

# REF SILL OTR-R/L 차체판넬 스템핑 공정에서 성형해석을 통한 공법개발에 관한 연구

황재신\* · 정동원\*\* · 안병일\*\*\* · 문원섭\*\*\*\* · 박연근\*\*\*\*\*

## A Study of tool planning for forming analysis in REF SILL OTR-R/L Auto-Body Panel stamping process

J. S. Hwang\*, D. W. Jung\*\*, B. I. Ahn\*\*\*, W. S. Mun\*\*\*\*, Y. G. Park\*\*\*\*\*

### Abstract

Finite element method is very effective method to simulate the forming processes with good prediction of the deformation behaviour. For the finite element modeling of sheet metal forming the accurate tool model is required. Due to the geometrical complexity of real-size part stamping tools it is hard to make FE model for real-size auto-body stamping parts. In this paper, it was focussed on the drawability factors on auto-body panel stamping by AUTOFORM with using tool planing alloy to reduce law price as well as high precision from Design Optimization of die. According to this study, the results of simulation will give engineers good information to access the Design Optimization of die.

**Key Words** : Finite Element Method(유한요소법), Auto-body Panel Stamping(차체판넬 스템핑), Tool Planing(공법계획), Design Optimization(최적설계)

### 1. 서 론

박판 금속성형은 금속 판재를 이용하여 다양하고, 비교적 복잡한 형상의 제품을 만드는 것으로서 저렴한 소재, 제품의 높은 비강도, 대량 생산성 등의 큰 장점으로 인해서 현대 산업에 폭넓게 적용되어지고 있는 분야이다. 하지만 대부분의 박판 성형물은 제조공정 중에 커다란 소성변형을 수반하게 되어 판재의 파단, 형상불량 등의 가공 결함이 발생하게 된다. 따라서 우수한 박판 성형물을 얻기 위해서는 합리적인 가공공정의 설계가 필수적이라 할 수 있다.[1-2]

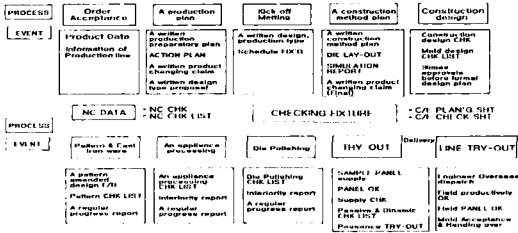
Fig. 1 과 같이 금형제작 과정은 차체부품의 최적설계를 위한 제품 솔루션을 한 후 현재제품상태에서 전개할 수 있는 최적의 공정계획, 제품물,

생산라인 LOAD'G 조건, 성형성확보 방안 등을 제안한 다음 성형해석을 위한 제품 필렛팅, 다이모델링을 3차원으로 모델링한다.

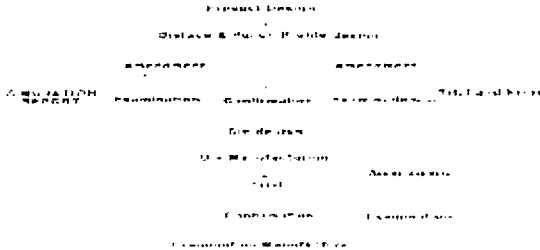
다음으로 해석시스템을 직접 Operating 함으로써 실제 T/OUT 상황에서 발생하는 모든 변수들을 데이터 입력 시 고려하여 실지상황에 최대한 근접한 Virtual TRY-OUT 을 구현할 수 있게 한 다음 초기공법계획에 성형해석시스템의 해석결과에 대한 기술적 대응방안을 사전에 반영함으로써 최적 DIE LAY-OUT 을 완성한다. 금형제작 과정과 마찬가지로 차체 판넬의 설계 제작 과정을 Fig. 2 에서 살펴보면, 제품도가 완성된 후에 펀치 프로파일과 다이 페이스를 얻기 위해서는 경험에 의한 데이터베이스를 이용하는 방법과 성형 시뮬레이션을 이용하는 두 가지 방법이 있다. 그러나 현재

\* 제주대학교 기계에너지공학과  
\*\* 제주대학교 기계공학과 대학원  
\*\*\*,\*\*\*\*,\*\*\*\*\* ㈜Dieart

로서는 경험에 의한 설계가 지배적이며, 향후에는 성형 시뮬레이션으로 점차 변경 될 것으로 예상된다. 이러한 두 방법은 모두 수정과 검토 반복 작업이 이루어진다. 따라서 레이아웃의 변경에 따라, 금형 설계의 변경이 신속히 이루어져야 한다.[3]



**Fig. 1 Metallic mould manufacture process**



**Fig. 2 Flow chart for die manufacturing**

본 논문에서는 실제 산업현장에서 사용되는 차체판넬 스탬핑 공정의 유한 요소 해석에 있어서 중요한 과정의 하나인 금형형상의 모델링과 관련하여 성형해석을 통한 공법개발을 개발하고자 한다. 해석결과로부터 본 재질의 정확성과 실제 산업현장에서의 적용가능성 및 타당성을 검토하고자 한다.

