

REF SILL OTR-R/L 차체 판넬 스템핑 공정에서 성형해석을 통한 공법개발에 관한 연구

고형훈*, 정동원#, 안현길**, 이찬호***, 안병일****, 문원섭****

A Study of Tool Planning for Forming Analysis in REF SILL OTR-R/L Auto- Body Panel Stamping Process

Hyung-Hoon KO*, Dong-Won Jung#, Hyun-Gil Ahn**, Chan-Ho Lee***, Byung-Il Ahn****,
Won-Sub Moon****

ABSTRACT

The characteristic of sheet metal process is the few loss of material during process, the short processing time and the excellent price and strength. The sheet metal process with above characteristic is common used in industrial field, but in order to analysis irregular field problems the reliable and economical analysis method is demanded. Finite element method is very effective method to simulate the forming processes with good prediction of the deformation behavior. Among Finite element method, the static-implicit finite element method is applied effectively to analyze real-size auto-body panel stamping processes, which include the forming stage. In this paper, it was focused on the drawing ability factors on auto-body panel stamping by AUTOFORM with using tool planning 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, Auto-body panel stamping, Tool planning, Design Optimization

1. 서론

박판 금속성형은 금속 판재를 이용하여 다양하고, 비교적 복잡한 형상의 제품을 만드는 것으로서 저렴한 소재, 성형된 제품의 높은 강도, 대량 생산성 등의 큰 장점으로 인해 현대 산업에 폭

넓게 쓰이고 있다. 하지만 대부분의 박판 성형 품은 제조 공정 중에 커다란 소성변형을 수반하게 되어 판재의 파단 및 주름과 형상불량 등의 가공 결함이 발생하게 된다. 따라서 우수한 박판 성형품을 얻기 위해서는 합리적인 가공공정의 설계가 필수적이라 할 수 있다.^{1, 2}

접수일: 2005년 8월 30일; 게재승인일: 2006년 1월 13일

* Graduate School, Cheju National Uni.

교신저자: Faculty of Mechanical, Energy and Mechatronics
Engineering, Res. Inst. of Adv. Cheju Nat. Uni.

E-mail: jdwecheju@cheju.ac.kr Tel. (064) 754-3625

** Graduate School, Cheju National Uni.

*** Auto-From. Engineering Korea

**** Dieart

금형의 제작 과정은 차체부품의 최적설계를 위해 현재 제품 상태에서 전개할 수 있는 최적의 공정계획과 생산라인의 부하 조건 및 성형성 확보 방안 등을 제안한 다음 성형해석을 위한 제품의 모델링 및 다이 설계를 수행한다.

다음으로 사전 성형 해석을 수행하게 되며, 이때 실제 트라이 아웃 상황에서 발생하는 모든 변수들을 성형 해석을 위한 데이터 입력 시 고려하여 실제 상황에 최대한 근접한 가상 트라이 아웃을 구현할 수 있도록 한다. 다음 초기 공법 계획에 성형 해석 시스템의 해석 결과에 대한 기술적 대응방안을 반영함으로써 최적의 다이 레이아웃을 완성하게 된다.

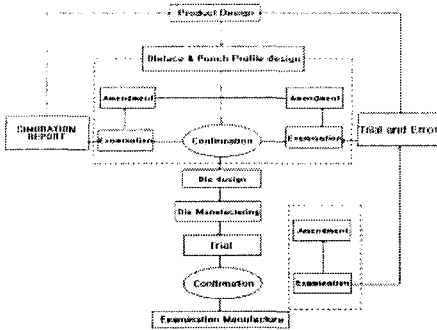


Fig. 1 flow chart for die manufacturing

금형 제작 과정과 마찬가지로 차체 판넬의 설계 제작 과정을 Fig. 1 에서 살펴보면, 제품 도면이 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 변경될 것으로 예상된다. 이러한 두 방법은 모두 수정과 검토 반복 작업이 이루어진다. 따라서 레이아웃의 변경에 따라, 금형 설계의 변경이 신속히 이루어져야 한다.³⁻⁵

본 논문에서는 실제 산업현장에서 사용되는 차체 판넬 스탬핑(automobile panel stamping) 공정의 유한요소해석을 통해 최적의 재질을 선택하고, 재질 변경으로 해결되지 않는 문제 해결을 위한 새로운 공법을 개발하여 유한요소해석 및 개발된 공법의 실제 산업 현장에서의 적용 가능성 및 타당

성을 검토하고자 한다.

