

박판금속성형해석시스템(SAIT_STAMP)의 개발과 응용

조진우*, 김충식*, 이동우*
정완진**

*삼성종합기술원 TCS센터 슈퍼컴응용Lab.

**서울산업대 금형설계학과

Development of Analysis System for Sheet Metal Forming and its Applications

J.W.Cho, C.S.Kim, D.W.Lee
W.J.Chung

Abstract

박판금속성형공정을 컴퓨터를 이용한 계산방법으로 효율적이고 정확하게 해석할 수 있는 박판성형해석시스템인 SAIT_STAMP를 개발하였다. 또한 이를 현업문제에 적용하여 금형의 개발기간과 비용을 줄이고 성형품 품질저하 문제들을 해결하는데 이용하였다. SAIT_STAMP는 성형해석, 성형후해석 프로그램과 전·후처리기로 구성이 되어있다. 금형과 재료의 접촉 및 마찰을 고려한 새로운 접촉처리방법을 성형해석에 적용하여 해석속도와 해석정확도를 향상하였고 다단계성형 및 유압성형 등 박판성형에 필요한 대부분의 기능을 개발하여 적용하였다. 성형후해석은 성형해석의 결과를 토대로 스프링백해석을 수행한다. Visual C++을 사용하여 개발된 전·후처리는 window 95/NT 환경의 PC에서 수행된다. 개발된 프로그램을 이용하여 현업 문제에 적용 해석하였으며 상용S/W 대비 우수한 결과를 얻었다. 현재 삼성내 9개 관계사에서 설치되어 사용중이며 프로그램의 대외신뢰성확보를 위해 대학과 비경쟁업체에 프로그램을 설치하여 프로그램의 시험과 성능향상을 하고 있다.

[중요어] 박판성형(sheet metal forming), 유한요소법(FEM), 탄성복원(springback)

1. 개발 배경

금속재료부품은 강성과 유연성, 그리고 가공용이성의 장점을 바탕으로 일반적인 생산공정에 널리 쓰이고 있다. 박판금속성형을 통한 가공품은 무게에 비해 강성이 높고 프레스 가공으로 단시간에 대량생산이 용이하므로 여러 제품의 중요한 부품으로 사용되고 있다. 그러나 점점 더 엄격해지는 박판금속성형품에 대한 목표사양을 만족시키는 공정을 구축하기 위해서는 여러 번의 시험작업 및 금형수정을 거쳐야 하는데 이러한 과정은 개발기간을 지연시키고 추가비용

발생 및 성형품 품질저하라는 문제를 야기시킨다.

공정개발시간 단축을 위하여 최근에는 수치해석에 의한 공정설계법이 새롭게 대두되어 이미 선진사에서는 광범위하게 활용되고 있다. 이를 활용할 경우 금형설계의 여러 단계에서 공정의 적합성 여부를 검토할 수 있어 금형제작후 시험작업에서 실패 가능성을 크게 감소시킬 수 있으므로 공정개발기간의 단축을 통한 개발기간의 단축 및 비용절감, 품질향상등의 효과를 얻을 수 있을 것으로 기대되고 있다.

이러한 해석시스템이 실현가능케 된 것은 무

엇보다도 박판금속성형공정 해석을 효과적으로 수행할 수 있는 유한요소법의 개발에 따른 것이다. 동적외연적 유한요소법(dynamic explicit FEM)은 수렴성의 문제 없이 해를 얻을 수 있고 요소 수가 증가해도 계산시간이나 기억장치 사용량이 급속히 증가하지 않아서 복잡한 형상을 가진 공정 해석에 적합한 방법이다. 그러나 박판금속성형공정은 준정적 과정으로서 외연적 유한요소법은 동적문제를 중앙차분법으로 풀기 때문에 야기되는 여러 가지 문제점들을 가지고 있다. 응력완화현상[1]은 동적에너지와 내부에너지의 교환에서 발생되며 이는 탄성복원해석에서 많은 오차를 일으킨다. 또한 성형후의 탄성복원 해석을 위해서는 정적내연적 유한요소법(static implicit FEM)이 가장 적절한 것으로 판명되었다.

