

REF SILL OTR-R/L 차체판넬 스템핑공정에서 성형해석을 통한 재질선택에 관한 연구

황재신*(제주대 대학원 기계공학과), 정동원(제주대 기계공학과), 안병일((주)Dieart),
문원섭((주)Dieart), 박영근((주)Dieart)

A Study of selecting material for forming analysis in REF SILL OTR-R/L Auto-Body Panel stamping process

J. S. Hwang(Mech. Eng. Dept., CJU), D. W. Jung(Mech. Eng. Dept., CJU), B. I. Ahn((주)Dieart),
W. S. Mun((주)Dieart), Y. G. Park((주)Dieart)

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(금형제작), design optimization(최적설계)

1. 서론

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 폭 넓게 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. 1과 같이 금형제작 과정은 차체부품의 최적설계를 위한 제품 솔루션을 한 후 현재제품상태에서 전개할 수 있는 최적의 공정계획, 제품물, 생산라인 LOAD'G조건, 성형성확보 방안 등을 제안한 다음 성형해석을 위한 제품 펠렛팅, 다이모델링을 3차원으로 모델링한다. 다음으로 해석시스템을 직접

Operating 함으로써 실제 T/OUT 상황에서 발생하는 모든 변수들을 데이터 입력 시 고려하여 실제상황에 최대한 근접한 Virtual TRY-OUT을 구현할 수 있게 한 다음 초기공법계획에 성형해석시스템의 해석결과에 대한 기술적 대응방안을 사전에 반영함으로써 최적 DIE LAY-OUT을 완성한다.

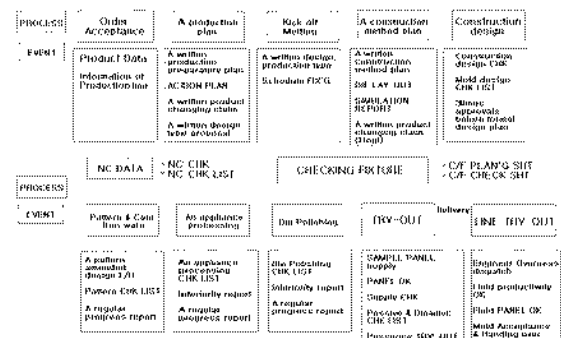


Fig. 1 Metallic mould manufacture process

금형제작 과정과 마찬가지로 차체 판넬의 설계 제작 과정을 Fig. 2에서 살펴보면, 제품도가 완성된 후에 펀치 프로파일과 다이 페이스를 얻기 위해서는 경험에 의한 데이터베이스를 이용하는 방법과 성형 시뮬레이션을 이용하는 두 가지 방법이 있다. 그러나 현재로서는 경험에 의한 설계가 지배적이며, 향후에는 성형 시뮬레이션으로 점차 변경 될 것으로 예상된다. 이러한 두 방법은 모두 수정과 검토 반복작업이 이루어진다. 따라서 레이아웃의 변경에 따라, 금형 설계의 변경이 신속히 이루어져야한다.[3-4]

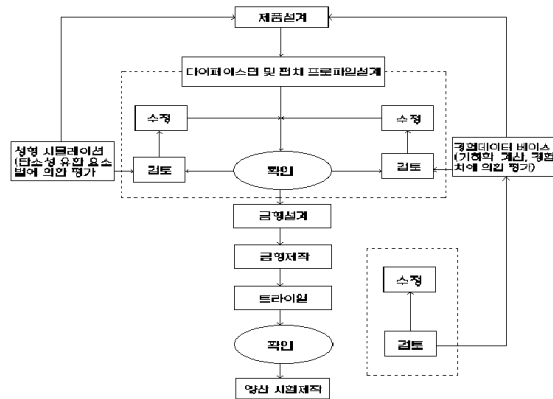


Fig. 2 Flow chart for die manufacturing

본 논문에서는 실제 산업현장에서 사용되는 차체 판넬 스텝핑 공정의 유한 요소 해석에 있어서 중요한 과정의 하나인 금형형상의 모델링과 관련하여 최적의 공법을 적용하여 성형 해석하였다. 해석결과로부터 본 공법의 정확성과 실제 산업현장에서의 적용 가능성 및 타당성을 검토하고자 한다.

2. 본론

2.1 이론

비선형 유한요소 운동방정식은 가상일의 원리로부터 얻어지는데, 셀 모델, 재료거동모델, 유한요소형상함수와 강체요소의 동역학을 가상일의 원리에 도입하면다음과 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 다음과 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.

$$\begin{aligned} \dot{u}_{n+\frac{1}{2}} &= \frac{u_{n+1} - u_n}{\Delta t} \quad \text{or} \quad \dot{u}_n = \frac{u_{n+1} - u_{n-1}}{2\Delta t} \\ \ddot{u}_n &= \frac{\dot{u}_{n+\frac{1}{2}} - \dot{u}_{n-\frac{1}{2}}}{\Delta t} \\ &= \frac{u_{n+1} - 2u_n + u_{n-1}}{\Delta t^2} \end{aligned} \quad (3)$$

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

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

중앙차분법은 Δt 의 크기에 따라 선택적인 수렴을 가지며, 정확성과 수렴성은 Δt 의 제곱에 비례한다.

