

설계해석에 의한 SPRINGBACK 보정값 CAD 적용에 관한 연구

이 종 문*

A Study on the Applying CAD of Springback Revision Value by Design Analysis

J. M. Lee

Abstract

In this study, using the stamping analysis program, PAM STAMP, applied to the drawing result of springback analysis and draw analysis with applying on the best design planning as many times simulations from the initial stage of the die developing of automotive panels. Especially, after inspecting the design method with stamping analysis and springback analysis, write about the die development examples, using CADCEUS which is the software revising the amount of springback.

Key Words : Springback(스프링 백), Design planning(설계공법), Stamping analysis(스탬핑해석),
Springback analysis(스프링 백해석)

1. 서 론

컴퓨터를 활용한 성형 시뮬레이션은 금형설계 전에 진행하는 가상생산으로써 현장 트라이 아웃 전에 성형 불구합을 예측하여 이를 설계에 반영함으로써 현장 트라이 아웃 시 발생되는 넥(neck), 크랙(crack), 주름(winkling), 선밀림, 면 굽곡, 스프링 백등의 문제점을 최소화하고 최적의 드로우 공정조건을 제시함으로써 제작 완료시까지의 개발비용과 시간을 절약할 수 있다.

이러한 프레스 가공에서의 불구합 현상들 중에 치수 정밀도 불량은 각도변화, 편치 측벽부로의 젖힘, 비틀림, 편치 위로의 젖힘, 편치 상단부에서의 형상불량 등으로 나타나는데 특히 스프링 백 현상은 치수정밀도 불량에 전반적으로 발생하는 현상으로써 박판이 금형이 의하여 강제적으로 변

형을 겪은 후 금형으로 부터 이탈되었을 때, 박판 내부의 응력이 정적 평형상태를 유지하기 위해 탄성적으로 재편되면서 발생하는 현상이다.

스프링 백 현상은 제품의 치수정밀도를 떨어뜨려 자동차 각 부품 사이의 조립불량의 원인이 된다. 특히, 외판(outer panel)의 경우 스프링 백에 의한 조립불량은 치명적이다. 최근 자동차 경량화 및 안정성을 향상시키기 위한 고장력강판의 사용 증가와 함께 제품에 대한 치수 정밀도 문제가 최대의 현안문제로 대두되고 있다.

본 연구에서는 스탬핑 성형해석 상용프로그램인 PAM STAMP 를 사용하여 자동차폐널(center pillar, trunk lid inner panel)에 대하여 드로우 해석 한 후 스프링 백 해석을 진행한 결과를 “성형정밀도 보정”이라는 측면에서 기존의 개념에서 탈피한 아주 짧은 시간내에 쉽게 스프링 백이 발생

* CE & T

한 복합면들을 횡단면의 접선방향으로 연장하거나 일부를 지시한 각도로 회전시켜 새로운 복합면을 만들어서 스프링백 보정값을 적용하는 CAD 상용프로그램인 CADCEUS를 사용하여 변형된 결과치를 수정하여 재성형해석과 스프링백 해석을 진행하여 최적화된 결과치라고 판단이 되었을 때 금형설계 및 가공을 진행하는 금형제작상의 프로세스의 변화를 적용한 사례에 대해서 수행하였다.

현실적으로 50kg/mm^2 이상 되는 고장력강판의 기준은 매우 강한 소재로서 성형이 진행됨으로 인하여 지금까지 레이아웃 설계에 막연(스프링백 3° 적용 등)하게만 적용하던 스프링백에 대한 치수 기준을 몇 차례의 성형공정해석과 스프링백 해석이 진행된 결과의 보정값을 원래의 제품치수에 감안하여 적용함으로써 기존 금형이 제작완료된 후에 스프링백의 보정치를 적용하여 기계가 공을 수 차례 반복하거나 재제작함으로써 발생되는 개발기간과 비용을 절감할 수 있는 계기를 마련하기 위한 연구결과이다.