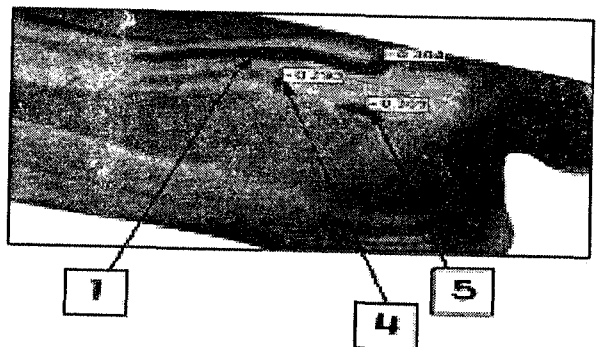
2. 성형해석결과

REF SILL OTR-R/L 차체 판넬은 실제산업현장에서 쓰이고 있는 강판이며, 유한 요소 해석 수행을 위해 사용한 소프트웨어는 정적-내연적 방법(static-implicit method)을 사용하는 상용 소프트웨어인 AutoForm 이다. 정적-내연적 방법은 동적-외연적 방법(dynamic-explicit method)에 비해 계산 시간이 오래 걸리나, 보다 정확한 해를 수렴해 낼 수 있는 장점이 있다.

2.1 최적 재료 선정을 위한 성형해석 결과

Table 1 Input condition

NO.	1 st	2 nd /3 rd	4 th	5 th
Material	SP781-590	SP782-440	SP783-590	SP782-390
r-values	0.59	1.18	0.61	1.48
Thickness	1.6t	1.6t/1.8t	1.6t	1.8t
Drawing-PRE.	90TON	70TON	70TON	70TON
Binder-PRE.	1060TON	1000TON	1000TON	1000TON
Blank Size	1995mm X 390mm	1970mm X 350mm	1970mm X 350mm	1970mm X 350mm



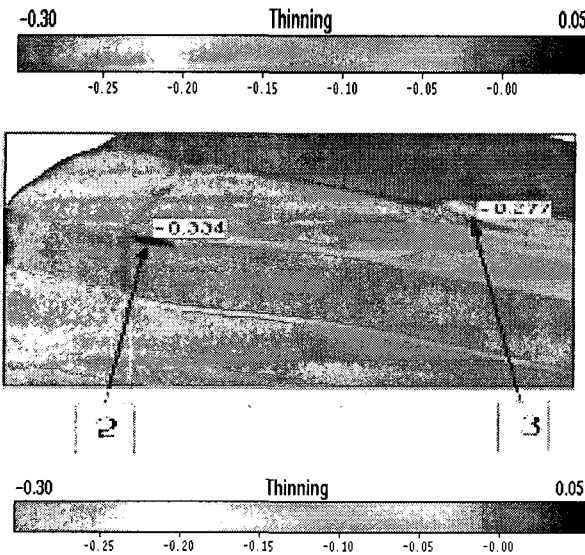


Fig. 2 (a) SP781-590 1.6t - thickness reduction

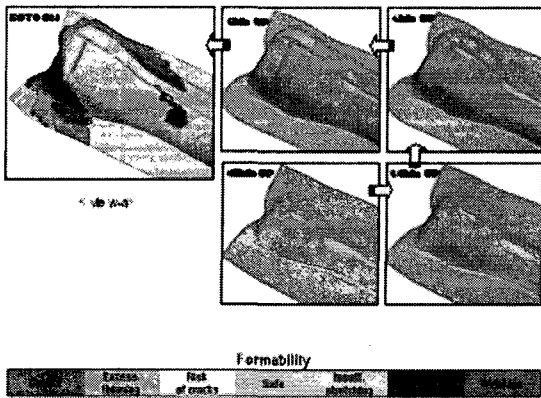


Fig. 2 (b) SP781-590 1.6t - wrinkling

Fig. 2(a)의 결과는 초기 단계에서 판넬의 최적 공정변수를 정하기 위한 성형해석을 한 결과이며, 재질이 정해지지 않은 상태에서 가 해석한 결과이다. Fig. 2(b)는 Fig. 2(a)가 성형 되기까지의 과정을 보여주고 있다.