3. 성형해석결과

3.1 SP790-590성형해석

Model = QW
P/Name= REF SILL OTR-R/L
Application = AutoForm(B/H+DR)
Material = SP780-590
Thickness = 1.6
Binder Pressure = 90 TON
Drawing Pressure = 1060 TON
Blank Size : 1995mm X 390mm

Fig. 3 The first input condition

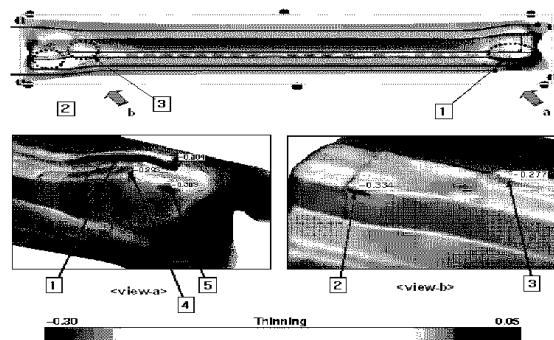


Fig. 4 Thickness reduction

Fig. 4를 보면 두께감소로 인한 부적합한 곳은 3부분이 있으며, 부분을 상세하게 나타낸 결과 <view-a>부분 <1>부분에서의 두께감소는 50%이상이며 하사점 60mm에서 파단(25%)이 일어나기 시작하며, <4>부분에서는 두께감소는 29.3%이상이며 하사점 55mm에서 파단이 일어나기 시작한다. 추가적으로 <5>부분에서는 두께감소는 30.9%이상이며 하사점 1mm에서 파단이 일어나기 시작한다. <view-b>에서 <2>부분에서는 두께감소는 33.4%이상이며 하사점 1mm에서 파단이 일어나기 시작한다. <3>부분에서는 두께감소는 27.7%이상이며 하사점 0.5mm에서 파단이 일어나기 시작한다.

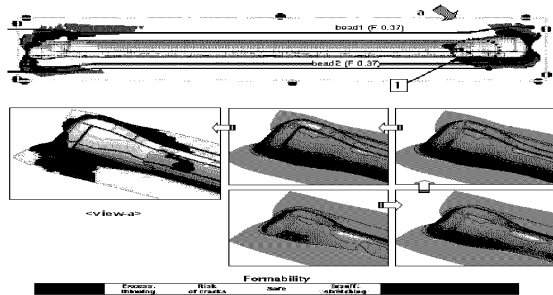


Fig. 5 Wrinkling

주름이 발생하는 부분은 1부분이다. 주름은 하사점 3mm에서부터 생기고 있다.

본 결과는 초기단계에서 성형해석을 한 결과이다. 즉, 재질이 정해지지 않은 상태에서 가해석한 결과이다. 다음은 REF SILL OTR-R/L 차체판넬의 최적의 재질을 선택하기 위한 해석들이다.

3.2 SP782-440 1.8t 성형해석

Model = QW
 P/Name= REF SILL OTR-R/L
 Application = AutoForm(B/H+DR)
 Material = SP782-440
 Thickness = 1.8
 Binder Pressure = 70 TON
 Drawing Pressure = 1000 TON
 Blank Size : 1970mm X 350mm

Fig. 6 The second input condition

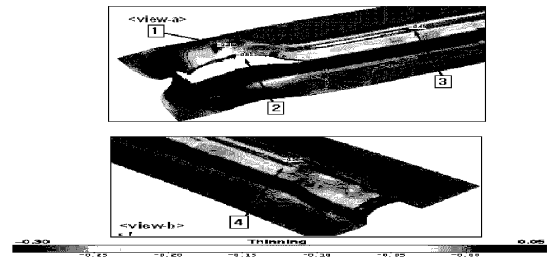
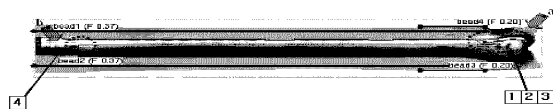


Fig. 7 Thickness reduction

Fig. 7을 보면 두께감소로 인한 부적합한 곳은 4부분이 있다. 4부분을 상세하게 나타낸 결과 <view-a>부분 <1>부분에서는 두께감소는 36.2%이상이며 하사점 81mm에서 파단(25%)이 일어나기 시작한다. <2>부분에서는 두께감소는 50%이상이며 하사점 81mm에서 파단(25%)이 일어나기 시작한다. 추가적으로 <3>부분에서도 마찬가지로 두께감소가 50%이상이며 하사점 2mm에서 파단(25%)이 일어나기 시작한다. <view-b>에서 <4>부분에서는 두께감소는 35.4%이상이며 하사점 1mm에서 파단(25%)이 일어나기 시작한다.