현재 박판성형해석을 위하여 LS-DYNA, PAM-STAMP와 같은 여러 가지 상용프로그램이 개발되어 있다. 그러나 현재의 성형해석프로그램의 해석수준은 성형시의 전체적인 변형분포 및 파단 등을 어느 정도 효과적으로 예측할 수 있으나 성형후의 형상정밀도에 영향을 미치는 응력분포의 예측 정확성은 미흡하여 좌굴변형과 후변형해석에 정확도 문제가 있고 이를 개선하기 위한 연구가 요구되고 있다.

이에 삼성종합기술원에서는 현재의 성형해석상의 문제점을 해결하고자 약 4년간(1995.1~현재) 박판성형 공정개발 과정을 체계적으로 총괄하는 SAIT_STAMP를 개발한 바 있다[2][3]. SAIT_STAMP는 금형을 유한요소로 표현하면서 접촉처리를 개선하여 성형해석의 정확도와 해석속도에 있어 향상을 이루었다. 기존의 상용프로그램에서는 거친 접촉처리방법으로 인해 인위적인 마찰력 및 상당한 양의 응력완화현상을 발생시켜 해의 정확도가 떨어지며 CAD 패치를 이용한 접촉처리 방법도 복잡한 형상의 금형인 경우 수렴성이 보장되지 않고 계산시간이 크게 증가하는 단점이 있다.

SAIT_STAMP는 전처리기, 성형해석, 성형후해석, 후처리기로 구성되어 있다. 성형해석에는 동적외연적 유한요소법, 성형후해석에는 정적내연적 유한요소법이 사용된다. 성형해석에서는 박판금속 성형공정의 특성을 고려한 금형과 소재의 접촉처리를 새롭게 개발하여 응력 및 변형도예측의 정확도를 향상시켰다. 박판재료의 특성을 고려하여 수직이방성을 가진 탄소성재료 특성을 표현할 수 있도록 하였다. 또한 프로그램의 최적화를 통

하여 해석의 정확도를 유지하면서도 해석속도를 향상시켰다. 성형후해석에서는 성형해석에서 사용한 shell요소와 호환성 있고 정확도 높은 shell요소를 개발하였고 기하학적비선형 및 co-rotational 기법을 채용하여 해의 수렴성을 크게 향상시켰다. 성형후해석은 성형해석의 해석결과를 이용한 연계해석이 가능하도록 하였다. SAIT_STAMP는 공개된 Benchmark Test와 타 상용S/W와 비교검토를 통해 해석결과와 타당성이 검증되었다. 또한 실제 현장문제수행을 통하여 수행상 문제점 및 신뢰성을 검토하였다.

SAIT_STAMP의 기능은 전반적으로 사용의 편의성에 중점을 두어 개발되었다. 이를 위해서 박판성형해석이 필요한 관계사현장에 우선적으로 SAIT_STAMP를 설치하여 현장사용자들의 요구사항들을 지속적으로 프로그램 개발에 반영하였다. 전처리기에서는 성형전 금형의 위치를 자동적으로 조절하는 기능을 첨가하여 수동으로 금형 위치를 설정하는 번거로움과 시간낭비를 줄일 수 있게 하였고 STL형식의 금형데이터를 삼각유한요소로 바꾸는 모듈을 작성하여 CAD시스템과의 인터페이스가 원활히 이루어지도록 하였다. 성형해석에서는 HP-EXEMPLAR상에서의 프로그램 병렬화를 통해 계산시간을 단축시켰으며 유압성형(hydroforming)해석기능을 추가하였다. 또한 후처리기를 위한 FLD 데이터생성모듈을 개발하였다. 성형후해석에서는 성형해석의 적응세분화요소(adaptive refined element)를 profile최소화와 연계처리하여 성형후해석의 정확도와 해석속도를 향상시켰다. Open GL을 이용한 GUI환경인 후처리기는 section plot, node picking등의 편리한 기능을 가지고 있으며 Windows 환경에서 사용되므로 사용자들은 사용방법을 쉽게 익힐 수 있다.

현장에서 발생하는 요구사항이나 문제들을 시스템개발에 계속 수용하기 위하여 관계사에서 박판성형에 관련되어 있는 전자, 전관, 자동차, 항공, 중공업, SDS 등의 유관부서에 SAIT_STAMP를 설치하였고, 현장에서 발생하는 문제 중에 직접적인 기술지원이 필요한 7건은 기술자 문해석을 수행하여 좋은 결과를 내었다. 또한 그룹외의 학교나 비정규업체중에서 박판성형해석경험이 많은 사용자들을 선별하여 개발된 시스템을 배포하고 사용자들의 의견을 시스템개발에 반영함으로써 프로그램의 대외경쟁력확보와 신인도제

고에 노력하였다.