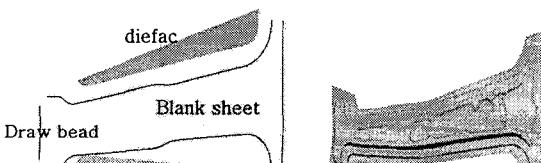
2. 설계해석

2.1 드로우 공정해석

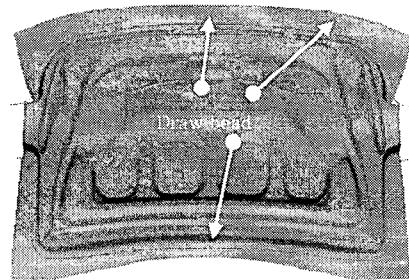
일반적으로 자동차 패널의 성형해석은 중력처짐, 훌딩, 스템핑 공정을 통해 이루어지며 Table 1은 성형 해석에서 사용되는 성형조건을 나타내고 있다. 마찰계수는 0.12로 설정하였고, BHF(blank holding force)는 실제 트라이 아웃 성형공정에서 수행된 값으로 설정하였다.

Table 1 Stamping condition for stamping simulation

Holding velocity	5 mm/msec
Punch velocity	10 mm/msec
Friction coeff.	0.12
Blank holding force	가변



(a) center pillar



(b) trunk lid inner

Fig. 1 Bead position and part shape

Fig. 1은 성형해석을 위한 center pillar 와 trunk lid inner 의 드로우 비드의 위치와 제품의 형상을 나타내었다.

2.2 1 차 해석 결과

① center pillar

Fig. 2는 center pillar panel의 두께분포를 나타낸 결과이다. 그림에서 일부 포밍형상부에서 크랙으로 나타났고 제품형상이 격이는 중간부와 후미부 디자이너스에서 주름이 예측되었다.

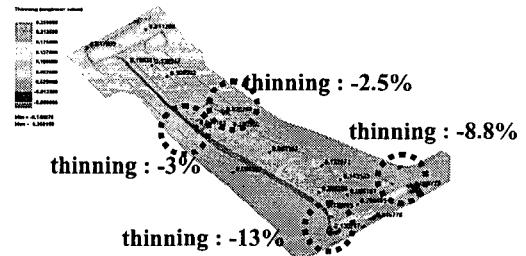


Fig. 2 Distribution of thinning

Fig. 3과 Fig. 4는 성형공정 후 스프링백 해석을 진행한 결과이다. 해석결과를 살펴보면 “A”부분에서 springback 이 약 27mm 이상, “B”부분에는 springgo 가 약 11mm 이상으로 발생됨이 예측 되었다. 재질이 trip 강판이기 때문에 기존의 패널보다 더 많은 스프링백이 발생된 것으로 판단된다.

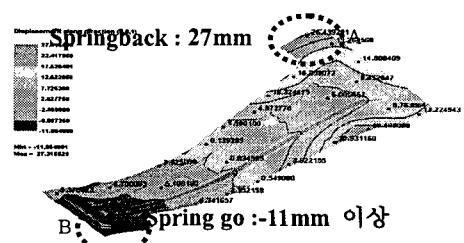


Fig. 3 Result of springback analysis

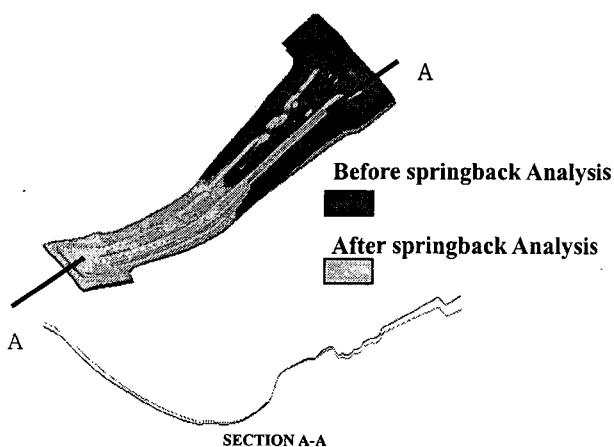


Fig. 4 Result of springback analysis

② trunk lid inner

Fig. 5 는 trunk lid inner 의 두께분포를 나타내고, Fig. 6 은 시뮬레이션결과 패널이고, Fig. 7 은 스프링백 해석결과를 나타내었다.

