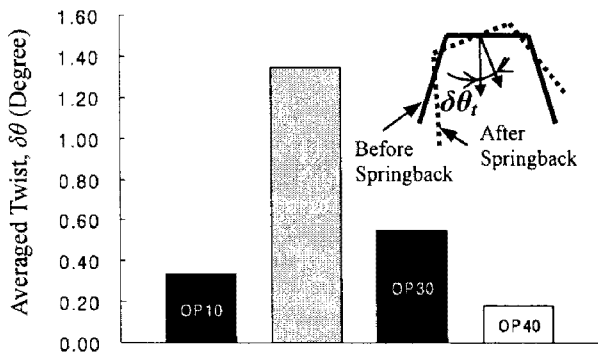


Fig. 4 Averaged twist in each operation

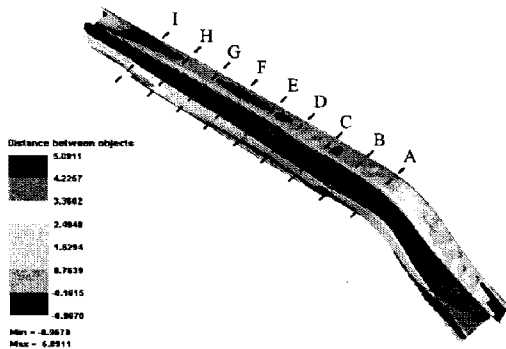


Fig. 5 Springbacks in OP30

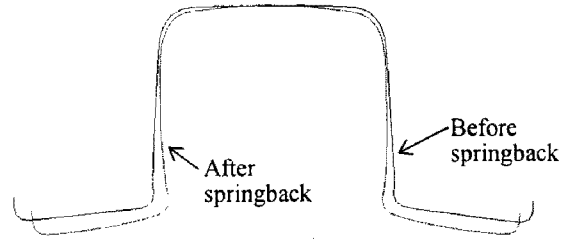


Fig. 6 Comparison of deformed shape of section H before and after springback

3.2 스프링백 저감

벽젓힘량이 가장 큰 OP30의 금형 보정을 통한 측벽부 벽젓힘량 감소를 위해 측벽부의 각도 $\delta\theta$ 와 하면부의 곡률 반경 δR 을 금형 설계 변수로 설정하고(Fig. 7 참조), 각각의 금형 설계 변수를 Fig. 8에 나타낸 6개의 구간에 앞서 제시한 방법으로 금형 설계 변수의 보정값을 결정하여 금형을 보정하였다. 금형 보정값 결정을 위해 적용된 설계 변수의 보정값은 Table 3에 나타내었으며, 금형 보정의 반복에 따른 최종 형상의 벽젓힘량을 Fig. 5에 나타낸 위치의 9개의 단면에서 측정하여 Fig. 9와 같이 금형 형상의 3차 보정에 의해 모든 측정 단면의 벽젓힘량이 최대 조립 허용 오차 1mm 이내로 감소하였다. 금형 보정의 반복에 의해 Fig. 10과 같이 기존 금형에 비해 1차 보정에서 43.9%, 2차 보정에 의해 62.2%, 3차 보정에 의해 75.8%의 스프링백 개선효과를 얻었다.