2. 개발 내용

2.1 SAIT_STAMP 시스템 구성

SAIT_STAMP는 유한요소 및 강체(rigid body)의 운동을 다음과 같이 외연적 시간적분법에 의하여 나타내는 방법을 사용하였다.

$$\mathbf{M}\mathbf{a} = \mathbf{F}_{ext} - \mathbf{F}_{int}$$

여기서 M은 질량행렬(mass matrix), a는 가속도 벡터(acceleration vector), F는 힘 벡터(force vector)를 나타내며 아래첨자 ext는 외력, int는 내력을 나타낸다. 프로그램은 주로 C로 작성되었으며 몇 개의 말단 함수는 Fortran77로 작성되었다. C로 작성하였으므로 프로그램의 유지보수가 기존의 외연적 유한요소 프로그램보다 매우 쉬우며 최근의 CPU특성을 이용한 최적화를 수행하여 해석속도를 향상시켰다.

기존의 상용프로그램은 박판금속과 금형 데이터를 절점 및 요소로 나타내고 재료의 종류로써 구분하였는데 본 프로그램에서는 독립된 객체(object)로 취급하여 구별이 용이하게 하였다. 따라서 SAIT_STAMP는 다단계 성형해석을 자연스럽게 하나의 입력데이터에서 표현할 수 있으며 전체 공정 중 하나의 공정에서 사용하는 금형에 해당하는 기억용량만을 할당하여 사용하므로 작은 기억용량으로도 다단계성형을 재수행(restart)없이 해석할 수 있다.

Fig.1은 SAIT_STAMP의 구성을 보여준다. 시스

템은 크게 전처리기, 성형해석, 성형후해석, 후처리기로 나누어진다. 전처리기는 금형데이터나 블랭크데이터에 대해서 NASTRAN이나 PAM-STAMP형식의 유한요소파일을 그대로 처리할수 있으며 CATIA등으로부터 출력된 STL파일을 그대로 금형 유한요소데이터로 변환할수 있다. 또한 블랭크의 유한요소생성기능도 조만간 GUI환경에서 지원될 예정이다. Solver부분은 자중치짐해석과 바인터랩, 그리고 성형해석을 수행할수 있는 성형해석 모듈이 추가 되며 성형 해석후 스프링백해석을 할수 있는 성형후 해석모듈은 스프링백이 필요한 경우 수행될 수 있다. 둘다 독립적인 후처리기에 대한 출력이 가능하며 각각 최소한 한개의 공정단계가 부여된다. 후처리기는 해석후의 결과를 GUI환경을 통해 확인할수 있는 기능을 제공한다. Windows95/NT 환경에서 실행되며 section plot등의 새로운 기능이 추가되었다.

2.2 프로그램 개발내용

효율적이고 정확한 성형해석을 위하여 여러가지 기능이 탑재되었다. 금형에 존재하는 드로우비드는 그에 상당(equivalent)한 힘을 소재와 금형에 가할 수 있는 상당비드모델로써 고려할 수 있게 하였으며 다단계 성형시 재료의 일부제거도 고려할 수 있다. 성형해석후 트리밍(trimming)을 수행하고 탄성복원해석을 수행하는 것도 가능하다. 또한 적응요소세분화기법(adaptive refinement scheme)을 활용하여 계산의 효율성을 기할 수도 있다. 최근에 자동차 경량화와 더불어