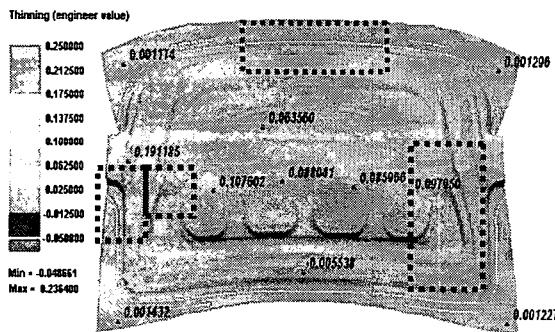


Fig. 5 Distribution of thinning

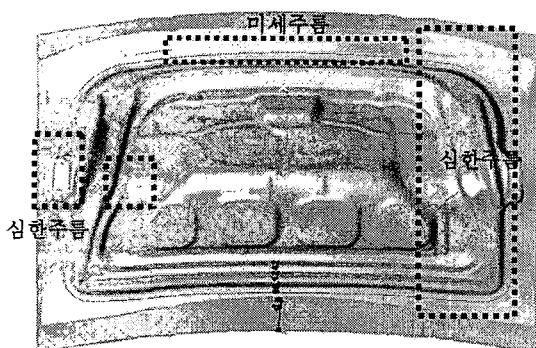


Fig. 6 Stamping panel after the 1st analysis

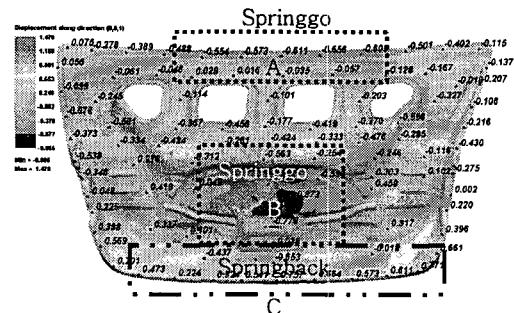


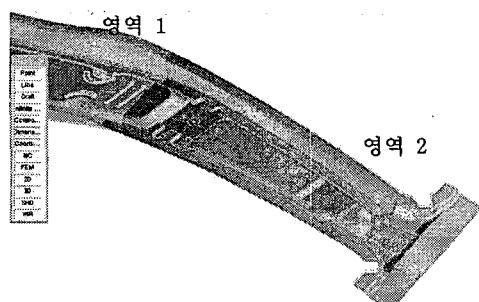
Fig. 7 Result of the 1st springback analysis

Fig. 6에서 trunk lid inner 의 전면부에는 미세한 주름이 발생하였는데 outer panel 과 접촉되는 부분이기 때문에 주름을 없애기 위해서 드로우비드력을 증가하였고, 좌우측에는 심한 주름이 발생하여 형상을 흡수하기 위한 가형상을 다이페이스와 제품형상부에 추가하여 해석을 진행하였다.

Fig. 7 은 성형해석 후 트림라인으로 트림을 한 후 스프링백 해석을 한 결과이다. 해석결과를 분석하면 실제 트라이아웃에 의해서 나타나는 스프링백 경향과 유사하게 나타남을 알 수 있다. “A”부에는 길이 방향의 중앙부로써 트림이 되면서 springgo 가 발생하였고, “B”부에는 전체 패널의 중간부에서 구조적인 형상으로 인하여 springgo 가 발생하였으며, “C”부는 중앙부에서 급변하는 형상부를 타고 내려오는 평탄부분으로써 springback 이 예측되었다. 따라서 스프링백이 발생된 값에 대하여 보정치를 상용 CAD 프로그램으로 간단하게 형상부를 수정하여 성형해석과 스프링백을 진행하였다.

2.3 CAD 보정 및 2 차 해석결과

초기 모델 해석결과에 대한 보정치를 CAD 로 적용하여 성형해석을 진행하였다. Fig. 8 은 center pillar 를 CADCEUS 로 스프링백 발생에 대한 보정치를 적용한 그림들이다.



