

셸 요소를 이용한 박판성형 공정의 스프링 백 예측

고형훈¹ · 이찬호² · 김병식² · 이광식³ · 정동원[#]

SpringBack Prediction for Sheet Metal Forming Process Using Shell Element

Hyung-Hoon Ko , Chan-Ho Lee, Byung-Sik Kim, Kwang-Sik Lee, Dong-Won Jung

Abstract

Such press-forming process are the used machine ability and the characteristic, used material, the accuracy of the part, condition of a process are considered the designed. In order to estimate in automotive sheet forming processes used AutoForm software. A through in simulation result comparison with experimentation result, it was possible to know that much the same estimated spring-back through a forming analysis. By making apply this to an industrial site the productivity improvement and cost reduction etc. effect able was predicted.

Key Words : finite element method(유한요소법), sheet metal forming process(박판성형공정), Springback(스프링백), shell element(셸 요소), AutoForm(오토폼)

1. 서론

드로잉(drawing), 굽힘(bending), 스트레칭(stretching) 및 트림(trim) 등의 다양하고 복합적인 공정으로 이루어져 있는 박판성형공정은 소재의 기계적 성질 및 성형 조건 등에 따라 터짐(crack), 주름(wrinkling) 및 형상불량 등 다양한 문제가 발생한다. 불량 발생으로 인한 금형의 수정 비용은 전체 금형 비용의 30%이상을 차지할 정도로, 현장에서서는 큰 손실로 나타나고 있다.

최근 다양한 유한요소해석 소프트웨어의 개발로 금형 완성 전 컴퓨터 시뮬레이션을 통한 사전 성형이 가능해짐으로서 이러한 손실이 많이 줄어가고 있다. 사전 성형은 실제 제품 성형에서 발생하는 크랙 및 주름 등의 문제를 최소화 하고, 최적의 소재를 찾아 낼 수 있도록 하여 금형 개발 비

용과 시간을 절약 할 수 있게 만들었으며, 블랭크 홀딩력, 펀치 압력, 드로우 비드 등 최적의 성형 조건 또한 제시 할 수 있게 되었다.

현재는 성형해석 소프트웨어의 개발과 발전으로 많은 다양한 문제가 해결되고 있기는 하나 스프링 백(springback)과 같은 해결되지 않은 문제가 남아 있다. 박판성형에서의 스프링 백 특성에 관한 연구는 1940 년대부터 현재까지 Mattiasson, F.Pourboghtr, Kawaguchi Wagoner 등 많은 학자들에 의해 수행 되어왔으나, 아직까지도 명확한 정립이 힘든 상황이고 많은 대학 및 연구기관 그리고 산업현장에서 이에 대한 연구가 진행 되고 있으며, 세계적으로 스프링 백에 대한 관심이 집중되고 있다.

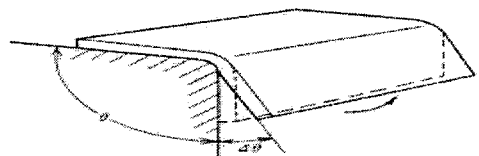


Fig. 1 Shape of Spring Back

1. 제주대학교 대학원
2. ㈜오토폼에너지니어링 코리아
3. ㈜탐금속 기술연구소
제주대학교 공과대학 기계에너지시스템공학부,
jdwc@jeju.ac.kr

스프링 백은 소성 변형 시 소재에 가한 힘을 제거하면 탄성복원력에 의해 변형된 소재가 어느 정도 본래의 형상으로 돌아가는 것을 말한다. 특히 Fig. 1 에서 보이는 것과 같이 스프링 백에 의한 최종 형상 변형은 굽힘 부의 곡률 반경 및 굽힘 각도의 변화로 나타나게 되어 최종 제품의 형상 불량으로 나타나게 된다. 스프링 백의 양은 재료의 항복 강도가 높을수록, 동일 항복 강도 하에서는 탄성계수가 작을수록 그리고 판재의 두께가 얇을수록 증가하며, 주요 영향 인자로는 다이 어깨 반지름, 재료 t 클리어런스, 판재의 인장강도와 성형 방법 등이 있다. 스프링 백은 다이 어깨 반지름을 충분히 작게 하거나, 클리어런스와 판 두께의 비의 적절한 조절 그리고 블랭크 홀딩력 증가로 저감시킬 수 있으나, 부적절한 조절은 오히려 성형성을 저하시키는 요인이 될 수 있다.