1 차에서 5 차까지 REF SILL OTR-R/L 차체 판넬의 최적 재질의 선택을 위한 성형 해석을 하였으며, SP782-390 1.8t 가 가장 이상적으로 성형이 되는 결과를 얻을 수 있었다.

각 실험에서 가장 문제가 되고 있는 부분은

소재의 우측 부위로 다른 판넬과 접하는 부분에서 주름이 발생하고 있기 때문에 이에 대한 해결방안으로 2 차 공정으로 나누어 성형하는 공법을 계획하였으며, Fig. 2(b)의 결과는 1 차 공정 결과이다

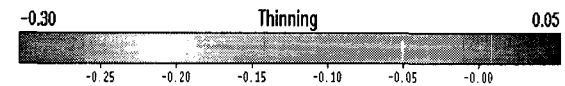
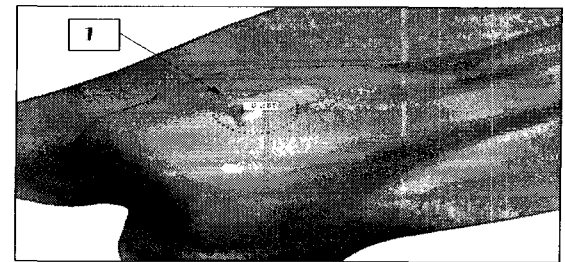
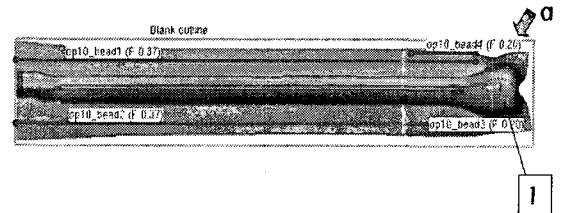


Fig. 3 (a) SP782-390 1.8t 1st - thickness reduction

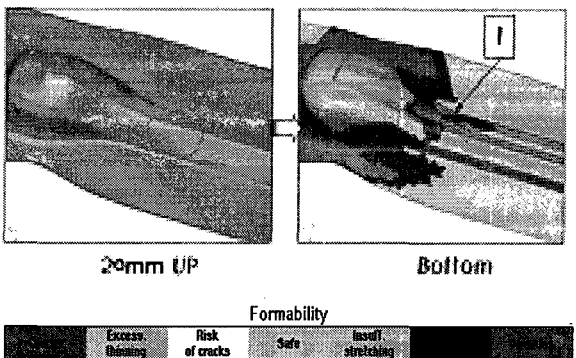
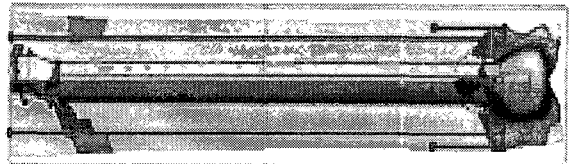