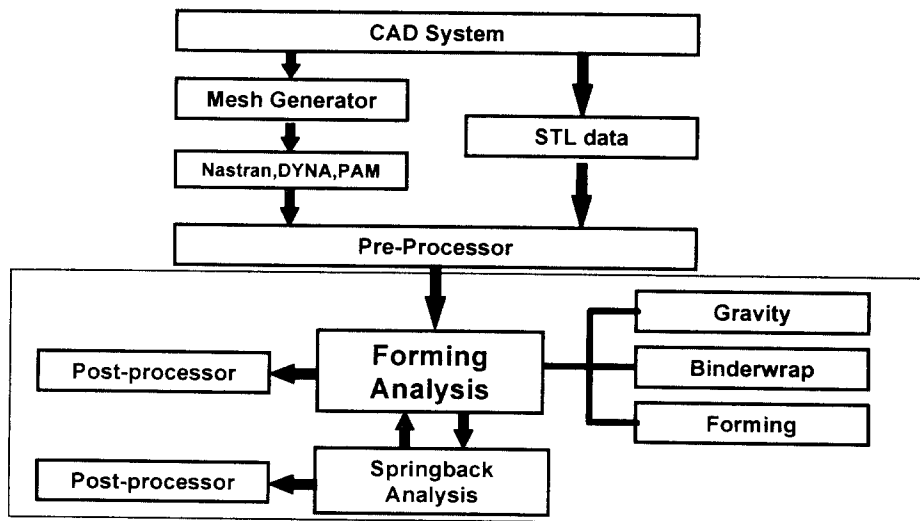


Fig.1 SAIT_STAMP의 구성

어 많은 사용이 예상되는 hydroforming의 해석도 가능하며 곧 tailored blank를 해석할 수 있도록 할 예정이다.

A. Shell 요소

박판금속성형해석시 박판금속은 shell요소로 근사되는데 본 프로그램에서는 1984년에 Belytschko 와 Tsay[4]가 개발한 1점적분을 사용하는 4-node BT shell요소를 채용하였다. 외연적 유한요소법에서는 요소의 내력계산시간이 전체계산시간의 대부분을 차지하므로 계산속도가 빠르던 요소가 자동차 충돌해석이나 박판성형해석에 현재 가장 널리 사용되고 있다. 본 프로그램에서 사용한 shell요소는 변형률이 co-rotational좌표계에서 정의되므로 한 시간증분(time step)에서 변형이 과도하게 크지 않는 한 대화전에 의한 기하학적 비선형은 자연적으로 고려된다. 또한 응력적분시 co-rotational좌표계에서는 응력변형률이 objective 하므로 응력적분시 용이하게 objectivity를 유지할 수 있다.

B. 탄소성 재료 모델링

박판금속은 압연공정에 의해 제작되기 때문에 이방성을 가지게 되므로 이방성을 고려한 항복조건식을 사용하여야 한다. 따라서 이방성 탄소성 재료를 묘사하는 항복조건에 따라 주어진 변형에 따른 응력을 계산하는 응력적분법이 필요하다. SAIT_STAMP는 수직이방성 탄성재료에 대하여 평면 응력조건을 적용하여 가공경화를 고려하면서 응력을 계산할 수 있다. 응력적분법으로는 계산방법이 간단하고 오차가 적은 것으로 알려진 radial return법에 평면응력조건을 적용한 Simo등[5]이 제안한 closest point projection return mapping법을 사용하였다. 기존의 외연적 유한요소법은 반복법에 의하여 근사적으로 평면응력을 만족하므로 해석결과가 부정확해지는 단점이 있었다.

C. 접촉처리 모델

접촉처리 시간을 최소화하고 3차원적인 형상을 잘 묘사하기 위하여 삼각형patch를 사용하여 금형 형상을 표현하도록 하였다. 접촉탐색시간을 줄이기 위하여 HITA접촉탐색방법을 활용하여 자세한 접촉탐색 이전에 요소를 포함하는 근사적인 접촉탐색영역을 사용하여 검색대상을 줄여 주었다. 자세한 접촉탐색시는 독자적인 알고리즘을 채용하

여 정확성을 개선하여 성형해석시 응력계산의 정확도를 크게 개선하였다. 접촉처리시 계속해서 변화하는 재료의 윗면과 아랫면의 금형과의 접촉을 고려함으로써 성형중의 두께변화를 고려하였다.