본 논문에서는 PNL COWL TOP OUTER 에 대해 상용 소프트웨어인 오토폼(AutoForm)을 사용하여 실제 실험결과와 스프링 백 양을 비교 해 보았으며, 비교 결과를 통해 산업현장 적용의 가능성을 가능해 보았다.

기존 오토폼은 굽힘과 판두께 방향의 전단응력을 무시하는 막막요소를 (membrane element) 사용하였으나 이번에 셸요소(shell element)를 새롭게 도입하였으며, 본 연구에서는 셸 요소를 이용한 오토폼을 사용하여 성형 해석과 스프링 백 예측을 함으로서 셸 요소가 적용된 오토폼의 신뢰성을 함께 평가해 보았다. 셸 요소는 굽힘이 지배적인 공정에 적용시 부정확한 정보를 제공할 가능성이 있는 막막해석법과 수식화가 간단하나 3 차원 문제에서는 과도한 해석 시간을 요구하는 연속체 해석법 (continuum analysis method)의 타협적 방법이다.

2. 성형 해석

성형 공정은 OP10 ~ OP50 까지 드로잉, 트림, 플랜징, 피어싱 등의 공정으로 이루어져 있다.

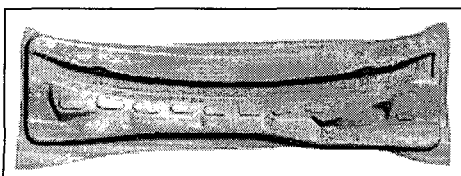


Fig. 2 (a) OP10 Drawing

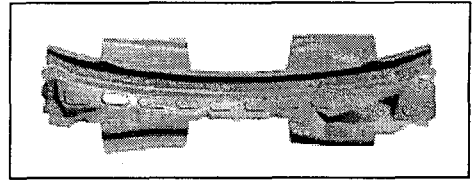


Fig. 2 (b) OP20 Trim and Piercing

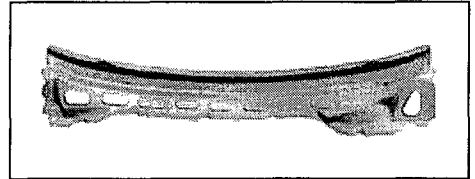


Fig. 2 (c) OP30 Cut/C-Cut/C-Piercing

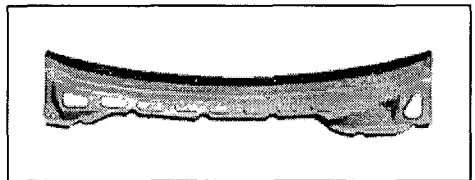


Fig. 2 (d) OP40 Up/Down Flange

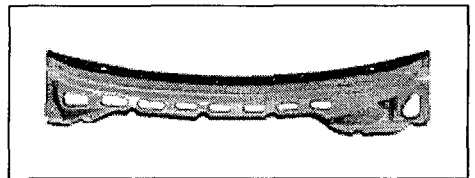


Fig. 2 (e) OP50 C-Piercing

Fig.2 는 각 공정별 제품 형상을 나타내며, 각 공정의 성형 해석에 소요된 시간 및 요소 수와 성형 해석에 적용된 소재 및 블랭킹 홀딩력 등 초기 입력 조건은 Table 1 에 정리 하였다.

Op. No	CPU Time	Element	Remark
10	01:20:03	116,792	Memory :
20	01:26:35	98,376	855MB
30	01:29:30	82,749	Draw : BE-M
40	08:59:26	98,664	Flange : shell
50	09:04:21	102,958	SPEC 0.8t
60	09:18:57	102,958	B/H 압력 : 60t
			C/Stroke : 120mm

Table 1 Simulation Information

3. 스프링 백 해석 결과

차체는 수백 점 이상의 프레스 성형품이 포함된 결합체로 차체 조립에 있어 각 부품들의 치수 및 형상 정밀도는 매우 중요하다. 치수 불량 의 원인으로는 열 변형 및 설계 불량 등 다양하며 프레스 성형에서는 대표적으로 스프링 백이 있다.