Fig. 3 (b) SP782-390 1.8t 1st - wrinkling

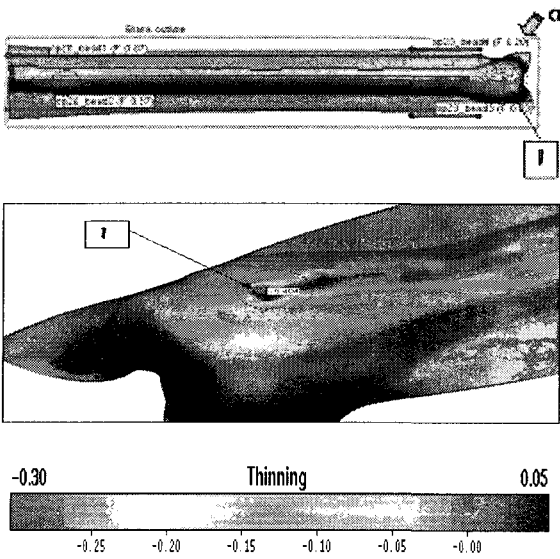


Fig. 3 (c) SP782-390 1.8t 2nd - thickness reduction

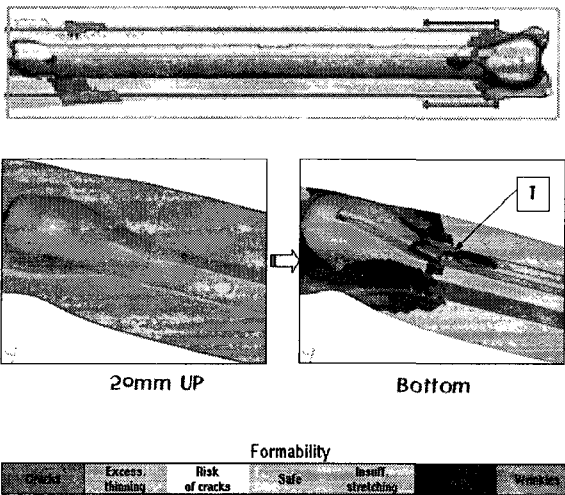


Fig. 3 (d) SP782-390 1.8t 2nd - wrinkling

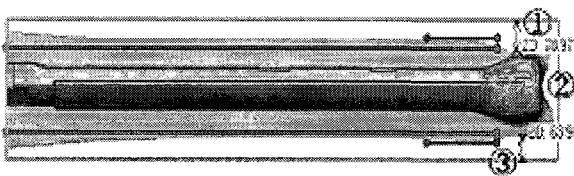


Fig. 4 blank size and metal flow

가장 적합한 재질을 선택하는 과정에서 가장 문제가 되었던 주름부분을 개선하기 위해 2 차 공정으로 성형하였으나, Fig.3 에서 볼 때 소재 우측에서의 주름 문제는 여전히 남아있었다. 또한 Fig.4 에서 볼 수 있듯이 ①, ②와 ③ 중 ①에서 많이 성형 되고 있으므로, 이 부분의 변경이 가장 필요할 것으로 판단되어진다.

3. SP782-390 1.8t 를 이용한 공법개발

최적 재료 선정과정에서 나타난 파단과 주름 문제 해결을 위해 1st DRAW 와 2nd DRAW 로 공법을 변경 후 성형해석 한 결과이다

Table 2 Input conditions

Model = QW
P/Name = REF SILL OTR-R/L
Application = AutoForm(B/H+DR)
Material = SP782-390
R-valuse = 1.49
Poisson's ratio = 0.3
Young's modulus = 2.1e+05 MPa
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

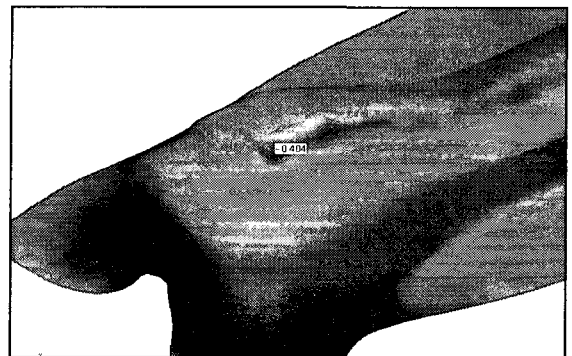


Fig. 4 (a) thickness reduction

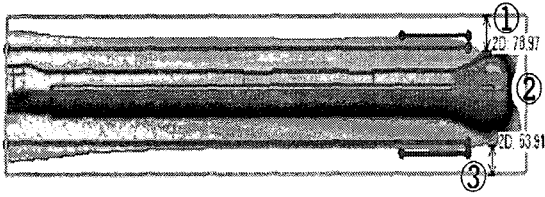


Fig. 4 (b) metal flow

주름 발생 개선을 위해 차에 나눠 성형을 하였지만 1 부분에서 과도한 소재 유입으로 인한 주름이 발생하여 이 부분에 대한 개선책이 필요함을 알 수 있었다.

4. 다이페이스 수정 공법의 개발

초기 1 차 공정에서는 전체적인 형상을, 2 차 공정에서는 최종 형상 까지 완전히 성형하는 2 단계로 분리 하는 공법을 통해 주름 개선 및 소재 유입 완화를 시도 하였으나, 3 절에서의 결과와 같이 여전히 제품 우측 부위에서 과도한 소재유입이 나타나 또 다른 공법의 개발 시도가 요구 되었으며, 이 부위는 Fig. 4 로서 다른 제품과 결합이 요구되는 매칭 포인트로 깨끗한 성형 상태가 요구되는 부위이다.