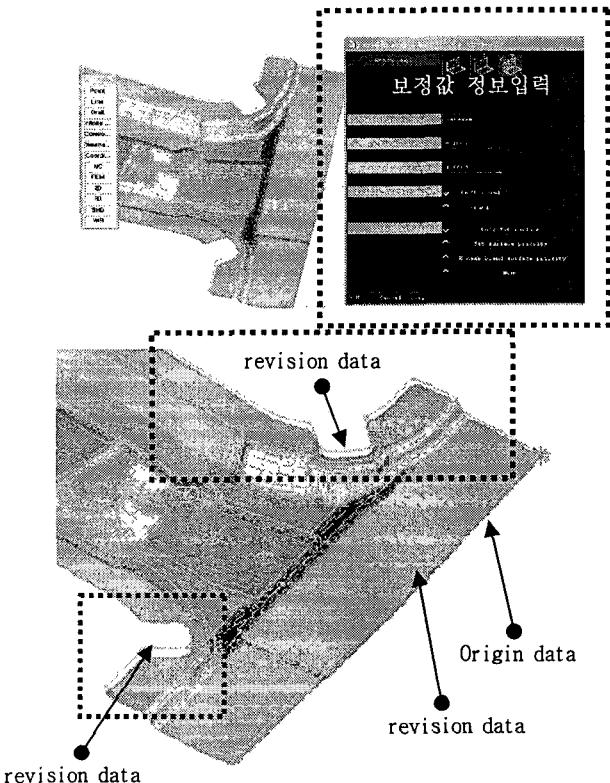


Fig. 8 Revised CAD model

스프링백의 보정치를 적용하기 위하여 영역 1과 영역 2로 구분하여 각 구분영역별로 보정하고자하는 치수를 입력하여 스프링백이 발생한 면들을 들어올린다.

Fig. 9 과 Fig. 10 은 center pillar 와 Trunk lid inner의 해석결과이다,

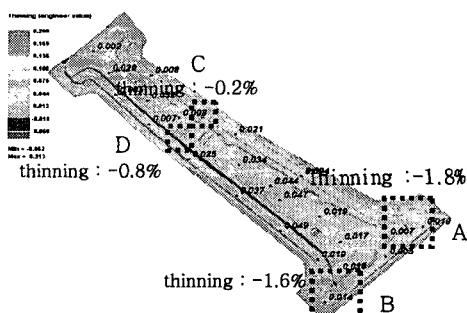


Fig. 9 Distribution of thinning after the last analysis

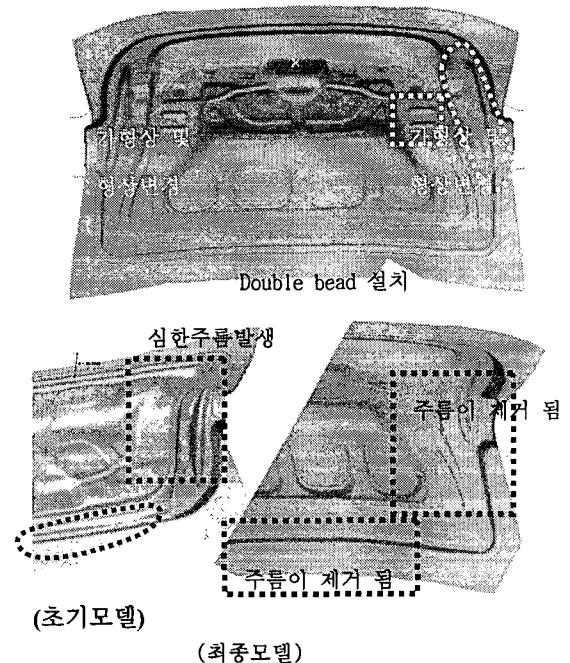


Fig. 10 Stamping panel after the last analysis

Fig. 9에서 보면 초기모델 “A”에서의 thinning -8.8%가 -1.8%로 감소하였고, “B”에서는 -13%에서 -1.6%로 감소하였다. 그리고 “C”에서는 -2.5%에서 -0.2%로 감소하였고, “D”에서는 -3.0%에서 -0.8%로 감소하였다. 즉, 시뮬레이션에 의해서 초기모델에서 발생된 불량현상을 원래 제품에 수정하여 해석한 결과 성형상으로 좋은 결과를 나타내었다. Fig. 10의 trunk lid inner의 경우에는 초기에 여러부분에서 발생된 심한 주름현상들이 제품에 주름흡수를 위한 가형상을 설치하고 전.후면의 선밀림이나 주름이 발생하는 부위를 개선하기 위해서 더블 드로우비드와 드로우비드력 등을 변경하여 해석한 결과 주름발생이 크게 감소한 결과로 나타났다.

Fig. 11은 trunk lid inner의 최종모델을 성형해석 후 스프링백 해석한 결과이다. springback 값이 최고 1.29mm이고, springgo 값이 최고 -1.0mm로 나타났는데 각각의 최고값들은 제품의 가장부분 일부분에 나타난 값으로서 전체적으로 크게 문제가 되지 않을 것으로 본다. 초기모델해석 결과에서 나타난 springback 이 springgo 경향으로 나타났고 springgo 가 발생한 부분에 대해서는 springback의 경향으로 나타났다. 따라서 본 해석에서 나타난 springback 값과 springgo 값이 가장 적절하다고 판단되어 설계 및 제작을 진행하였다.