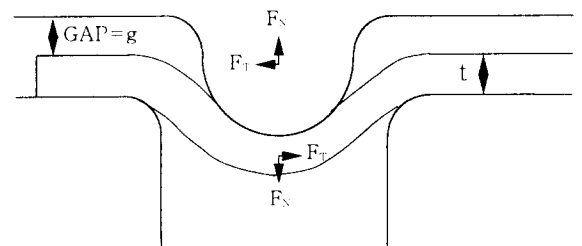
접촉력 계산 및 부여는 보편적으로 널리 쓰이는 penalty법을 채택하였다[6]. 수직접촉력의 계산은 아래 식을 이용하여 수행되는데 박판금속의 금형면에 대한 침투깊이(e)에 벌칙상수(k)를 곱하여 계산한다. 절점이 접촉후에 안정화되도록 사용하는 critical damping(C_{cr})의 계산은 1자유도계 spring-mass system에서 유도된다. 위 사항을 고려한 수직접촉력(F_n)은 다음과 같이 계산된다.

$$F_n = (ke - C_{cr}\dot{e})n$$

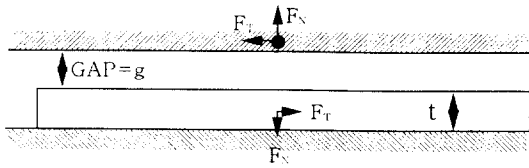
SAIT_STAMP에서 구현된 friction model은 stick-slip현상을 고려한 non-classical Coulomb friction Law로써 return mapping 알고리즘을 써서 구현하였다.

D. 드로우 비드 모델

재료의 흐름을 제어하기 위해 사용되는 드로우 비드는 변형에 큰 영향을 미친다. SAIT_STAMP은 Fig.2와 같이 드로우비드의 특성을 달힘량 g 에 따른 힘의 변화로 나타내는 상당힘을 소재와 금형에 부여한다. 드로우 비드에 의한 수직력(F_n) 및 수평력(F_t)의 변화가 함께 고려된다. 드로우 비드의 형상은 2차원 평면상에서 선형요소로 근사하여 입력하게끔 되어 있고 해석에서는 비드 모델을 3차원 금형면에 투영(projection)시켜 사용한다[7].



(a) draw bead



(b) equivalent draw bead

Fig.2 Draw bead model

E. 적응요소 세분화

성형공정에서 국소적으로 작은 금형형상에 의하여 소재가 변형하는 것을 나타내기 위하여 그 부분에서 작은 요소를 사용해야 한다. 그러나 소재의 어느 부분이 접촉하게 되는 지 사용자가 사전에 판단하기는 어렵다. 또한 자중치짐해석이나 binder wrap해석의 경우 큰 요소를 사용하고 성형해석에서 작은 요소를 사용하는 것이 해석시간상 매우 유리하다. 이러한 경우에 적응요소세분화기법을 사용하면 매우 편리하고 경제적이다. 다만 해석결과는 처음부터 충분히 작은 요소를 사용한 경우에 비해 오차가 발생할 가능성이 있으므로 주의해서 판별해야 한다. 현재 SAIT_STAMP에서는 다단계 적응요소세분화가 가능하며 Fig.3과 같이 두 요소가 이루는 각도가 일정한 값 이상이 되면 각 요소를 4개의 부요소로 분할하는 방법을 사용하고 있다[8].

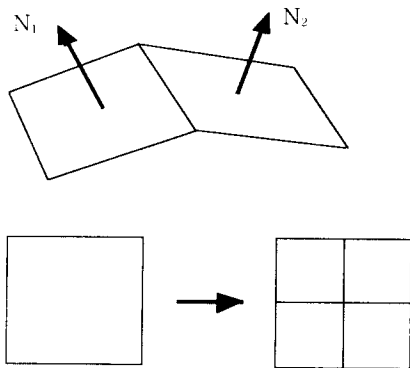


Fig.3 Adaptive refinement scheme

F. 트리밍(Trimming) 기능

SAIT_STAMP는 2차원 평면상에 폐곡선으로 이루어진 trim line을 정의하고 trim 방향을 정의하면 폐곡선의 내부 또는 외부로 trimming할 수 있다. 따라서 trimming 공정뿐만 아니라 piercing 공정도 해석할 수 있다.



Fig.4 Trimming example : Fender

G. Hydroforming

소재에 작용되는 압력으로 인한 성형공정을 해석할 수 있다. 압력으로 인한 힘을 절점에 분배하기 위해서는 현재 요소의 정확한 normal vector와 면적을 계산해야 한다. 계산된 면적에 시간에 따라 주어지는 압력을 곱하면 힘이 계산되며 이 값을 절점에 분배시켜서 외부하중을 계산하게 된다. Fig.5는 hydroforming에 의해 성형된 제품의 해석결과 예를 보여준다.