본 연구에서는 OP40 flange Up/Down 공정에서의 스프링 백량을 소프트웨어를 이용하여 해석하고 실제 실험을 통한 측정치와 비교하여 보았다

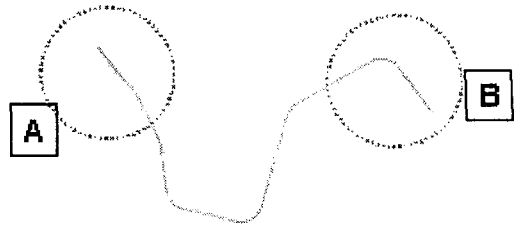


Fig. 3 UP/DN Flange forming process

Fig. 3 은 UP/DOWN flange 성형 공정을 나타낸 그림이다.

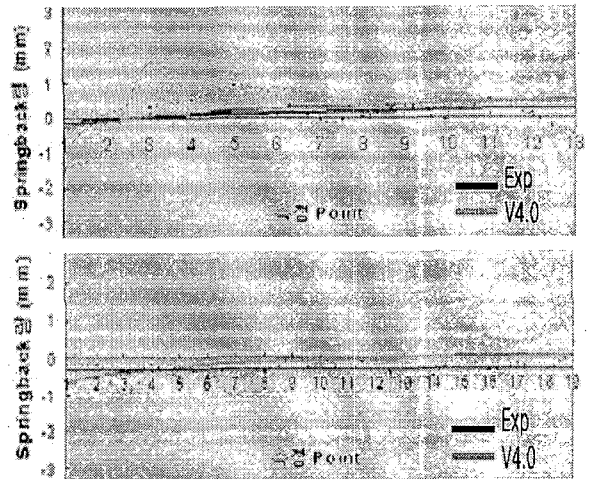
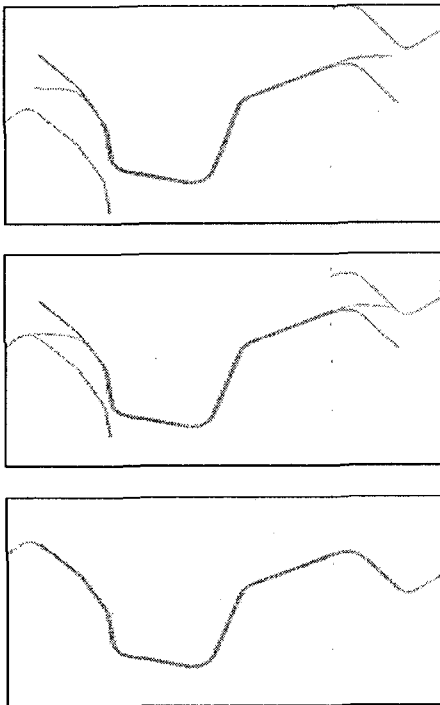


Fig. 4 Spring back of Flange up/down part

Fig. 4 는 Flange up(상부)/down(하부) 부위에서의 스프링 백 발생량 추세선도로 흑색 선은 실험치 적색 선은 성형 해석 결과 값이다.