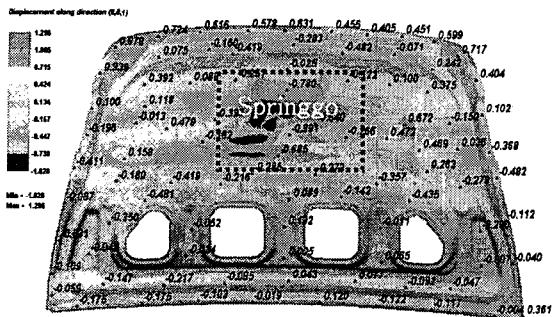


Fig. 11 Result of the last springback analysis

Fig. 12 는 center pillar 의 최종모델로 성형해석 한 후 스프링백 해석을 한 결과이다. 초기모델은 드로우 해석 후에 스프링백 해석을 한 결과를 나타내었는데 최종모델에서는 드로우 해석을 한 후 트립라인에 의해서 트립을 한 후 스프링백 해석을 하였다. 결과를 분석하면 “A”부분의 springback 값이 27mm 에서 0.04mm 로 감소하였으며, “B”부분에서는 springgo 값이 -11mm 에서 -2.2mm 로 감소한 결과를 나타내었다.

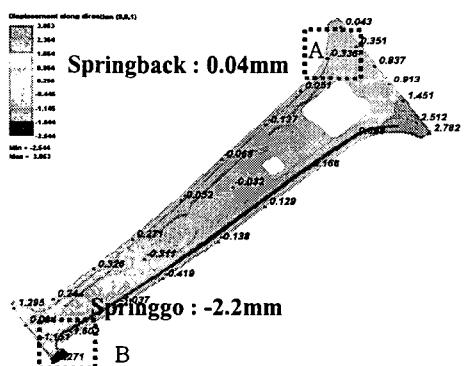


Fig. 12 Result of the last springback analysis

Fig. 13 은 최종모델의 스프링백 해석에 단면상으로 스프링백값을 측정하기 위한 단면 표시이다.

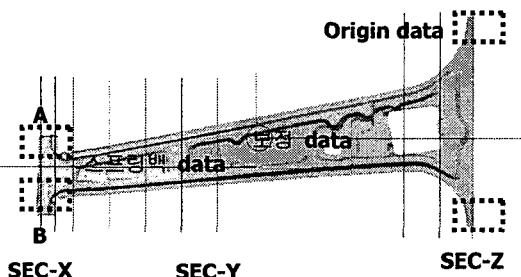


Fig. 13 Sections for measurement

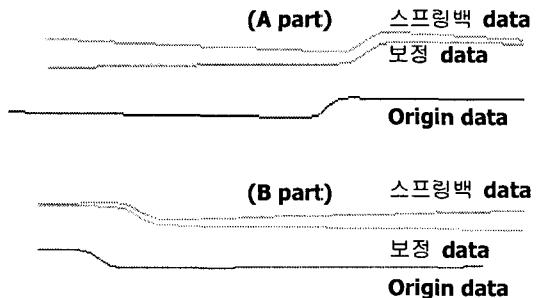
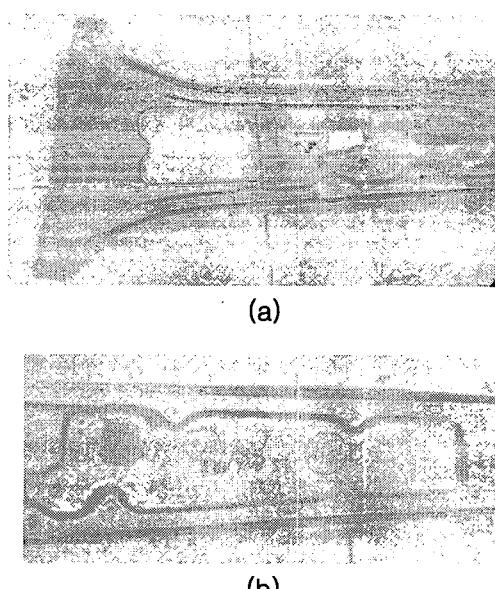