Fig.5 Hydroforming analysis

H. 스프링백해석시의 적응요소 처리

성형해석프로그램에서는 요소간의 각도변화에 기초한 적응요소세분화 알고리즘이 적용된다. 그 결과 세분화의 정도(level)가 다른 요소끼리 만나는 경우 5개 이상의 절점을 가진 전이요소(transient element)가 생성된다. 스프링백해석에서 전이요소에 대한 처리방법은 주위절점과의 구속조건을 부여하거나 전이요소에 맞는 형상함수를 사용하는 방법들이 있지만 해의 수렴성 및 프로그램 난이성의 문제가 있다. 그러므로 본 프로그램에서는 전이요소를 삼각요소와 사각요소로 분할하여 해석하는 방법을 채택하였다.

I. 유한요소 모델의 profile 최소화

현재 성형후해석은 내연적방법을 사용하며 계산속도와 메모리절약에서의 이점이 있는 profile solver를 쓰고 있기 때문에 유한요소 모델링 단계에서 profile 최소화를 수행해야 효율적인 계

산이 가능하다. 하지만 성형해석에서 piercing, 적용요소세분화 등으로 인해 유한요소모델의 변경이 발생할 경우 profile을 다시 최소화해야 한다. 이런 불편한 점을 보완하기 위하여 성형후해석프로그램내에 세분화요소까지 고려할수 있는 profile 최소화 기능을 첨가하여 성형해석후의 결과를 그대로 성형후해석의 입력으로 사용하고 자동으로 profile 최소화를 수행하게 하여 해석시간 및 메모리를 단축할 수 있도록 하였다.

J. 전·후처리기(pre and post-processor)

SAIT_STAMP의 입력화일 작성 및 해석결과의 시각적 확인을 위하여 전·후처리기를 개발하였다. 개발된 후처리기는 window 95/NT 환경의 PC에서 수행되며 프로그램의 시각적 바탕이 되는 window의 기본 골격은 MicroSoft의 Visual C++로 작성하였고 3차원 형상구현을 위한 graphic 개발환경으로서 Open GL를 사용하였다. 전처리기는 기본적인 입력화일 작성기능을 가지고 있으며 '98년 말까지 blank mesh generation 기능과 해석을 위한 금형 유한요소모델의 normal check, offset, automatic positioning 등 사용자의 편의성을 극대화하는 기능들을 추가할 예정이다. Fig.6는 개발된 후처리기가 오일팬 성형해석의 결과를 보여주는 그림이다.

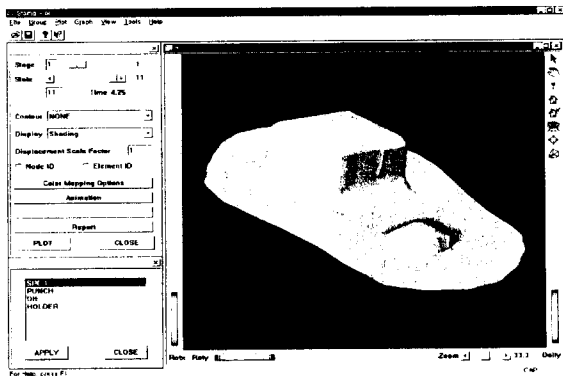


Fig.6 Post-processor

3. 개발 성과 및 적용

3.1 프로그램 특성

SAIT_STAMP은 어떠한 하드웨어에도 설치가 가능하도록 지원체계가 갖추어져 있다. 이는 프로그

램 언어로서 ANSI/C를 사용하였기 때문이며 현재까지 windows95/NT 기반의 PC 및 HP와 SGI 관련 H/W를 거의 모두 지원하고 있다. 특히 삼성종합기술원에서 운영중인 슈퍼컴퓨터인 HP-Exemplar에는 SAIT_STAMP를 병렬화하여 설치하였기 때문에 빠른 계산을 요하는 문제나 상당히 큰 메모리를 요구하는 문제를 풀 수 있다.

3.2 프로그램 설치 현황

프로그램의 설치시에는 항상 교육과 세미나를 병행하고 있다. SAIT_STAMP는 현업부서의 금형개발 담당자가 직접 해석을 수행하는 것을 목표로 하기 때문에 프로그램이 설치시에는 프로그램의 기능과 성능에 대한 세미나를 실시하며 해석담당자에게는 별도의 교육을 실시한다.