전 성형 해석에서 문제점을 해결을 위한 분석 결과 2 차 공정에서 성형 깊이가 높아지면서 파단이 발생함을 알 수 있었으며, 이를 통해 성형 깊이가 깊은 부분에 대한 문제(파단과 주름)를 해결하기 위해 대각선 방향의 다이페이스를 수정 변경하는 공법을 개발하였다. Fig. 5~7 은 그에 대한 결과들이다

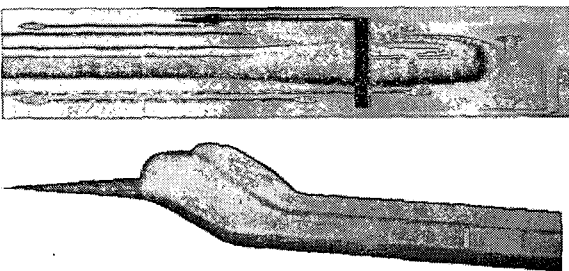


Fig. 5 (a) new die-face

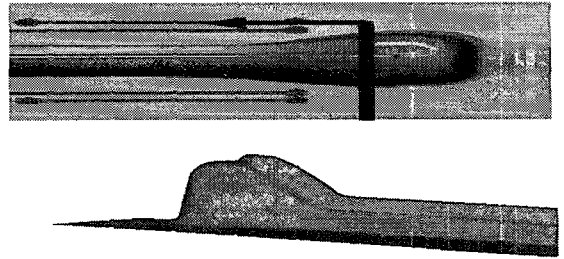


Fig. 5 (b) old die-face

Fig. 5 에서 (a)는 새롭게 개발된 어깨를 올린 급형 형상이며, (b)는 기존 급형 형상으로, 성형시 과도한 소재유입의 문제가 발생했던 소재 우측 부위의 문제 해결을 위해 공법을 개발해 보았다.

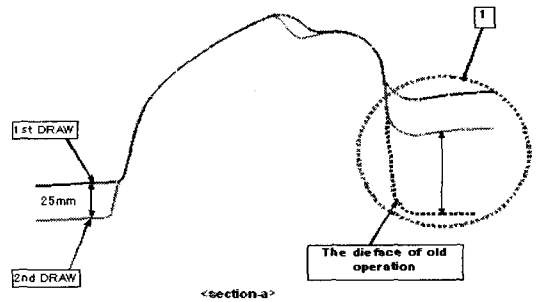


Fig. 6 sectional view of new operation

Fig. 6 은 성형시 과도한 소재 유입 문제 해결을 위해 다이 어깨를 올리는 공법에 대한 그림인 Fig. 5(a)의 단면으로서 "1" 부위를 대각선 방향으로 50mm 높이고 있다.

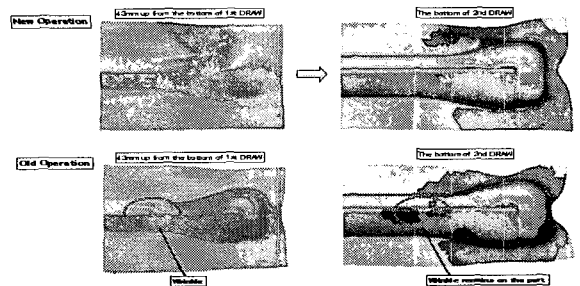


Fig. 7 comparison of wrinkle

Fig. 7에서는 2차 드로잉의 바닥부분에서 새로운 공법(상)과 기존 공법(하)의 주름 발생을 비교한 결과로, 새로운 공법의 경우에 기존 공법의 적색 원안의 주름 부분이 완화되었으며, 또한 소재의 유입량 또한 훨씬 양호해진 것을 볼 수 있다.

5. 실험을 통한 생산품

Fig. 8은 새로운 공법으로 최종적인 성형해석을 통한 금형을 제작하여 REF SILL OTR-R/L 차체 판넬을 제작해 봄으로써 성형해석의 실용성을 검증하여 보았다.