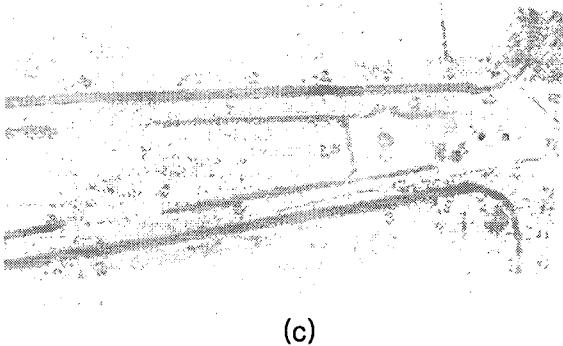
Fig. 13 Section X

Fig. 13 은 Fig. 12 를 쉽게 표현하기 위해서 단면 X 에서 우측 A 의 단면과 좌측 B 의 단면을 나타내고 있다. 가장 아래부분 라인을 원래의 제품 테이터라고 할 때 중간라인은 스프링백이 발생하여 원래의 제품에 보정치를 적용한 라인이고, 윗라인은 보정치를 적용한 모델을 스프링백 해석 한 결과이다. 그림에서 보면 스프링백값은 아주 미세하게 나타나는 결과값이기 때문에 초기 성형해석후 스프링해석에서 나온 결과를 원래제품에 보정치를 적용할 때 한번의 해석으로 바로 적용하는 데에는 다소 무리가 있을 것으로 본다. 따라서 드로우 성형해석에서 보다 정확한 응력의 변화를 관찰해야 할 것이고 크랙이나 주름발생등이 없는 상태에서 스프링백 해석이 진행되어야 할 것으로 본다.

Fig. 14 는 현장 트라이아웃 패널이다.



(b)



(c)

Fig. 14 Tryout panel of center pillar

현장패널을 검사구에서 측정한 스프링백 양과 해석결과의 측정값을 표시하고 비교하기 위한 패널을 나타내었다. 두께분포에 있어서는 현장패널과 해석패널이 매우 유사하게 나타났지만 스프링백의 비교에서는 약간의 차이를 가지는 것으로 평가되었다. 이것은 실지로 패널은 성형이 진행되면서 높은 압력과 고열발생으로 인하여 응력의 변화가 순간순간 커지고 작아지고 하는 변화가 매우 심하기 때문에 해석과 차이가 있는 것으로 판단한다. 그러나 금형제작 비용이 낮아지는데에 비해서 납기는 짧아지고 있기 때문에 이에 대응하기 위해서는 가상생산에 의한 성형성평가와 스프링백 평가 후 원래의 제품에 CAD 보정을 하여 개발기간을 단축할 수 있는 프로세스가 필요할 것으로 본다.

3. 결론

스탬핑 공정해석에 있어서 성형공정 뿐만 아니라 성형 후 스프링백 해석이나 트림 후 스프링백 해석등이 수행되어야 하며, 보다 정밀한 보정 작업으로 패널의 형상을 가장 잘 나타낼 수 있는 조건을 찾아 이를 바탕으로 재해석이 수행되어야 할 것이다.

본 연구는 해석전용 프로그램에 의한 해석과 해석결과에 대한 overcrown 과 같은 보정값을 수 시간내에 CAD 보정이 가능한 전용 프로그램을 이용하여 성형해석과 스프링백 해석을 여러 차례수정을 하면서 금형을 개발한 사례로써 다음과 같은 결론을 얻었다.

- (1) 개발초기에 성형해석과 스프링백 해석을 연결하여 개발기간과 개발비용을 줄인 금형을 개발할 수 있었다.
- (2) 해석의 결과값을 분석하여 스프링백이 발생한 양을 CAD 전용 프로그램으로 수 시간내에 원래의 제품에 보정값을 적용할 수 있는 프로세스를 마련하였다.
- (3) 성형해석과 스프링백 해석의 적절한 보정값의 적용으로 기존의 제작 후 재가공하거나 다시 금형을 제작하는 제작 flow 를 획기적으로 개선할 수 있는 계기가 될 것으로 본다.

참고문헌

- (1) K.Mattiasson, A.Strange, P.Thilderkvist and A.Samuelsson, 1995, "Springback in sheet metal forming", NUMIFORM '95, pp.115-124
- (2) F.Pourboghrat and E. Chu, 1995, "Prediction of springback and sidewall curl in 2D-draw bending" Journal of Materials Processing Technology, Vol 50, Issues 1-4, pp.361-374
- (3) N. He and R. H. Wagoner, 1996, "Springback simulation in sheet metal forming", NUMISHEET '96, pp.308-315
- (4) 정기욱, 이종문, 금영탁, 이승렬, 안인혁, 황의정, 박진수, 2004, "자동차 패널 전 스템핑 공정의 시뮬레이션과 현장 트라이 아웃" 추계학술대회, pp164~167