SAIT_STAMP는 현재 삼성그룹내 9곳의 관계사와 그룹외 4곳에 설치되어 사용중이며 추가 배포될 예정이다.

그룹외 배포는 박판성형해석에 경험이 많고 프로그램개발에 도움이 되는 의견을 줄 수 있는 사용자에 한하며 설치 후 SAIT_STAMP에 대한 의견을 청취하여 성능개선 및 문제점 해결에 목적을 두고 있다. 현재 설치된 곳은 다음과 같다.

- *한국과학기술원 기계공학과
- *서울산업대 금형설계학과
- *포항제철 기술연구소 박판연구팀

3.3 현업과제 적용 사례

SAIT_STAMP를 관계사에 설치한 후 현재까지 다수의 해석기술자문을 수행하였다. 다음은 각각의 기술지원사례에 대한 간단한 설명이며 기술보안상 자세한 해석결과는 실지 않았다.

A. Drum 세탁기 Front Panel

드럼세탁기의 경우는 박판성형공정부품이 많이 들어가지만 특히 케이스는 외형을 직접보여주기 때문에 이 부분의 박판성형공정은 매우 중요하다. 특히 외형중에서 Front Panel은 볼록한 3차원형상을 더 선호하나 스프링백현상이 심하게 일어나서 금형설계에 어려움이 있다. 본 해석에서는 SAIT_STAMP가 실제제품의 꺼짐량을 어느 정도의 정확도로 계산해 낼 수 있는지에 목적을 두었다. Fig.7은 스프링백후의 꺼짐량을 나타내

는데 실제품과 매우 유사한 결과를 보여주었다.

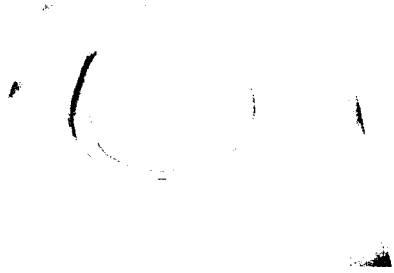


Fig.7 Springback results

B. Shadow mask

Shadow mask의 성형시 발생하는 화면부 및 스커트 부위의 스프링백 현상원인을 규명하기 위한 해석이다.

Shadow mask의 3차원 성형해석은 기존 상용 S/W를 이용하더라도 수렴성과 정확성면에서 상당한 어려움이 있는 문제이다.



Fig.8 화면부의 스프링백



Fig.9 스커트의 스프링백

C. Semiconductor lead-frame

반도체 리드프레임을 프레스성형하는 공정에서 발생하는 리드프레임의 스프링백량을 파악하고 이를 토대로 금형설계에 반영하기 위한 것이다.

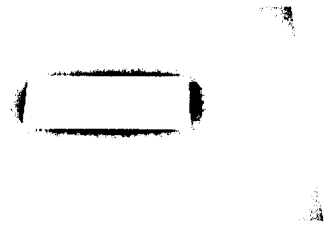


Fig.10 Lead frame springback results

D. Cowl-Top

본 해석은 SAIT_STAMP의 adaptive mesh refinement 기법을 사용하여 자중처짐 및 바인더랩 그리고 성형의 전형적인 자동차 판넬의 해석 과정을 거쳐서 수행되었다. 특히 자중처짐시에는 비교적 큰 크기의 shell 요소를 사용하여 해석시간을 단축하고 성형단계에서는 *UNIFORM_REFINEMENT 기능과 *ADAPTIVE_REFINEMENT 기능을 사용하여 해석시간을 대폭 감소시켰는데 이는 SAIT_STAMP의 중요한 기능들이다. 본 해석의 수행에 사용된 CPU time은 SGI Octane (R10000)에서 약 5.5시간으로서 위의 기능을 사용할 수 없다면 약 20배인 112시간의 계산시간을 요하게 된다.



Fig.11 성형후 두께 분포

E. Dash-Upper

자동차 Dash-Upper부품의 성형을 해석하고 성형결과를 예측하기 위한 것이다.