### 2. 본론

비선형 유한요소 운동방정식은 가상일의 원리로부터 얻어지는데, 셀 모델, 재료거동모델, 유한요소형상합수와 강체요소의 동역학을 가상일의 원리에 도입하면 다음과 같은 평형방정식을 얻을 수 있다.

$$\sum_{N=0}^{N_0} (m^e \ddot{u}^e + c^e \dot{u}^e + p^e - f^e + r_c^e) = 0 \quad (1)$$

비선형 유한요소방정식은 시간  $n$  단계에서 다

음과 같은 행렬식으로 쓸 수 있다.

$$[M]\{\ddot{u}_n\} + [C]\{\dot{u}_n\} + [K]\{u_n\} = \{R_n\} \quad (2)$$

위 식으로부터 시간증분  $n+1$  에서의 해를 얻기 위해 다음과 같은 중앙차분법을 사용한다.

$$\ddot{u}_n = \frac{\dot{u}_{n+1/2} - \dot{u}_{n-1/2}}{\Delta t} = \frac{u_{n+1} - 2u_n + u_{n-1}}{\Delta t^2}$$

$$\dot{u}_{n+1/2} = \frac{u_{n+1} - u_n}{\Delta t}, \dot{u}_n = \frac{u_{n+1} - u_{n-1}}{2\Delta t} \quad (3)$$

식(3)은  $u_{n+1}$  과  $u_{n-1}$  에 대한 테일러급수로부터 유도되어지고, 3차 이상의 항은 무시한다.

$$u_{n+1} = u_n + \Delta t \dot{u}_n + \frac{\Delta t^2}{2} \ddot{u}_n + \frac{\Delta t^3}{6} \ddot{\dot{u}}_n + \dots$$

$$u_{n-1} = u_n - \Delta t \dot{u}_n + \frac{\Delta t^2}{2} \ddot{u}_n - \frac{\Delta t^3}{6} \ddot{\dot{u}}_n + \dots \quad (4)$$

중앙차분법은  $\Delta t$  의 크기에 따라 선택적인 수렴을 가지며, 정확성과 수렴성은  $\Delta t$  의 제곱에 비례한다.

### 3. 성형해석결과

#### 3.1 SP792-390 1.8t 성형해석

Model = QW
P/Name= REF SILL OTR-R/L
Application = AutoForm(B/H+DR)
Material = SP782-390
Thickness = 1.8
Binder Pressure = 70 TON
Drawing Pressure = 1000 TON
Blank Size : 1970 mm X 350 mm

**Fig. 3 Input condition**

Fig. 4 을 보면 두께감소로 인한 성형 부적합한 곳은 4부분이 발견되었다.

주름이 발생하는 부분은 1 부분이며 하사점 20

mm까지의 주름경향을 나타내었으며 재질과 공법의 변경이 필요하다.



Fig. 4 Thickness reduction

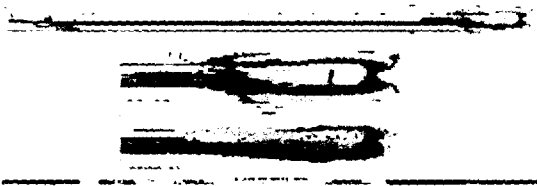


Fig. 5 Wrinkling

### 3.2 Comparison for operation plan

SP782-390 에 대한 최종 재질변경을 하였다. 하지만 성형 깊이가 깊은 부분에 대한 문제(터짐과 주름)를 해결하기 위해 대각선 방향의 다이페이스를 수정 변경하였다. 다음은 그에 대한 결과들이다.

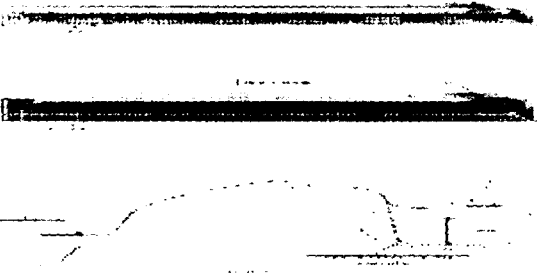


Fig. 6 New operation plan

### 3.3 SP792-390 1.8t 최종공법개발

Fig. 9 을 보면 두께감소로 인한 성형 부적합한 곳은 3 부분이 발견되었다.

Fig. 10 의 주름경향을 보았을 때 주름에 대한

문제는 없을 것으로 보인다.