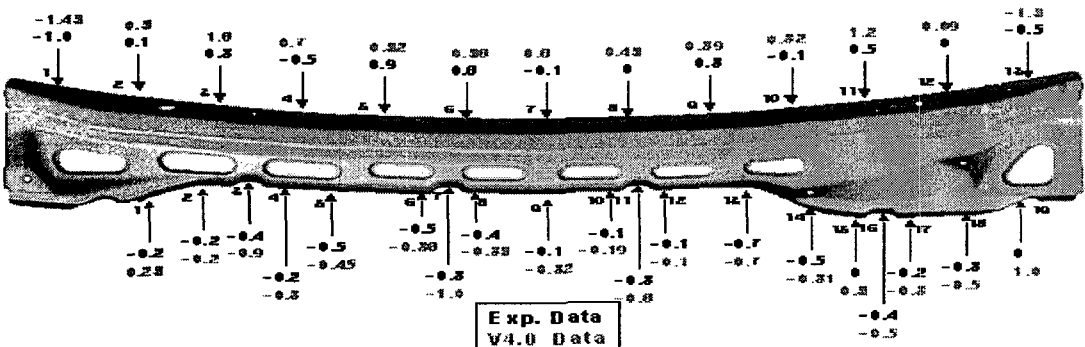


Fig. 5 Spring Back measure result

Fig.5 는 오토폼을 이용한 스프링 백양 측정 결과와 실제 실험에서의 스프링 백 양 측정 결과로 적색(바깥쪽)은 성형 해석결과 값이고 흑색(안쪽)은 실험 결과 값으로서, Fig.4 와 Fig.5 에서 볼 때 실제 실험과 성형해석 결과를 통해 나타난 스프링 백량이 거의 동일하게 나타나고 있다.

4. 결론

본 연구에서 SPEC 판넬을 이용한 PNL COWL TOP OUTER 의 스프링 백량을 셸 요소를 적용한 소프트웨어를 이용하여 유한 요소해석 한 결과를 통해 스프링 백 해석 결과의 신뢰도를 확인 하였으며, 이로 실제 현장과 근사한 스프링 백량의 체크가 가능함을 알 수 있었다.

1.UP/DOWN Flange 공정에서 유한요소해석을 통한 스프링 백 측정량을 실제 실험을 통한 스프링 백 측정량과 비교 한 결과 근사한 값을 얻을 수 있었다.

2.유한 요소 해석을 통한 스프링 백 측정을 통해 과도한 스프링 백 발생 구간을 실제 제품 성형 및 최종 설계 이전에 확인 할 수 있게되어어 불량 발생을 단시간에 최소화 할 수 있게 되었다.

3.사전 성형 시뮬레이션을 통한 스프링 백 예측으로 조립 불량 위험 수위에 있는 스프링 백 발생 구간에 대한 마련이 설계 단계에서부터 가능해 졌다.

4.현재까지 경험에 많은 의존을 해오던 스프링 백에 대한 성형 시뮬레이션이 가능해 지면서, 실제 산업 현장에서의 시간 및 비용 단축과 설계의 신뢰도를 높일 수 있으리라 판단된다.

참고 문헌

- [1] D. Y. Yang., D. W. Jung., I. S. Song., D. J. Yoo. and J. H. Lee., 1995, Comparative investigation into implicit, explicit and iterative implicit/explicit, schemes for the simulation of sheet-metal forming process, J. Materials Processing Technology, vol. 50, pp39-53.
- [2] D. W. Jung., D. J. Yoo., and D. Y. Yang., 1995, A dynamic explicit/rigid-plastic finite element formulation and its application to sheet metal forming processes, Engineering Computations, vol.12, pp.707-722.
- [3] H. B. Shim., D. Y. Yang., 1990, An Elastic-Plastic Finite Element Analysis on Hydrostatic Bulging of Rectangular Diaphragms by using Layered Degenerated Shell Element, Int. J. Mech. SDI., Vol. 32, pp.49-64.
- [4] 김현영, 김중재, 1993, "Explicit Code 에 의한 Stamping 시 스프링 백 및 성형성 예측", 한국소성가공학회지, 제 3 권 제 1 호 통원 제 6 호, pp84-96.
- [5] N. M. Wang., S. C. Tang., 1988, Analysis of Bending Effects in Sheet Forming Operations, Int. J. for Num. Mech. in Engng., vol.25, pp.253-367
- [6] K. Mattiason., 1985, Numerical Simulation of Stretching Processes, SIMOP-I, Editor Lange. K., Proc, of the 1. Int. Workshop, Stuttgart, pp.170-213.
- [7] 양동렬, 이상욱, 윤정환, 유동진, 1998, "박판성형에서의 스프링 백 해석과 산업적 응용", 한국소성가공학회지, 제 8 권 제 1 호, pp. 1119-1128.
- [8] N. He and R. H. Wagoner, 1996, "Springback simulation in the sheet metal forming", NUMISHEET '96, pp. 308-315.
- [9] 양동렬, 1999, 박판성형에서의 스프링 백 해석과 산업적 응용, 한국소성가공학회, 제 8 권 1 호, pp. 22-28.