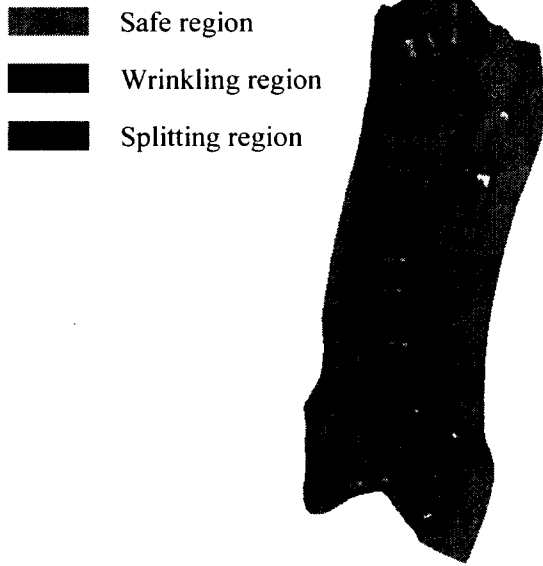


Fig.12 Dash-upper의 성형성 예측

위 그림은 dash-upper의 성형후 성형성 (formability)을 판단하기 위한 자료로서 해석후 FLD data에 기초하여 주름 및 파단의 가능성이 있는 영역을 표시한 것이다. 파단의 가능성이 있는 부분을 파악하였으며 주름 현상의 가능성을 볼 수 있다.

F. Trunk-Lid

자동차 Trunk-lid의 성형을 해석하고 성형결과를 예측하기 위한 것이다.



Fig.13 성형후 두께분포

위 그림은 성형된 trunk-lid의 두께분포를 나타낸다.

G. 전자레인지 Cavity Back의 파단해석

전자레인지 내부 부품중의 하나인 Cavity Back의 성형에 있어 기존 20mm 깊이의 성형부를 30mm로 바꿀때 여러 새로운 조건에서의 파단여부를 금형제작전에 확인하고자 하는 것이다.



Fig.14 성형후 두께분포

4. 결론 및 향후 전개방향

박판금속성형해석시스템인 SAIT_STAMP를 개발하였다. 개발된 SAIT_STAMP는 우수한 접촉처리, 다단계 성형기능등 여러 기능을 갖추고 있다.

SAIT_STAMP를 현업부서 및 대학에 설치하고 현업과제들을 수행하였다.

향후 SAIT_STAMP는 좀 더 효율적이고 사용자 친화적 방향으로 개발되어져 나갈 예정이다. 추가되거나 개선될 기본기능들은 다음과 같다.

- * 평면 이방성 재료모델
- * TB(tailored blank) 해석기능
- * 성형해석과 스프링백해석 프로그램의 통합
- * 재료데이터베이스의 구축

참고문헌

- [1] W.J. Chung et al, 1998, " On the Dynamic Effect of Dynamic Explicit FEM in Sheet Metal Forming Analysis", Eng. Computations, Accepted for publication.

- [2] 정완진, 조진우, "박판금속 성형공정 해석 시스템 개발", 한국소성가공학회 제 2회 박판성형 심포지움 논문집, 1998, pp. 83-94
- [3] 김충식, 정완진, "박판성형을 위한 탄성복원 해석의 수치적 묘사", 한국소성가공학회 제 2회 박판성형 심포지움 논문집, 1998, pp. 9-16
- [4] Belytschko and Tsay, 1983, Int. J. Numer. Methods Eng, vol.19, pp.405-419.
- [5] J.C.Simo and R.L.Taylor, 1983, "Consistent tangent operators for rate-independent elastoplasticity", Int. J. Numer. Methods Eng, Vol.19, pp.405-419.
- [6] K.Schweizerhof and J.O. Hallquist, 1991, "Improving standard shell elements, friction models and contact algorithms for the efficient solution of sheet metal forming problems with LS-DYNA3D", FE simulations of 3D sheet metal forming processes in automotive industry, pp.405-439.
- [7] Caller B.D., P.T. Vreede, M.F.M. Louwes, J. Huetink, 1994, "Modelling Drawbeads with Finite Elements and Verification", J. Mat. Proc. Tech., Vol 45, p.63-68.
- [8] F. Aberlenc et al., 1995, "OPTRIS: The complete simulation of the sheet metal forming", Proceedings of NUMIFORM'95, p.651-656.