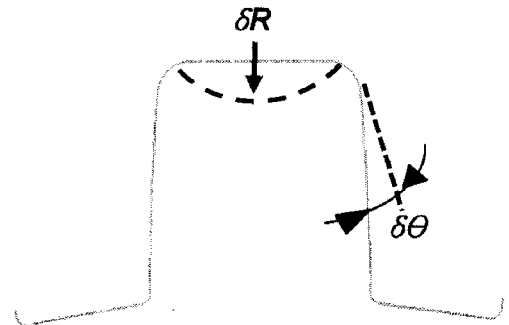


Fig. 7 Design variables for die correction method

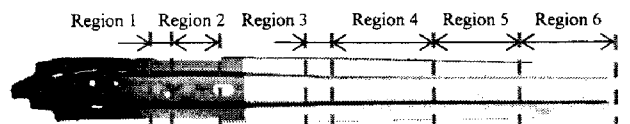


Fig. 8 Regions for die correction method

Table 3 Die correction values in various regions

Variable	$\delta\theta$ (Degree)			δR (mm)
	1st correction	2nd correction	3rd correction	
Region 1	0.0 ~ 0.2	0.0 ~ 0.2	0.0 ~ 0.2	0
Region 2	0.2 ~ 0.0	0.2 ~ 0.0	0.2 ~ 0.0	0
Region 3	0.0 ~ 0.2	0.0 ~ 0.2	0.0 ~ 0.2	0
Region 4	0.2 ~ 0.3	0.2 ~ 0.3	0.2 ~ 0.8	500
Region 5	0.3 ~ 2.0	0.3 ~ 4.5	0.8 ~ 5.6	500
Region 6	2.0	4.5	5.6	500

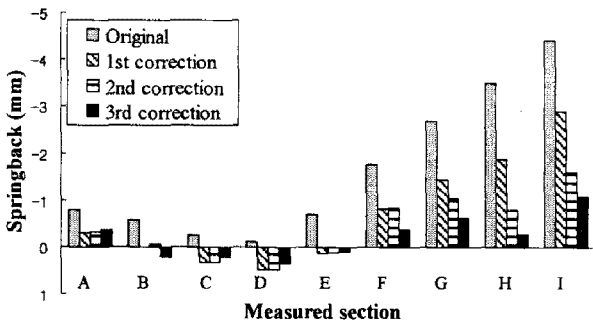


Fig. 9 Springbacks in each correction

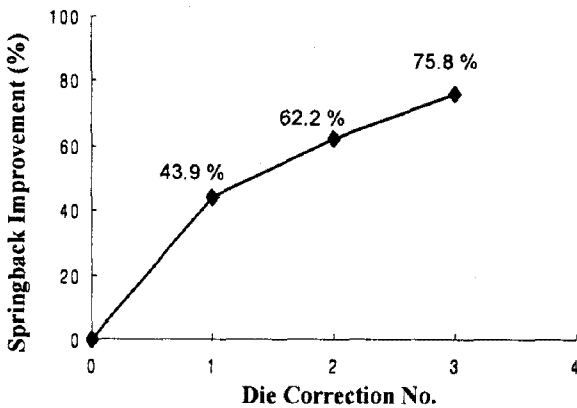


Fig. 10 Springback improvement in each die correction

4. 결론

금형 보정을 통한 스프링백 저감을 위해 금형 설계 변수의 보정량에 따른 스프링백의 관계를 이용해 스프링백이 없는 금형 설계 변수의 보정값을 결정하고, 이를 사이드 레일 부품에 적용하여 다음과 같은 결론을 얻었다.

(1) 금형 보정을 통한 스프링백 저감을 위해 적절한 금형 보정값 결정할 수 있는 프로세스를 마련하였다.

(2) 사이드 레일 부품의 OP30 의 플랜지업 공정에서 벽젓힘이 크게 발생하고, 많은 트림량에 따라 OP20 의 비틀림이 크게 발생한다.

(3) 2~3 회의 스프링백 해석으로 사이드 레일의 스프링백이 조립 허용오차 이내가 되는 금형 보정값을 제시하였다.

후기

본 연구는 GM DAT Die & Press의 지원에 의하여 이루어졌으며, 본 연구 결과가 나오기까지 후원해 주신 최오영 부장님과 이형진 부장님께 감사드립니다.

참고 문헌

- [1] 이종문, 2005, 설계해석에 의한 Springback 보정값 CAD 적용에 관한 연구, 한국소성가공학회 추계학술대회 논문집, pp. 312~317
- [2] A.P. Karafillis, M.C. Boyce, 1996, Tooling and binder design for sheet metal forming processes compensating springback error, Int. J. Mech. Sci., Vol. 36, pp. 503 ~ 526.
- [3] Wei Gan, R.H. Wagoner, 2004, Die design method for sheet springback, Int. J. Mech. Sci., Vol46, pp. 1097~1113.