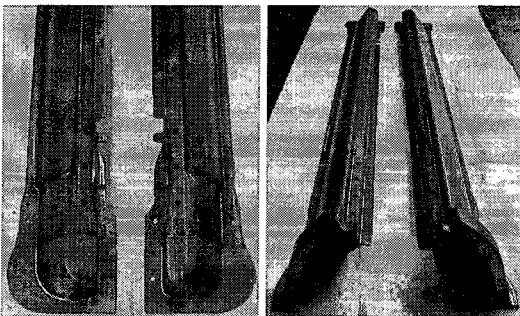
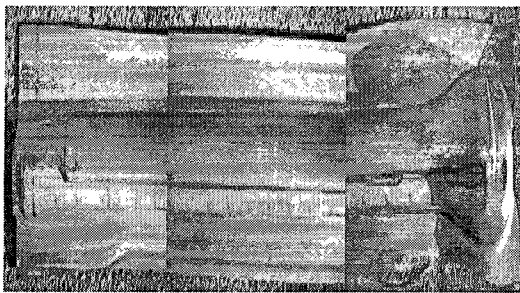


Fig. 8 final photo of tryout

Fig. 8은 최종 성형 해석 결과와 개발된 공법을 적용하여 실제로 제품을 성형한 결과 사진으로 초기 제품 성형 해석에서 나타났던 주름이 해결된 상태이며, 과도한 소재 유입 또한 나타나지 않았다.

6. 결론

본 연구에서는 산업현장에서 사용되고 있는 차체 판넬의 스탬핑 공정에서 최적의 금형설계를 위한 새로운 공법을 개발하기 위하여 두께감소율과 주름경향을 성형해석하고 성형해석을 바탕으로 금형을 제작하여 실제로 차체 판넬을 제작한 결과 다음과 같은 결론을 얻었다. 원활한 금형 제작을 위해서는 각 제작공정의 고유기술과 더불어 적시에 적절한 업무를 투입시킬 수 있는 프로젝트 관리기술이 뒷받침 되어야 하며 각 프로젝트 고유의 Action Plan을 기획, 이에 준한 업무를 추진함으로써 제작기간 중 발생할 수 있는 모든 종류의 리스크를 최소화하기 위한 해석공법의 개발이 절실하다.

1. 성형성 개선을 위한 재질 변경으로도 해결되지 않는 문제의 해결을 위해 새로운 공법의 개발이 필요하다.는 것을 성형 해석을 통해 알 수 있었다.
2. SP792-390 1.8t를 새로운 공법을 사용하여 성형해석 한 결과 2차에 걸친 드로잉 작업 후에도 여전히 터짐과 주름이 문제가 되었다.
3. 성형 깊이가 깊은 불량 발생에 대응하여 재질 변경이 필요하며, shock line을 방지하기 위해 측면에 제품형상의 변경이 불가피하다는 것을 알 수가 있었다.
4. 이러한 성형 해석결과들을 바탕으로 금형을 제작하여 실제로 차체 판넬을 제작해 봄으로써 실용성과 타당성을 검증하였다.

참고문헌

1. Jung, H. S. and Lee, S. S., "Automatic Design Supporting System for Automobile Stamping Tool," Journal of the Korean Society of Precision

- Engineering, Vol. 19, No. 8, pp. 194-202, 2002.
2. Jung, D. W., Ahn, D. G., Yang, D. Y. and Lee, J. H., "Sectional Forming Analysis of Automobile Sheet Metal Parts by Using Rigid-Plastic Explicit Finite Element Method," Korean Society of Automotive Engineers, Vol. 3, No.3, pp. 19-28, 1995.
 3. Huh, H., Han, S. S. and Yang, D. Y., "Elastic-Plastic Finite Element Analysis with Directional Reduced Integration in Sheet Metal Forming Process," 3rd ICTP, pp. 1375-1381, 1991.
 4. Sumaga, H. and Makinouchi, A., "Elastic-Plastic Finite Element Simulation of Sheet Metal Bending Process for Auto-Body Panels," 3rd ICTP, pp. 1525-1530, 1990.
 5. Yamada, Y. and Yoshimura, N., "Plastic Stress-Strain Matrix and its Application for the Solution of Elastic-Plastic Problems by the Finite Element Method," Int. J. Mech. Sci., Vol. 10, pp. 343-354, 1968.