Model = QW
P/Name= REF SILL OTR-R/L
Application = AutoForm(B/H+DR)
Material = SP782-390
Thickness = 1.8
1st draw Binder Pressure = 70 TON
Drawing Pressure = 1000 TON
2st draw Binder Pressure = 40 TON
Drawing Pressure = 500 TON
Blank Size : 1970 mm X 350 mm

Fig. 7 Input condition

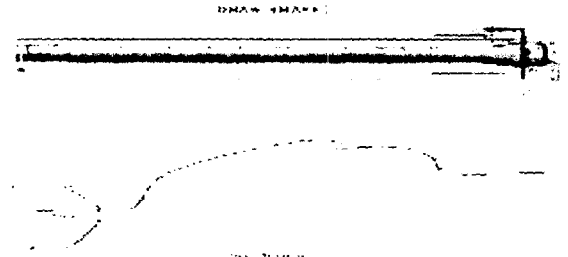


Fig. 8 Draw Shape

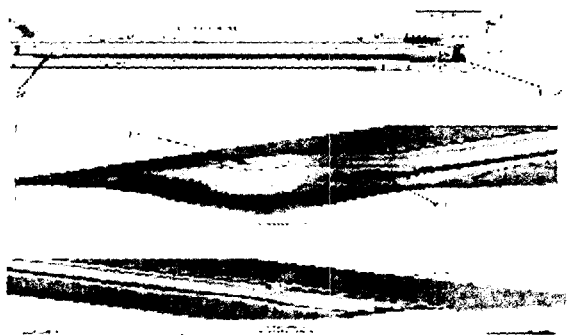


Fig. 9 1st draw Thickness reduction



Fig. 10 1st draw Wrinkling

Fig. 11 을 보면 두께감소로 인한 성형 부적합한 곳은 3 부분이 발견되었다.

Fig. 12 의 주름경향을 보았을 때 주름에 대한 문제는 없을 것으로 보인다.



Fig. 11 2st draw Thickness reduction

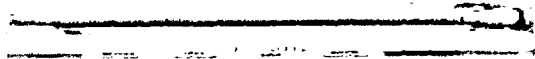


Fig. 12 2st draw Wrinkling

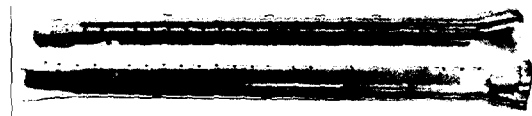


Fig. 13 Final photo of Tryout

Fig. 13 는 최종적인 성형해석을 통한 금형을 제작하여 직접 REF SILL OTR-R/L 차체판넬을 제작해봄으로써 성형해석의 실용성을 검증하여 보았다.

#### 4. 결론 및 고찰

본 연구에서는 실제 산업현장에서 사용되고 있는 차체 판넬의 스탬핑 공정에서 최적의 금형설계를 위한 새로운 공법을 개발하여 두께감소율과 주름경향을 성형해석하고 실용성을 검증하기 위한 성형해석을 바탕으로 금형을 제작하여 실제로 차체 판넬을 제작한 결과 다음과 같은 결론을 얻었다.

(1) 성형성을 개선하기 위해 재질의 변경이 필요하다라는 것을 성형해석을 통해 검증하였다.

(2) SP792-390 1.8t 를 새로운 공법을 사용하여 성형해석 한 결과 1nd DRAW 와 2nd DRAW 로 변경후에도 여전히 크랙에 대한 문제와 주름이 문제가 되었으며, 성형 깊이가 깊은 부분에서 크랙에 대응하기 위해 재질변경을 해야 하며, 또한 2nd DRAW 로 인한 shock line 을 방지하기위해 측면에 제품형상의 변경이 불가피하다는 것을 알 수가 있었다.

3. 이러한 성형 해석결과들을 바탕으로 금형을 제작하여 실제로 REF SILL OTR-R/L 차체 판넬을 제작해 봄으로써 실용성을 검증하였다.

4. 원활한 금형제작을 위해서는 각 제작공정의 고유기술과 더불어 적시에 적절한 업무를 투입시킬 수 있는 Project 관리기술이 뒷받침 되어야 하며 각 Project 고유의 Action Plan 을 기획, 이에 준한 업무를 추진함으로써 제작기간 중 발생할 수 있는 모든 종류의 리스크를 최소화하기 위한 해석공법의 개발이 절실하다.

#### 후 기

본 연구를 위하여 많은 자료와 지원을 아끼지 않은 오토폼엔지니어링코리아(주) 관계자 여러분들께 깊은 감사드립니다.

#### 참 고 문 헌

- (1) 정효상, 이성수, 2002, “자동차 프레스 금형 자동 설계지원시스템”, 한국정밀공학회 vol.19, no.8, pp. 194-202.
- (2) 정동원, 안동규, 양동열, 이장희, 1995, “강소성 외연적 유한요소법을 이용한 자동차 박판제품의 성형공정에 대한 단면해석”, 자동차공학회 vol.3 권 no.3, pp. 19-28.
- (3) Jung, D. W. and Yang, K. B., 2000, “Comparative Investigation into Membrane, Shell and Continuum Elements for the Rigid-Plastic Finite Element Analysis of 2-Dimensional Sheet Metal Forming Problems”, J. Materials Processing Technology, vol.104, No.3, pp.185-190.