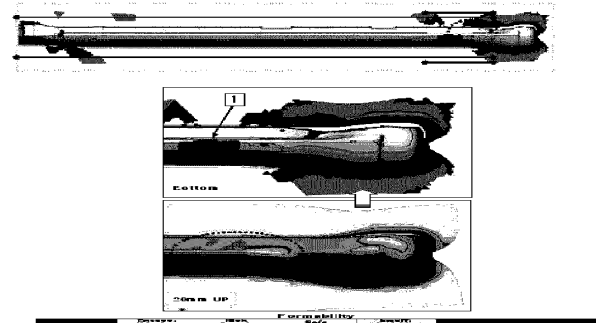


Fig. 8 Wrinkling

주름이 발생하는 부분은 1부분이다. 주름은 하사점 20mm에서부터 생기며 Fig. 8에서 보는 봐와 같이 파단으로 인한 주름이 심해지고 있다.

3.3 SP782-390 1.8t 성형해석

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

Fig. 9 The third input condition

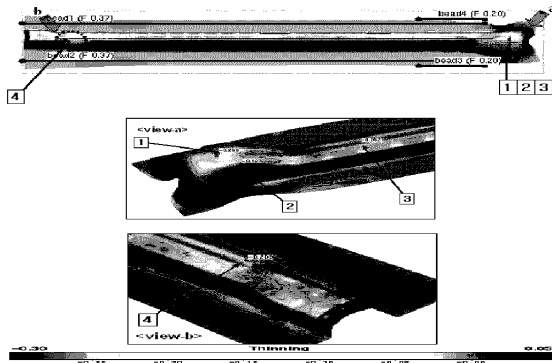


Fig. 10 Thickness reduction

Fig. 10을 보면 두께감소로 인한 성형 부적합한 곳은 4부분이 발견되었다. 4부분을 상세하게 나타낸 결과 <view-a>부분 <1>부분에서는 두께감소는 28.3%이상이며 하사점 80mm에서 파단(25%)이 일어나기 시작한다. <2>부분에서는 두께감소는 12.7%이며 파단(25%)이 일어나지 않는다. <3>부분에서도 두께감소는 5.21%이며 파단(25%)이 일어나지 않는다. 그리고 <view-b>에서 <4>부분에서도 두께감소는 20.7%이며 파단(25%)이 일어나지 않는다.

이 결과로 REF SILL OTR-R/L 차체판넬에서는 SP782-390 재료를 사용한다면 이상적인 결과를 얻을 수 있는 가능성을 보여주고 있다. 하지만 <1>부분에서 파단이 일어날 가능성이 있으므로 공법개발이 필요하다.

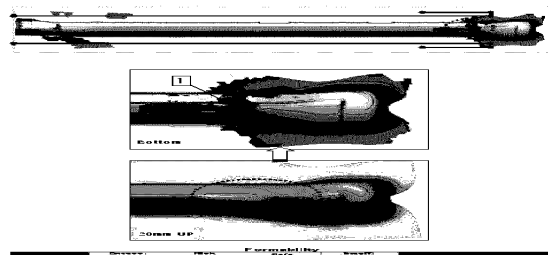


Fig. 11 Wrinkling

여러 가지 재질을 REF SILL OTR-R/L 차체판넬에 적용하여 가장 적합한 재질을 선택할 수 있었다. 그리고 재질의 변경으로 불가한 문제들은 공법개발이 필요함을 알 수 있었다.

4. 결론 및 고찰

본 연구에서는 실제 산업현장에서 사용되고 있는 차체 판넬의 스탬핑 공정에서의 최적의 금형설계를 위한 재질의 선택을 두께감소율과 주름경향의 성형

해석 통하여 재질을 선택하였다. 본 연구로 인해 아래와 같은 결론을 얻었다.

1. 성형성을 개선하기 위해 재질의 변경이 필요하다는 것을 성형해석을 통해 검증하였다.
2. REF SILL OTR-R/L 차체판넬을 제작하기에 가장 적합한 재질을 선택할 수 있는 가능성을 보여 주었으며, 재질의 변경으로도 개선되지 못하는 부분은 공법개발을 하여 성형성의 문제를 해결해야 한다는 것을 알 수 있었다.
3. 이러한 성형 해석결과들을 바탕으로 새로운 공법개발을 하여 최적의 금형을 제작하여 실제로 REF SILL OTR-R/L 차체 판넬을 제작해 봄으로써 실용성을 검증해야 할 것이다.
4. 원활한 금형제작을 위해서는 각 제작공정의 고유기술과 더불어 적시에 적절한 업무를 투입시킬 수 있는 Project 관리기술이 뒷받침 되어야 하며 각 Project 고유의 Action Plan을 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.

참고문헌

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.3권 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.
4. Jung, D. W., Yoo, D. J. and Yang, D. Y. 1995, "A dynamic explicit/rigid-plastic finite element formulation and its application to sheet metal forming processes", Engineering Computations, vol.12, 707-722.